Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет

Паламарчук В. Д., Колісник О. М.

Монографія

СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

є частиною прикладної роботи «Розробка концепції забезпечення енергетичної безпеки та енергоефективності як пріоритетних напрямів сталого розвитку сільських територій» (№ 0121U109443), що виконується за рахунок коштів загального фонду державного бюджету

Вінниця 2022

УДК: 633.15(02.064)
П-27

Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2022. 376 с. (24,13 у.д.а.)

Рецензенти:

Кириченко В. В. – академік НААН, доктор сільськогосподарських наук, професор, керівник відділу новітніх селекційно-насінницьких технологій Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України.

М'ялковський Р. О. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри садово-паркового господарства, геодезії і землеустрою Подільського державного університету.

Коник Г. С. – доктор сільськогосподарських наук, професор, перший заступник директора з наукової роботи Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України.

Монографія відображає сукупність попередньо отриманих результатів і проведених практичних польових досліджень щодо розробки сучасної технології вирощування зернової та силосної кукурудзи, вивчення можливостей отримання її потенційної продуктивності, що дозволить Україні скоротити використання традиційних видів палива та забезпечити енергетичну незалежність територіальних громад регіону за рахунок переробки частини врожаю для отримання біоетанолу й біогазу.

Охарактеризовано елементи сучасної технології вирощування та можливості її оптимізації для отримання максимальної продуктивності кукурудзи. Висвітлено роль біологічних особливостей у використанні новітньої технології вирощування. Проаналізовано основні складові сучасної технології вирощування кукурудзи та наведено наукові засади інтенсифікації кукурудзосіяння.

Розраховано на фахівців агропромислового комплексу, студентів, магістрів, аспірантів, науковців і викладачів вищих навчальних закладів.

Рекомендовано до друку Вченою радою
Вінницького національного аграрного університету
Протокол № 1 від «30» серпня 2022 р.

ISBN 975-619-7745-29-1

ЗМІСТ

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1. ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ І РОСТОВІ ПРОЦЕСИ РОСЛИН КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ 9

1.1. Фенологічна характеристика кукурудзи 9

1.2. Фотосинтетична діяльність рослин кукурудзи 18

1.3. Транспіраційна активність рослин кукурудзи 43

1.4. Передзбиральна вологість зерна кукурудзи 50

РОЗДІЛ 2. БОТАНІКО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ 56

2.1. Ботанічна класифікація кукурудзи 56

2.2. Вміст білків та олії в зерні кукурудзи, основа для переробки кукурудзи 59

2.3. Багатокачанність як елемент зростання цінності кукурудзяного силосу 73

2.4. Коренева система кукурудзи та мікориза 82

РОЗДІЛ 3. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯК ОСНОВА ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ 92

3.1. Відношення кукурудзи до вологи 92

3.2. Посухостійкість в умовах глобального потепління 97

3.3. Відношення кукурудзи до тепла 104

3.4. Відношення рослин кукурудзи до умов освітлення 109

3.5. Відношення рослин кукурудзи до родючості ґрунтів 110

3.6. Перерозподіл тепла у вегетаційний період кукурудзи 112

РОЗДІЛ 4. МОРФОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ 115

4.1. Характеристика висоти рослин і кріплення качанів у сучасних гібридів кукурудзи 115

4.2. Вплив умов вегетації й елементів технології на лінійні розміри рослин і висоту закладання качанів

у гібридів кукурудзи 117
4.2.1 Вплив позакореневих підживлень на висоту рослин, кріплення та довжину ніжки качанів 122
4.2.2 Морфологічна характеристика рослин і качанів у гібридів кукурудзи залежно від фракції насіння та глибини його загортання 127
РОЗДІЛ 5. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА СИЛОС 131
5.1. Поняття про технології вирощування кукурудзи 131
5.2. Підбір гібридів кукурудзи 133
5.3. Підбір попередників 176
5.4. Система обробітку ґрунту для кукурудзи 179
5.5. Строки сівби кукурудзи 183
5.6. Способи сівби кукурудзи 203
5.7. Підготовка насіння до сівби та фракції насіння кукурудзи 204
5.8. Глибина загортання насіння 213
5.9. Густота стояння рослин 216
5.10. Догляд за посівами кукурудзи 226
5.11. Удобрення кукурудзи 271
5.11.1. Елементи мінерального живлення та їх роль для кукурудзи, хімічний склад рослин 278
5.11.2. Фізіологічна роль для кукурудзи мікроелементів 285
5.11.3. Фізіологічна роль у життєдіяльності кукурудзи мікроелементів 299
5.12. Регулятори росту рослин на посівах кукурудзи 324
5.13. Збирання врожаю кукурудзи 327
ВИСНОВКИ 332
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 336
ДОДАТКИ 368

ВСТУП

Виробництво зерна в Україні є основою сільськогосподарського виробництва і стратегічною галуззю для держави. Окрім того, на разі розглядається можливість збільшення обсягу виробництва силосної кукурудзи, яка використовується не лише як кормова база, але як і компонент для роботи біогазових станцій. Завдяки вигідному географічному розташуванню, сприятливим природно-кліматичним умовам у нашій країні існують об'єктивні передумови для успішного вирощування кукурудзи, а створення і впровадження у виробництво нових її гібридів, адаптованих до умов кожної ґрунтово-кліматичної зони, є одним із найважливіших шляхів підвищення врожайності та покращення якості продукції цієї культури [1, 2].

За даними Держстату, під зерновою та кормовою кукурудзою у 2020 році в Україні було зайнято 5,5 млн. га та 217,6 тис. га відповідно. У 2021 році площі вирощування зернової кукурудзи в Україні становили 5,343 млн га. Згідно з прогнозами науковців і практиків, площі під кукурудзою зростатимуть і далі, витісняючи інші зернові культури [2, 3]. Кукурудза вирощується у всіх природних зонах України, але посіви на зерно та силос займають найбільші площі в Степу й Лісостепу, а також у Закарпатті, де вони становлять до 20% площ польової сівозміни [4-6].

Кукурудза – одна з найпоширеніших і найпродуктивніших культур у світовому рослинництві, посідає друге місце (із площею понад 145 млн. га) після пшениці, а за валовим збором зерна перше. Інтродукція цієї культури, особливо у Старому Світі, відбувалась достатньо повільно, що насамперед пов'язано з її тропічним походженням. Поступова адаптація до помірного клімату сприяла появі нових, нетипових для неї, ознак [6-14].

Виведення та впровадження гібридів кукурудзи, адаптованих до умов континентального клімату, толерантних до посухи дає можливість отримувати високий урожай зерна та зеленої маси в різних регіонах України. Потенціал гібридів для умов Лісостепу та Полісся сягає 10-14 тон зерна або 80-100 тонн зеленої маси на 1 гектар [3].

Для України кукурудза є стратегічною культурою, вона розвиває агросектор в цілому і дає можливість різнобічно використовувати її продукцію в багатьох галузях народного господарства як зернову, кормову, технічну й енергетичну культуру [2, 3, 15, 16]. Вирощування кукурудзи – один із найважливіших напрямків сільськогосподарського виробництва, що забезпечує високоякісним кормом і сировиною галузі тваринництва, птахівництва, переробної промисловості та дозволяє ефективно використовувати виробничі ресурси, підвищувати рентабельність технологічного циклу [17, 18].

Хоча кукурудза й не стала культурою з найбільшими площами посівів в Україні, однак є безальтернативним лідером за валовим збором зерна [19]. В Україні за останні дванадцять років валові збори зерна зросли в декілька десятків разів [2, 9, 12, 20-22]. За експортом зерна (більше 25-35 млн. т) кукурудзи Україна займає одне із перших місць у світі, випередивши Аргентину та Бразилію, поступаючись лише США [6, 23-27]. Ринок кукурудзи залежить від

чотирьох основних експортерів: США, Аргентини, Бразилії й України [2].

Можна відзначити суттєве підвищення врожайності кукурудзи в Україні після 2005 року, коли агроформування почали впроваджувати високопродуктивні гібриди та ретельно дотримуватися технології їх вирощування [14].

За врожайністю та кормовими цінностями кукурудза перевищує всі інші зернофуражні культури, окрім того, вона майже не має відходів, адже використовується зерно, листя, стебла, стрижні качанів і навіть коріння [28-34]. Водночас у виробництві зерна цієї культури зацікавлені як галузі тваринництва і птахівництва, так і харчова, переробна, медична, хімічна, мікробіологічна та інші промисловості [11, 24, 35-37].

Кормові та технологічні переваги зерна кукурудзи суттєво міняються під впливом умов вирощування. Для отримання високого рівня врожайності зерна високої якості необхідно застосовувати весь комплекс агротехнічних прийомів, що забезпечують створення оптимальних умов для реалізації потенційних властивостей гібриду в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [38].

Поживна цінність зерна її складає 1,34 к. од., 1,382-1600 МДж обмінної енергії та близько 9,0-12,0% білка, 78 г перетравного протеїну. Протеїн представлений неповноцінним зеїном і глютеліном, тому згодовувати зерно слід у суміші з високопротеїновими кормами [8, 12, 39-41]. У зерні кукурудзи міститься до 65-74% вуглеводів, 9-15% білка, до 4-10% жиру (у зародку до 40%), 2,0-2,5% клітковини, багато вітамінів: А, С, B_1, B_2, B_6, РР, Е, С, а також мінеральні солі (1,5%) – фосфор, кальцій, залізо та мікроелементи [2, 8, 42, 43]. Кормова та біологічна цінність білка кукурудзи відносно низька, оскільки найбільша частина білкових фракцій припадає на бідний триптофаном, лізином і метіоніном зеїн (50-55%) і глютелін (30-45%) [43, 44].

Зелена маса та силос володіють дієтичними властивостями, багаті каротином і добре засвоюються організмом тварин [45, 46]. За вмістом кормових одиниць, зерно кукурудзи переважає овес, ячмінь, жито [47]. Із загального світового виробництва зерна кукурудзи понад 60% використовують на корм тваринам, понад 25% – як харчовий продукт, а решта – для промислової переробки і виробництва олії, крохмалю, цукру, спирту, глюкози [48].

У світі немає посівів кукурудзи на силос, вся вона вирощується на зерно і різниться лише за характером використання врожаю. Силос із кукурудзи містить усі необхідні компоненти для годівлі тварин – крохмаль, сирий протеїн, білок, сирий жир тощо, окрім того, має високий вміст енергії та гарну перетравність. Поживність одного кілограма силосу, заготовленого з кукурудзи в молочно-восковій і восковій стиглості за вологості 65-70%, становить 0,20-0,25 кормової одиниці та містить 12-18 г перетравного протеїну. А в 1 кг сухої речовини вміст обмінної енергії може сягати 11,5 МДж, що дозволяє порівнювати цей корм із зерном ячменю [49]. Качани, засилосовані у фазі воскової або молочно-воскової стиглості містять до 40 к. од. і 2,6 кг протеїну [50].

Витрати на виробництво кормів із кукурудзяного силосу нижчі в порівнянні з багаторічними травами. Водночас процес його закладання у

сховища є відносно швидким, а сам силос має більший вихід сухої речовини, енергії з гектара та стабільну якість [49]. У Європі кукурудзяний силос широко використовують для біогазових установок [50].

Кукурудзу використовують і як продовольчу культуру. З її зерна виготовляють борошно (яке широко використовують для виготовлення бісквітів, печива, запіканок), крупу (із високим вмістом білків, близько 12,5%), патоку, прохолодні напої, піностійкі сорти пива, гліцерин, консерви, органічні кислоти (молочну, лимонну, оцтову), етиловий спирт, пластівці, фітин, декстрин, гідроль та іншу продукцію. Зерно кукурудзи є сировиною для виробництва спирту, харчового крохмалю, глюкози, меду, харчових пластівців, повітряної кукурудзи. Зі стебел, стрижнів качана та обгорток качанів виготовляють папір, клей, целюлозу, ацетон, метиловий спирт, фарбу тощо [5, 8, 15, 37].

Зростання популярності кукурудзи спостерігається за таких чинників: зміна клімату, попит на світовому ринку, висока рентабельність [51-53].

Урожайність зерна кукурудзи знаходиться в межах 12,0-23,4 т/га [6, 22, 54, 55]. Формування такого рівня врожайності можливе лише за умови внесення достатньої кількості добрив. Вона повніше, ніж інші зернові культури, використовує їх, оскільки має добре розвинену кореневу систему і тривалий період вегетації [8, 16, 32, 33, 56]. У виробничих умовах потенціал цієї культури використовується лише на 30-50% [29, 57].

Потенційні можливості зерна кукурудзи в Україні невичерпні. Навіть за наявних посівних площ можна в 1,5-2 рази збільшити валовий збір зерна за рахунок підвищення врожайності [58]. Підвищення продуктивності кукурудзи можливе лише за умови інтенсифікації галузі та раціонального використання матеріально-технічних засобів і ресурсів [59, 60].

Обговорюючи потенціал урожайності кукурудзи, можна відзначити його максимальний рівень, який отримали фермери США, а саме: 27,7 т/га, а також на наших українських землях у Вінницькій та Київській областях: 16,6 та 19,3 т/га, відповідно [8, 61]. Для виробництва 10000 МДж енергії кукурудза потребує лише 20 кг діючої речовини азоту, що на 20-30% менше від основаних зернових культур. Урожай кукурудзи з 1 га забезпечує виробництво 15 000 л молока або 2000 кг яловичини чи 3000 кг свинини [62].

За умови зростання врожайності зерна сучасних гібридів кукурудзи існує можливість переробки частини зернової продукції на етанол (добавки до високооктанових марок бензину) а листостебельної маси на біогаз (180-220 $м^3$ із 1 тонни листостеблової маси, або з 1 га – 7-10 тис. $м^3$ біогазу). Дане питання особливо актуальне в умовах дефіциту традиційних видів енергетичних ресурсів [2, 45, 63, 64]. Останнім часом виробництво енергетичних культур перетворилося на повноцінну галузь сільського господарства. Вирощування енергетичних культур виконується на такому ж рівні професіоналізму, як і в інших галузях сільського господарства. Серед різних застосувань кукурудзи для виробництва енергії найпоширенішим є виробництво біоетанолу та біогазу.

Завдяки високим консерваційним властивостям кукурудзяний силос гарантує цілорічне забезпечення біогазових установок. Кукурудза є

незамінною для виробництва біогазу завдяки чудовим характеристикам силосування, лежкості та бродіння, підтвердженим методам виробництва і зберігання та низькій собівартості виробництва. Зброджений залишок (дигестат), що утворюється під час виробництва біогазу, можна вносити на поля [2].

Кукурудза за поглинанням вуглекислого газу і виділенням кисню займає одне із перших місць серед усіх культурних рослин і переважає ліс аналогічної площі. Кількість кисню, що виділяється одним гектаром кукурудзяного поля, достатня для дихання 50-60 людей протягом року. Вона на одному гектарі поля поглинає стільки вуглекислого газу, скільки виділяється легковим автомобілем за 60 тис. кілометрів пробігу. Виведені гібриди технічної кукурудзи, крохмаль з якої за якістю не поступається картопляному [62, 65, 66].

Просапна культура кукурудза за правильного вирощування сприяє очищенню посівів від бур'янів. Це має особливо велике значення на зрошуваних землях, де створюються сприятливі умови не лише для культурних рослин, але й для бур'янистої рослинності. Завдяки усім цим властивостям кукурудза займає великі площі зрошуваних земель півдня України [45, 46].

Тому в Україні та й у цілому світі за останні декілька років зріс попит на зерно кукурудзи, що відобразилося на збільшенні площі посіву цієї культури, особливо за останні 3-5 років [2]. У перерахунку на кінцевий продукт кожний гектар кукурудзи працює в 1,5 рази ефективніше ніж картопля.

РОЗДІЛ 1
ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ І РОСТОВІ ПРОЦЕСИ РОСЛИН КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

1.1. Фенологічна характеристика кукурудзи

Унікальність кукурудзи – це не лише роздільностатевість і філогенетична подібність обох суцвіть (волоті та качана), а й зміщений цикл проходження ними етапів органогенезу. Із прив'язкою до видимих морфологічних змін, які прийнято називати фазами росту, життєвий цикл кукурудзи складається з двох основних періодів: *вегетативного*, коли відбувається формування коренів, стебел, листків, і *генеративного*, коли утворюються суцвіття, квітки, насіння [67, 68].

На думку В. Дячука та Ю. Гойсюка [69], розкриття потенціалу продуктивності гібрида залежить від умов проходження етапів органогенезу рослини.

На будь-якому етапі органогенезу можливий негативний вплив як біотичного, так і абіотичного фактору, які можуть порушити або сповільнити весь подальший процес формування генеративних органів [68]. Чим кращі умови для органогенезу рослин, тим швидше завершується життєвий цикл всієї рослини, і тим коротша тривалість кожного етапу розвитку. Чим гірші умови для проходження кожної стадії розвитку кукурудзи, тим довше рослина затримується на відповідному етапі органогенезу, тим повільніше відбувається процес формування органів плодоношення [70].

Потенційна продуктивність кукурудзи закладається на V етапі органогенезу [70]. Темпи росту та розвитку кукурудзи обумовлюються передусім температурним режимом і вологозабезпеченістю [13].

Підраховуючи кількість листків на головному стеблі рослини (включаючи відмерлі), можна безпосередньо в полі визначити етап органогенезу, що важливо для ефективного застосування поливу, внесення гербіцидів, підживлення та інших агрозаходів [71, 72].

У 1954 р. на VII-й нараді «Кукурудза і сорго» було започатковано та введено в дію число ФАО (вегетаційний період). Число ФАО характеризує кожен гібрид тризначним числом: ультраранньостиглі гібриди позначаються числом 100, ультрапізньостиглі – числом 999. Перша цифра у тризначному числі означає групу достигання, друга – місце гібрида всередині групи достигання, третя - надає інформацію щодо типу зерна. На даний час третя цифра вже не має суттєвого значення, оскільки в більшості господарств віддають перевагу гібридам зубовидної кукурудзи та гібридам із жовтим кольором зерна [43].

ФАО – це абревіатура організації з продовольства та сільського господарства ООН. Різниця в 10 одиниць за числом ФАО відповідає 1-2% вологості качанів або 1-2 днями різниці в дозріванні гібридів за однакового терміну збирання. Класифікація гібридів за числом ФАО в різних країнах дещо відмінна. В Україні, залежно від температурного режиму, розрізняють такі групи стиглості (табл. 1) [73, 74].

1. Класифікація гібридів кукурудзи за групами стиглості [73]

Група стиглості	Число ФАО	Сума температур, град.		Орієнтовна кількість листків на одній рослині, шт.	Тривалість вегетаційного періоду, днів
		активних	ефективних		
Дуже ранньостиглі	100-149	2100	750-800	до 11	до 80
Ранньостиглі	150-199	2200	850-1000	12-14	80-90
Середньоранні	200-299	2400	1100	15-16	90-100
Середньостиглі	300-399	2600	1150	17-18	100-115
Середньопізні	400-499	2800	1200	19-20	115-130
Пізньостиглі	500-599	до 3000	1300	21-23	130-150
Дуже пізньостиглі	>600	>3000	>1350	23>	більше 150

Розподіл гібридів за групами стиглості (число ФАО) поліпшує вибір насіннєвого матеріалу в разі вирощування на зерно та на силос. Силосні гібриди, як правило, повинні мати дещо довший період вегетації, ніж зернові [75].

Період росту кукурудзи доцільно ділити на періоди: від сівби до цвітіння і від цвітіння до повної стиглості [76]. Вегетаційний період визначається кількістю діб від появи сходів до повної стиглості зерна. За цей період рослини підпадають під дію позитивних і негативних природних чинників, на яку вони по-різному реагують у різні періоди онтогенезу [77].

Тривалість вегетаційного періоду більшості гібридів кукурудзи, у межах території України, коливається від 90 до 140-150 днів, водночас він досить помітно змінюється під впливом погодних умов (надходження тепла і вологи) та строків сівби [27, 78]. За тривалістю вегетаційного періоду, гібриди кукурудзи поділяють на ультраранньостиглі (з вегетаційним періодом 55-65 днів), ранньостиглі (90-100 днів), середньоранні (105-115), середньостиглі (115-120), середньопізні (120-130) та пізньостиглі (135-140 днів). В умовах Лісостепу і Полісся можна висівати значну кількість ранньо- та середньостиглих гібридів [43, 67, 79, 80].

Залежно від строків сівби змінюється тривалість міжфазних періодів. За більш ранніх строків сівби друга половина вегетації кукурудзи (цвітіння волотей - повна стиглість) скорочується, а за пізніх – продовжується період викидання волоті - повна стиглість [81, 82].

Державною установою «Інститут сільського господарства Степової зони НААН» встановлено оптимальне співвідношення біотипів гібридів кукурудзи для різних зон вирощування. Згідно із групами стиглості на Поліссі, доцільно вирощувати ранньостиглі (70%) та середньоранні (30%) гібриди, у Лісостепу – ранньостиглі (35%), середньоранні (55), середньостиглі (10%) та всі біологічні групи в зоні Степу: 25%, 30, 30 і 15%, відповідно. Дотримання науково обґрунтованого співвідношення гібридів є визначальним чинником підвищення рівня врожайності та надійного визрівання зерна кукурудзи [13].

У кожній конкретній місцевості необхідно вирощувати гібриди,

фізіологічна стиглість яких настає до перших заморозків. Групи стиглості гібридів розрізняють за кількістю ефективних температур, необхідних для їх дозрівання [83, 84]. Більшою продуктивністю вирізняються гібриди з тривалішим вегетаційним періодом, проте економічний ефект від збільшення врожаю може бути зменшений через додаткові витрати на просушку зерна [43].

У зернової кукурудзи кожна одиниця пізньостиглості може забезпечувати до 3,5 ц/га додаткового врожаю залежно від умов вирощування. За вирощування кукурудзи на силос приріст може становити до 2 ц/га в сухій масі, проте в несприятливих умовах ці переваги нівелюються [85].

Тривалість періодів сходи-цвітіння суцвіть і вегетаційного тісно співпадають та помітно коливаються за роками внаслідок реакції форм на погодні умови, а також залежно від строків сівби [86-88].

Подовження другої половини вегетації за пізніх строків сівби призводить до того, що процес формування зерна відбувається в менш сприятливих умовах, ніж за ранніх строків. У другій половині вегетації середньодобова температура значно знижується, інтенсивність сонячного освітлення зменшується, відносна вологість повітря підвищується. У результаті цього процес формування зерна відбувається повільніше, ніж за сівби в ранні строки, порушується нормальний процес пересування пластичних речовин із зелених органів у зерно, що негативно впливає на рівень врожаю та його якість.

Максимальне накопичення врожаю рослин кукурудзи відбувається в період проходження VII, VIII і X етапів органогенезу.

Основними факторами, які визначають швидкість проростання насіння та впливають на темпи розвитку рослин кукурудзи, тривалість вегетаційного періоду, є температурний режим, зволоження ґрунту та наявність достатньої кількості кисню. Проростання починається з набрякання зерна внаслідок поглинання води. Період проростання кукурудзяного зерна поділено на три етапи: 1) набухання (бубнявіння) зерна, активне поглинання води; 2) розтягнення клітин у тканинах зернівок; 3) ділення меристематичних клітин [43].

За підвищених температур (>30°С) і недостатнього вологозабезпечення вегетаційний період скорочується, а за помірного зволоження, навпаки, стає довшим [43, 89-91]. Вимоги кукурудзи до тепла визнаються нижньою границею температури, за якої починається розвиток, і сумарною кількістю тепла, необхідного для завершення фази сівба-сходи [90].

Цвітіння середньостиглих і пізньостиглих гібридів кукурудзи настає приблизно через 55-65 днів після появи сходів. Волоть починає цвісти на 2-3 дні раніше жіночих суцвіть. Усі квітки качана відцвітають за 5-7 днів після їх появи. Залежно від сортових особливостей зерно дозріває через 55-70 днів після запліднення.

Від синхронності утворення на рослинах кукурудзи генеративних органів значною мірою залежить зернова продуктивність культури. У рослин кукурудзи цвітіння жіночих суцвіть відбувається з появою з обгорток верхнього качана стовпчиків приймочок, яке спостерігається зазвичай на 1-3 до 5 доби пізніше зацвітання волотей – чоловічих суцвіть (появи пилку), але в екстремальних, зокрема посушливих умовах, цей розрив може значно збільшуватись і

продуктивність таких рослин помітно зменшується [27, 67, 68, 92].

На зрошенні строки міжфазних періодів значно змінюються. За підвищеної вологості ґрунту спостерігається пришвидшення появи наступних листків і настання фази викидання волоті, ніж в умовах недостатнього вологозабезпечення рослин і сповільнення в другій половині вегетації, що обумовлює значний приріст урожаю. Висока обводненість рослин під час наливу зерна може привести до значного збільшення, а низька – до скорочення вегетаційного періоду.

Критичними періодами у формуванні високого врожаю кукурудзи є фаза утворення 2-3-го листків (початок диференціації майбутнього стебла), і фаза 6-7 листків (визначення розміру качанів, тобто майбутнього врожаю). Найбільш відповідальні фази розвитку кукурудзи: формування волоті, яка відбувається у скоростиглих, середньостиглих і пізньостиглих гібридів відповідно у фазі 4-7, 5-8 і 7-11 листків (ці фази співпадають із V етапом розвитку чоловічого суцвіття); формування качана, яке відбувається у зазначених гібридів за стиглістю відповідно у фазі 7-11, 8-12 і 11-16 листків (ці фази співпадають з V етапом розвитку жіночого суцвіття) [93]. Фаза молочної стиглості у кукурудзи дуже коротка: 4-8 днів [2, 94].

У кукурудзи розрізняють наступні фази стиглості зерна. Утворення зерна, коли кінчики ниток на качанах буріють, зерно виповнене рідким, майже прозорим соком, у зеленій масі міститься 14-16% сухої речовини. Молочна стиглість: зерно має властиву гібриду забарвлення, заповнене солодкуватою молокоподібною рідиною, 19-20% сухої речовини у масі. Молочно-воскова: зерно заповнене тістоподібною масою, втрачає солодкий смак, 24-26% сухої речовини. Воскова стиглість: зерно заповнене воскоподібною (тістоподібною) масою, сухої речовини в масі – 28-35%. Повна стиглість: зерно стає твердим, вміст сухої речовини в зерні біля 50%, листостебельній масі 30-35%.

Позакореневе підживлення мікродобривами прискорює настання фаз росту й розвитку, що скорочує вегетаційний період [3, 43]. Підживлення в фазу 9-10 листків може сприяти кращому живленню рослин і зменшенню втрат на дихання [95].

VI етап органогенезу качана припадає на час перед викиданням і цвітінням волотей. Це критичний період у розвитку кукурудзи. Для нормального запилення та запліднення необхідно, щоб рослина була забезпечена не тільки макро-, але й мікроелементами [3, 43, 95]. Підживлення на X етапі забезпечує нормальний розвиток зернівки й впливає на якість зерна кукурудзи [95].

Перший період росту і розвитку кукурудзи характеризується тим, що молоді проростки, які розвиваються, живляться за рахунок пластичних речовин насінини і лише після появи 3-4 листка рослина починає засвоювати поживні речовини з ґрунту [96].

Сприяння або мінімальне втручання в рослинний організм під час проходження етапів органогенезу мінімізує ризики прояву аномальних відхилень і зниження продуктивності агроценозу загалом [68].

У фазі 9-11 листка відбувається перерозподіл пластичних речовин у межах закладених качанів на рослині. Фактично визначається кількість продуктивних

качанів на рослині, а сигналом для цього є інтенсивність освітлення листків верхнього ярусу. Чим краща освітленість, тим вища ймовірність появи 2-х і більше качанів на рослині. Пріоритетним регулюючим фактором при цьому є густота стояння та рівномірність розташування рослин, які мають бути чітко встановлені на момент проведення посіву [43, 68].

Під час IV етапу органогенезу качана утворюються колоскові лопаті та формуються колосові горбики, VI – формуються жіночі генеративні органи, X – формується зародок і зернівки. Ці етапи органогенезу качана є найвідповідальнішими за створення врожаю зерна кукурудзи і мають бути досліджені з погляду оптимізації умов живлення в зазначені періоди [95].

За висловлюваннями Ф.Куперман (1959), «*спостереження за процесами формування конусів наростання... дозволили встановити, що рослина кукурудзи проходить через ряд етапів органогенезу. При тому встановлено, по-перше – що для проходження кожного етапу необхідний певний комплекс умов по-друге, що на кожному із етапів органогенезу формуються різні органи, які визначають продуктивність рослин».* Розуміння процесів формування генеративних органів і опційний біологічний менеджмент вимагає не лише знань біології культури, а й чіткого усвідомлення послідовності проходження якісних змін у рослинному організмі, які водночас із ростовими процесами скеровані на формування продуктивної складової врожаю. Сприяння або мінімальне втручання в рослинний організм під час проходження етапів органогенезу мінімізує ризики прояву аномальних відхилень та зниження продуктивності агроценозу загалом [68].

Зародкову бруньку сходів захищає піхва бруньки; після утворення на поверхні ґрунту тріщини в 1-2 мм з неї з'являється перший справжній листок [43].

Фаза сходів відповідає 1-му етапу органогенезу волоті. На цьому етапі апікальна меристема недиференційована й істотного впливу на процеси органоутворення не відбувається. Можуть уповільнюватися лише ростові процеси під дією біотичних факторів (перезволоження, низькі температури, ущільнення ґрунту тощо) [3, 43].

Фаза сходів - утворення 3-го листка відповідає 2-му етапу органогенезу волоті. Відбувається видовження осі росту стебла та закладка вузлів і міжвузлів [68].

Фаза 3-го листка - утворення 5-го листка відповідає 3-му та 4-му етапам органогенезу волоті та 1-му качана. Під час цього періоду повністю завершується формування вегетативних частин стебла - і згодом на верхівці пагона відбувається закладка осі волоті без сегментації на бічні гілочки. У пазухах листків закладаються бічні апікальні меристеми (майбутні качани) та формуються зачаткові листки обгортки качанів. Надзвичайно важливим у цей час є доступність для рослин сполук фосфору, азоту, цинку. Якщо з двома останніми зазвичай проблеми бувають доволі рідко, то присутність доступних форм фосфору в активній зоні недостатньо сформованої кореневої системи кукурудзи є вкрай необхідною, звідси висока ефективність застосування фосфорних добрив при сівбі. Порушення регламентів

застосування гербіцидів дикамба, 2,4-Д, використання неперевірених композиційних сумішей, наявність у препаратах невідомих супутніх хімічних речовин, перебування рослин у стані біотичного стресу(високі або понижені температури, перезволоження ґрунту тощо) може призводити до їх «яловості» (відсутність качанів) або формування додаткових пагонів з одного вузла [3, 68].

2. Етапи органогенезу волоті та качана

Фаза розвитку	Етап органогенезу		Характеристика етапу органогенезу	
	волоті	качана	волоті	качана
Сходи	1	-	Відсутність диференціації конуса росту	
3-й листок	2	-	Витягування конуса росту. Утворення вузлів і міжвузлів зачатка стебла	
5-й листок	3,4	1	Розгортання зародкових листків. Сегментація конуса росту. Формування зачатка осі волоті	Формування листків і пагонів качанів
7-й листок	5	2,3	Сегментація колосових лопатей волоті	Сегментація осі зачатка качана, закладка рядів зерен
9-й листок	6	4	Формування та диференціація квіток волоті. Початок формування пилку	Формування качана, закладка зерен у ряду
15-й листок	7	5	Ріст покривних тканин колосків і квіток	Диференціація квіток качана, закладка тичинок і зав’язі
Поява волоті	8	6	Поява волоті	Формування зародкового мішечка
Цвітіння волоті	9	7	Цвітіння волоті	Посилений ріст стовпчиків зав’язі та стрижня качана
Цвітіння качана	-	8,9		Поява приймочок. Запліднення та формування зернівки
Молочна стиглість	-	10		Формування зародку утворення ендосперму та перикарпію зерна
Воскова стиглість	-	11		Дозрівання зародку. Утворення абсцизного прошарку
Повна стиглість	-	12		Диференціація ендосперму. Утворення складних білків і вуглеводів

Фаза 5-го листка - утворення 7-го листка відповідає 5-му етапу

органогенезу волоті та 2-му та 3-му етапам качана. Цей період характеризується сегментацією колоскових лопатей і диференціацією двох квіток у кожному колоску волоті, видовженням осі зачаткового стебла качанів, сегментам на вузли, міжвузля та конусу росту качана (закладаються ряди зерен).

Наявність у фазі 5-7 листків доступних елементів живлення у ґрунті є пріоритетним, але не менш важлива також достатня аерованість ґрунту [43, 68].

Фаза 7-го листка - утворення 9-го листка відповідає 6-му етапу органогенезу волоті та 4-му етапу качана. Саме тоді відбувається диференціація квіток волоті, рудиментується зав'язь і функціональними залишаються лише тичинки), формуються пилкові зерна в пиляках, а в качані починається формування зачатків колосків і закладається кількість зерен в ряду. Особливістю цього етапу є істотний вплив на зниження загальної продуктивності рослин у разі значної конкуренції з боку бур'янів та залежність ступеня озерненості качанів від нерегламентованого застосування гербіцидів або підвищених температур. Важливими є оптимізація водного режиму ґрунту агротехнічними методами (за можливості зрошення) і забезпечення повного мінерального живлення (за нестачі фосфору частина гілочок волоті та колосків качана можуть бути недорозвинутими). Також важливим є доступність N, K, S, Ca, Mg, Mn, Zn [3, 68].

Фаза 9-го листка - утворення 11-го і решти листків відповідає 7-му етапу органогенезу волоті та 5-му -качана. У цей час відбувається ріст покривних тканин квіток колосків і квіток та інтенсивний ріст суцвіття волоті, у качані проходить формування та диференціація квіток (під кінець етапу). Особливістю цього періоду є визначення пріоритетності перерозподілу пластичних речовин у межах закладених качанів на рослині (фото 10). Фактично визначається кількість продуктивних качанів на рослині, а сигналом для цього є інтенсивність освітлення листків верхнього ярусу. Чим краща освітленість, тим вища ймовірність появи 2-х і більше качанів на рослині. Пріоритетним регулюючим фактором є густота стояння та рівномірність розташування рослин, які мають бути чітко встановлені на момент проведення посіву [3, 43, 45, 68].

Поява волоті відповідає 8-му етапу органогенезу волоті та 6-му – качана. У цей час відбувається ріст тичинкових ниток у волоті, формування зародкових мішків качана та посилений ріст стовпчиків його зав'язей. Особливістю періоду є інтенсивне споживання елементів живлення та вологи. Поліпшення умов живлення мікроелементами, які підвищують фертильність (B), водоспоживання (Zn) та фотосинтетичну продуктивність (Mg, Mn), на цьому етапі створюють передумови ефективного цвітіння та запліднення. Елементи живлення можна «задепонувати», вносячи їх по 9-му і більше листку. Варто зауважити, що, починаючи з цього етапу органогенезу, практично відсутні ефективні методи подальшого регулювання продуктивності посіву (можливе підсилення фізіологічних процесів шляхом використання препаратів групи стробілурінів) [68].

Цвітіння волоті відповідає останньому (9-му)етапу органогенезу волоті і 7-му етапу – качана. Тоді відбувається цвітіння волоті та початок появи стовпчиків зав'язей («шовку»). Усі наступні етапи органогенезу качана (8-12-й) пов'язані із заплідненням, формуванням зернівки, що повністю залежить від

кліматичних факторів, рівня забезпечення ґрунту елементами живлення та вологою [46, 68].

Цвітіння жіночих суцвіть починається на 4-5 днів пізніше чоловічих, а під час посухи цей період навіть подовжується, причому качани запилюються не повністю, а в деяких випадках взагалі не утворюють насіння [27, 67].

Кукурудза характеризується чітко вираженим протерандричним типом цвітіння, так як цвітіння волоті в більшості гібридів і сортотипів кукурудзи розпочинається за звичайних умов на 2-6 днів раніше за цвітіння волоті. Можливі подовження або скорочення розриву в часі між цвітінням обох суцвіть визначаються генотипом рослин і кліматичними чинниками під час проходження етапів органогенезу волоті та качана. Тепла погода та подовження тривалості й інтенсивності освітлення призводить до збільшення розриву і в часі початку цвітіння обох суцвіть до 8-10 днів і, навпаки, прохолодна погода та скорочення довжини світлового дня (тобто істотне зміщення строків сівби) зумовлюють більш ранню появу «шовку». Отже, синхронізація знань ростових процесів і процесів органоутворення і рослин кукурудзи упереджують від прийняття технологічно невиважених рішень, дають нам ефектам ні важелі управління процесами формування продуктивності посівів і створюють оптимальні передумови розкриття генетичного потенціалу рослин [45, 68].

Стежачи за фенологічними фазами росту, їх інтенсивністю, можна за допомогою технологічних прийомів регулювати елементи продуктивності рослин у запрограмованому напрямі.

Сьогодні в Європі прийнята загальна уніфікована розширена шкала (код ВВСН.) для встановлення стадій розвитку однодольних і дводольних культурних рослин і бур'янів. У процесі росту та розвитку кукурудзи виділяють наступні стадії органогенезу таблиця 3.

3. Стадії розвитку кукурудзи за шкалою ВВСН

Код	**Стадії**
1	2
	Макростадія 0: Проростання
00	Сухе насіння
01	Початок набубнявіння насіння
03	Кінець набубнявіння насіння
05	Зародковий корінець вийшов з насінини
06	Зародковий корінець розтягнутий, видно кореневі волоски або придаткові корінці
07	Колеоптиле вийшло з насінини
09	Сходи: колеоптиле пробиває поверхню ґрунту
Макростадія 1: Розвиток листків (головний пагін)	
10	1-й листок вийшов з колеоптиле [1, 2]
11	1-й листок розпустився
12	2-й листок розпустився
13	3-й листок розпустився

Продовження таблиці 3

1	2
1…	Подальше розпускання листків до ...
19	9-й і більше листків розпустилися
	Макростадія 2: - ***Макростадія 3: Витягування стебла (головне стебло), вихід в трубку***
30	Початок витягування стебла
31	Видно перший стебловий вузол
32	Видно другий стебловий вузол
33	Видно третій стебловий вузол
3…	Подальша поява стеблових вузлів до ...
39	Видно дев'ять або більше стеблових вузлів[3]
	Макростадія 4: - ***Макростадія 5:Закладання квіток, викидання волоті***
51	Початок викидання волоті, волоть добре помітна усередині верхніх листків
53	Видно кінчик волоті
55	Середина викидання волоті, волоть повністю вільна від покривних листків, середні гілочки волоті розпустилися
59	Кінець викидання волоті, нижні гілочки волоті повністю розпустилися
	Макростадія 6: Цвітіння
61	Чоловіче суцвіття: початок цвітіння, середні гілочки волоті цвітуть у своїй середній частині. Жіноче суцвіття: кінчик закладки качана виходить із піхви
63	Чоловіче суцвіття: починається розсіювання пилку. Жіноче суцвіття: видно кінчики ниток рильця
65	Чоловіче суцвіття: повне цвітіння, цвітуть верхні й нижні гілочки волоті. Жіноче суцвіття: повністю викинулися нитки рильця
67	Чоловіче суцвіття: кінець цвітіння. Жіноче суцвіття: нитки рильця починають засихати
69	Кінець цвітіння
	Макростадія 7: Розвиток плоду
71	Початок утворення зерна, консистенція водяниста, у зерні близько 16% СР
73	Рання молочна стиглість
75	Молочна стиглість: зернівки в середній частині качана жовтувато-білі, консистенція молочна, у зерні близько 40% СР
79	Досягнуто видо- і сортоспецифічний розмір зерна
	Макростадія 8: Дозрівання зерна
83	Рання воскова стиглість, зерно воскове, у зерні близько 45 % СР
85	Воскова (силосна) стиглість, зерно жовтувате або жовте (залежно від гібриду, сорту), консистенція воскова, у зерні близько 55% СР
87	Фізіологічна стиглість, чорна пляма або чорний шар на місці прикріплення зерна до стрижня, у зерні близько 60% СР

Продовження таблиці 3

1	2
89	Повна стиглість, зерно тверде й блискуче, у зерні близько 65% СР
	Макростадія 9: Відмирання
97	Відмерла рослина
99	Збирання (зерно)

Основою для визначення стадій розвитку є видимі неозброєним оком фенологічні ознаки утворення органів. Цей код знайшов загальне застосування не тільки в Європейському Співтоваристві, але і в рамках діяльності різних міжнародних міжурядових і наукових організацій. Знання про хід окремих стадій розвитку посівів дозволяє своєчасно й ефективно застосовувати необхідні оперативні, адаптовані до конкретних ситуацій агротехнічні заходи для формування високих урожаїв (підживлення азотом, внесення мікроелементів, застосування регуляторів росту, фунгіцидів та інші технологічні заходи). У Західній Європі сукупність цих оперативних агротехнічних заходів, направлених на досягнення оптимальних урожаїв, називається «управління посівами» або «менеджмент посівами». Усі агротехнічні заходи слід проводити в чіткій відповідності щодо стадій розвитку рослин та формування врожаю та їх вимогам до умов живлення. Відхилення від цього викликають значні або менш значні втрати врожаю [45, 46].

В основу побудови коду ВВСН покладена шкала Задокса, що дозволила уникнути великих змін цієї, прийнятної в цілому, системи кодування, яка виправдала себе в усьому світі. Двозначне числове кодування, складене таким чином, що перше число - макростадія, а друге - мікростадія в рамках макростадії. Це дозволяє застосовувати цю систему для єдиного кодування стадій розвитку культурних і бур'янистих рослин, у тому числі й для льону олійного. Для опису стадій розвитку рослин виділено 10 макростадій від 0 до 9, у розрізі яких є по 10 мікростадій.

Назва коду ВВСН утворена від початкових літер назв організацій, що спочатку брали участь у його розробці: **В** – Biologische Bundesanstalt far Land- und Forstwirtschaft (Біологічна федеральна установа сільського і лісового господарства); **В** – Bundessortenamt (Федеральне сортове управління); **СН** – Chemische Industrie (Хімічна промисловість у складі Об'єднання аграрної промисловості) [3, 45, 46].

1.2. Фотосинтетична діяльність рослин кукурудзи

Вирішальним фактором у формуванні біологічного та господарського врожаїв кукурудзи є інтенсивність і продуктивність фотосинтетичної роботи асиміляційної поверхні рослин у посівах, як цілісних динамічних оптико-біологічних систем. Фотосинтез – це основний процес утворення органічних речовин, що в поєднанні з асиміляцією мінеральних солей із ґрунту створює біомасу рослин, тобто перетворення світлової енергії в хімічну [97-99].

Інтенсивність листоутворення, загальна площа листової поверхні та її фотосинтетична діяльність здійснює вирішальний вплив на продуктивність рослин, так як до 95% сухої маси є результатом здійснення процесу синтезу вуглеводів через фотосинтез у листках. У рослин кукурудзи відсутнє світлове дихання (денне виділення вуглекислоти), завдяки чому вони відрізняються самим інтенсивним - фотосинтезом (до 80-90 мг CO_2 на 1 $дм^2$ за годину), створюючи суху речовину до 15-20 $г/м^2$ за добу і використовуючи сонячну енергію до 3-5% і вище [100].

Рослини з інтенсивним приростом листової поверхні, як правило, більш ранньостиглі [101]. Установлено, що 43,9% всієї маси сухої речовини рослини кукурудзи знаходиться в зерні [43].

На інтенсивність процесу фотосинтезу впливають як комплекс зовнішніх факторів – освітленість, температура середовища, вміст вуглекислого газу, вологість тощо, так і біологічні особливості рослин, специфіка їхньої реакції на зовнішні впливи [97, 102].

Фотосинтез залежить від температури, яка виконує роль його регулятора. Ефективна температурна зона фотосинтезу знаходиться приблизно в температурному інтервалі +5…+35°С [43]. У разі хорошого вологозабезпечення він найбільш інтенсивний за температури +23…+27°С, а якщо відбувається підвищення температури, процес загальмовується, за +45° С припиняється. Фотосинтез у кукурудзи за достатньо високого освітлення(8700-49500 лк) відбувається і за температури +4,5…+9,0°С.

Управління процесом фотосинтезу, підвищення його продуктивності – один із ефективних методів впливу на продуктивність і підвищення врожаю [97, 103, 104]. Фотосинтез має дві вирішальні стадії – *світлову* та *темпову*. Під час *світлової стадії* відбувається нагромадження енергії; вона потрібна для синтезу речовин та інших процесів життєдіяльності. У *темповий період* із вуглекислоти та води утворюються вуглеводи [98].

Листя, як відомо, є основним органом фотосинтезу, хоча частково цю роль виконують також зелені стебла, суцвіття на початку їх утворення [97], навіть повітряні корені [45, 46]. *Продуктивність фотосинтезу рослин визначається двома головними показниками*: сумарною площею листкової поверхні та інтенсивністю фотосинтетичних процесів на одиниці площі листків. Два ці показники знаходяться в безпосередній залежності від строків сівби [105].

Отримання високих урожаїв кукурудзи можливе лише за формування в рослин оптимальної за розмірами, швидкістю формування та тривалістю функціонування листкової поверхні посіву (фотосинтезуючого апарату). Повнота використання сонячної радіації залежить від просторової орієнтації листової поверхні як оптичної системи, насиченості хлорофілом, інтенсивності фотосинтезу, його продуктивності. Водночас основним в оптимізації структури посівів залишається забезпечення більш високої ефективності використання фотосинтетично активної радіації (ФАР) [96, 97, 104-106].

Велике значення для продуктивної роботи посіву як фотосинтезуючої системи має оптимізація теплового, водного, повітряного та поживного режиму. [97, 107]. Тому за допомогою агротехнічних прийомів можна значно покращити

процес фотосинтезу і тим самим підвищити врожай

Листова поверхня, як і ріст рослин на початку вегетації, наростає повільно, а після появи 2-3 міжвузля збільшується досить інтенсивно. У жаркі періоди листки здатні скручуватись: їх поверхня вкрита волосками, що оберігає рослину від надлишкового випаровування води. Кількість листків на одній рослині кукурудзи може бути від 8 до 45 шт. У поширених у нашій країні гібридів утворюється від 13 до 24 листків [3, 45]. Їх кількість залежить від сортових особливостей: чим гібрид пізньостигліший, тим більше листків утворюється на стеблі: у ранньостиглих – 9-11 листків, у пізньостиглих – 23-25 [79]. Дана ознака є більш сталим показником порівняно з висотою рослин й менш істотно варіює залежно від погодних умов та агротехнічних прийомів. Вона корелює з тривалістю вегетаційного періоду та врожайністю [101].

Загальна листкова поверхня рослини залежно від гібрида і агротехніки становить 0,3-1,5 м^2. Пізньостиглі гібриди кукурудзи максимально використовують агрокліматичний потенціал регіону, так як вони формують більшу площу листків і до того ж тривалий час залишаються функціональними. У результаті в сприятливі роки пізні гібриди формують більшу врожайність, але вони дуже пізно дозрівають і мають високу вологість зерна, що призводить до додаткових витрат на досушування (до 30% від загальних виробничих затрат) [107, 108].

Як недостатня площа листкової поверхні на перших фазах росту та розвитку рослин є причиною зниження ефективності використання фотосинтетично-активної радіації, так і надлишкова площа асиміляційної поверхні призводить до взаємозатінення листків нижніх ярусів і, як наслідок, неефективного перерозподілу продуктів асиміляції, що істотно впливає на врожайність та якість продукції. Листки, розташовані вище на стеблі, мають більш високу фізіологічну активність, що пояснюється кращими умовами для розвитку в їхніх пазухах качанів. Різна фотосинтетична активність ярусів листків пояснюється, перш за все, слабкою освітленістю листків нижнього ярусу, затіненням їх листками верхнього та середнього ярусу. Створюючи кращі умови освітлення в посівах, підтримуючи високу фізіологічну активність у більшості листків, можна забезпечити розвиток на рослині декількох качанів [104, 109].

Зерно кукурудзи в основному формується завдяки фотосинтезу верхніх листків. Більш високу продуктивність забезпечують гібриди, у яких листки середніх та нижніх ярусів інтенсивно використовують послаблену інсоляцію, а верхні – краще пристосовані до інтенсивного надходження ФАР. Однак розподіл і засвоєння рослинами сонячного проміння залежить не тільки від просторової орієнтації листків, а й від площі листкової поверхні [102].

Про пряму залежність величини врожаю біомаси кукурудзи від розмірів асиміляційної поверхні свідчать експериментальні дані багатьох дослідників. Тому досить важливим є конструювання агроценозів, здатних засвоювати максимальну кількість енергії сонячної радіації та більш продуктивно використовувати її на побудову органічних сполук [38, 104, 107, 109].

Розміри асиміляційної поверхні рослин і тривалість її активного функціонування суттєво впливають на зміну радіаційної характеристики посівів

кукурудзи. Збільшення густоти стояння рослин з 60 до 90 тис./га сприяє зростанню значень коефіцієнта поглинання ФАР посівами кукурудзи на 9,0-17,3%. Водночас значення коефіцієнта пропускання енергії ФАР зменшується в ранньостиглих гібридів з 0,31 до 0,14, у середньоранніх – з 0,24 до 0,09, у середньостиглих і середньопізніх – з 0,21 до 0,06 [3, 109].

Згідно даних Г Л. Філіпова, Л. С. Яремка [109], збільшення кількості рослин з 60 до 90 тис./га сприяє зростанню загальної фотосинтетичної потужності посіву в ранньостиглих і середньоранніх гібридів на 0,19-0,25 млн. $м^2$-днів/га, середньостиглих – на 0,21-0,32 млн. $м^2$-днів/га, середньопізніх – на 0,14-0,25 млн. $м^2$-днів/га.

Величина асиміляційної поверхні та тривалість її активної фотосинтетичної роботи змінюється залежно від морфо-біологічних особливостей гібридів і густоти посіву. Здатність гібридів формувати певну кількість господарсько-цінної частини врожаю обумовлюється характером розподілу асимілятів між окремими органами [35, 109]. Розвиток листкової поверхні залежить від активності меристеми, яка забезпечує утворення листків і початок клітинних процесів, що сприяють їхньому росту. Визначальна роль в цьому належить елементам живлення, зокрема азоту [97].

За внесення азотних добрив спостерігається збільшення інтенсивності ростових процесів рослин, що проводить до погіршення освітленості всередині посівів. Активно проходить процес відмирання нижніх трьох-чотирьох листків кукурудзи, що є причиною посиленого росту рослин у разі конкуренції за світлом. Така дія добрив найбільш істотно спостерігається в роки з достатнім забезпеченням рослин вологою. За обмеженого вологозабезпечення небезпека надмірного росту рослин не спостерігається, проте буде низькою ефективність мінеральних добрив. Недостатнє азотне живлення за дефіциту вологи зменшує загальну оводненість тканин, призводить до зміни співвідношення «вільної» і зв'язаної води в сторону збільшення останньої, до підвищення концентрації клітинного соку та збільшення осмотичного тиску. При утворенні перших трьох листків інтервал між їх появою складає 1-3 дні, наступних 4-5 листків – 6-7 днів. Починаючи із 8-9-го листка інтенсивність їх росту знову зростає (2,5-3,5 дні на кожний листок), а останні 3-4 листки розвиваються повільно (за 5-7 днів кожний) [3, 27].

Коефіцієнт використання сонячної радіації залежить від роботи листкового апарату рослин. У перший період вегетації наростання асиміляційного апарату проходить повільно. Протягом першого місяця після появи сходів утворюється лише 5% листкової поверхні порівняно з максимальною. У подальшому цей процес прискорюється впродовж наступних 30 днів і утворюється близько 90% листової поверхні. Максимальної величини площа листків досягає на 70-й день після появи сходів, що збігається з фазою «викидання-цвітіння волоті». Після цього йде поступове зменшення площі листової поверхні і доходить до нуля на 130-й день вегетації [97, 105, 110].

Збільшення листової поверхні відбувається нерівномірно протягом вегетації і значною мірою визначається кількістю поживних речовин у ґрунті та мінеральним живленням. Уже на початку вегетації відмічається істотна різниця

площі листків, фотосинтетичного потенціалу, чистої продуктивності фотосинтезу та використання ФАР у рослин, що вирощуються на різних варіантах удобрення [91, 107].

До комплексу агротехнічних заходів, які впливають на процес фотосинтезу, належить забезпеченість рослин водою та мінеральними елементами живлення, у тому числі мікроелементами (міддю, цинком тощо). Від них залежить активність роботи всього фотосинтезуючого апарату рослин [97, 111].

Рослини з вузькими листками, які відходять під гострим кутом від основи стебла (еректоїдні листки – мутація безлігульності), більш урожайні (прибавка становить до 10 ц/га зерна) порівняно з рослинами, що мають горизонтальне розташування листків, так як менше затіняють один одного [106, 108, 112].

Для фотосинтетичної діяльності важливе значення має не лише загальна площа листкової поверхні, а й величина тривалості активної асиміляції, розмір окремих ярусів листків і листкових пластин. За оцінки майбутньої продуктивності кукурудзи найбільш вагоме значення з усіх листків має прикачанний листок, завдяки якому основна частина асимілянтів (до 30 %) іде на формування зерна. У своїх дослідженнях ми звернули увагу не лише на загальну площу листкової поверхні та площу прикачанного листка, а й на площу верхнього (прапорцевого) листка. Тому, як відомо із джерел наукової літератури [97, 98, 113], для злакових культур прапорцевий листок здійснює значний вклад (до 25 %) у формування врожаю зерна.

Наявність неоднозначних думок щодо впливу строків сівби на площу асиміляційної поверхні посівів, площі верхнього та прикачанного листків кукурудзи й істотні зміни клімату, пов'язані із глобальним потеплінням, вимагають подальшого дослідження даних питань.

Встановлено, що загальна площа листкової поверхні, площа верхнього та прикачанного листів гібридів кукурудзи залежала від груп стиглості, гібридів і строків сівби (табл. 4, рис. 1). Потрібно відзначити вплив на загальну площу листкової поверхні, площу верхнього та прикачанного листів біологічних особливостей гібридів. Навіть у межах однієї групи стиглості окремі гібриди характеризувалися підвищеними показниками.

У середньому за три роки площа листкової поверхні та площа верхнього листка істотно була більшою порівняно зі стандартами в гібридів: ранньостиглої групи ДКС 2787, відповідно – 31,0 тис. $м^2$/га, та 141 $см^2$ (стандарт ДКС 2971 – 28,6 тис. $м^2$/га та 125 $см^2$), середньостиглої групи ДКС 4964, відповідно – 40,8 тис. $м^2$/га та 171 $см^2$ – стандарт ДК 315, відповідно – 38,0 тис. $м^2$/га та 153 $см^2$ ($НІР_{05\ гібрид}$ = 1,7 тис. $м^2$/га та 6 $см^2$). Встановлено, що площа прикачанного листка в ранньостиглої групи гібридів кукурудзи була істотно більшою у гібрида ДКС 2787, тоді як у середньостиглої групи виділилося три гібрида ДК 440, ДКС 4964 та ДКС 4626.

Серед гібридів середньоранньої групи жоден не мав більшу площу листкової поверхні, площу верхнього та прикачанного листків, порівняно зі стандартом. Лише в одного гібрида ДКС 3420 площа листкової поверхні та верхнього листка наближалася до стандарту і становила 38,7 тис. $м^2$/га та 156 $см^2$,

в стандарті DKC 3871 вона була 39,2 тис. м^2/га та 153 см^2 ($НІР_{05\ гібрид}$ = 1,7 тис. м^2/га та 6 см^2).

4. Вплив сортових особливостей і строків сівби на площу листкової поверхні, верхнього та прикачанного листків гібридів кукурудзи (середнє за 2011-2013 рр.)

Група стиглості (А)	Гібрид (В)	Строк сівби (С)	Загальна площа листкової поверхні, тис. м^2/га	Площа верхнього листка, см^2	Площа прикачанного листка, см^2
1	2	3	4	5	6
ранньостигла	Харківський 195МВ	ранній*	25,5	122	434
		середній**	26,8	110	459
		пізній***	28,3	100	522
	DKC 2870	ранній*	27,4	137	434
		середній**	29,1	120	532
		пізній***	29,4	134	548
	DKC 2960	ранній*	23,7	117	403
		середній**	26,5	99	477
		пізній***	28,4	99	477
	DKC 2949	ранній*	21,7	110	377
		середній**	23,2	96	460
		пізній***	25,1	91	447
	DKC 2787	ранній*	29,0	152	486
		середній**	32,9	143	553
		пізній***	31,0	128	580
	DKC 2971 стандарт	ранній*	26,8	131	444
		середній**	29,6	115	544
		пізній***	29,4	130	560
середньорання	DKC 3476	ранній*	35,2	168	521
		середній**	36,2	143	618
		пізній***	40,4	140	644
	DKC 3795	ранній*	31,6	143	476
		середній**	31,4	137	561
		пізній***	35,4	126	597
	DKC 3472	ранній*	34,9	166	516
		середній**	36,3	158	610
		пізній***	39,7	139	647
	DKC 3420	ранній*	34,9	165	530
		середній**	38,2	160	630
		пізній***	42,8	144	658
	Переяславський 230СВ	ранній*	34,2	159	523
		середній**	35,2	144	600
		пізній***	39,0	132	617
	DKC 3871 стандарт	ранній*	37,1	172	562
		середній**	38,6	137	616
		пізній***	42,0	150	650
	DK 391	ранній*	36,7	188	522
		середній**	36,4	140	641
		пізній***	40,6	150	655

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6
середньостигла	DKC 3511	ранній*	36,4	182	548
		середній**	38,3	154	648
		пізній***	41,7	161	688
	DK 440	ранній*	36,4	182	553
		середній**	39,2	157	683
		пізній***	41,4	172	723
	DKC 4964	ранній*	38,2	189	549
		середній**	40,4	159	684
		пізній***	43,9	179	714
	DKC 4626	ранній*	40,9	183	589
		середній**	43,1	149	714
		пізній***	46,3	162	735
	DK 315 стандарт	ранній*	36,4	191	538
		середній**	37,2	154	657
		пізній***	40,5	151	684
$НІР_{05}$ група стиглості			1,2	4	12
$НІР_{05}$ гібрид			1,7	6	17
$НІР_{05}$ строк сівби			1,2	4	12

***Примітка**: *- Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+8°C;*

***- Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+10°C;*

****- Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+12°C*

Використання гібридів, що характеризуються підвищеною площею листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків дозволить отримати максимальну площу листкової поверхні на одиниці площі і, відповідно – це забезпечить підвищення продуктивності кукурудзи.

У групі ранньостиглих гібридів, у середньому за три роки, загальна площа листкової поверхні становила 27,4 тис. м^2/га, середньоранніх – 36,8 тис. м^2/га та середньостиглих – 39,7 тис. м^2/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ =1,2 тис. м^2/га), площа верхнього листка, відповідно – 119, 149 та 167 см^2, прикачанного листка, відповідно – 485, 585 та 640 см^2. Тобто подовження тривалості вегетаційного періоду сприяє збільшенню площі листкової поверхні на 2,8-12,2 тис. м^2/га, верхнього листка на 30-48 см^2, а прикачанного листка на 52-155 см^2 порівняно з ранньостиглою групою. У гібридів середньостиглої групи зазначено найвище значення площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків, які коливалась, відповідно – в межах 37,5-42,4 тис. м^2/га, 152-186 см^2 та 550-703 см^2 (див. рис. 1).

На загальну площу листкової поверхні, площу верхнього та прикачанного листків впливали також строки сівби гібридів кукурудзи. Так, за раннього строку сівби площа листкової поверхні, у середньому за три роки, у гібридів ранньостиглої групи становила 25,7 тис. м^2/га, або була істотно меншою, ніж за середнього строку сівби, відповідно за групами стиглості – на 2,3, 1,3 та 1,6 тис. м^2/га.

За пізнього строку сівби площа листкової поверхні була більшою не лише порівняно з раннім строком, а і з середнім ($НІР_{05\ строк\ сівби}$ = 1,2 тис. м^2/га).

Зростання площі листкової поверхні за пізнього строку сівби порівняно з раннім становило 2,9-5,2 тис. м^2/га. За середнього та пізнього строків сівби площа листкової поверхні збільшувалася на 10-15%, порівняно з раннім строком. Аналогічну залежність спостерігали з площею верхнього та прикачанного листків залежно від строку сівби. Найбільшими вони були за пізнього строку сівби.

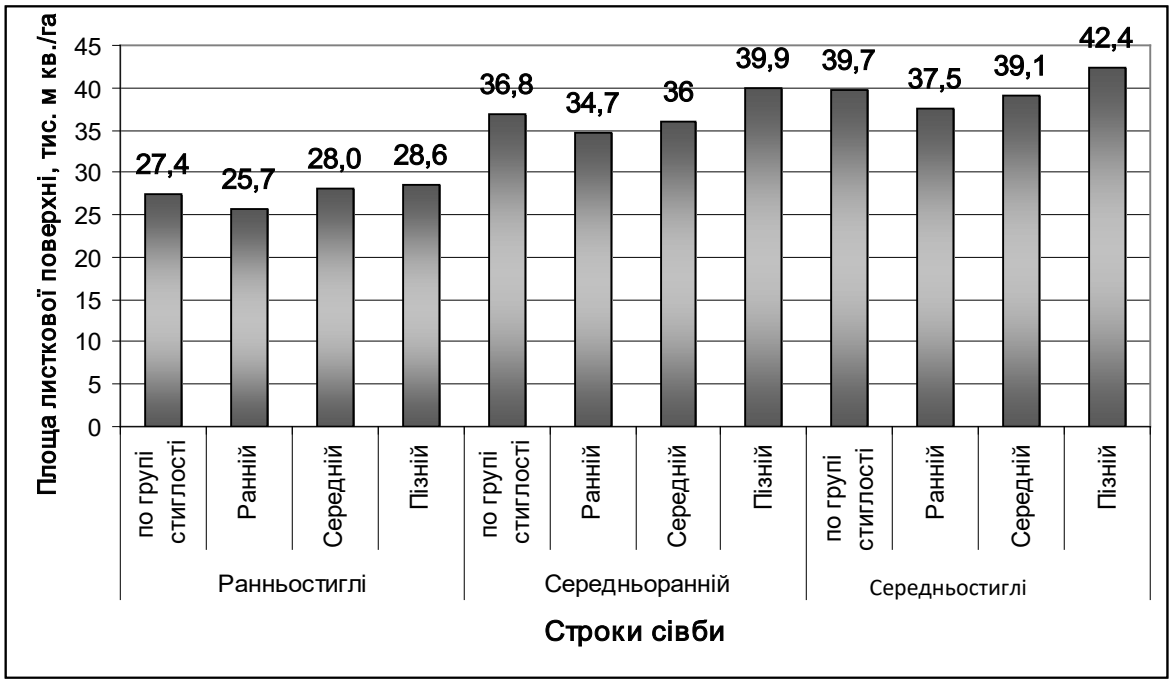


Рис. 1 **Площа листкової поверхні залежно від групи стиглості гібридів та строку їх сівби**, тис. м^2/га (середнє за 2011-2013 рр.)

Необхідно також відзначити вплив на значення загальної площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків умов року, зокрема найвищими ці показники були у 2011 р., який характеризувався більш сприятливими показниками за температурним режимом і зволоженням порівняно з 2012 та 2013 рр. Так, загальна площа листкової поверхні в 2011 р становила 38,2 тис. м^2/га, в 2012 р. – 29,5 тис. м^2/га, а 2013 р. – 36,3 тис. м^2/га.

Між загальною площею листкової поверхні та площею верхнього листка та між загальною площею листкової поверхні та площею прикачанного листка встановлено тісні кореляційні зв'язки. Коефіцієнт кореляції становить відповідно 0,71 і 0,90 та між площею верхнього та прикачанного листків встановлена середня кореляція, коефіцієнт кореляції становить 0,46.

Отже, отримані результати досліджень вказують на зростання значення загальної площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків від раннього до пізнього строку сівби. Найбільш істотне збільшення цих показників одержано за пізнього строку сівби у гібридів середньоранньої та середньостиглої групи, а також прямі тісні кореляційні зв'язки між загальною площею листкової поверхні та площею верхнього та прикачанного листків.

Дослідженнями встановлено залежність величини площі листкової

поверхні, площі верхнього та прикачанного листків від застосування позакореневих підживлень. Як одноразове, так і дворазове позакореневе підживлення всіма препаратами, за виключенням Вимпелу, забезпечило достовірне збільшення цих показників у всіх гібридів ранньостиглої групи, порівняно з контролем (табл. 5).

Достовірне збільшення площі листкової поверхні препарат Вимпел забезпечив за обробки посівів гібрида DKC 2949. За позакореневого підживлення гібридів Харківський 195 МВ, та DKC 2960 лише дворазове підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи забезпечило істотне збільшення площі листкової поверхні, а за обробки Вимпелом посіву гібрида DKC 2971 площа листкової поверхні не збільшилася, порівняно з контролем – без позакореневого підживлення.

5. Загальна площа листкової поверхні, верхнього та прикачанного листків у ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від генотипу та позакореневих підживлень (середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Загальна площа листкової поверхні, тис. $м^2$/га	Площа верхнього листка, $см^2$	Площа прикачанного листка, $см^2$
1	2	3	4	5	6
Харківський 195 МВ	Контроль (підживлення водою)	-	25,5	122	434
	Біомаг	I*	27,8	133	488
		II*	29,2	139	518
	Еколист Моно Цинк	I*	28,9	140	498
		II*	29,4	147	515
	Росток кукурудза	I*	28,9	139	494
		II*	30,1	142	510
	Вимпел	I*	26,7	128	481
		II*	27,3	132	490
DKC 2960	Контроль (підживлення водою)	-	23,7	117	403
	Біомаг	I*	25,4	130	405
		II*	26,1	135	436
	Еколист Моно Цинк	I*	26,2	132	442
		II*	26,9	139	461
	Росток кукурудза	I*	26,6	136	460
		II*	27,4	142	478
	Вимпел	I*	24,6	127	417
		II*	25,3	132	441
DKC 2949	Контроль (підживлення водою)	-	21,7	110	377
	Біомаг	I*	24,7	123	431
		II*	25,3	127	446
	Еколист Моно Цинк	I*	25,6	124	435
		II*	26,4	130	451
	Росток кукурудза	I*	25,2	128	431

Продовження табл. 5

1	2	3	4	5	6
DKC 2949	Росток кукурудза	II*	25,9	132	447
	Вимпел	I*	23,3	116	414
		II*	24,2	118	426
DKC 2971	Контроль (підживлення водою)	-	26,8	131	444
	Біомаг	I*	28,8	142	468
		II*	29,5	145	479
	Еколист Моно Цинк	I*	29,7	151	481
		II*	30,6	162	517
	Росток кукурудза	I*	31,1	148	488
		II*	31,8	155	511
	Вимпел	I*	27,4	139	455
		II*	27,9	143	466
$НІР_{05\ гібрид}$**			1,1	3	28
$НІР_{05\ підживлення}$			1,2	4	32
$НІР_{05\ кількість\ обробок}$			0,8	2	20

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Площа верхнього листка істотно збільшилася у всіх гібридів, що вивчалися, а збільшення площі прикачанного листа лише не було одержано за обробки посівів препаратом Вимпел гібрида DKC 2971. Найбільшу площу листкової поверхні гібридів Харківський 195 МВ, DKC 2960 та DKC 2971, відповідно – 30,1, 27,4 та 31,8 тис. м^2 на 1 га в середньому за три роки одержано за дворазового позакореневого підживлення препаратом Росток кукурудза. Цей препарат за дворазового підживлення також забезпечив найбільшу площу прикачанного листка.

За позакореневого підживлення гібрида DKC 2949 найбільше збільшення площі листкової поверхні 4,7 тис. м^2 на 1 га та площі прикачанного листка на 74 см^2 порівняно з контролем одержано за обробки посівів препаратом Еколист Моно Цинк. Позакореневе підживлення гібридів кукурудзи ранньостиглої групи препаратом Біомаг також забезпечило достовірне збільшення площі листкової поверхні, верхнього та прикачанного листка, але рівень його був меншим.

Кількість позакореневих підживлень також впливала на збільшення загальної площі листкової поверхні та площі верхнього листка. Але гібриди ранньостиглої групи по-різному реагували на цей агрозахід. Дворазове позакореневе підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи забезпечило достовірне підвищення площі листкової поверхні кукурудза гібрида Харківський 195 МВ препаратами Біомаг та Росток кукурудза, гібрида DKC 2949 – препаратами Еколист Моно Цинк і Вимпел та гібрида DKC 2971 – препаратом Еколист Моно Цинк порівняно з одноразовим. Інші препарати не

забезпечували значного підвищення площі листкової поверхні за дворазового позакореневого підживлення порівняно з одноразовим, що свідчить про їх недоцільність застосування. Достовірно збільшилася площа верхнього листка всіх гібридів незалежно від препаратів, яким проводили підживлення, а площа прикачанного листка збільшилася лише в гібрида Харківський 195 МВ за обробки препаратом препаратом Біомаг, гібрида DKC 2960 – препаратом Біомаг та Вимпел та гібрида DKC 2971 препаратами Еколист Моно Цинк Росток кукурудза.

Аналогічні результати одержані за позакореневого підживлення гібридів кукурудзи середньоранньої групи, за виключенням обробки рослин препаратом Вимпел (табл. 6). Одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи препаратом Вимпел гібридів DKC 3472, DKC 3420, Переяславський 230 СВ та DKC 3871 в середньому за три роки не забезпечило достовірного збільшення загальної площі листкової поверхні, порівняно з контролем.

6. Загальна площа листкової поверхні, верхнього та прикачанного листків у гібридів кукурудзи середньоранньої групи залежно від сортових особливостей і позакореневих підживлень (середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Загальна площа листкової поверхні, тис. $м^2$/га	Площа верхнього листка, $см^2$	Площа прикачанного листка, $см^2$
1	2	3	4	5	6
DKC 3472	Контроль (підживлення водою)	-	34,9	166	516
	Біомаг	I*	37,0	175	531
		II*	37,4	177	550
	Еколист Моно Цинк	I*	38,1	178	529
		II*	39,4	181	544
	Росток кукурудза	I*	38,1	180	532
		II*	39,5	188	543
	Вимпел	I*	35,8	173	523
		II*	36,6	179	531
DKC 3420	Контроль (підживлення водою)	-	34,9	165	530
	Біомаг	I*	36,6	177	567
		II*	37,5	181	577
	Еколист Моно Цинк	I*	38,1	180	562
		II*	39,0	185	571
	Росток кукурудза	I*	38,2	179	570
		II*	38,6	184	593
	Вимпел	I*	35,9	173	555
		II*	36,4	175	561
Переяславський 230 СВ	Контроль (підживлення водою)	-	34,2	159	523
	Біомаг	I*	36,8	173	532
		II*	38,6	189	549
	Еколист Моно Цинк	I*	38,1	180	557
		II*	39,2	183	573

Продовження табл. 6

1	2	3	4	5	6
Переяславський 230 СВ	Росток кукурудза	I*	38,4	177	546
		II*	39,8	184	569
	Вимпел	I*	35,5	169	532
		II*	36,3	172	541
DKC 3871	Контроль (підживлення водою)	-	37,1	172	562
	Біомаг	I*	38,8	180	593
		II*	40,3	186	614
	Еколист Моно Цинк	I*	39,5	183	584
		II*	40,6	188	600
	Росток кукурудза	I*	40,3	185	596
		II*	41,1	190	620
	Вимпел	I*	37,9	175	579
		II*	38,7	179	602
$НІР_{05\ гібрид}$ **			0,9	5	9
$НІР_{05\ підживлення}$			1,0	6	11
$НІР_{05\ кількість\ обробок}$			0,6	4	7

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Позакореневе підживлення препаратом Вимпел не у всіх гібридів забезпечило збільшення площі верхнього листка, а саме в гібридах: Переяславський 230 СВ та DKC 3871, площа прикачанного листка істотно не збільшилася за підживлення гібридів DKC 3472 та Переяславський 230 СВ.

За дворазового підживлення гібрида кукурудзи у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи препаратом Вимпел загальна площа листкової поверхні істотно підвищилася, відповідно по гібридах – на 1,7, 1,5, 2,1 та 1,6 тис. м^2/га ($НІР_{05\ підживлення}$ =1,0 тис. м^2/га). Препарати Біомаг, Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза як за одноразового, так і за дворазового позакореневого підживлення незалежно від гібридів забезпечували достовірне збільшення загальної площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків.

Найбільше збільшення загальної площі листкової поверхні гібридів DKC 3472, Переяславський 230 СВ та DKC 3871 одержано за дворазового позакореневого підживлення препаратом Росток кукурудза, відповідно по гібридах – на 4,6, 5,6 та 4,0 тис. м^2/га. За підживлення гібрида DKC 3420 препаратом Еколист Моно Цинк одержано достовірно найвищу площу листкової поверхні – 39,0 тис. м^2/га або на 4,1 тис. м^2/га більшу, ніж в контролі.

Гібриди кукурудзи неоднаково реагували на позакореневе підживлення мікродобривами, регулятором росту рослин і бактеріальним препаратом. Так, за дворазового підживлення препаратом Росток кукурудза загальна площа листкової поверхні становила гібрида DKC 3472 – 39,5 тис. м^2/га, гібрида DKC 3420 – 38,6 тис. м^2/га, гібрида Переяславський 230 СВ – 39,8 тис. м^2/га та гібрида DKC 3871 – 41,1 тис. м^2/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,9 тис. м^2/га). Тобто достовірне збільшення вказаного

показника було лише в гібрида DKC 3871 порівняно з гібридом DKC 3420. Аналогічні результати одержані за позакореневого підживлення іншими препаратами.

Найбільше значення площі листкової поверхні та верхнього листка відзначено там, де для позакореневих підживлень використовувались цинквмістне добриво Еколист Моно Цинк і Росток кукурудза. Це ще раз підтверджує важливість для кукурудзи такого мікроелементу, як цинк.

Як і гібриди ранньостиглої групи, гібриди середньоранньої групи по-різному реагували на позакореневе підживлення препаратами, що вивчались. Дворазове позакореневе підживлення у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи забезпечило достовірне підвищення площі листкової поверхні кукурудза гібрида DKC 3472 препаратами Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза, DKC 3420 препаратами Біомаг та Еколист Моно Цинк, гібрида Переяславський 230 СВ – препаратами Біомаг, Еколист Моно Цинк і Росток кукурудза та гібрида DKC 3871– препаратом Біомаг. Інші препарати не забезпечували значного підвищення площі листкової поверхні за дворазового позакореневого підживлення, що свідчить про їх недоцільність застосування. Аналогічні результати одержані в результаті впливу підживлення на площу верхнього та прикачанного листків.

У групі середньостиглих гібридів кукурудзи значення площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків було найвищим, порівняно з гібридами ранньостиглої та середньоранньої груп стиглості, навіть у контролі: загальна площа листкової поверхні становила: DKC 391 – 36,7 тис. $м^2$/га, DKC 440 – 36,4 тис. $м^2$/га, DKC 4964 – 38,2 тис. $м^2$/га та DK 315 – 36,4 тис. $м^2$/га, площа верхнього листка – відповідно по гібридах: 188, 182, 189 та 192 $см^2$, площа прикачанного листка, відповідно по гібридах – 522, 553, 549 та 538 $см^2$ (табл. 7). Як одноразове, так і дворазове позакореневе підживлення всіма препаратами, забезпечило достовірне збільшення загальної площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків у всіх гібридів середньоранньої групи, порівняно з контролем.

Лише за одноразового підживлення рослин гібрида кукурудзи DKC 4964 не одержано достовірного збільшення загальної площі листкової поверхні. Найбільшу площу листкової поверхні – 42,1 тис. $м^2$/га та площу верхнього листка – 233 $см^2$ як порівняно з контролем, так і з іншими гібридами, одержано за дворазового підживлення гібрида кукурудзи DK 391 препаратом Росток кукурудза.

Гібриди кукурудзи по-різному реагували на позакореневе підживлення залежно від препаратів. Наприклад: позакореневе підживлення кукурудзи гібрида DKC 391 препаратом Еколист Моно Цинк забезпечило достовірне збільшення площі листкової поверхні за одноразового підживлення на 3,6 тис. $м^2$/га, дворазового на 4,9 тис. $м^2$/га, водночас як застосування цього препарату для підживлення гібрида DKC 4964 збільшення площі листкового апарату було меншим і становило, відповідно – 2,9 та 3,7 тис. $м^2$/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,7 тис. $м^2$/га). Аналогічні результати одержані по інших гібридах не лише з площі листкового апарату, а й з площі верхнього та прикачанного листків залежно від позакореневих підживлень.

7. Загальна площа листкової поверхні, верхнього та прикачанного листків у гібридів кукурудзи середньостиглої групи залежно від сортових особливостей і позакореневих підживлень (середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Загальна площа листкової поверхні, тис. $м^2$/га	Площа верхнього листка, $см^2$	Площа прикачанного листка, $см^2$
ДК 391	Контроль (підживлення водою)	-	36,7	188	522
	Біомаг	І*	39,6	207	567
		ІІ*	40,4	215	583
	Еколист Моно Цинк	І*	40,3	209	587
		ІІ*	41,6	217	604
	Росток кукурудза	І*	41,0	219	593
		ІІ*	42,1	233	612
	Вимпел	І*	38,2	196	555
		ІІ*	38,7	199	562
ДК 440	Контроль (підживлення водою)	-	36,4	182	553
	Біомаг	І*	39,3	200	607
		ІІ*	40,6	206	621
	Еколист Моно Цинк	І*	40,5	206	627
		ІІ*	41,1	214	648
	Росток кукурудза	І*	39,3	210	590
		ІІ*	40,5	219	624
	Вимпел	І*	37,6	195	565
		ІІ*	38,9	200	579
ДКС 4964	Контроль (підживлення водою)	-	38,2	189	549
	Біомаг	І*	39,5	202	560
		ІІ*	41,0	205	578
	Еколист Моно Цинк	І*	41,1	204	576
		ІІ*	41,9	208	587
	Росток кукурудза	І*	41,2	205	572
		ІІ*	41,8	208	586
	Вимпел	І*	39,2	195	552
		ІІ*	39,9	201	568
ДК 315	Контроль (підживлення водою)	-	36,4	192	538
	Біомаг	І*	38,7	206	571
		ІІ*	39,4	212	596
	Еколист Моно Цинк	І*	39,7	207	586
		ІІ*	40,4	209	611
	Росток кукурудза	І*	39,8	210	597
		ІІ*	40,7	223	606
	Вимпел	І*	38,0	202	562
		ІІ*	39,1	206	573
$НІР_{05\ гібрид}$**			0,7	5	13
$НІР_{05\ підживлення}$			0,8	6	15
$НІР_{05\ кількість\ обробок}$			0,5	4	9

***Примітка**: І*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*

ІІ- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*

***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Кількість позакореневих підживлень також впливала на збільшення загальної площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків. Але гібриди середньоранньої групи стиглості по-різному реагували на цей агрозахід. Наприклад, дворазове позакореневе підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи забезпечило достовірне збільшення загальної площі листкової поверхні кукурудзи гібрида ДК 391 всіма препаратами, окрім препарату Вимпел гібрида ДК 440, окрім препарату Еколист Моно Цинк гібрида ДКС 4964, окрім препарату Росток кукурудзи та гібрида ДК 315.

Отже, досліджувані гібриди кукурудзи, незалежно від групи стиглості істотно відрізняються за значенням загальної площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків. У групі ранньостиглих гібридів загальна площа листкової поверхні, у середньому за три роки становила 27,0 тис. м^2/га, середньоранньої – 31,0 тис. м^2/га, середньостиглої – 33,3 тис. м^2/га, площа верхнього листка, відповідно – 119, 149 та 167 см^2, площа прикачанного листка – 485, 585 та 640 тис. см^2.

Тобто в групі ранньостиглих гібридів площа листкової поверхні коливалася в межах 19,2-35,96 тис. м^2/га, у групі середньоранніх гібридів спостерігалося загальне підвищення площі листкової поверхні (на 4,0 тис. м^2/га) порівняно із ранньостиглою групою, а в групі середньостиглих гібридів відзначено найвище значення площі листкової поверхні (33,3 тис. м^2/га), що на 6,3 тис. м^2/га вище порівняно з ранньостиглою групою. Аналогічні результати одержані з площі верхнього та прикачанного листків.

Гібриди кукурудзи по-різному реагували на позакореневе підживлення залежно від препаратів. Проведення позакореневих підживлень у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи забезпечувало достовірне збільшення загальної площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків порівняно з контролем.

Розмір і маса гібридного насіння є категорією технологічною і вимагає відповідних технологічних рішень. Як збільшення глибини сівби, так і її зменшення може мати негативні наслідки на показники польової схожості насіння. Тому було важливо дослідити залежність площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків від глибини загортання, розмірів фракції насіння гібридів різних груп стиглості.

З'ясовано, що площа листкової поверхні, площа верхнього та прикачанного листків, окрім групи стиглості та біологічних особливостей гібрида, залежала від розмірів фракції насіння та глибини його загортання (табл. 8, рис. 2).

Характеризуючи площу листкової поверхні, площу верхнього та прикачанного листків залежно від біологічних особливостей гібридів, необхідно відзначити достовірну зміну її навіть у межах однієї групи стиглості. Так у гібридів ранньостиглої групи, у середньому за три роки площа листкової поверхні становила гібрида ДКС 2960 – 26,1 тис. м^2/га та ДКС 2971 – 27,8 тис. м^2/га, у гібридів середньоранньої групи – ДКС 3472 – 31,8 тис. м^2/га та ДКС 3795 – 30,3 тис. м^2/га, а в групі середньостиглих гібридів – ДК 315 – 33,4 тис. м^2/га і ДКС 4082 – 33,2 тис. м^2/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,7 тис. м^2/га).

8. Загальна площа листкової поверхні, верхнього й прикачанного листків у гібридів кукурудзи залежно від сортових особливостей, глибини загортання та фракції насіння (середнє за 2014-2016 рр.)

Група стиглості (A)	Назва гібриду (B)	Фракція насіння (C)	Глибина загортання насіння (D)	Загальна площа листкової поверхні, тис. м²/га	Площа верхнього листка, см²	Площа прикачанного листка, см²
1	2	3	4	5	6	7
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M (187 г)	4-5 см	22,7	153	497
			7-8 см	25,8	155	504
			10-11 см	22,1	142	479
		S (238 г)	4-5 см	27,6	181	544
			7-8 см	29,5	187	557
			10-11 см	25,9	172	524
		V (277 г)	4-5 см	26,9	174	559
			7-8 см	28,6	181	592
			10-11 см	26,1	161	548
	DKC 2971	M (194 г)	4-5 см	24,5	145	475
			7-8 см	25,3	155	486
			10-11 см	23,8	138	460
		S (256 г)	4-5 см	27,5	179	539
			7-8 см	33,0	193	544
			10-11 см	28,1	163	529
		V (279 г)	4-5 см	29,7	176	551
			7-8 см	31,1	183	567
			10-11 см	27,7	163	548
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M (249 г)	4-5 см	28,9	167	546
			7-8 см	31,3	182	565
			10-11 см	28,7	159	547
		S (326 г)	4-5 см	31,4	177	578
			7-8 см	33,5	188	586
			10-11 см	30,0	168	532
		V (385 г)	4-5 см	34,2	186	617
			7-8 см	35,1	198	620
			10-11 см	32,7	182	579
	DKC 3795	M (166 г)	4-5 см	27,4	154	552
			7-8 см	28,9	162	573
			10-11 см	26,1	151	528
		S (207 г)	4-5 см	30,9	165	587
			7-8 см	32,5	183	609
			10-11 см	29,7	162	569
		V (287 г)	4-5 см	32,5	165	611
			7-8 см	33,4	185	624
			10-11 см	31,3	162	598
	DK 315	M (223 г)	4-5 см	29,8	160	645
			7-8 см	30,1	176	680
			10-11 см	29,3	153	624
		S (294 г)	4-5 см	33,9	183	657
			7-8 см	34,5	212	685
			10-11 см	33,0	177	645

Продовження табл.8

1	2	3	4	5	6	7
Середньостиглі гібриди	ДК 315	V (327 г)	4-5 см	35,6	195	668
			7-8 см	37,1	222	689
			10-11 см	37,4	187	660
	ДКС 4082	M (172 г)	4-5 см	30,0	186	626
			7-8 см	31,5	196	646
			10-11 см	28,9	180	611
		S (227 г)	4-5 см	34,3	194	662
			7-8 см	35,3	211	678
			10-11 см	33,0	187	643
		V (278 г)	4-5 см	35,0	202	689
			7-8 см	36,5	219	697
			10-11 см	34,1	195	657
$НІР_{05}$ група стиглості				2,2	11	23
$НІР_{05}$ гібрид				0,7	9	15
$НІР_{05}$ фракція насіння				1,0	6	12
$НІР_{05}$ глибина загортання,				0,5	5	6

***Примітка**: M – дрібна, S – середня та V – велика фракція насіння*

Площа верхнього листка в середньому за три роки, складала для гібрида ДКС 2960 – 167 см^2, ДКС 2971 – 166 см^2, ДКС 3472 – 179 см^2, ДКС 3795 – 166 см^2, ДК 315 – 185 см^2, ДКС 4082 – 197 см^2 ($НІР_{05\ гібрид}$ = 9 см^2).

Між досліджуваними гібридами кукурудзи ($НІР_{05\ гібрид}$ = 15 см^2) також спостерігалася відмінність у формуванні площі прикачанного листка, навіть у межах однієї групи стиглості: ДКС 2960 – 534 см^2, ДКС 2971 – 522 см^2, ДКС 3472 – 574 см^2, ДКС 3795 – 583 см^2, ДК 315 – 661 см^2 та ДКС 4082 – 656 см^2, але дана різниця виявилася неістотною і знаходилась у межах похибки.

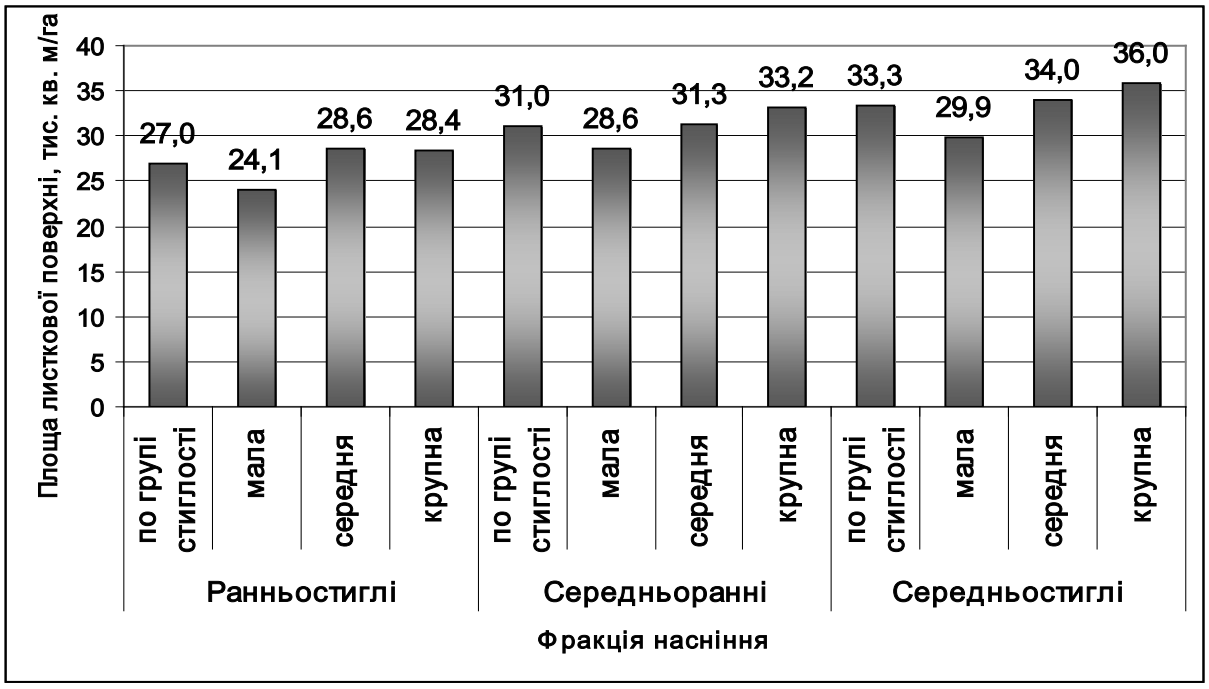


Рис. 2. **Площа листкової поверхні залежно від груп стиглості та фракції насіння, тис. м^2/га** (середнє за 2014-2016 рр.)

Виявлено, що площа листкової поверхні збільшувалася за сівби насіння крупніших фракцій, порівняно з мілкої фракцією насіння гібридів всіх груп стиглості. Так, якщо за сівби насінням мілкої фракції гібридів ранньостиглої групи площа листкової поверхні становила 24,1 тис. м^2/га, то за сівби насінням середньої та великої фракції вона збільшилася, відповідно – на 4,5 та 4,3 тис. м^2/га.

У середньому за три роки, площа листкової поверхні в досліджуваних гібридів за використання мілкої (М) фракції насіння становила 27,5 тис. м^2/га, середньої (S) – 31,3 тис. м^2/га та великої (V) 32,5 тис. м^2/га. Зростання значення загальної площі листкової поверхні за використання великої (V) фракції насіння порівняно із дрібною (М) становило 3,7-7,0 тис. м^2/га.

Використання різної величини фракції насіння також істотно впливало на величину площі прикачанного листка. Так, зокрема використання дрібної (М) фракції насіння, у середньому за три роки в досліджуваних гібридів, забезпечило площу прикачанного листка на рівні 558 см^2, середньої (S) – 593 та 615 см^2 великої (V) ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 12 см^2).

Застосування різної глибини загортання насіння також істотно впливало на значення загальної площі листкової поверхні. Застосування незначної глибини загортання насіння (4-5 см) в середньому за три роки забезпечило формування площі листкової поверхні гібридів 30,2 тис. м^2/га, середньої (7-8 см) – 31,8 тис. м^2/га та глибокої (10-11 см) – 29,3 тис. м^2/га ($НІР_{05\ глибина\ загортання}$ = 0,5 тис. м^2/га).

У гібриду DKC 2960, в середньому за три роки площа листкової поверхні, за сівби мілкої фракції насіння становила 22,72; 25,85 та 22,05 тис. м^2/га, за сівби насінням середньої (S) фракції – 27,6; 29,47 та 25,89 тис. м^2/га і за сівби насінням великої (V) фракції – 26,92; 28,61 та 26,09 тис. м^2/га, а у гібрида DKC 2971 за сівби насінням мілкої (М) фракції – 24,52; 25,31 та 23,79 тис. м^2/га, середньої (S) – 27,5; 32,97 та 28,05 тис. м^2/га і великої (V) – 29,67; 31,1 та 27,68 тис. м^2/га, відповідно за глибини загортання насіння 4-5; 7-8 та 10-11 см.

На площу прикачанного листка також впливала глибина загортання насіння. Так, вивчаючи неглибоке загортання насіння (4-5 см), площа прикачанного листка, у середньому за три роки в досліджуваних гібридів склала – 589 см^2, середньої глибини загортання (7-8 см) – 606 см^2 та глибокого загортання насіння (10-11 см) – 571 см^2/га ($НІР_{05\ глибина\ загортання}$ = 6 см^2).

Збільшення глибини загортання насіння до 10-11 см призводило до зменшення площі прикачанного листка на 20-42 см^2 порівняно з оптимальною глибиною загортання насіння (7-8 см).

Одним з основних факторів, що визначають можливість нормального перебігу процесу фотосинтезу рослин, є наявність пігментів (хлорофіл і каротиноїд), їх складу та співвідношення. Утворення пігментів у рослинах кукурудзи залежить від багатьох чинників, а саме: від інтенсивності і спектрального складу світла, температури, вологості, pH середовища, рівня азотного живлення [99, 114].

Вміст хлорофілу - це генетично детермінована ознака. Вміст хлорофілу може змінюватися в процесі зміни навколишнього середовища та кількісних

ознак рослини [115].

Загальний вміст хлорофілу в хлоропластах складає біля 5% на суху речовину. Більше 99% хлорофілу знаходиться в складі світло нагромаджуючих пігмент-білкових комплексів, які виконують функцію антени, тобто поглинають сонячну енергію або акцентують її від допоміжних пігментів – каротиноїдів або фікобілінів, а потім транспортують до реакційних центрів.

Хлорофіл (від грец. chloros – зелений і phyllon – листок) - зелений пігмент рослин, за допомогою якого вони поглинають енергію сонячного світла і здійснюють фотосинтез, тобто перетворюють сонячну енергію в енергію хімічних зв'язків органічного сполук. Із літературних джерел відомо, що вміст хлорофілу впливає на кількість органічної речовини, яку засвоюють рослини кукурудзи та відповідно на врожайність зерна. Окрім того, на основі вмісту хлорофілу в листках можна визначити потребу рослин в азоті [95].

З точки зору хімічної будови, хлорофіл неоднорідний. Існують різні типи хлорофілів. Основою хімічної будови всіх хлорофілів є складна циклічна сполука – порфірин, який містить центральний атом Mg і багатоатомний гідрофобний спиртовий залишок. Хлорофіл *а* легко розчиняється в діетиловому ефірі, етанолі, ацетоні, хлороформі, бензолі тощо.

Головні максимуми спектра поглинання розчинів хлорофілу, а в діетиловому ефірі – 429 і 660 нм. За хімічною будовою хлорофіл а відноситься до хлоринів. Хлорофіл b відрізняється від хлорофілу а тим, що бокові замінником вуглеводневого атома C_3 в II пірольномі кільці замість метальної є альдегідна група – H-C=O.

У своїх дослідженнях ми визначали вміст хлорофілу, а у фазу завершення вегетативного росту, тобто у фазу молочно-воскової стиглості гібридів.

З'ясовано, що вміст хлорофілу істотно залежав від групи стиглості та найбільше хлорофілу в листку забезпечили середньостиглі гібриди кукурудзи, а найменше – ранньостиглі (рис. 3).

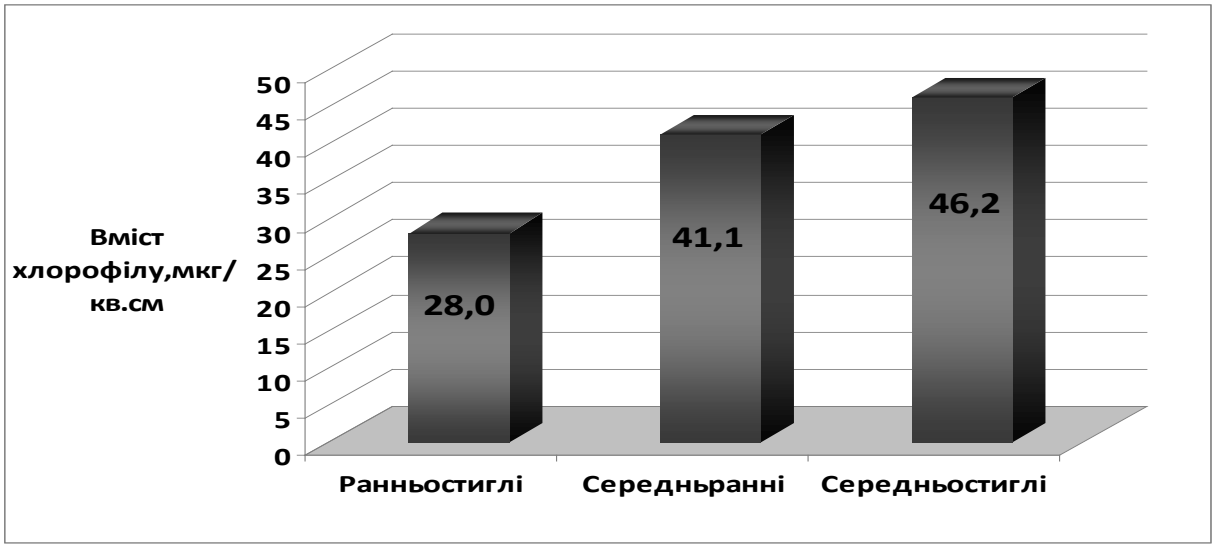


Рис. 3 **Вміст хлорофілу залежно від груп стиглості гібридів кукурудзи**, мкг/см^2 (середнє за 2011-2013 рр.)

Вміст хлорофілу гібридів кукурудзи істотно залежав від їх біологічних особливостей. У групі ранньостиглих гібридів у середньому за три роки вміст хлорофілу істотно відрізнявся по гібридах і становив Харківський 195МВ – 26,9 мкг/см^2, DKC 2960 – 29,1 мкг/см^2, DKC 2949 – 26,7 мкг/см^2 та DKC 2971 – 29,2 мкг/см^2 ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,7 мкг/см^2).

Аналогічну залежність спостерігали за роками досліджень (табл. 9). Позакореневі підживлення як одноразове, так і дворазове забезпечили достовірне підвищення хлорофілу в рослинах гібридів кукурудзи порівняно з контролем. Вміст хлорофілу в гібридах збільшився відносно контролю в середньому за три роки на: Харківський 195МВ – 5,8 мкг/см^2, DKC 2960 – 3,6 мкг/см^2, DKC 2949 – 6,8 мкг/см^2 та DKC 2971 – 5,5 мкг/см^2 ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,8 мкг/см^2). На вміст хлорофілу істотно вплинула і кількість проведених позакореневих підживлень. Так, зокрема проведення одноразового позакореневого підживлення у фазу 5-7 листків забезпечило наступне значення вмісту хлорофілу: Харківський 195МВ – 26,3 мкг/см^2, DKC 2960 – 28,9 мкг/см^2, DKC 2949 – 26,9 мкг/см^2 та DKC 2971 – 28,7 мкг/см^2.

9. Вміст хлорофілу в листках ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення, мкг/см^2 (за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Вміст хлорофілу			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє
1	2	3	4	5	6	7
Харківський 195 МВ	Контроль (підживлення водою)	-	23	20	22	21,7
	Біомаг	I*	30	25	26	27,0
		II*	33	30	29	30,7
	Еколист Моно Цинк	I*	29	28	25	27,3
		II*	30	34	27	30,3
	Росток кукурудза	I*	30	25	27	27,3
		II*	30	27	30	29,0
	Вимпел	I*	26	21	23	23,3
		II*	27	23	25	25,0
DKC 2960	Контроль (підживлення водою)	-	26	23	24	24,3
	Біомаг	I*	31	29	33	31,0
		II*	33	31	36	33,3
	Еколист Моно Цинк	I*	33	27	31	30,3
		II*	33	30	32	31,7
	Росток кукурудза	I*	29	27	30	28,7
		II*	31	28	31	30,0
	Вимпел	I*	27	24	26	25,7
		II*	28	26	26	26,7
DKC 2949	Контроль (підживлення водою)	-	22	19	21	20,7
	Біомаг	I*	29	28	30	29,0
		II*	30	29	31	30,0
	Еколист Моно Цинк	I*	28	27	29	28,0
		II*	29	28	30	29,0
	Росток кукурудза	I*	29	25	28	27,3
		II*	30	27	29	28,7

Продовження таблиці 9

1	2	3	4	5	6	7
DKC 2949	Вимпел	I*	25	21	24	23,3
		II*	25	23	25	24,3
DKC 2971	Контроль (підживлення водою)	-	26	22	25	24,3
	Біомаг	I*	33	29	32	31,3
		II*	38	32	35	35,0
	Еколист Моно Цинк	I*	31	27	28	28,7
		II*	31	28	30	29,7
	Росток кукурудза	I*	31	28	29	29,3
		II*	32	33	31	32,0
	Вимпел	I*	27	22	27	25,3
		II*	28	25	29	27,3
$НІР_{05\ гібрид}^{**}$			0,86	0,51	0,59	-
$НІР_{05\ підживлення}$			1,02	1,20	1,16	-
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			0,34	0,49	0,35	-

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

За дворазового підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи цей показник істотно збільшився і по гібридах становив – Харківський 195МВ – 28,8 мкг/см^2, або був більшим на 2,5 мкг/см^2, DKC 2960 – 30,4 мкг/см^2, або був більшим на 1,5 мкг/см^2, DKC 2949 – 28,0 мкг/см^2, або був більшим на 1,1 мкг/см^2 та DKC 2971 – 31,0 мкг/см^2 або був більшим на 2,3 мкг/см^2 ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,5 мкг/см^2).

Аналогічну залежність із вмістом хлорофілу в рослинах за позакореневого підживлення одержано в гібридів кукурудзи середньоранньої групи (табл. 10).

Вміст хлорофілу гібридів кукурудзи також істотно залежав від їх біологічних особливостей. Гібриди кукурудзи середньоранньої групи по-різному реагували на позакореневе підживлення. У середньому за три роки вміст хлорофілу істотно відрізнявся по гібридах і становив DKC 3472 – 50,9 мкг/см^2, DKC 3420 – 33,5 мкг/см^2, Переяславський 230СВ – 41,9 мкг/см^2 та DKC 3871 – 38,4 мкг/см^2 ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,9 мкг/см^2). Аналогічну залежність спостерігали за роками досліджень (див. табл. 10).

10. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу в листках середньоранніх гібридів кукурудзи, мкг/см^2 (за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Вміст хлорофілу			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє
1	2	3	4	5	6	7
DKC 3472	Контроль (підживлення водою)	-	46	40	44	43,3
	Біомаг	I*	57	48	51	52,0
		II*	63	53	55	57,0
	Еколист Моно Цинк	I*	52	45	51	49,3
		II*	58	51	56	55,0
	Росток кукурудза	I*	56	47	52	51,7
		II*	59	49	53	53,7

Продовження таблиці 10

1	2	3	4	5	6	7
DKC 3472	Вимпел	I*	49	41	48	46,0
		II*	51	42	50	47,7
DKC 3420	Контроль (підживлення водою)	-	28	26	29	27,7
	Біомаг	I*	39	31	33	34,3
		II*	41	34	36	37,0
	Еколист Моно Цинк	I*	35	29	36	33,3
		II*	39	32	38	36,3
	Росток кукурудза	I*	36	32	36	34,7
		II*	38	33	38	36,3
	Вимпел	I*	31	27	33	30,3
		II*	32	27	36	31,7
Переяславський 230 СВ	Контроль (підживлення водою)	-	38	30	37	35,0
	Біомаг	I*	43	38	42	41,0
		II*	46	42	47	45,0
	Еколист Моно Цинк	I*	46	40	45	43,7
		II*	49	42	47	46,0
	Росток кукурудза	I*	47	41	46	44,7
		II*	48	42	49	46,3
	Вимпел	I*	39	34	37	36,7
		II*	41	37	39	39,0
DKC 3871	Контроль (підживлення водою)	-	35	28	30	31,0
	Біомаг	I*	45	35	38	39,3
		II*	48	37	42	42,3
	Еколист Моно Цинк	I*	45	37	39	40,3
		II*	47	39	42	42,7
DKC 3871	Росток кукурудза	I*	47	37	41	41,7
		II*	47	38	42	42,3
	Вимпел	I*	37	30	31	32,7
		II*	37	31	32	33,3
$НІР_{05\ гібрид}$ **			0,47	0,59	0,46	-
$НІР_{05\ підживлення}$			0,98	0,79	0,87	-
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			0,34	0,33	0,31	-

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*

II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*

***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Як одноразове, так і дворазове позакореневе підживлення забезпечило достовірне збільшення кількості хлорофілу в рослинах гібридів кукурудзи незалежно від препаратів, яким проводили підживлення.

Найбільш достовірне збільшення кількості хлорофілу, порівняно з контролем забезпечило дворазове позакореневе підживлення всіх гібридів препаратом Біомаг. Підживлення іншими препаратами також забезпечило істотне збільшення хлорофілу в рослинах порівняно з контролем, але рівень його був значно меншим, ніж за підживлення препаратом Біомаг.

Кількість позакореневих підживлень також впливала на вміст хлорофілу в рослинах. Дворазове підживлення в фазу 5-7 та 10-12 листків всіма препаратами, що вивчали, забезпечило істотне збільшення кількості хлорофілу порівняно з одноразовим в фазу 5-7 листків кукурудзи незалежно від сортових

особливостей гібридів. Але гібриди реагували по різному.

11. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу в листках середньостиглих гібридів кукурудзи, мкг/см^2 (за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Вміст хлорофілу			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє
ДК 391	Контроль (підживлення водою)	-	47	41	45	44,3
	Біомаг	I*	56	48	52	52,0
		II*	58	54	56	56,0
	Еколист Моно Цинк	I*	54	45	48	49,0
		II*	58	52	56	55,3
	Росток кукурудза	I*	57	48	56	53,7
		II*	59	51	57	55,7
	Вимпел	I*	49	43	46	46,0
		II*	51	44	48	47,7
ДК 440	Контроль (підживлення водою)	-	46	37	41	41,3
	Біомаг	I*	50	42	45	45,7
		II*	55	45	50	50,0
	Еколист Моно Цинк	I*	49	42	44	45,0
		II*	50	43	45	46,0
	Росток кукурудза	I*	49	44	44	45,7
		II*	57	48	50	51,7
	Вимпел	I*	46	40	42	42,7
		II*	49	41	43	44,3
ДКС 4964	Контроль (підживлення водою)	-	39	34	37	36,7
	Біомаг	I*	46	45	44	45,0
		II*	50	46	48	48,0
	Еколист Моно Цинк	I*	47	40	45	44,0
		II*	49	46	48	47,7
	Росток кукурудза	I*	47	39	46	44,0
		II*	49	40	48	45,7
	Вимпел	I*	43	35	38	38,7
		II*	44	36	40	40,0
ДК 315	Контроль (підживлення водою)	-	45	35	39	39,7
	Біомаг	I*	53	42	47	47,3
		II*	55	46	49	50,0
	Еколист Моно Цинк	I*	49	43	45	45,7
		II*	49	44	46	46,3
	Росток кукурудза	I*	44	39	42	41,7
		II*	49	45	46	46,7
	Вимпел	I*	46	36	41	41,0
		II*	47	38	42	42,3
$НІР_{05\ гібрид}$ **			0,46	0,47	0,46	-
$НІР_{05\ підживлення}$			1,00	0,98	0,97	-
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			0,36	0,37	0,36	-

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Аналогічні залежності одержані за позакореневого підживлення

середньостиглих гібридів кукурудзи (див. табл. 11).

У групі середньостиглих гібридів кукурудзи вміст хлорофілу, у середньому за три роки, істотно залежав від сортових особливостей гібрида та становив ДКС 391 – 51,1 мкг/см^2, ДКС 440 – 45,8 мкг/см^2, ДКС 4964 – 43,3 мкг/см^2 та ДКС 315 – 44,5 мкг/см^2 ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,7 мкг/см^2).

Позакореневе підживлення незалежно від препаратів, якими його проводили, забезпечило істотне збільшення вмісту хлорофілу в рослинах усіх гібридів. У середньому за три роки вміст хлорофілу збільшився в рослинах гібрида ДКС 391 на 7,6 мкг/см^2, ДКС 440 на 5,1 мкг/см^2, ДКС 4964 на 7,4 мкг/см^2 та ДКС 315 на 5,4 мкг/см^2 порівняно з контролем ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,8 мкг/см^2).

На вміст хлорофілу істотний вплив здійснювала кількість проведених позакореневих підживлень. За дворазового позакореневих підживлень вміст хлорофілу, порівняно з одноразовим, достовірно збільшився по гібридах: ДКС 391 на 3,5 мкг/см^2, ДКС 440 – 3,2 мкг/см^2, ДКС 4964 – 2,4 мкг/см^2 та ДКС 315 – 2,4 мкг/см^2 ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,5 мкг/см^2). Тобто дворазове підживлення гібридів кукурудзи у фазу 5-7 та 10-12 листків забезпечувало найвищий вміст хлорофілу як відносно контролю, так і з одноразовим підживленням.

Інкрустація насіння сприяла не тільки росту рослин, але й підвищує вміст хлорофілу *a* та *b* в листках кукурудзи, що покращує їх асиміляційну здатність [81]. Проведення інкрустації насіння кукурудзи цинком і марганцем покращує розвиток кореневої системи (до 20%), збільшує вміст хлорофілу (до 33%), підвищує стійкість до стресових ситуацій та дії гербіцидів [3, 45]. Інкрустування та обробка насіння мікроелементами дозволяє зменшувати витрати протруйників на 20-30 [46, 112].

Основною перевагою кукурудзи, порівняно із багатьма культурними рослинами, в умовах глобального потепління, є її здатність до кращого використання світла завдяки можливості фіксації CO_2 однією молекулою з чотирма атомами вуглецю [9]. Саме тому кукурудза належить до групи так званих C_4 типу фотосинтезу рослин [9, 43, 45, 73].

Тому величина світлового порогу для неї є надзвичайно низькою і знаходиться практично в зоні незначної радіаційної активності. Фотоперіодичні процеси починаються під впливом теплової енергії, джерелом якої є специфічна радіаційна довжина хвилі [43, 73].

Тобто рослини кукурудзи здійснюють фотосинтез за економним типом (C_4) і мають підвищену вимогливість до тепла, води, світла, умов живлення, що відкриває можливість широкого використання гетерозису у виробництві [102].

Кукурудза і сорго – види тропічного походження і наділені ефективним механізмом фотосинтезу C_4, тобто спроможні активно здійснювати процеси засвоєння і трансформації світлової енергії за температури повітря +35…+40ºС. Ці культури відрізняються від традиційних пшениці, ячменю особливостями фізіології та споживанням води в період вегетації (транспіраційний коефіцієнт кукурудзи 360) [33, 116-118].

Подальшого зростання врожайності культури можна очікувати за рахунок збільшення фотосинтетичного потенціалу (ФП) посіву [106, 108].

За еректоїдного розміщення листків на рослині (світло краще проникає в глибину такого агроценозу, й урожай виявляється до 30% вищим, якщо порівняти з лигульними формами) та прояві ремонтантності (рослини типу Stay Green), листки та стебла залишаються зеленими протягом 10-15 днів після фізіологічної стиглості зерна [34, 62]. За зміну орієнтації листків у рослині кукурудзи відповідають рецесивні алелі Ig 1 і Ig 2, які забезпечують вертикальне (еректоїдне) розташування листків на стеблі [34].

У несприятливих умовах росту (ґрунтова й атмосферна посуха, наявність бур'янів, ущільнення ґрунту) спостерігається різка і тривала депресія листового апарату, що негативна впливає на урожайність. Продуктивність листків значно змінюється як протягом вегетаційного періоду, так і залежно від прийомів догляду. У сприятливих умовах інтенсивність росту листків постійно підвищується. Встановлено два максимуму продуктивності роботи листків: у період викидання-цвітіння і в період наливу зерна. Перший максимум пов'язаний із різким збільшенням ростових процесів, а відповідно, і з суттєвим споживанням асимілянтів, що сприяють підвищенню продуктивності роботи листя. Другий максимум визначається інтенсивним споживанням асимілянтів у процесі наливу.

Фотосинтетичний потенціал як однієї рослини, так і одиниці площі посіву збільшувався по мірі подовження тривалості періоду вегетації і досягав найвищих значень у середньопізніх гібридів, порівняно із ранньостиглою групою [35, 109].

Максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу у фазі молочно-воскової стиглості може сягати 9,72 г/м^2 за добу, за оптимального забезпечення елементами живлення рослин [97]. Окрім величини листкової поверхні, на урожайність впливають також інші фактори фотосинтетичної продуктивності: продуктивність роботи кожної одиниці листкової поверхні – чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) й характер розподілу асимілянтів [3, 97].

На значення площі листової кукурудзи може впливати таке погодне явище, як град. На ранніх стадіях здатність до регенерації суттєво зменшує розмір втрат. У подальшому на стадії, що наближається до достигання зерна, втрати врожаю від ушкодження рослин градом також поступово знижуються. Кукурудза найчутливіша до негативного впливу граду у стадії викидання волоті, він може спричинити майже 100%-ву втрату врожаю [43, 79]. Втрата рослинами 25% листків від градобою на всіх стадіях розвитку, окрім періоду викидання волоті-молочної стиглості, призводить до зменшення врожаю зерна кукурудзи на 10% [3, 43, 45, 79].

У вирощуванні кукурудзи вагомий вплив на успішність розвитку рослини та її економне поводження з таким важливим ресурсом як вода відіграє індекс поверхні листя. Як і для інших рослин, цей показник для кукурудзи має триматися на відповідному рівні – близько 5 [9]. Індекс листової поверхні посівів зі збільшенням густоти стояння істотно підвищується, що спричиняє послаблення надходження ФАР до нижніх ярусів листя [102].

1.3. Транспіраційна активність рослин кукурудзи

Транспірація – це складне біологічне явище, пов'язане з багатьма функціями рослинного організму. Кількість води, що використовується рослиною на випаровування, набагато перевищує необхідний мінімум, однак транспірація дозволяє рослині уникнути перегріву від сонячної радіації. Поглинання її складає біля 40-50% до загальної кількості, тоді як для фотосинтезу використовується лише 0,5-2,0%, у деяких випадках більше 2%. Інша частина поглинутої радіації використовується рослиною на транспірацію та теплообмін із навколишнім середовищем.

За утворенням власної сухої маси в період вегетації кукурудза є однією з найбільш продуктивних. Вона здатна утворити за день до 220 кг сухої маси на гектар, при цьому до 110 кг/га зерна – між стадіями 8-го листка – початку утворення качанів і достиганням [3, 9].

Ступінь випаровування води під час транспірації в представників родини злакових менша, ніж у родини бобових. Інтенсивність транспірації дорівнює в середньому 64,4±16,3 г/м^2 год., за амплітуди коливань 40,5-84,1 г/м^2 год. Інтенсивність транспірації може змінюватись протягом доби, протягом вегетаційного періоду рослини та окремих його фаз [119]. Найменшу кількість води рослина випаровує в ранкові години, удень випаровування збільшується, а навечір зменшується, але не знижується до показників у ранкові години. Такий хід транспірації корелює із впливом метеорологічних факторів і концентрацією клітинного соку, так як витрата виду повністю не компенсується надходженням її із кореневої системи в надземні органи.

Листки в рослин кукурудзи великі, лінійні розміщенні на рослині в двох протилежних сторонах. Фотосинтетичний потенціал кукурудзи зростає в прямій залежності від скоростиглості гібридів. До листової поверхні кукурудзи надходить 2,7-2,9 млрд ккал/га ФАР за вегетаційний період, випадає – 170-240 мм опадів.

Інтенсивність фотосинтезу підвищується із збільшенням освітлення із 2 тис лк, або 0,03-0,05 кал/см^2/хв. до 27-32 тис. лк; мінімальна інтенсивність освітлення, достатня для цвітіння і дозрівання, кукурудзи є 1400-8000 лк, тоді як для ячменю і пшениці необхідно тільки 1800-2200 лк. Так, зокрема, за зниження інтенсивності освітлення до 28-60% (затінення марлею), зменшує поглинання кукурудзою азоту, фосфору, калію й особливо магнію. Чиста продуктивність фотосинтезу у результаті знижується на 25-30%. Затінення гальмує формування органів плодоношення, збільшує розрив у цвітінні чоловічих і жіночих суцвіть і кількість безплідних рослин. Світло позитивно впливає на ферменти рослинного організму, зокрема стимуляція нітратасиміляції є результатом прямого впливу світла, при цьому має місце передача редукуючої сили через мембрани пластидів.

Абсолютний приріст надземної маси рослин (у натуральній і сухій масі) у значній мірі залежить від температурного режиму та волого забезпечення. Найбільший приріст зеленої маси кукурудза досягає в фазі молочної стиглості зерна. Максимальна суха маса кукурудзи формується наприкінці воскової -

початку повної стиглості зерна [120].

Дослідженнями різних авторів встановлено, що для зернових культур оптимальною площею листкової поверхні на 1 га посіву є 40-60 тис $м^2$/га [45, 46]. Подальше її збільшення негативно впливатиме на фотосинтез, оскільки насамперед погіршиться освітленість листків, знижується значення величини чистої продуктивності фотосинтезу в гібридів, вони нераціонально будуть використовувати елементи мінерального живлення [97, 109].

Після досягнення фази викидання волоті молочно-воскової стиглості максимуму ЧПФ вона починає знижуватися [97].

За твердженням Ничипоровича [121], підвищення продуктивності посівів можливе в разі:

- формування оптимального за розмірами та довготривалістю роботи фотосинтетичного апарату;
- забезпечення найкращої за інтенсивністю та якісною направленістю його роботи;
- забезпечення найкращого використання продуктів фотосинтезу на процеси росту та розвитку рослин, тобто на кінцеві процеси формування врожаю.

Хід та рівень цих процесів визначається генетичною й екологічною природою культури, яка вирощується, і рівнем забезпеченості рослин елементами живлення. Процеси фотосинтетичної діяльності посівів і нормування врожаїв залежать від поєднання великої кількості факторів, які вкладаються один на одного та змінюються в часі за інтенсивністю та спрямованістю. Світло, температура, волога, мінеральні елементи живлення та інші фактори діють на фотосинтез рослин у посівах. Генетичний фактор і умови навколишнього середовища впливають передусім на розміри й активність фотосинтетичного апарату рослин, що вже визначає кількісні показники фотосинтетичної продуктивності посіву – урожай [3, 107, 122].

Важливим завданням є не тільки збільшення асимілюючої поверхні, але й інтенсифікація роботи фотосинтетичного апарату, яка визначає посилення формування органічної речовин. Приріст останньої на одиницю асимілюючої поверхні за одиницю часу є чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ). Прямий зв’язок між ЧПФ і врожаєм відзначається багатьма авторами [107].

У зв’язку з цим особливої актуальності набуває вивчення комплексної дії структурної організації агроценозів і генотипічних властивостей гетерозисних форм на продукційний процес [109].

Якщо вологи не вистачатиме, може спостерігатися значне зниження ваги тисячі насінин. Загалом негативними факторами, що впливають на кукурудзу на стадіях закладання компонентів врожайності, є з самого початку нерівномірне проростання, значний стрес від спеки, вплив поганої структури ґрунту на розвиток кореневої системи рослин і забезпечення поживними речовинами, недостатнє забезпечення азотом і хвороби коріння [3, 9].

Результатами проведених досліджень встановлено, що інтенсивність транспірації залежала від груп стиглості гібридів кукурудзи. Гібриди ранньостиглої групи характеризувалися найбільшою інтенсивністю транспірації і, навпаки, гібриди середньостиглої групи – найменшою інтенсивністю

транспірації (рис. 4).

Інтенсивність транспірації гібридів кукурудзи істотно залежала від їх біологічних особливостей. Навіть гібриди однієї групи стиглості істотно різнилися за показником інтенсивності транспірації. Так, в групі ранньостиглих в середньому за три роки інтенсивність транспірації по гібридах становила: Харківський 195МВ – 64,5 г×м^2/год, DKC 2960 – 60,1 г×м^2/год, DKC 2949 – 57,9 г×м^2/год та DKC 2971 – 69,1 г×м^2/год (НІР $_{05\ гібрид}$ = 0,86 г×м^2/год).

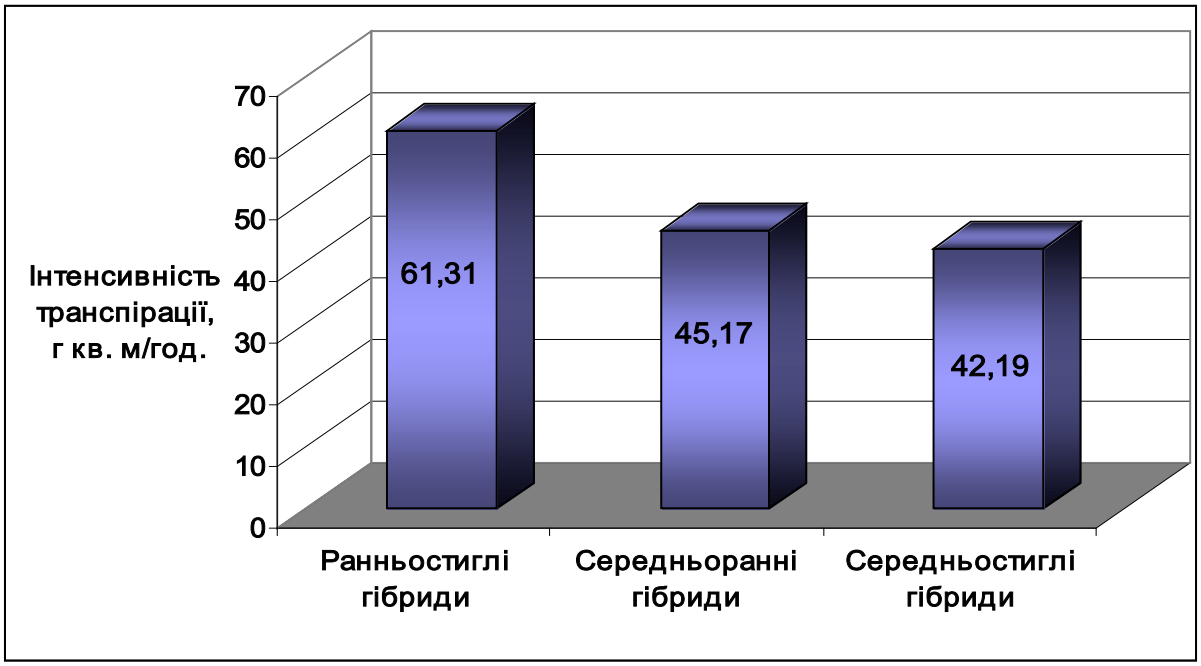


Рис. 4 **Інтенсивність транспірації залежно від груп стиглості, г×м^2/год.** (середнє за 2011-2013 рр.)

Застосування як одноразового, так і дворазового позакореневого підживлення забезпечило істотне збільшення інтенсивності транспірації гібридів кукурудзи ранньостиглої групи (табл. 12). Найвищу інтенсивність транспірації забезпечило позакореневе підживлення препаратом Еколист Моно Цинк усіх гібридів ранньостиглої групи. Інші препарати також забезпечили достовірне збільшення інтенсивності транспірації, але по гібридах не було встановлено стабільного збільшення цього показника.

Наприклад, за позакореневого підживлення препаратом Біомаг рослин гібрида Харківський 195 МВ інтенсивність транспірації була найвищою і становила 68,94 г×м^2/год, водночас, як за обробки рослин гібрида DKC 2949, цей показник був нижчим і становив 58,02 г×м^2/год, а достовірно вищим він був за обробки препаратом Еколист Моно Цинк.

Аналогічну залежність одержано за позакореневого підживлення гібридів ранньостиглої групи іншими препаратами.

Порівняно з контролем позакореневе підживлення істотно вплинуло на величину інтенсивності транспірації, яка в середньому за три роки, становила по гібридах: Харківський 195МВ – 65,3 г×м^2/год, DKC 2960 – 60,8 г×м^2/год, DKC 2949 – 58,9 г×м^2/год та DKC 2971 – 70,0 г×м^2/год, тоді як на контролі

інтенсивність транспірації була достовірно нижчою і становила – Харківський 195МВ – 57,6 г×м^2/год, DKC 2960 – 54,5 г×м^2/год, DKC 2949 – 50,3 г×м^2/год та DKC 2971 – 61,9 г×м^2/год ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,96 г×м^2/год).

12. Вплив позакореневих підживлень на інтенсивність транспірації у ранньостиглих гібридів кукурудзи, г×м^2/год. (за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Інтенсивність транспірації, г м^2/год			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє
Харківський 195 МВ	Контроль (підживлення водою)	-	62,94	51,38	58,44	57,59
	Біомаг	I*	75,27	59,77	71,77	68,94
		II*	72,32	62,82	68,82	67,99
	Еколист Моно Цинк	I*	72,30	59,86	68,80	66,99
		II*	72,81	62,31	69,31	68,14
	Росток кукурудза	I*	66,67	56,75	63,17	62,20
		II*	72,58	56,11	66,08	64,92
	Вимпел	I*	63,76	54,27	60,26	59,43
		II*	67,69	59,18	65,19	64,02
DKC 2960	Контроль (підживлення водою)	-	59,28	48,55	55,78	54,54
	Біомаг	I*	63,90	52,45	60,40	58,92
		II*	65,89	58,56	61,39	61,95
	Еколист Моно Цинк	I*	65,50	55,80	61,80	61,03
		II*	66,30	59,49	62,00	62,60
	Росток кукурудза	I*	62,98	55,45	59,48	59,30
		II*	68,99	57,49	64,49	63,66
	Вимпел	I*	61,96	52,28	62,21	58,82
		II*	62,71	54,49	63,46	60,22
DKC 2949	Контроль (підживлення водою)	-	54,92	44,45	51,42	50,26
	Біомаг	I*	61,63	55,25	57,18	58,02
		II*	63,68	57,56	58,13	59,79
	Еколист Моно Цинк	I*	66,63	54,19	63,13	61,32
		II*	66,80	55,34	63,30	61,81
	Росток кукурудза	I*	60,43	53,93	59,93	58,10
		II*	64,14	57,65	60,64	60,81
	Вимпел	I*	56,76	50,18	59,26	55,40
		II*	57,08	50,59	59,58	55,75
DKC 2971	Контроль (підживлення водою)	-	65,94	57,38	62,44	61,92
	Біомаг	I*	70,27	64,77	71,77	68,94
		II*	73,32	65,82	72,82	70,65
	Еколист Моно Цинк	I*	73,30	68,86	72,80	71,65
		II*	77,81	70,31	74,31	74,14
	Росток кукурудза	I*	72,67	64,75	69,17	68,86
		II*	77,58	66,11	73,08	72,26
	Вимпел	I*	68,76	59,27	65,26	64,43
		II*	72,69	64,18	70,19	69,02
$НІР_{05\ гібрид}$**			0,80	0,43	0,51	-
$НІР_{05\ підживлення}$			1,09	1,02	1,16	-
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			0,56	0,49	0,41	-

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

На інтенсивність транспірації ранньостиглих гібридів кукурудзи також вплинула і кількість проведених підживлень. Дворазове позакореневе підживлення всіма препаратами забезпечило достовірне посилення інтенсивності транспірації як порівняно з контролем, так і з одноразовим підживленням, за виключенням підживлення рослин гібрида Харківський 195 МВ препаратом Біомаг та гібрида DKC 2949 препаратами Еколист Моно Цинк та Вимпел. Так, за позакореневого підживлення гібрида Харківський 195 МВ препаратом Біомаг за одноразового підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи інтенсивність транспірації становила 68,94 г×м^2/год, дворазового у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – 67,99 г×м^2/год. За одноразового підживлення гібрида DKC 2949 препаратом Еколист Моно Цинк інтенсивність транспірації становила 61,32 г×м^2/год, дворазового вона була нижчою і становила – 61,81 г×м^2/год, але достовірної різниці не виявлено ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,61 г×м^2/год).

Найбільша інтенсивність транспірації спостерігалася на варіантах, де проводили внесення бактеріального препарату Біомаг і мікродобрив Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза.

Інтенсивність транспірації середньоранніх гібридів кукурудзи, так як і ранньостиглих, істотно залежала від біологічних особливостей гібрида. Цей показник у всіх гібридів істотно відрізнявся як по гібридах, так і порівняно зі стандартом і становив DKC 3472 – 43,7 г×м^2/год, DKC 3420 – 48,5 г×м^2/год, Переяславський 230СВ – 47,2 г×м^2/год та DKC 3871 – 45,7 г×м^2/год – стандарт ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,99 г×м^2/год) (табл. 13).

Позакореневе підживлення забезпечило достовірне підвищення інтенсивності транспірації середньоранніх гібридів, яка становила по гібридах – DKC 3472 – 44,4 г×м^2/год, DKC 3420 – 49,4 г×м^2/год, Переяславський 230СВ – 47,9 г×м^2/год та DKC 3871 – 46,3 г×м^2/год, водночас як в контролі (підживлення водою) інтенсивність транспірації була значно меншою і в середньому за три роки становила, відповідно по гібридах – 38,49 г×м^2/год, 41,45 г×м^2/год, 41,61 та 40,80 г×м^2/год ($НІР_{05\ підживлення}$ = 1,10 г×м^2/год). Зростання інтенсивності транспірації порівняно із контролем становило, у середньому – 0,69-2,26 г×м^2/год.

На інтенсивність транспірації середньоранніх гібридів істотно впливала кількість проведених позакореневих підживлень. Зокрема за одноразового позакореневого підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи інтенсивність транспірації становила в середньому 45,8 г×м^2/год., а за дворазового підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – 48,2 г×м^2/год ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,70 г×м^2/год).

Як одноразове підживлення, так і дворазове забезпечили істотне зростання інтенсивності транспірації. За дворазового підживлення інтенсивність транспірації була достовірно вищою, ніж за одноразового по всіх гібридах і препаратах, що використовували для підживлення.

Аналогічні результати одержані за позакореневого підживлення гібридів кукурудзи середньостиглої групи. Інтенсивність транспірації гібридів ранньостиглої групи, так як і інших груп стиглості, істотно залежала від

біологічних особливостей гібрида.

13. Вплив позакореневих підживлень на інтенсивність транспірації в середньоранніх гібридів кукурудзи, г×м^2/год. (за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Інтенсивність транспірації			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє
DKC 3472	Контроль (підживлення водою)	-	42,49	33,99	38,99	38,49
	Біомаг	I*	46,02	37,55	40,52	41,36
		II*	48,91	39,41	41,57	43,30
	Еколист Моно Цинк	I*	53,55	38,05	44,05	45,22
		II*	57,54	44,08	48,04	49,89
	Росток кукурудза	I*	53,72	38,22	45,22	45,72
		II*	56,37	45,87	46,87	49,70
	Вимпел	I*	42,97	35,47	39,47	39,30
		II*	43,04	38,56	40,54	40,71
DKC 3420	Контроль (підживлення водою)	-	45,12	37,62	41,62	41,45
	Біомаг	I*	55,38	42,88	51,88	50,50
		II*	56,02	46,52	52,52	51,69
	Еколист Моно Цинк	I*	54,48	47,95	50,98	51,14
		II*	55,06	49,56	52,56	52,39
	Росток кукурудза	I*	56,81	45,33	49,31	50,48
		II*	55,00	48,50	51,50	51,67
	Вимпел	I*	46,66	39,27	43,16	43,03
		II*	47,36	41,87	44,86	44,70
Переяславський 230 СВ	Контроль (підживлення водою)	-	43,52	38,45	42,87	41,61
	Біомаг	I*	46,54	42,77	44,78	44,70
		II*	53,98	45,72	46,29	48,66
	Еколист Моно Цинк	I*	49,45	45,46	47,33	47,41
		II*	53,57	49,78	51,37	51,57
	Росток кукурудза	I*	52,45	50,59	51,78	51,61
		II*	56,05	52,44	53,11	53,87
	Вимпел	I*	44,37	39,05	43,47	42,30
		II*	45,52	40,01	44,27	43,27
DKC 3871, стандарт	Контроль (підживлення водою)	-	44,77	35,35	42,27	40,80
	Біомаг	I*	47,08	41,58	43,58	44,08
		II*	54,53	43,64	45,03	47,73
	Еколист Моно Цинк	I*	47,53	43,03	43,63	44,73
		II*	52,13	45,53	46,03	47,90
	Росток кукурудза	I*	51,30	45,80	47,39	48,16
		II*	55,89	47,39	48,80	50,69
	Вимпел	I*	45,51	40,01	43,01	42,84
		II*	46,20	41,75	44,70	44,22
НІР $_{05\ гібрид}$			0,95	0,73	0,67	-
НІР $_{05\ підживлення}$			0,97	0,96	0,83	-
НІР$_{05\ кількість\ підживлень}$ **			0,42	0,50	0,52	-

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*

II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*

***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

У середньому за три роки інтенсивність транспірації середньостиглих гібридів становила 37,28-49,07 г×м^2/год. Так зокрема у гібриду ДК 391 – 41,9 г×м^2/год, ДК 440 – 43,4 г×м^2/год, ДКС 4964 – 44,43 г×м^2/год та ДК 315 – 43,3 г×м^2/год ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,73 г×м^2/год).

Як одноразове позакореневе підживлення, так і дворазове забезпечили достовірне збільшення інтенсивності транспірації у всіх гібридів незалежно від препаратів, якими проводили підживлення порівняно з контролем (табл. 14).

14. Вплив позакореневих підживлень на інтенсивність транспірації у середньостиглих гібридів кукурудзи, г×м^2/год. (за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Інтенсивність транспірації			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє
1	2	3	4	5	6	7
ДК 391	Контроль (підживлення водою)	-	41,10	33,60	38,60	37,77
	Біомаг	I*	45,20	35,80	38,80	39,93
		II*	47,30	37,71	42,70	42,57
	Еколист Моно Цинк	I*	45,80	36,30	41,30	41,13
		II*	49,60	41,78	42,10	44,49
	Росток кукурудза	I*	47,10	40,76	43,60	43,82
		II*	50,40	44,90	46,90	47,40
	Вимпел	I*	42,40	36,95	40,90	40,08
		II*	42,50	37,50	39,00	39,67
ДК 440	Контроль (підживлення водою)	-	40,40	34,95	37,90	37,75
	Біомаг	I*	48,20	35,72	39,70	41,21
		II*	50,70	40,97	45,20	45,62
	Еколист Моно Цинк	I*	48,50	42,00	45,00	45,17
		II*	46,50	44,47	45,87	45,61
	Росток кукурудза	I*	48,30	44,89	47,90	47,03
		II*	50,40	45,90	48,80	48,37
	Вимпел	I*	41,50	37,75	39,44	39,56
		II*	42,50	36,54	41,00	40,01
ДКС 4964	Контроль (підживлення водою)	-	42,30	35,80	41,90	40,00
	Біомаг	I*	45,20	38,90	43,40	42,50
		II*	48,20	40,51	45,70	44,80
	Еколист Моно Цинк	I*	47,80	43,30	45,30	45,47
		II*	49,60	45,78	46,10	47,16
	Росток кукурудза	I*	48,61	45,76	46,60	46,99
		II*	50,40	47,90	48,90	49,07
	Вимпел	I*	43,40	36,95	42,59	40,98
		II*	43,50	37,50	43,00	41,33
ДК 315	Контроль (підживлення водою)	-	41,61	32,11	38,11	37,28
	Біомаг	I*	48,43	36,93	41,54	42,30
		II*	50,04	40,54	42,93	44,50
	Еколист Моно Цинк	I*	49,33	42,83	43,83	45,33
		II*	51,40	44,90	46,90	47,73
	Росток кукурудза	I*	47,13	42,63	45,63	45,13
		II*	49,19	46,69	47,69	47,86
	Вимпел	I*	42,20	35,70	38,67	38,86

Продовження таблиці 14

1	2	3	4	5	6	7
ДК 315	Вимпел	II*	44,17	36,67	40,70	40,51
$НІР_{05\ гібрид}$**			0,49	0,63	0,35	-
$НІР_{05\ підживлення}$			1,21	0,81	1,03	-
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			0,51	0,43	0,38	-

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Гібриди по-різному реагували на позакореневе підживлення. За підживлення одним і тим же препаратом різних гібридів одержані різні результати. Так, за підживлення гібрида ДК 391 препаратом Біомаг інтенсивність транспірації становила 42,57 г×м^2/год, а гібрида ДК 440 – 45,62 г×м^2/год. Аналогічні результати одержано і на інших гібридах.

Найвищу інтенсивність транспірації у всіх гібридів середньостиглої групи забезпечило позакореневе дворазове підживлення препаратом Росток кукурудза. Кількість позакореневих підживлень також істотно впливала на інтенсивність транспірації. Так, за одноразового позакореневого підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечило інтенсивність транспірації по гібридах становила: ДК 391 – 41,2 г×м^2/год, ДК 440 – 43,2 г×м^2/год, ДКС 4964 – 44,0 г×м^2/год та ДК 315 – 42,9 г×м^2/год.

Слід відзначити, що за дворазового підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи вона була істотно вищою по гібридах, відповідно – на 2,3, 1,7, 1,6 та 2,3 г×м^2/год ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,51 г×м^2/год).

1.4. Передзбиральна вологість зерна кукурудзи

Ефективність виробництва зерна кукурудзи значною мірою залежить від правильної організації післязбиральної обробки та збереження врожаю [123-126].

Одержання гібридів із низькою збиральною вологістю зерна має важливе значення не тільки з погляду економії енергетичних ресурсів, але й виходячи з можливості їх більш раннього комбайнового збирання [28, 125, 127-130]. Тому ранньостиглі та середньостиглі гібриди кукурудзи мають значну перевагу за даним показником над гібридами більш пізньостиглих груп [131-133].

За даними лабораторії економіки Інституту зернового господарства УААН, на вирощування гібридів кукурудзи припадає 44-49% затрат сукупної енергії, а на збирання і доробку врожаю – більше половини експлуатаційних затрат [16, 62, 83, 134].

Витрата енергоресурсів значною мірою залежить від збиральної вологості зерна. У разі збирання кукурудзи з вологістю 30% витрата умовного палива становить близько 65 кг/т качанів, із 20% – 27 кг відповідно. Тому останнім часом аграрії намагаються збирати кукурудзу пізніше, щоб скоротити витрати палива й електроенергії під час сушіння. Цьому сприяють і погодно-кліматичні зміни нашої країни, а час збирання характеризується зростанням температур і

зменшенням кількості опадів, навіть у зонах Лісостепу та Полісся [135].

Зерно кукурудзи має великий зародок, який становить 9-13% загальної маси зернівки (у пшениці, жита, ячменю – лише 1,5-3,0%). Тому інтенсивність дихання та самозігрівання вологого зерна в буртах кукурудзи значно вища, ніж в інших злакових культур [136].

Кукурудзу з вологістю зерна понад 25% можна розмістити на майданчиках або під навісами насипом заввишки не більше як 1,5 м тільки для короткочасного зберігання [46, 137, 138].

Вологе зерно є сприятливим середовищем для розвитку різних мікроорганізмів, тому що містить цукор, білкові сполуки, інші поживні речовини та вітаміни. Залежно від вологості сировини й тривалості аеробного дихання, у зерні може втрачатися понад 20% органічних поживних речовин. Воно починає самозігріватися вже першого дня зберігання, а з третього-четвертого починає проростати та уражатися хворобами (пухирчаста сажка, фузаріоз, пліснявіння та бактеріоз). Кількість плісневілих грибів протягом 2-3 днів після зберігання збільшується майже вдвічі [136, 139].

Сире зерно кукурудзи, зібране способом прямого комбайнового обмолоту качанів у полі, на відміну від збирання в качанах (де термін зберігання в буртах на току перед доробкою може становити до 5 діб) потребує термінового досушування (не пізніше, ніж протягом доби) до стандартної вологості [3, 136].

Вологість зерна є основним показником, який характеризує стан насіння. Саме на основі вологості зерна слід розпочинати збирання кукурудзи. Ніякі інші ознаки, такі як всихання листостебельної маси або пожовтіння обгорток качана не можуть слугувати об’єктивною оцінкою дозрівання кукурудзи [140]. Зниження вологості зерна є процес закономірний, що протікає однонаправлено в будь-яких умовах середовища і носить динамічний затухаючий характер [125].

Важливими чинниками, які впливають на втрату води зерном, є:

- структура перикарпу (тканини, що навколо зародку) – тонший перикарп забезпечує вищу вологовіддачу [43, 141];

- тип зернівки [43];

- товщина, консистенція стрижня качана, а також щільність закладання насіння в качані. Чим менші діаметр, маса та щільність стрижня, тим менша вологість зерна під час обмолочування [129, 130, 136, 141];

- кількість обгорток качана – чим менша кількість листків обгортки качана, тим вища вологовіддача; чим пізньостигліший гібрид, тим більша кількість обгорток на качані та триваліший період дозрівання зерна, що зумовлює більш повільну віддачу вологи, гібриди новітньої селекції мають менше листків обгортки, ніж гібриди, що виведені десятиріччя тому [43, 130, 141];

- товщина листків обгортки – вологовіддача гібридів із тоншими обгортками вища [43, 141];

- швидкість відмирання обгорток качанів – чим швидше обгортки відмирають (засихають) – тим вищий рівень віддачі вологи [141];

- вкриття качана листками обгорток – гібриди із нещільною обгорткою мають вищий рівень вологовіддачі [3, 141];

- швидкість нахилу качанів після настання фізіологічної стиглості –

гібриди з качанами, розташованими під гострим кутом до рослини після настання фізіологічної стиглості, схильні накопичувати вологу в обгортках і сповільнювати вологовіддачу [45, 141].

Практично все зібране зерно кукурудзи потрібно досушувати, тому що воно має вологість 35-45% (у 85% зерна всієї зібраної кукурудзи). У структурі собівартості виробництва кукурудзи затрати на післязбиральну доробку, у тому числі сушіння (оплата послуг) становить 30-40% (та навіть 60%) [28, 126, 135, 142].

Розпочинати збирання кукурудзи потрібно за нижчої вологості, але слід скорочувати період збирання, аби не допустити втрат урожаю [143, 144]. Оптимальний вміст води в зерні кукурудзи на момент збирання його комбайном становить 23-25%, що більше від базових показників на 10-15%, тому її потрібно терміново сушити [43, 145].

За вологості зерна близько 40% на зернівках утворюється візуально помітна ознака, так звана «молочна лінія», поява якої більшою мірою пов'язана з вологістю зерна, а не з чорним шаром, що формується саме протягом періоду фізіологічного достигання качана [43].

Залежно від вмісту вологи під час зберігання розрізняють сухе зерно кукурудзи, у якому міститься до 14% води, середньої сухості – 14,1-16, вологе – 16,1-18 і сире – понад 18% вологості. Вологість зерна кукурудзи істотно залежить від строку сівби, групи стиглості гібридів і строків збирання, що позначається на рівні виробничих витрат, пов'язаних із сушінням вологої зернової маси [136, 146, 147].

Запізнення строків сівби гібридів кукурудзи призводить до підвищення передзбиральної вологості зерна [19, 89, 106, 148]. Це можна пояснити зміщенням фаз цвітіння та наливу зерна на більш пізні строки [147].

Гібриди різних груп стиглості відрізняються не тільки потенційним рівнем урожайності, а й вмістом вологи в зерні під час збирання: у ранньостиглих вона низька – 14-16%, у середньо- та пізньостиглих – вища в 1,5-2,0 рази, що вимагає додаткових затрат на сушіння зерна [43, 108, 149]. Різниця вологості зерна між гібридами різних груп стиглості може складати 4,0-8,4% [17, 62, 149].

У більш пізньостиглих гібридів властивий генетично зумовлений високий потенціал продуктивності, але вони характеризуються високою вологістю зерна, що різко погіршує економічні показники їх вирощування [90, 93, 129, 150].

Під час збирання гібридів різних груп стиглості починати його слід із ранньостиглих або середньоранніх, щоб пізньостиглі мали більше часу для зниження вологості зерна [143, 144, 151]. Для зберігання вологість качанів повинна становити 16%, а зерна – до 13% [45, 90, 152, 153].

Пізнє збирання з метою природного підсихання зерна може призвести до втрати частини врожаю, вилягання та погіршення його якості внаслідок несприятливих умов, які складаються на час збирання [33, 143, 144].

За даними досліджень Л.В. Фадеева (2012) [154], гриби ксерофіти живуть і розвиваються на насінні кукурудзи за вологості 14-15%. Грибна мікрофлора практично постійно присутня на зернівках, і деякі її види, наприклад, плісняві гриби, можуть розмножуватися за вологості повітря біля

65%.

Під час прямого комбайнування вологість зерна не повинна перевищувати 32%, інакше зерно значно пошкоджується, стає непридатним для зберігання. Зберігаючи зерно з низькою вологістю скорочується об'єм сушіння та витрати палива (рідкого) приблизно на 7,0-8,5 кг або газу 7-10 м^3 газу на кожну тонну, залежно від конструкції зерносушарки (планова тонна характеризує зменшення вологості на 6%) [143, 144].

Країни, у яких практикується природне сушіння кукурудзи (як у Румунії або Україні), позбавляють себе значного потенціалу, використовуючи більш ранньостиглі гібриди, які можуть просохнути на корені до зими, але вони економлять на витратах, пов'язаних із просушкою, споживають менше викопних видів палива. З урахуванням фактору глобального потепління (більш ранні посіви без зміни групи стиглості гібридів, досягнення селекції щодо швидкості передачі поживних речовин наприкінці вегетативного циклу та інше), дозволило зменшити рівень вологості на момент збирання врожаю та вартість сушіння [33, 83, 46, 155].

Зважаючи на високу відносну вологість атмосферного повітря в осінній період, досушити зерно природним шляхом практично неможливо [142].

Залежно від режиму досушування, стану вологості та призначення зерна кукурудзи застосування досушування лише на 1% до базисної кондиції (14%) потребує 1,9-4,1 л рідкого палива, або ж 3,2 кг умовного палива чи 2,6-2,8 м^3 газоподібного в розрахунку на 1 т зерна. За врожайності 6 т/га і збиральній вологості 20-24% необхідно додатково витратити від 86 до 160 л палива, тоді як на обробіток ґрунту, внесення добрив, сівбу догляд за посівами та збирання і транспортування врожаю його витрачається 80-100 л [135, 142, 156].

Сушіння кукурудзи потребує в 1,5-2,0 рази більше тепла порівняно з іншими зерновими культурами [157-159]. Зниження вологості на 1% під час сушіння відбувається протягом 3,5-4 годин [156].

Розрізняють два етапи зниження вологості зерна кукурудзи в другій половині вегетації. ***Перший етап*** віддачі вологи пов'язаний із завершенням фізіологічних процесів під час достигання і триває приблизно до досягнення вологості 40%. ***Другий етап*** пов'язаний із чисто фізичним висиханням зерна після досягнення зазначеної вище вологості. Інтенсивність цих процесів значною мірою залежить від умов зовнішнього середовища, зокрема погодних факторів: температури, відносної вологості повітря. Для першого етапу вологовіддачі, який настає наприкінці серпня – на початку вересня, важливу роль відіграє температура повітря, для другого – важливим фактором є відносна вологість повітря [43, 93, 129].

Особливістю кукурудзи є тривалий період дозрівання, який змінюється залежно від строків сівби, групи стиглості гібридів, погодних і ґрунтово-кліматичних умов [136, 143, 144].

До закінчення фази наливу зерна процеси водовіддачі більшою мірою регулюються на рівні генетичному, проте протягом періоду фізіологічного достигання генетичний контроль слабшає. Проте збільшується вплив довкілля, тому за надто вологих або сухих умов генотипні відмінності згладжуються

метеорологічними факторами. У посушливі роки внаслідок водного стресу зменшується загальний вміст води, а також відсоток її «вільної» фракції, збільшується концентрація клітинного соку. Водночас за умов водного дефіциту порушуються фізіологічні процеси [43, 150].

У процесі розвитку зернівки клітина проходить через стадії ділення, розтягнення, накопичення й спокою. Характер проходження цих стадій впливає на вміст води в зерні, внаслідок чого маса зернівки спочатку збільшується, а пізніше – зменшується [3, 43].

Вологість зерна кукурудзи на зрошенні та без зрошення практично однакова. У разі поливу велику кількість вологи містять листки і особливо стебла рослини [160, 161]. Через особливості погодних умов (висока температура та низька відносна вологість повітря), які склалися в Україні, дозрівання кукурудзи суттєво пришвидшилось. Висихання зерна обумовлене фізико-біологічними та фізичними процесами, які протікають із певною швидкістю під впливом зовнішнього середовища (температура, кількість опадів і сонячна активність), а іноді може іти в зворотному напрямку [125, 151].

У середньому для втрати 1% вологості потрібно 20-25°С суми ефективних температур [141]. Вологість зерна у гібридів кукурудзи має чітко виражені генотипові залежності, як і темпи вологовіддачі зерном. Водночас слід враховувати особливості генотип-середовищної реакції гібридів на хід температурного режиму в період наливу та дозрівання зерна [43, 147, 162, 163].

Під час визначення строків збирання треба враховувати середньодобову вологовіддачу, яка за даними ДУ ІСГСЗ НААН, становить 0,8-1,2%, 0,5-0,7 і 0,3-0,4% за вологості зерна відповідно 35-40; 30-35 і 25-30%. Інтенсивна вологовіддача зерна кукурудзи припиняється у разі зниження середньодобової температури повітря до +5...+6°С і підвищення його відносної вологості до 80-90%. Тому, коли такі умови наступають, переносити терміни збирання кукурудзи на більш пізні вже недоцільно, оскільки вологість зерна суттєво не знижується і не досягає норми [130, 136, 140, 143, 144, 151]

Швидкість віддачі вологи зерном кукурудзи під час дозрівання залежить як від технології вирощування, так і від спадкових властивостей гібрида, його фізіологічних і морфологічних особливостей [129]. У період наливу зерна суттєву роль у втраті води зерном відіграють температура і водозабезпеченість. Між швидкістю формування зерна та температурою існує позитивна кореляція [43, 88, 140, 147]. Втрата вологи зерном залежить також і від інтенсивності удобрення [125].

Зерно досягає максимального вмісту сухої речовини на початку формування чорного шару, що є показником фізіологічного дозрівання. Чорний шар утворюється під зерновою оболонкою в основі зернівки після відмирання клітин сполучних тканин. Відмерлі клітини перешкоджають просуванню речовини, проте деякі речовини проходять через чорний шар. Низька температура та недостатня асимілююча активність рослин викликають раннє формування чорного шару. Через приморозки, що трапляються до стадії фізіологічного дозрівання, накопичення сухої речовини в зернівках призупиняється і призводить до зменшення врожаю та погіршення його якості.

Якщо в період наливу зерна температура висока, а забезпеченість сахарозою недостатня, тоді за низького значення максимального рівня накопичення сухої речовини та за високого вмісту води розвивається чорний шар [3, 43].

З морфологічних ознак найбільший вплив на швидкість віддачі вологи зерном має розмір зерна, консистенція ендосперму, його маса і форма. З фізичної точки зору можна пояснити добір на вологовіддачу зерном тим, що для будь-якого зерна властивий різний індекс поверхні (індекс поверхні тіла – це відношення площі поверхні до його маси). Тобто зерно з невеликою масою, циліндричної або кулястоподібної форми швидше віддає вологу, ніж крупне зерно [93, 129, 150].

Зерно гібридів із зубоподібною формою та нещільним, борошнистим ендоспермом краще віддає вологу, порівняно із зерном, що має щільний кременистоподібний ендосперм [75, 129, 130, 150].

На швидкість вологовіддачі впливає також будова качана. Якщо в гібридів кукурудзи обгортка нещільно охоплює качан і частина його відкрита, то вологовіддача його краща порівняно з гібридами, у яких качан закритий щільною обгорткою [129, 130].

Вологовіддача зерна за дозрівання відбувається в системі «рослина-качан», тому вона більшою мірою пов’язана з фізико-біологічними та біохімічними процесами, що протікають в органах рослини. Вологовіддача під час сушіння відноситься до теплофізичного процесу і залежить від ряду фізико-механічних показників зерна й особливостей масообміну вологих тіл [126].

Через швидкий характер вологовіддачі притік і характер накопичення сухої речовини в системі «рослина-качан-зернівка» змінюється, частина речовини в зернівку не поступає [151].

Ступінь висушування зерна кукурудзи в полі залежить від таких параметрів, як ФАО гібрида, вміст вологи, температура повітря, та його відносна вологість, сонячна радіація, швидкість вітру [30, 135].

За даними Д. Шпаара (2009) [164], кукурудза, що стоїть у полі, за день може втрачати вологу з темпом приблизно від 0,3 до 0,4%, у жовтні до – 0,15, до 0,2% і менше в листопаді.

На відміну від зрілої, недозріла кукурудза сохне в полі повільніше. У разі підвищення норми висіву всіх гібридів спостерігається тенденція до збільшення вологості зерна [30].

РОЗДІЛ 2
БОТАНІКО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ

2.1. Ботанічна класифікація кукурудзи

Кукурудза відноситься до родини **злакових або тонконогових** (Poaceae), просовидних хлібів. Рід Zea представлений єдиним видом Z. mays L., і належить до триби бородавкових, або соргових (Andropogonae), підтриби сакумових (Tripsacinae). До цієї підтриби належить ще сім родів, у тому числі Enchlaena (теосинте) і Tripsacum (трипсакум), які вважаються родичами кукурудзи [3, 46].

За сучасною класифікацією, вид Zea mays L. за плівчастістю, внутрішньою та зовнішньою будовою зерна має 9 підвидів [3, 112, 137].

Ендосперм кукурудзяного зерна не є однорідним, він включає крохмальні та білкові зерна. Окрім оболонок (насінної, плодової) і алейронового шару, в ендоспермі зерна розрізняють так звані борошнисту і роговидну частини (борошнистий і скловидний ендосперм). Борошнистий ендосперм має рихлу будову з проміжками між зернами крохмалю. Самі крохмальні зерна мілкі, округлої форми. Скловидний ендосперм має більш щільне розташування крохмальних зерен, які дещо крупніші, з кутастою формою. Проміжки між крохмальними зернами заповнені протеїном і колоїдними вуглеводами. Борошнистий ендосперм містить головним чином крохмаль і дуже мало білку. Скловидний ендосперм відрізняється високим вмістом білка [45, 112].

Кількість співвідношення оболонок, ендосперму і зародку залежно від підвиду та сорту зерна може змінюватись. У середньому на частку оболонки припадає 4,7 до 5,15% маси зерна. Максимум досягає 6%. Приблизний хімічний склад оболонки (в % до СР): пентозани – 50, клітковина – 20, лігнін – 11, зола – 1, жир – 1 [3]. Зародок складає від 10 до 14% маси зерна. Основною складовою речовиною зародка є жир, вміст якого досягає 35%, що становить 80% загальної кількості жиру в зерні. Біля 10% у зародку мінеральних домішок [45, 46, 112].

Для отримання крохмалю, а відповідно й етанолу, практичну цінність представляють чотири підвиди кукурудзи: крохмалистий (71,5-82,0%), зубовидний (68,0-75,5 %), напівзубовидний (66,9-74,2 %) і кременистий (65,0-73,0%) [165].

За даними Я. Гадзало, у 2018 році створено гібриди кукурудзи із урожайності 8,14 т/га і виходом крохмалю з одиниці площі – 6 тонн. На його думку це є один із найперспективніших напрямів сучасної селекції кукурудзи, тобто з високим вмістом крохмалю для виробництва біоетанолу [166]. Уміст крохмалю в зерні залежить як від сортових особливостей, так і від технології вирощування кукурудзи на зерно. Тому розробка комплексу елементів технології, які забезпечують збільшення врожайності та якості зерна кукурудзи є актуальною.

Підвиди кукурудзи істотно відрізняються за вмістом у зерні білка і крохмалю, а також за якістю крохмалю, яка визначається за вмістом амілози [79, 167].

Ступінь розвитку борошнистого та роговидного ендосперму відмінна ознака для різних підвидів кукурудзи [79]:

- *зубовидний підвид* (indentata Sturt.) характеризується великим сплющеним зерном, на поверхні якого утворюється вм'ятина [168], скловидний ендосперм розвинутий тільки на бокових сторонах зерна, інша, більша частина ендосперму борошниста, рихла, поверхня зерна гладенька, вміст крохмалю в зерні 68-75,5, білків – 8,0-14,5% [45, 46, 79]. Він представлений більш пізніми формами, має широке поширення у виробництві, його рослини потужні, з грубими стеблами, що дають мало пасинків, качани довгі видовжені [79], відзначається високою врожайністю, хорошим виходом зерна; не кущиться [169], це найбільш поширений підвид для крохмале-патокового виробництва;

- *кременистий підвид* (indurata Sturt.) має округлу зернівку, із добре розвиненим скловидним ендоспермом, лише в центральній частині містить незначну кількість борошнистого ендосперму [3, 79], містить 65-73% крохмалю, тобто крохмалю менше, ніж у зубовидного підвиду та 7,7-14,8% білка [46, 79], широко поширений у виробництві, характеризується високою холодостійкістю, тому до цього підвиду відноситься велика кількість скоростиглих гібридів із дрібними качанами та мілким зерном; стебла формують багато бічних пагонів (пасинків), [168, 169], утворює два, а іноді й більше качанів, [169], через міцну структуру ендосперму має відносно низький вміст крохмалю, тому цей підвид мало придатний для крохмале-патокової промисловості [3];

- *розлусний підвид* (everta Sturt.) характеризується мілким зерном із загостреною верхівкою (рисова) або округла (перлова), поверхня гладенька, ендосперм майже повністю скловидний, за нагрівання сухого зерна ендосперм прориває перикарпій і вивертається назовні у вигляді рихлої борошнистої маси, вміст крохмалю становить 62-72, білка 10-14,5%, використовується для отримання круп і виготовлення пластівців, повітряної кукурудзи [46, 79], відрізняється низькою врожайністю, невеликими качанами з дрібним зерном, дуже кущиться;

- *крохмалистий підвид* (amylacea Sturt.) має гладеньке, округле зерно, ендосперм борошнистий, рихлий, погано захищений тонким борошнистим шаром, легко поглинає вологу та швидко уражується хворобами, шкідниками [3], майже не містить скловидної частини, проміжки між крохмальними зернами погано виповнені протеїном, вміст крохмалю в зерні цього підвиду найвищий і становить 71,5-82, білків – 6,9-12,1%, використовується в харчовій і крохмале-патоковій промисловості [46, 79, 170];

- *цукровий підвид* (saccharata Sturt.) характеризується зморшкуватим зерном, майже виповненим прозорим скловидним ендоспермом, містить багато декстрину та протеїну, низький вміст крохмалю – біля 30% цукру і до 30% водорозчинних цукрів (полісахаридів), білків – 13%, жиру – 8,1%, включає овочеві, часто скоростиглі гібриди (сорти), характеризується багатостебельністю та низькою стійкістю до шкідників і хвороб, використовується в консервній промисловості [3, 45, 46];

- *крохмалисто-цукровий підвид* (amyleo-saccharata Sturt.) має у нижній частині зерна борошнистий ендосперм, а у верхній, як і в цукрової

кукурудзи, характерну зморшкуватість [45, 79, 169];

- *плівчастий підвид* (tunicata Sturt.) характеризується затисненим у дуже розвинені колоскові луски зерном, деколи має навіть остюки, виробничого значення не має [46, 79];

- *напівзубовидний* або *кременисто-зубоподібний підвид* (semidentata Sturt.) виник у результаті багаторазового штучного та природного перезапилення кременистої та зубовидної, до нього відноситься цілий ряд високопродуктивних холодостійких гібридів із відносно коротким періодом вегетації [45, 168], зерно її має округлі краї, невелику впадину на верхівці, скловидний ендосперм у неї займає більшу, ніж у зубовидної кукурудзи частину зерна [169];

- *восковидний підвид* (ceratina Kulesch.) характеризується восковидним ендоспермом, зовнішня його частина за твердістю не поступається ендосперму розлусної кукурудзи; полісахариди представлені воскоподібним або клейким крохмалем [45, 46].

У виробництві найбільше поширення мають три підвиди кукурудзи: кремениста, зубоподібна та кременисто-зубоподібна [3, 45, 46]. Крохмалиста, восковидна, крохмалисто-цукрова, плівчаста мало поширені підвиди, так як низьковрожайні [168].

Ендосперм займає 80-90% маси зерна кукурудзи. У клітинах борошнистого ендосперму крохмальні зерна розташовані вільно, вони мають округлу форму. Вміст білків в такому ендоспермі невеликий. Клітини скловидного ендосперму представляють собою структури щільно упакованих крохмальних зерен, поміщених в білкову матрицю. У скловидному ендоспермі вміст білка майже в 2 рази вищий, ніж в борошнистому [3]. Величина клітин кукурудзяного ендосперму від 80х50 до 240х100 ммк. У них може знаходитись 30-90 крохмальних зерен [171].

Крохмальні зерна, розміщені безпосередньо біля алейронового шару, характеризуються значно меншими розмірами, порівняно з крохмалем глибинних клітин. В алейроновому шарі немає крохмалю, у ньому в основному зосереджені запаси білкових речовин. Середній хімічний склад ендосперму (в % до СР): крохмаль – 79, білкові речовини – 10, жири – 0,8, клітковина – 0,5, пентози – 1,3, водорозчинні вуглеводи – 3, зола – 0,4 [3].

Хімічний склад зерна кукурудзи змінюється залежно від гібриду кукурудзи, його стиглості, умов вирощування та зберігання. Навіть зерно різних качанів одного і того ж гібриду може мати неоднаковий хімічний склад [3, 172]. У процесі формування та дозрівання хімічний склад кукурудзяного зерна істотно змінюється: відбувається нагромадження крохмалю та жиру, а вміст азотистих і мінеральних речовин зменшується [3, 83]. Спостерігається істотна відмінність у хімічному складі зерна кукурудзи одного і того ж підвиду та навіть гібриду вирощених у різних умовах [82, 132, 173] (табл. 15).

Найбільший вміст крохмалю містить зубовидний і кременистий підвиди кукурудза (79-80%), білком найбільш збагачена розлуса кукурудза (16,7%) і жиром – цукрова (9,4%).

За оцінки придатності кукурудзи для виробництва крохмалю необхідно враховувати цілий ряд факторів. Основним, із яких є вміст крохмалю та міцність

зв’язків із білковою матрицею. Вміст крохмалю в істотній мірі визначає його потенційний вихід у виробництві. Зерно з високим вмістом крохмалю краще замочується і переробляється, однак не менш важливим для досягнення високого виходу крохмалю має стан зернового ендосперму. Високий вміст білків, характерний для скловидного ендосперму, ускладнює процес отримання крохмалю [3, 83].

15. Хімічний склад зерна різних підвидів кукурудзи

Підвид кукурудзи	Вміст у % у перерахунку на суху речовину			
	крохмалю	білка	жирів	мінеральних солей
Кремениста	78,96	14,4	5,1	1,54
Зубовидна	80,10	13,3	5,0	4,6
Розлуса	76,53	16,7	5,45	1,32
Крохмалиста	77,63	14,1	6,86	1,42
Цукрова	74,43	14,5	9,4	1,67

2.2. Вміст білків та олії в зерні кукурудзи, основа для переробки кукурудзи

За хімічним складом окремі частини зернівок кукурудзи значно відрізняються, зокрема в зародку міститься 17-20%, ендоспермі - 7-10%, оболонці 3-4%. Проте в ендоспермі концентрується 70-75%, а в зародку 20-25% всієї ***маси*** білка [43, 45].

Вміст олії в зернівках кукурудзи становить 2-5%, водночас жирні кислоти переважно представлені ненасиченою лінолевою (40-60%) й олеїновою (25-40%) кислотами. Найбагатшим за вмістом олії є зародок (30-35%), а найбіднішим - ендосперм (0,7-1,0%), проте 80-85% всієї ***маси*** ліпідів містить зародок. Оскільки розподіл білків та олії в зернівках нерівномірний, тому всі чинники, що впливають на масу зерна та співвідношення маси окремих його частин, змінюють вміст білків та олії, а також їх склад [3, 43, 46].

У рослин кукурудзи, як і в інших зернових культур, між величиною врожаю зерна та вмістом білка існує негативний взаємозв’язок. Вміст білка в зерні пов’язаний виключно з удобренням азотом. За умов прохолодного, вологого вегетаційного періоду білка в зерні накопичувалося менше (8,4-10,2%) порівняно із сухішим, спекотнішим роком (11,17-12,87%) [43].

Важливим показником якості зерна є його життєздатність, для переробки на крохмаль вона повинна бути високою. Для виробництва крохмалю особливо небезпечна втрата життєздатності зерна в разі висушування під дією високих температур [171]. Максимальна температура нагрівання під час висушування залежить від їх вихідної вологості, тривалості нагрівання і коливається від 50 до 70°С. За переробки незрілого зерна і зібраного із високою вологістю з’являються значні труднощі [3].

Фізичні властивості кукурудзяного зерна суттєво залежать від гібриду,

умов вирощування та зберігання. Важливим показником якості кукурудзяного зерна є обмінна маса. Для гібридів, що використовуються в крохмальній промисловості, цей показник складає 700-750 м^3, качанів – 450-480 кг/м^3. Зерно характеризується також щільністю органічної речовини. Для зубовидної кукурудзи цей показник становить у середньому 1,275 г/см^3, для кременистої – 1,322 г/см^3 [3, 138].

Вичерпування джерел традиційного палива та високі ціни створили для багатьох держав умови розвитку нетрадиційних видів палива. Біопаливо сьогодні є для багатьох країн розв'язанням енергетичної та паливної проблеми. Хоча в деяких із них вважають, що це призведе до продовольчої проблеми [40, 174].

У сучасних ринкових умовах виробникам зерна кукурудзи важливо не тільки досягати високого рівня врожайності гібридів, але й отримувати зерно з високими якісними характеристиками, що значно розширює можливості його реалізації (фураж, харчова промисловість, переробка на біоетанол).

Початок використання біоетанолу як палива йде від часу появи перших двигунів внутрішнього згоряння. На даний період вже декілька відомих машинобудівних фірм продемонстрували двигуни, котрі як паливо використовують лише етанол. Більш широко етанол (зневоднений спирт) використовується як домішка до моторного бензину. Він поліпшує процес спалювання бензину, одночасно обмежуючи емісію окисів вуглецю та азоту [175].

Рекомендується вміст біоетанолу в бензині щонайменше 5%, у 2014-2015 роках 5% вміст стане обов'язковим, а з 2016 року - не менш як 7%. За оцінками експертів УКАБ, для забезпечення 5% вмісту біоетанолу в бензині Україні потрібно буде виробляти 320 млн л біоетанолу щорічно. «Враховуючи, що з однієї тонни зерна кукурудзи можна отримати 380-400 л біоетанолу, на покриття потреби в 320 млн л етанолу потрібно буде близько 810 тис. т зерна кукурудзи».

Для виробництва біопалива для 620 млн легкових і 230 млн вантажних автомобілів, що існують у світі, для повної заміни нафтових продуктів на поновлювані джерела енергії не вистачає врожаю відповідних сільськогосподарських культур [43]. Використання біопалив та інших поновлюваних джерел енергії розглядається й обговорюється насамперед у контексті охорони навколишнього середовища та прагнення гарантувати умови сталого регіонального та місцевого розвитку [176, 177].

Змішуванням етанолу з бензином можна отримати пальний матеріал зі сприятливими властивостями – збільшеними октановим числом і вмістом кисню, через що також поліпшуються умови спалювання суміші [43].

Останнім часом у зв'язку з попитом на альтернативні палива збільшилися посівні площі під кукурудзу, як найефективнішої сировини для виготовлення етанолу – зневодненого спирту. Листостеблова маса може використовуватися як тверде біопаливо для опалення. Теплотворна здатність стебел кукурудзи складає 12,5 МДж/кг, що на 19% більше, ніж у соломи колосових культур і гілок плодових дерев [176-178].

Розвиток альтернативних джерел енергії відкриває нові перспективи для

цієї культури на ринку України і розширення площ посіву в усіх регіонах, сприятливих для її вирощування [3, 32].

Етанол (етил-алкоголь C_2H_5OH) – безбарвна, з характерним запахом і смаком рідина, що горить. Етанол виготовляють із сировини, що містить крохмаль, який спочатку перетворюють у цукор, потім у процесі бродіння цукор перетворюється в алкоголь, після чого розчин піддають очищенню та випаровуванню [3, 43].

У Європі головними джерелами сировини для біоетанолу є цукрові буряки, пшениця і кукурудза, у Північній Америці – кукурудза і пшениця, а в Південній Америці – цукровий очерет, їх загальний врожай, вміст цукру і крохмалю, а також вихід алкоголю визначили придатність цих культур для виробництва біоетанолу. Виготовлення біоетанолу – багатоступінчастий надзвичайно енергоємний процес (варіння цукрового екстракту-витяжки і суспензії крохмалю, очищення дистиляцією до 95% отриманого дріжджовим бродінням рідкого алкоголю). Хімічним обезводненням або мембранною фільтрацією 95%-й алкоголь можна довести до 99,5% [43, 175].

Кукурудза ефективно сприяє зменшенню викидів в атмосферу парникових газів завдяки своїй фізіології, потенціалу виробництва біомаси, ефективному фотосинтезу, здатності переробляти органічні відходи, її внеску в економічне використання викопних джерел палива через метанізацію або виробництво етанолу. Але найбільшу користь у цій справі кукурудза приносить, утворюючи «копалини» зв’язаного вуглецю, коли пожнивні рештки культури загорюються у землю [155].

Використовуючи етанол у якості компоненту для палива, можна зменшити викиди токсичних компонентів бензину (наприклад, бензол), що викликають ракові захворювання. Етанол не токсичний, його зручно зберігати та транспортувати в ємкостях та системах для пального матеріалу, на відміну від конвенціональних горючих речовин. Біоетанол можна застосовувати для роботи двигуна в суміші з бензином (до 20%), оптимальна ж пропорція цих паливних матеріалів складає 85:15 [43].

Основними виробниками біоетанолу є США, Бразилія, Франція, Німеччина, Іспанія, Китай і Канада. [171]. Уряди цих країн стимулюють збільшення виготовлення та використання спирту шляхом надання певних податкових пільг компаніям, які застосовують його для одержання сумішевих бензинів, і прийняттям жорстких екологічних стандартів щодо стану повітря у великих містах. Китай (третій виробник етанолу в світі) намагається перевести ввесь транспорт своєї столиці на біопаливні суміші бензину та біоетанолу [179].

Програми з нарощування виробництва біопалива стартували багато років тому, мають істотну фінансову підтримку зі сторони багатьох держав, а також приносять виробникам великі прибутки. Тому відмовитися від даного напрямку означає найти інше застосування багатомільйонного об’єму зерна, а до цього суспільство ще не готово [83, 180].

Енергетичні рівняння показують, що одна тонна рослинної біомаси (солома або зерно) має енергетичну цінність, яку можна прирівняти до тонни

деревини та приблизно до півтонни викопного палива. У Європейському союзі 500 000 га (тобто 3,5% всієї кукурудзи Європи) переробляється на етанол, 900 000 га (6% площ) слугують метанізації, що являє собою 10 млн т заміни нафтового еквіваленту, 1 млн га кукурудзи переробляється крохмальною промисловістю, 40% виробництва якої призначено для харчового використання. Біологічні види палива (біодизель, біоетанол) демонструють енергетичні показники та показники кількості викидів парникових газів більш позитивні, ніж викопні види палива (дизель, бензин) [181]. Існують й інші думки щодо можливості отримання альтернативних джерел енергії з основної продукції кукурудзи. Так, зокрема, ФАО негативно ставиться до використання зерна кукурудзи для отримання біопалива. Використання кукурудзи для отримання етанолу в США сприяє росту світових цін на зерно [180].

Україна традиційно є однією із визнаних кукурудзосіючих країн світу. Із кукурудзи пропонується виробляти біопаливо. Складна економічна ситуація в Україні та зростання цін на енергоносії, значну частку яких Україна імпортує, спонукають до пошуку альтернативних джерел їх отримання. Основним з них є продукція рослинництва; зокрема олії ріпаку і соняшнику, яку використовують для отримання біодизеля, біомасу та рослинні рештки кукурудзи – біогазу (біометану), зерно кукурудзи, пшениці, тритикале, коренеплоди буряків цукрових, цукрову тростину, деревну стружку – для отримання біоетанолу [40, 182-183].

Собівартість бразильського обезводненого етанолу близько 0,4 $ за літр, робить його використання економічно вигідним у Бразилії, оскільки ціна бензину там складає 1,7 $ за літр, а ціна 1літра етанолу – 0,71 $. Безводний етанол містить приблизно 0,5% води в об’ємному вимірюванні і змішується із бензином для паливного використання. Гідратний етанол містить 5% води.

Вартість бензину та біоетанолу в країнах світу наведена в таблиці 16. Найдешевший етанол у світі має США (завдяки державним субсидіям), а найдорожчий – у Роттердамі і, на жаль, в Україні.

16. Вартість літра біоетанолу та бензину в світі

Етанол (Т2) Роттердам	Етанол Бразилія	Етанол США	Етанол Україна	Бензин Regular США	Бензин А-95 (Україна)	Бензин Super 95 10ppm (Німеччина)
$0,85	$0,71	$0,59	$0,85	$0,74	$0,97	$1,94

В ЕС проблема біопалива взагалі, і біоетанолу зокрема, лежить у руслі головної стратегії європейців – збереження екології та боротьби з глобальним потеплінням планети, у значній мірі базується на відмові від нафти і переходу на нові відновлювані види палива.

У разі виробництва спирту є три основних складових, які впливають на ціну: 1) вартість сировини; 2) комунальне споживання, яке включає: вартість води, вартість пари; 3) заробітна плата та податки. Для виробництва 1 тони біоетанолу спиртзаводи України споживають 9,6 тонн пару, а в США і

Європі – 4,2 тонни пару.

Зразки зерна однієї й тієї ж культури або різних культур за однакового вмісту крохмалю в зерні давали різний вихід етанолу. Це означає, що вихід етанолу залежить не лише від кількісного вмісту крохмалю в зерні, а й від інших чинників, що формують якісну характеристику крохмалю за його ферментабільністю. Чинниками впливу на ферментабільність крохмалю можуть бути: а) хімічний склад крохмалю (співвідношення амілоза/амілопектин); б) гранулометрія крохмалю (лінійний розмір крохмальних гранул і співвідношення гранул за розмірами); в) характер упаковки високополімерних молекул крохмалю в крохмальній гранулі [170].

Умовний вихід крохмалю з одиниці площі в ранньостиглих і середньоранніх гібридів кукурудзи також підвищується за сівби в третій строк порівняно з першим. Але, у міру збільшення тривалості вегетації гібридів найвищим, він був за умови сівби в другий строк [42].

Існує тісна обернена кореляційна залежність між вмістом у зерні крохмалю та білковитістю (вмістом NO^{3-}). Ця залежність вища в гібридів ранньостиглої групи, порівняно із середньопізніми [184]. Вміст протеїну планомірно підвищувався за перенесення сівби від ранніх до пізніх строків [42].

З 1 т зерна кукурудзи можна отримати 325-470 л етанолу, із ячменю – 240-330, жита – 280-357, пшениці – 375-445 л [32, 43, 182, 183], тритикале – 428 л, соризу – 464 л. Хоча сориз має більший вміст крохмалю, однак його важче гідролізу вати, тому вихід біоетанолу з кукурудзи більший [185]. Один звичайний етаноловий завод виробляє в середньому 290 кг біоетанолу з 1,0 тонни зерна. Для виробництва 1,0 т біоетанолу необхідно 0,64 га пшениці або 0,47 га кукурудзи [43].

Спеціалісти вважають, що переробка кукурудзи на спирт дозволить знизити його собівартість на 30-40% [65]. У зв'язку з цим великого значення у виробничій сфері набуває оцінювання сучасних гібридів кукурудзи за придатністю використання їх зерна для виробництва біоетанолу. Показників хімічного складу з чіткими значеннями полісахаридів або даних про потенційну зернову врожайність певного гібрида замало Оцінювання об'єкта лише за однією ознакою або максимум двома не дає змоги повною мірою охарактеризувати і визначити його рейтинг серед інших подібних об'єктів [182, 183].

Одна з найбільших проблем виробництва біоетанолу з кукурудзи полягає в ефективному використанні побічних продуктів. Переробка побічних продуктів у корм є занадто витратною, до того ж продаж такого корму ускладнений через скорочення поголів'я худоби. Для усунення цієї проблеми низка підприємств, використовує дистиляційний залишок для виробництва біогазу, який не тільки покриває, а й перевищує енергетичні потреби щодо виготовлення біоетанолу [3, 43].

Традиційний спосіб одержання етанолу заснований на дріжджовому бродінні розчинів, що містять цукор, за реакцією:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$$

За цим методом отримують розчин, що містить принаймні 18-20% (*У/У)* етанолу, алкоголь підвищеної концентрації виготовляють перегонкою,

використовуючи різницю в точці кипіння етанолу (78°С) та води (100°С). Таким способом можна виготовити найчистіший етил-алкогольний розчин із концентрацією етанолу 96% *(У/У),* оскільки залишок води, що становить 4%, знаходиться у складі розчину. Ще концентрованіший, 100%, так званий «абсолютний алкоголь» можна одержати виключно із застосуванням збезводнюючих засобів [43, 45].

Промисловий спосіб виготовлення етанолу заснований на кислото-каталітичній реакції етилену та води:

$H_2C=CH_2+H_2O \longrightarrow H_3CH_2OH$

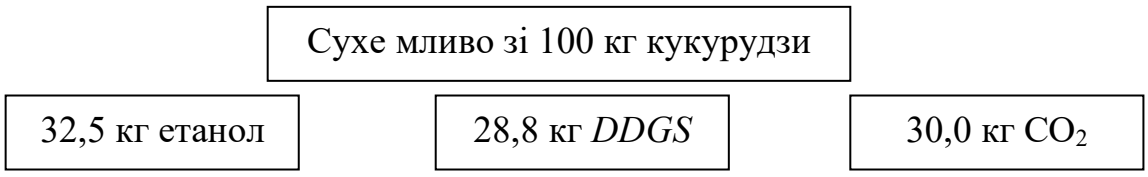
Необхідний для реакції етилен одержують з природного газу або з іншої нафтохімічної сировини [3, 43, 171].

У 80-90-ті роки XX ст. використання методу вологого розмелювання було поширене на американських етанолових заводах. Метод заснований на відокремленні тканин, що містять крохмаль, від волокнистої зовнішньої оболонки та зародка. Ефективність вологого розмелювання дуже висока. На сучасному етапі цей метод широко застосовують у харчовій переробній промисловості під час виготовлення крохмалю, а також у процесі виділення рослинної олії й виробництва пивоварної крупи. В етаноловому виробництві метод вологого розмелювання не прийнятний через велику енергоємність на стадії сушіння [43, 171].

За допомогою системи сухого розмелювання (багатоступенева, комбінована) рентабельність виробництва етанолу можна значно збільшити. У цій системі протягом тривалого часу застосовували молоткові (ударні) дробарки через їх простоту. Різними країнами світу поширюється застосування комбінації ударних дробарок і вальцевих млинів, що забезпечує 15% скорочення потреби в енергії. Процес випарювання розчинів, що надходять із перегінних етанолових заводів, забирає приблизно 30% всієї потреби в енергії. Із введенням до технологічного процесу попереднього виділення сухого зерна кількість енергії можна суттєво скоротити. Інвестори особливу увагу звертають на підвищення ефективності застосування енергії. Підприємства, що застосовують енергетичне ефективні технології, мають серйозні переваги порівняно з тими заводами, які використовують застарілі технології [3, 43].

Методом сухого розмелювання переробники виготовляють близько 32,5кг етанолу зі 100кг кукурудзи. Кілька років тому вихід етанолу зі 100 кг кукурудзи був на 10% меншим, тобто ефективність технології з часом суттєво підвищилася, в основному, завдяки розвитку виробничої техніки, що передбачає застосування спеціально створених для сухого розмелювання гібридів кукурудзи. Різниця у виході етанолу залежно від властивостей різних генотипів гібридів кукурудзи перевищує 7% [43].

Технологія методу сухого розмелювання



Сутність сухого розмелювання полягає у виготовленні кашки з борошна грубого помелу додаванням до нього води. Кашку піддають кип'ятінню, обробляють ензимами, ферментують і дистилюють. Побічна продукція містить зерно - якісний корм для тварин, а також двоокис вуглецю, домішки харчові та промислові, що використовують у господарстві. Метод сухого розмелювання, як інтенсивний біологічний процес, можна з успіхом застосовувати й надалі, але при суворому контролі якості продукції. Наприклад, у процесі виготовлення кашка може уразитися бактеріями, що призводить до утворення кислот, які виключають глюкозу з процесу виготовлення етанолу, чим порушується ферментація. Згіркле зерно, неправильне зберігання, помилкові заходи, повторно використане сусло й повітря – усі ці фактори можуть призвести до порушення ферментації [3, 43, 171].

Дріжджі не відразу здатні використовувати крохмаль кукурудзяного зерна, тому спочатку, до ферментації, його слід розкласти на прості цукри, для чого у мезгу в ході варіння додають ензими. Перший етап розщеплення молекул крохмалю – це застосування альфаамілази та парів. Наступний етап - додавання за низької температури ензимів глюкоамілази з метою виготовлення придатних для ферментації цукрів. На сучасніших етанолових заводах традиційне дозоване варіння часто замінюють прийомами постійного варіння, яке, зазвичай, є ефективнішим енергетично, і в разі правильного застосування дозволяє збільшити вихід етанолу на 8%. Після варіння мезгу охолоджують і спрямовують на ферментацію, у процесі якої додають дріжджі. Дріжджі застосовують насамперед через їх здатність сприяти швидкому й ефективному виробленню алкоголю з виділенням тепла, а також через резистентність дріжджевих бактерій до осмотичного тиску та високого вмісту алкоголю. Процес ферментації, зазвичай, триває 50-60 годин [43].

У процесі дистиляції етанол варінням відокремлюють від твердих речовин і води, що знаходяться в мезгі. У процесі конвенціональної дистиляції можна виготовити етанол 95%-ої чистоти. За такої концентрації алкоголь і вода створюють азеотропну хімічну сполуку, що означає неможливість їх подальшого видділення варінням. Для того, щоб утворювалася суміш з бензином, 5% залишок води слід видалити іншими способами. Сучасні заводи, що використовують метод сухого розмелювання, застосовують молекулярні фільтрувальні системи для досягнення повної (100%) чистоти етанолу. Безводний етанол розводять приблизно 5% денатурованим розчином (наприклад, бензином), чим роблять його непридатним для споживання людиною, і тоді пальне звільняють від сплати податку. Після цього продукцію спрямовують до бензосховищ [43, 171].

Тверда та рідка речовина, що залишається після дистиляції, - це «повне сусло». Сусло містить клітковину, олію, компоненти зернового білка, а також незброджений крохмаль. Цей побічний продукт – дуже цінний корм для годування свійських тварин, птиці та риби. «Повне сусло» перед продажем слід переробляти. Спочатку центрифугою відокремлюють «тонке сусло» від твердої частини, потім піддають його перегонці, щоб видалити зайву воду. Після дистиляції з густого в'язкого сиропу отримують корм, так зване «вологе

дистильоване зерно з розчинними речовинами» [43].

17. Орієнтовна врожайність різних сільськогосподарських культур і можливий вихід біоетанолу з біосировини [186]

Культура (біосировина)	Планова врожайність, т/га	Вихід етанолу	
		з тонни сировини, л/т	на один гектар, л/га
Цукровий буряк	90	100	9000
Топінамбур	30	87	2610
Кукурудза на зерно	7	416	2912
Пшениця	5	395	1975
Ячмінь	5,8	370	2150
Цукрова тростина	65	70	4550
Кассава (маніок)	12	180	2160

Сумарна виробнича потужність біоетанолу в Україні нині становила близько 200 тис. тонн на рік (5% від усього виду палива), але в 2013-2014 роках виробництво його було практично знищене (до 42 тис. тонн на рік, у 2016 році, тобто близько 1% всього палива), введенням акцизу у межах 99 євро на альтернативні моторні палива, що становить 49%, від акцизу на бензин А-95. Дана акцизна ставка призвела до зупинки 11 з 14 заводів, які виробляли біоетанол.

Біоетанол традиційно виготовляють шляхом бродіння зерна кукурудзи, цукрової тростини та меляса з буряка.

На разі державою планується до 2030 року зняти акциз на виробництво біоетанолу та звільнити від ПДВ у разі закупівлі імпортної техніки, обладнання, устаткування підприємств із виробництва біопалива.

18. Виробництво біоетанолу з кукурудзи в Україні

Сировинна база для виробництва біоетанолу		
Сировина	Потреба на виробництво 220 тис. тонн біоетанолу	Середнє виробництво в Україні на рік (2012-2015 рр.), тис. тонн
Меляса	946	551,7
Цукрові буряки (у разі виробництва цукру з використанням меляси як відходу)	23650	13972
Зерно кукурудзи	660	22500

Розвиток агросектору та енергетики України змушує зрушити з мертвої точки ринок біоетанолу та переймати досягнення у країн Європейського союзу, Бразилії та США.

19. Виробниками етанолвмістних паливних добавок в Україні

Назва підприємств	Потужність, т/місяць	Стан на грудень 2014 р.
Підприємства, які входили в Укрспирт		
Хоростковський	1500	зупинено
Наумовський	1500	зупинено
Івашковський	1000	зупинено
Андрушковський	1500	зупинено
Гайсинський	2000	зупинено
Лужанський	1000	зупинено
Барський	3000	зупинено
Червонецький	1000	зупинено
Каменецький	1500	зупинено
Лохвицький	3000	зупинено
Всього	**16200**	
Приватні виробники		
Біохімгруп	5000	війна
Узинський ЦЗ	1500	зупинено
Эко енергія	1000	працює
Всього	**7500**	
Загалом	**23700**	

Ціна продажу біоетанолу в 2018 році в Україні 0,61 євро/л, в Європі – 0,96 євро/л [187]. У виробничій сфері актуальним є визначення найбільш адаптованих гібридів кукурудзи, придатних для вирощування за різними технологічними моделями в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах і для виробництва біоетанолу [182, 183].

Основними вуглеводами, що містяться в зерні кукурудзи, є крохмаль, цукри, клітковина, геміцелюлоза та пентозами [3, 188]. Ендосперм цукрової кукурудзи містить незначну частину крохмалю, але зате в ньому багато водорозчинних полісахарів – декстроїду.

Крохмаль із кременистих гібридів кукурудзи має зерна переважно багатогранної форми, з крохмалистих – округлої [189, 190]. Синтез крохмалю із гексоз відбувається в листках рослин. Йому передує нагромадження в хлорофільних зернах глюкози, яка утворюється із вуглекислого газу в процесі фотосинтезу [3, 189, 190].

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{хлорофіл}]{\text{світло}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

Крохмал, що утворився у хлоропластах, під дією ферментів знову перетворюється в глюкозу, яка в зернівці перетворюється в крохмаль [189, 190].

Вміст крохмалю в зерні кукурудзи залежить від групи стиглості та підвиду гібриду. Так, ранньостиглі гібриди в Лісостеповій зоні України мають невисоку врожайність зерна і вихід крохмалю, хоча в деяких із них вміст крохмалю в зерні

високий. Вищий вміст крохмалю в середньоранніх і середньостиглих гібридів пояснюється тим, що вони представлені зубовидним підвидом, у зерні якого міститься більше крохмалю [191].

Найбільше крохмалю в зерні крохмалистої, зубоподібної та кременистої кукурудзи і найменше – цукрової. Зате в зерні цукрової 27% декстринів, а в інших підвидів їх дуже мало, або й зовсім немає [192].

Якісні параметри зерна є спадковими, проте під впливом екологічних і агротехнічних чинників вони можуть змінюватися [43].

Хімічний склад зерна залежить від грунтово-кліматичних умов вирощування, гібриду кукурудзи. Окрім того, на хімічний склад зерна впливає стиглість кукурудзи. У стиглому зерні накопичується нерозчинний у воді зеін, який переважає порівняно з іншими видами білків, і зменшується вміст небілкового водорозчинного азоту [189, 190, 193]

Сирий крохмаль містить до 50% води, у тому числі 12-15% вільної, 35-38% капілярної й адсорбційно звязаної [189, 190].

У разі збільшення густоти стояння та внесення елементів живлення вміст крохмалю в зерні гібридів кукурудзи зменшувався, а жиру та клітковини суттєво не змінювався [194].

Підвищення середньорічної температури та зниження річної суми опадів збільшує вміст білка в зерні, а вміст крохмалю при цьому знижується. За зрошення вміст білка в зерні кукурудзи знижується, причиною цьому є подовження вегетаційного періоду під впливом підвищеної вологості ґрунту, яка сприяє відносно великому періоду нагромадження крохмалю в зерні [3, 45].

Нашими дослідженнями встановлено залежність виходу біоетанолу від груп стиглості гібридів, їх сортових особливостей, елементів технології (строків сівби, позакореневих підживлень, глибини загортання насіння та розмірів його фракції) (табл. 20).

Вихід біоетанолу в групі ранньостиглих гібридів становив 3,131 тис. л/га, середньоранніх – 3,551 тис. л/га та середньостиглих – 4,139 тис. л/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,09 тис. л/га), тобто використання середньостиглих гібридів кукурудзи сприяє додатковому виходу цього біопалива 0,588-1,008 тис. л/га порівняно із скоростиглими формами.

Використання таких гібридів ранньостиглої групи, як ДКС 2971, ДКС 2960, ДКС 2787, середньоранньої групи ДКС 3472, ДКС 3420, ДКС 3476 та середньостиглої групи ДКС 4964, ДК 315, ДКС 4626 та ДК 440 дозволить істотно збільшити вихід біоетанолу з одиниці площі.

Запізнення зі строками сівби гібридів кукурудзи призводить до зменшення виходу біоетанолу ($НІР_{05\ строки\ сівби}$ = 0,09 тис. л/га) на 0,640-0,847тис. л/га порівняно з раннім строком сівби.

Вихід біоетанолу в групі ранньостиглих гібридів становив 3,903 тис. л/га, середньоранніх – 4,495 тис. л/га та середньостиглих – 5,097 тис. л/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,11 тис. л/га).

Використання гібридів кукурудзи з тривалим вегетаційним періодом сприяє підвищенню виходу біоетанолу на 0,602-1,194 тис. л/га порівняно із скоростиглими формами.

20. Вихід біоетанолу з одиниці площі залежно від строку сівби, тис. л/га (за 2011-2013 рр.)

Група стиглості (А)	Гібрид (В)	Строки сівби (С)	Роки досліджень			середнє
			2011	2012	2013	
1	2	3	4	5	6	**7**
Ранньостигла група	Харківський 195МВ	Ранній (РТГ* t=+8°С)	3,763	3,092	3,386	3,414
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,529	2,891	3,275	3,232
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,003	2,390	2,741	2,711
	DKC 2870	Ранній (РТГ* t=+8°С)	3,780	3,242	3,507	3,510
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,257	2,817	3,508	3,194
		Пізній (РТГ t=+12°С)	2,966	2,439	2,566	2,657
	DKC 2960	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,290	3,012	3,439	3,580
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,592	2,776	3,502	3,290
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,142	2,450	3,081	2,891
	DKC 2949	Ранній (РТГ* t=+8°С)	3,526	2,700	3,291	3,172
		Середній (РТГ t=+10°С)	2,932	2,451	2,835	2,739
		Пізній (РТГ t=+12°С)	2,625	1,966	2,824	2,472
	DKC 2787	Ранній (РТГ* t=+8°С)	3,745	3,110	3,480	3,445
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,429	2,876	3,392	3,232
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,217	2,352	3,236	2,935
	DKC 2971 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°С)	3,845	2,965	3,503	3,438
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,784	2,959	3,468	3,404
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,524	2,483	3,142	3,050
Середньорання група	DKC 3476	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,128	3,387	4,025	3,847
		Середній (РТГ t=+10°С)	4,213	3,005	3,912	3,710
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,346	2,491	3,632	3,156
	DKC 3795	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,486	3,335	4,315	4,045
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,661	3,007	3,850	3,506
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,339	2,150	3,203	2,897
	DKC 3472	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,505	3,616	4,440	4,187
		Середній (РТГ t=+10°С)	4,147	3,507	3,968	3,874
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,630	2,850	3,642	3,374
	DKC 3420	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,518	3,363	4,362	4,081
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,736	3,024	3,696	3,485
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,397	2,457	3,646	3,167
	Переяславський 230СВ	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,353	3,326	3,661	3,780
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,560	3,297	3,410	3,422
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,281	2,243	3,354	2,959
	DKC 3871 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,124	3,326	4,004	3,818
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,736	3,017	3,697	3,483
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,185	2,604	3,593	3,127
Середньостигла група	DK 391	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,863	4,067	4,372	4,434
		Середній (РТГ t=+10°С)	4,150	3,373	3,946	3,823
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,903	3,072	3,799	3,591
	DKC 3511	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,400	3,783	4,560	4,248
		Середній (РТГ t=+10°С)	4,080	3,924	4,186	4,063
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,749	2,933	3,953	3,545
	DK 440	Ранній (РТГ* t=+8°С)	4,552	4,501	4,392	4,482
		Середній (РТГ t=+10°С)	3,965	4,105	4,275	4,115
		Пізній (РТГ t=+12°С)	3,740	3,695	3,992	3,809

Продовження табл. 20

1	2	3	4	5	6	7
Середньостигла група	DKC 4964	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,792	4,688	4,848	4,776
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,811	4,182	4,444	4,479
		Пізній (РТГ t=+12°C)	4,267	3,667	3,896	3,943
	DKC 4626	Ранній (РТГ* t=+8°C)	4,560	4,458	4,918	4,645
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,186	4,085	4,109	4,127
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,814	3,640	3,953	3,802
	DK 315 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°C)	5,454	3,771	5,088	4,771
		Середній (РТГ t=+10°C)	4,276	3,462	4,515	4,084
		Пізній (РТГ t=+12°C)	3,961	3,155	4,202	3,773
$НІР_{05}$ група стиглості			0,07	0,03	0,05	-
$НІР_{05}$ гібрид			0,14	0,07	0,11	-
$НІР_{05}$ строки сівби,			0,07	0,05	0,06	-

***Примітка**: РТГ – рівень температурного режиму ґрунту на глибині загортання насіння*

Використання таких гібридів, як DKC 2960, DKC 3472 та DKC 3420, DKC 4964 і DK 315 дозволить збільшити вихід біоетанолу на 0,462-0,629 тис. л/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,93 тис. л/га). Позакореневі підживлення забезпечують зростання виходу біоетанолу, яке в середньому за три роки досліджень становило 0,1-1,04 тис. л/га ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,35тис. л/га) відносно контролю (без підживлень).

Зростання виходу біоетанолу за одноразового позакореневого підживлення становила 0,10-0,65 тис. л/га, а за дворазового позакореневого підживлення – 0,30-1,04 тис. л/га порівняно з контролем – підживлення водою ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,36 тис. л/га).

Дослідженнями проведеними впродовж 2015-2017 рр. встановлено, що вихід біоетанолу істотно залежав від умов року. У 2015 році, який видався досить посушливим вихід біоетанолу, у досліджуваних гібридів кукурудзи склав 3,622 тис л/га, в 2016 році – 4,494 тис. л/га, а в 2017 році – 4,230 тис. л/га. Вихід біоетанолу в групі ранньостиглих гібридів становив 3,365 тис. л/га, середньоранніх – 4,096 тис. л/га та середньостиглих – 4,885 тис. л/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,21 тис. л/га). Використання середньостиглих гібридів кукурудзи дозволить підвищити вихід біоетанолу з одиниці площі на 0,789-1,520 тис. л/га.

Правильний вибір гібриду, навіть в межах однієї групи стиглості, дозволить підвищити вихід біоетанолу з одиниці площі на 0,301-0,404 тис. л/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,48 тис. л/га). Позакореневі підживлення забезпечили зростання виходу біоетанолу з одиниці площі в середньому на 0,13-0,90 тис. л/га, порівняно з контролем – підживлення водою ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,44 тис. л/га). Одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи сприяє збільшенню виходу біоетанолу з одиниці площі на 0,13-0,71 тис. л/га, а дворазове підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – на 0,38-0,90 тис. л/га порівняно з контролем – підживлення водою ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,29 тис. л/га).

Найвищий вихід біоетанолу одержано за дворазового внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк у поєднанні з бактеріальним препаратом Біомаг, зростання якого в середньому за три роки склало 0,72-0,90 тис. л/га

відносно контролю (підживлення водою).

У групі ранньостиглих гібридів орієнтовний вихід біоетанолу ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,124 тис. л/га), у середньому за три роки склав – 3,22 тис. л/га, середньоранніх – 3,70 тис. л/га та середньостиглих – 4,13 тис. л/га (табл. 21).

За роками досліджень орієнтовний вихід біоетанолу змінювався залежно від умов року. У середньому у досліджуваних гібридів, за 2014 рік він склав 3,70 тис. л/га, за 2015 рік – 3,34 тис. л/га та в 2016 році – 4,01 тис. л/га. Найбільш сприятливий рік для даного показника за вологозабезпеченням та температурними показниками був 2016 рік.

21. Орієнтовний вихід біоетанолу з одиниці площі посіву гібридів кукурудзи залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування, тис. л /га (за 2014-2016 рр.)

Група стиглості (A)	Гібрид (B)	Фракція насіння (C)	Глибина загортання насіння (D)	Рік			середнє
				2014	2015	2016	
1	2	3	4	5	6	7	8
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M* (187 г)	4-5 см	3,001	2,748	3,375	3,041
			7-8 см	3,162	2,804	3,178	3,048
			10-11 см	2,930	2,678	2,901	2,836
		S** (238 г)	4-5 см	3,763	2,811	3,600	3,391
			7-8 см	3,760	2,991	3,513	3,421
			10-11 см	3,627	2,968	3,479	3,358
		V*** (277 г)	4-5 см	3,659	2,803	3,722	3,395
			7-8 см	3,595	2,927	3,628	3,383
			10-11 см	3,637	3,041	3,756	3,478
	DKC 2971	M* (194 г)	4-5 см	2,938	2,805	3,413	3,052
			7-8 см	2,832	2,791	3,377	3,000
			10-11 см	2,746	2,658	2,918	2,774
		S** (256 г)	4-5 см	3,254	3,170	3,461	3,295
			7-8 см	3,227	3,047	3,560	3,278
			10-11 см	3,341	2,966	3,481	3,263
		V*** (279 г)	4-5 см	3,400	3,112	3,524	3,345
			7-8 см	3,364	3,030	3,635	3,343
			10-11 см	3,449	2,981	3,471	3,300
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M* (249 г)	4-5 см	3,374	3,181	4,497	3,684
			7-8 см	3,445	3,140	4,275	3,620
			10-11 см	3,345	3,109	4,098	3,517
		S** (326 г)	4-5 см	3,776	3,634	4,556	3,989
			7-8 см	3,779	3,527	4,619	3,975
			10-11 см	3,846	3,536	4,543	3,975
		V*** (385 г)	4-5 см	3,722	3,488	4,544	3,918
			7-8 см	3,812	3,587	4,475	3,958
			10-11 см	3,829	3,373	4,462	3,888
	DKC 3795	M* (166 г)	4-5 см	3,388	3,121	3,621	3,377
			7-8 см	3,258	3,169	3,558	3,328
			10-11 см	3,230	2,988	3,280	3,166

Продовження таблиці 21

1	2	3	4	5	6	7	8
Середньоранні гібриди	DKC 3795	S** (207 г)	4-5 см	3,679	3,627	3,930	3,745
			7-8 см	3,723	3,308	3,678	3,570
			10-11 см	3,808	3,364	3,736	3,636
		V*** (287 г)	4-5 см	3,782	3,688	3,948	3,806
			7-8 см	3,879	3,236	4,025	3,713
			10-11 см	3,865	3,410	4,050	3,775
Середньостиглі гібриди	DK 315	M* (223 г)	4-5 см	3,816	3,509	4,345	3,890
			7-8 см	3,901	3,477	4,247	3,875
			10-11 см	3,863	3,230	4,048	3,714
		S** (294 г)	4-5 см	4,184	3,845	4,452	4,160
			7-8 см	4,366	3,841	4,574	4,260
			10-11 см	4,446	3,758	4,498	4,234
		V*** (327 г)	4-5 см	4,195	4,011	4,594	4,267
			7-8 см	4,496	3,932	4,671	4,366
			10-11 см	4,289	3,854	4,636	4,260
	DKC 4082	M* (172 г)	4-5 см	3,724	3,701	4,083	3,836
			7-8 см	3,779	3,617	4,062	3,819
			10-11 см	3,685	3,406	3,974	3,688
		S** (227 г)	4-5 см	3,971	3,923	4,691	4,195
			7-8 см	4,441	3,996	4,905	4,447
			10-11 см	4,625	3,890	4,843	4,453
		V*** (278 г)	4-5 см	4,088	3,903	4,457	4,149
			7-8 см	4,437	3,976	4,816	4,410
			10-11 см	4,488	3,904	4,753	4,382
$НІР_{05}$ група стиглості				0,08	0,03	0,03	-
$НІР_{05}$ гібрид				0,03	0,03	0,04	-
$НІР_{05}$ фракція насіння				0,05	0,04	0,04	-
$НІР_{05}$ глибина загортання				0,05	0,05	0,06	-

***Примітки**: * – дрібна фракція насіння; ** – середня фракція насіння; *** – велика фракція насіння*

На орієнтовний вихід біоетанолу впливала фракція насіння ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 0,306 тис. л/га). Зокрема вихід біоетанолу за сівби насінням дрібної фракції, у середньому за три роки досліджень коливався в межах 2,94-3,78 тис. л/га, або в середньому для фракції 3,41 тис. л/га, за сівби насінням середньої фракції – 3,28-4,36 тис. л/га або в середньому для фракції 3,81, а за сівби насінням великої фракції – 3,33-4,31 тис. л/га або в середньому для фракції 3,84 тис. л/га (рис. 5).

Глибина загортання насіння кукурудзи неоднозначно ($НІР_{05\ глибина\ загортання\ насіння}$ = 0,117 тис. л/га) впливала на вихід біоетанолу із зерна.

Так, використання неглибокого (4-5 см) загортання насіння сприяло виходу біоетанолу, у середньому за три роки, в межах 3,23-4,11 тис. л/га, або в середньому для даної глибини 3,697 тис. л/га, за використання середньої (7-8 см) глибини загортання – 3,21-4,23 тис. л/га, або в середньому –

3,713 тис. л/га, а за використання глибокого (10-11 см) загортання – 3,11-4,17 тис. л/га, або в середньому – 3,648 тис. л/га.

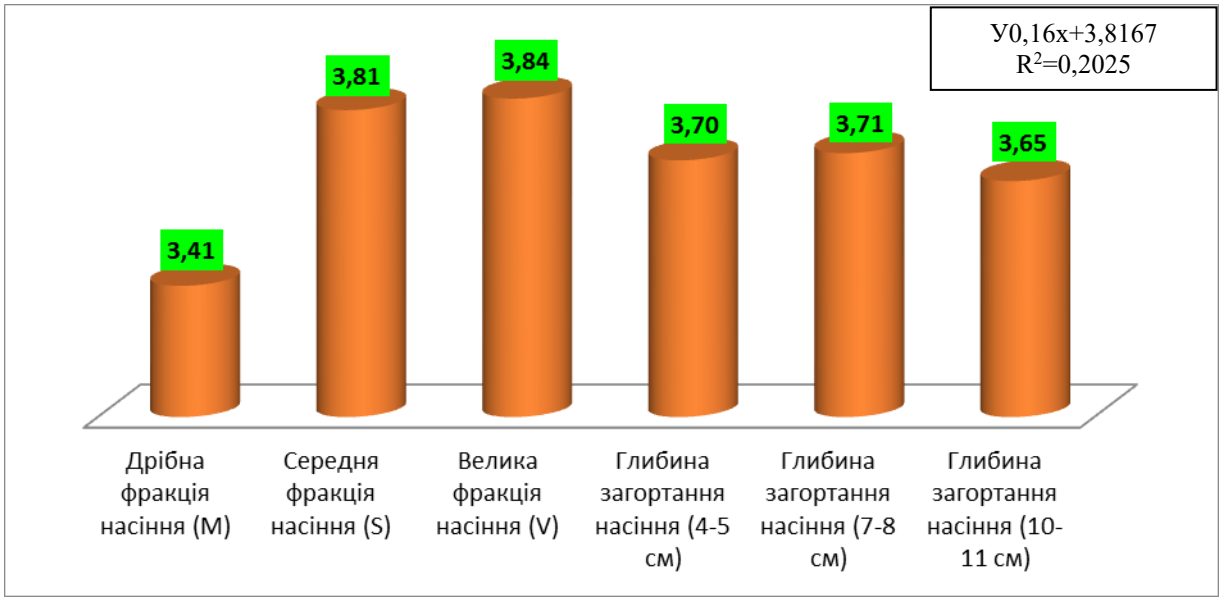


Рис. 5 **Орієнтовний вихід біоетанолу із одиниці площі посіву гібридів кукурудзи залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування**, тис. л /га (середнє за 2014-2016 рр.)

Тобто збільшення глибини загортання насіння призводить до зменшення виходу біоетанолу з одиниці посіву.

2.3. Багатокачанність як елемент зростання цінності кукурудзяного силосу

Одним із основних показників продуктивності гібридів зернової кукурудзи є кількість нормально сформованих качанів на рослині. На стеблі кукурудзи розвивається 1-2 качани, рідко більше [194]. Більшість сучасних гібридів кукурудзи характеризується однокачанністю [30].

Агровиробники, шукаючи біологічні шляхи підвищення продуктивності кукурудзи, доволі часто ставлять питання про можливість використання у виробництві багатокачанних біотипів культури. Кількість качанів на рослині кукурудзи є спадковою ознакою, на яку можна впливати селекційним шляхом, а також до певної міри агротехнічним, створюючи кращі умови вирощування [195, 196].

З генетичного погляду багатокачанність зазвичай є характерною ознакою прадавніх форм сучасної кукурудзи, про що свідчать найдавніші підвиди культури – розлусна та кремениста. Ще більшою багатокачанністю відрізняються рослини ймовірно найближчого дикого співродича кукурудзи – теосинте, яке інтенсивно використовували в селекційній роботі у 70-80-ті рр. XX ст. як закордонні, так і вітчизняні селекціонери для вирішення завдань щодо селекції культури на багатокачанність і багатостебловість [195].

У несприятливі умови вирощування багатокачанні гібриди хоч і не утворюють два качани, однак мають значно менше безплідних рослин, а за оптимального балансу поживних елементів у ґрунті, вологозабезпеченості, передзбиральної густоти стояння рослин і біологічних особливостей такі гібриди здатні формувати два господарсько-придатних качани [62, 194, 195].

Причиною появи двокачанних рослин у кукурудзи можуть бути агротехнічні, тобто просіви або випадання рослин. Маса зерна з двокачанних рослин може бути і більшою, і меншою, ніж в однокачанних, проте середня вологість такого зерна завжди вища. Отже, зерно потребуватиме більше додаткових витрат на досушування. Існує ряд факторів, які лімітують продуктивність нижнього (пізнішого качана): високі температури за низької вологості повітря можуть прискорити період цвітіння волоті (недозапилення); посуха в період наливу зерна, особливо на фоні незбалансованого мінерального живлення, призведе до зменшення маси 1000 насінин [195, 196].

Рослини кукурудзи в пазухах листків мають бруньки, з яких за певних умов розвиваються бічні пагони. Із нижніх бруньок (до третього-четвертого вузла) можуть утворюватися пасинки, які являють собою верхівкове суцвіття бічного пагону. Оскільки в пазусі кожного листка, за винятком 2-4 верхніх, є брунька, то рослина кукурудзи за ідеальних умов вирощування, що повністю відповідають її біологічним вимогам, гіпотетично може утворювати стільки качанів, скільки й листків (включно з пасинками, на яких також можуть утворюватися качани) [195].

Найбільші качани утворюються на рослинах кукурудзи в пазухах листків, розташованих від 7-го до 15-го вузлів стебла. Найрозвиненішим і найбільшим у кукурудзи є верхній качан. Підраховано, що верхній качан кукурудзи дає стільки зерна (250-270 г), скільки його міститься в 300 середнього розміру волотях вівса або в 200 середніх колосках ячменю [3, 194-196]. Решта качанів на рослині формується меншого розміру, частина з них припиняє ріст і згодом зовсім атрофується. Сучасні гібриди кукурудзи, які схильні до багатокачанності, у виробничих посівах формують у перерахунку на 100 рослин зазвичай 150-160 качанів, до того ж зрідка можуть траплятися окремі рослини з трьома та, як виняток, навіть чотирма качанами. Проте в більшості сучасних біотипів кукурудзи цей показник коливається від 110 до 130 качанів на 100 рослин [195].

З агрономічного й агротехнічного поглядів, ознака багатокачанності в рослин кукурудзи має свої позитивну та негативну сторони. Агрофітоценози кукурудзи з великим відсотком рослин, які мають два й більше качанів, зазвичай формують вищу біологічну врожайність зерна, як порівняти з однокачанними. Багатокачанні гібриди формують компактнішу архітектоніку рослин, економніше використовують вологу на створення одиниці основної продукції, виявляють підвищену толерантність до збільшення густоти стояння рослин у посівах, відрізняються дещо ліпшою посухостійкістю. Такі біотипи здатні перерозподіляти врожай сухої речовини між першим і другим качанами, особливо за умови пошкодження верхнього основного качана. Також однокачанні гібриди на відміну від багатокачанних не можуть формувати повноцінний урожай зерна другого качана, якщо перший видалено, навіть за

вирощування в зріджених посівах [3, 195, 196].

Проблемними технологічними питаннями у вирощуванні багатокачанних біотипів кукурудзи є: вплив гідротермічних умов, стійкість стебла рослин таких гібридів до вилягання, висота прикріплення качанів на рослині, довжина ніжки їх кріплення та вологість зерна під час збирання [195, 196].

У багатьох випадках за посушливих умов із підвищеним температурним режимом під час цвітіння поява декількох жіночих суцвіть на рослинах багатокачанних біотипів часто зумовлює формування лише одного господарсько-цінного качана. До того ж основний качан у багатокачанних біотипів кукурудзи в середньому поступається за основними біометричними параметрами та масою зерна однокачанним. Другий качан порівняно з першим формує меншу кількість рядів зерен (на 2-4) та на 15-20% меншу масу 1000 зернин. Вихід некондиційного зерна за його доробки з других качанів зазвичай на 5-7% вищий, ніж із перших, що в підсумку зменшує загальну продуктивність посіву. Також певне запізнення в розвитку другого та наступних качанів зумовлюють збільшення їх пошкодження шкідниками й ураження хворобами та підвищення вологості зерна під час збирання (у середньому на 2-3%), що призводить до істотного збільшення витрат на післязбиральну доробку [195].

Багатокачанні гібриди кукурудзи до того ж рідко виявляють ремонтантність, їх надземна листостеблова маса повністю засихає за досягнення біологічної стиглості зерна та часто мають слабке стебло, що за несприятливих погодних умов може призводити до стеблового або кореневого вилягання рослин. Тому такі біотипи для зменшення втрат зерна доцільно збирати без зволікання за чіткого дотримання рекомендованих термінів [3, 195].

Підвищення густоти стояння рослин з 40 до 60 тис/га у середньоранніх гібридів, і з 30 до 50 - у середньостиглих призводить до зменшення кількості продуктивних качанів на 100 рослинах від 1 до 10 штук [194].

У процесі проведення нами дослідження вивчено вплив позакореневих підживлень мікродобривами «Еколист моноцинк», «Росток кукурудза», регулятора росту рослин «Вимпел» та бактеріального препарату «Біомаг» на кількість нормально сформованих качанів на рослині кукурудзи.

Характеристика ранньостиглих гібридів кукурудзи за кількістю нормально сформованих качанів залежно від застосування позакореневих підживлень наведено в таблиці 22.

Необхідно відзначити, що у групі ранньостиглих гібридів кількість нормально розвинених качанів на рослині коливалась в межах від 1,0 до 1,17 шт. Так, зокрема, у середньому за три роки, кількість качанів у гібриду (фактор $A_{НІР05\ гібрид}$ = 0,04 шт.) Харківський 195МВ склала 1,03 шт., DKC 2960 – 1,12 шт., DKC 2949 – 1,07 шт. та DKC 2971 – 1,12 шт. (див табл. 22).

Проведення позакореневих підживлень (фактор $B_{НІР\ 05\ позакореневі\ підживлення}$ = 0,04 шт.) не вплинуло істотно на зростання кількості нормально сформованих качанів, і в середньому за три роки кількість качанів складала – Харківський 195МВ – 1,03 шт., DKC 2960 – 1,13 шт., DKC 2949 – 1,08 та DKC 2971 – 1,13 шт.

22. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у ранньостиглих гібридів кукурудзи, шт. (за 2011-2013 рр. ±Sr)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Кількість качанів, шт.			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	Середнє, ± Sr
Харківський 195 МВ	Контроль (без добрив)	-	1,0	1,0	1,0	1,0±0,0
	Біомаг	I*	1,0	1,1	1,0	1,0±0,1
		II*	1,0	1,1	1,0	1,0±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,0	1,1	1,0	1,0±0,1
		II*	1,0	1,1	1,0	1,0±0,1
	Росток кукурудза	I*	1,0	1,1	1,0	1,0±0,1
		II*	1,0	1,1	1,0	1,0±0,1
	Вимпел	I*	1,0	1,1	1,0	1,0±0,1
		II*	1,0	1,1	1,0	1,0±0,1
DKC 2960	Контроль (без добрив)	-	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
	Біомаг	I*	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
		II*	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,1	1,1	1,3	1,2±0,1
		II*	1,1	1,1	1,3	1,2±0,1
	Росток кукурудза	I*	1,1	1,1	1,2	1,1±0,1
		II*	1,1	1,1	1,2	1,1±0,1
	Вимпел	I*	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
		II*	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
DKC 2949	Контроль (без добрив)	-	1,1	1,0	1,0	1,0±0,1
	Біомаг	I*	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
		II*	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,2	1,1	1,0	1,1±0,1
		II*	1,2	1,2	1,0	1,1±0,1
	Росток кукурудза	I*	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
		II*	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
	Вимпел	I*	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
		II*	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
DKC 2971	Контроль (без добрив)	-	1,1	1,1	1,1	1,1±0,0
	Біомаг	I*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
		II*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
		II*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
	Росток кукурудза	I*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
		II*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
	Вимпел	I*	1,1	1,1	1,1	1,1±0,0
		II*	1,1	1,1	1,1	1,1±0,0
$НІР_{05}$ ***, шт.		Фактор А – 0,04; Фактор В – 0,04; фактор С – 0,03.				-

*Примітка: *- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
***- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
****- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень.*

На контролі (без підживлень) кількість сформованих качанів у ранньостиглих гібридів складала Харківський 195МВ – 1,0 шт., DKC 2960 – 1,10

шт., DKC 2949 – 1,03 та DKC 2971 – 1,10 шт. Тобто застосування позакореневих підживлень, хоч і забезпечує збільшення кількості сформованих качанів на рослині, але дане зростання є неістотним і знаходиться нижче істотності НІР, окрім гібриду DKC 2949, у якого зростання кількості качанів становить 0,05 шт.

Що стосується кількості проведених позакореневих підживлень (фактор $C_{НІР\ 05\ кількість\ позакореневих\ підживленнь}$ = 0,03 шт.), то в разі застосуванні одного та двох позакореневих підживлень у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи кількість качанів, у середньому за три роки досліджень була однаковою і становила: Харківський 195МВ – 1,03 шт., DKC 2960 – 1,13 шт., DKC 2949 – 1,08 та DKC 2971 – 1,13 шт. Тобто кількість позакореневих підживлень не впливає на кількість сформованих качанів кукурудзи.

Важливе значення для формування кількості нормально розвинених качанів має характеристика кліматичних умов року, які складалися протягом вегетації гібридів кукурудзи. Зокрема встановлено, що у 2012 році достатня кількість тепла та проведення позакореневих підживлень забезпечило зростання кількості качанів у гібридів ранньостиглої групи Харківський 195 до 1,1 шт. та DKC 2971 – 1,2 шт., тоді як у 2011 та 2013 році кількість качанів даних гібридів складала 1,0 та 1,1 шт.

У групі середньоранніх гібридів кукурудзи також спостерігалася істотна різниця між кількістю нормально сформованих качанів і генетичних особливостей конкретного гібриду.

Характеристику середньоранніх гібридів кукурудзи за кількістю качанів залежно від позакореневих підживлень наведено в таблиці 23. Кількість нормально сформованих качанів на рослині, у середньому за три роки, у гібридів середньоранньої групи (фактор $A_{НІР05\ гібрид}$ = 0,05 шт.) складав DKC 3472 – 1,24 шт., DKC 3420 – 1,13 шт., Переяславський 230СВ – 1,08 шт. та DKC 3871 – 1,09 шт. Тобто найбільшу кількість качанів формують такі гібриди середньоранньої групи стиглості, як DKC 3472 та DKC 3420 (див. табл. 23).

Проведення позакореневих підживлень (фактор $B_{НІР\ 05\ позакореневі\ підживлення}$ = 0,05 шт.) не забезпечило істотного зростання кількості качанів. Така кількість качанів на контролі (без підживлень) у групі середньоранніх гібридів, в середньому за три роки, становила DKC 3472 – 1,20 шт., DKC 3420 – 1,13 шт., Переяславський 230СВ – 1,07 шт. та DKC 3871 – 1,07 шт., а в разі проведення позакореневих підживлень – 1,25 шт., 1,13 шт., 1,08 та 1,1 шт., відповідно.

Що стосується кількості проведених позакореневих підживлень (фактор $C_{НІР\ 05\ кількість\ позакореневих\ підживленнь}$ = 0,03 шт.), то необхідно відзначити, що для гібриду DKC 3472 одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечило формування 1,24 качанів, а дворазове у фазу 5-7 та 10-12 листків – 1,25 качани, DKC 3420 – 1,13 та 1,3 шт., Переяславський 230СВ – 1,08 та 1,08 шт., DKC 3871 – 1,10 та 1,09 шт.

Отже, збільшення кількості проведених позакореневих підживлень не забезпечує істотного зростання кількості нормально сформованих качанів на рослині.

Аналогічна ситуація щодо впливу кліматичних умов на кількість нормально сформованих качанів встановлена і в групі середньоранніх гібридів.

Водночас необхідно відзначити, що зміна тривалості вегетаційного періоду в поєднанні з умовами року може істотно впливати на кількість качанів.

23. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у середньоранніх гібридів кукурудзи, шт. (за 2011-2013 рр. ±Sr)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Кількість качанів, шт.			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	Середнє, ± Sr
DKC 3472	Контроль (без добрив)	-	1,2	1,2	1,2	1,2±0,0
	Біомаг	I*	1,2	1,2	1,2	1,2±0,0
		II*	1,2	1,3	1,2	1,2±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,3	1,3	1,3	1,3±0,0
		II*	1,3	1,3	1,3	1,3±0,0
	Росток кукурудза	I*	1,2	1,3	1,3	1,3±0,1
		II*	1,2	1,3	1,3	1,3±0,1
	Вимпел	I*	1,2	1,2	1,2	1,2±0,0
		II*	1,2	1,2	1,2	1,2±0,0
DKC 3420	Контроль (без добрив)	-	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
	Біомаг	I*	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
		II*	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
	Еколист моноцинк	I*	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
		II*	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
	Росток кукурудза	I*	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
		II*	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
	Вимпел	I*	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
		II*	1,3	1,0	1,1	1,1±0,2
Переяславський 230 СВ	Контроль (без добрив)	-	1,1	1,0	1,1	1,1±0,1
	Біомаг	I*	1,1	1,0	1,1	1,1±0,1
		II*	1,1	1,0	1,1	1,1±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
		II*	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
	Росток кукурудза	I*	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
		II*	1,1	1,0	1,2	1,1±0,1
	Вимпел	I*	1,1	1,0	1,1	1,1±0,1
		II*	1,1	1,0	1,1	1,1±0,1
DKC 3871	Контроль (без добрив)	-	1,2	1,0	1,0	1,1±0,1
	Біомаг	I*	1,2	1,0	1,0	1,1±0,1
		II*	1,2	1,0	1,0	1,1±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,2	1,1	1,1	1,1±0,1
		II*	1,2	1,1	1,0	1,1±0,1
	Росток кукурудза	I*	1,2	1,1	1,0	1,1±0,1
		II*	1,2	1,1	1,1	1,1±0,1
	Вимпел	I*	1,2	1,0	1,1	1,1±0,1
		II*	1,2	1,0	1,0	1,1±0,1
$НІР_{05}$*** , шт.		Фактор А – 0,05; Фактор В – 0,05; фактор С – 0,03.				-

*Примітка: *- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
***- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
****- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень.*

Гібриди кукурудзи середньостиглої груп мали за роки дослідження найбільшу кількість нормально сформованих качанів (1,24 шт.), у порівнянні з ранньостиглими та середньоранніми гібридами кукурудзи.

Кількість нормально сформованих качанів кукурудзи залежно від проведених позакореневих підживлень у групі середньостиглих гібридів представлено в таблиці 24.

Кількість качанів, яка сформувалася в гібридів кукурудзи середньостиглої групи, у середньому за три роки (фактор $A_{НІР05\ гібрид}$ = 0,05 шт.), становила ДК 391 та ДК 440– 1,31 шт., ДКС 4964 – 1,22 шт. та ДК 315 – 1,11 шт. У разі проведення позакореневих підживлень (фактор $B_{НІР\ 05\ позакореневі\ підживлення}$ = 0,05 шт.) кількість нормально сформованих качанів у групі середньостиглих гібридів кукурудзи, у середньому за три роки, складала ДК 391 – 1,31 шт., ДК 440– 1,32 шт., ДКС 4964 – 1,22 шт. та ДК 315 – 1,12 шт., тоді як на контролі (без підживлень) кількість качанів складала – 1,27 шт., 1,27 шт., 1,20 та 1,07 шт., відповідно.

Кількість позакореневих підживлень (фактор $C_{НІР\ 05\ кількість\ позакореневих\ підживленнь}$ = 0,03 шт.) забезпечувала зростання кількості сформованих качанів на 0,01-0,05 шт. у порівнянні з контролем.

Про збільшення кількості качанів у разі застосування позакореневих підживлень на 11,5-12,8%, порівняно з контролем, вказує в своїх дослідженнях М. Дудка та В. Черчель [111]. Тобто, дані, отримані іншими науковцями щодо залежності між кількістю нормально сформованих качанів і проведеними позакореневими підживлення, підтверджуються результатами проведених досліджень.

До моменту появи 3-го листка закладаються яруси вузлової кореневої системи та за певних обставин ініціюється процес кущіння (пасинкування). Міцне головне стебло кукурудзи може утворювати побічні, або кореневі пагони (пасинки) із розміщених на рівні ґрунту вузлів. Кореневі (побічні) пасинки з'являються за висоти 20-25 см, зазвичай у тритижневому віці. Бічні пагони, як і головне стебло, розвивають коріння з перших вузлів, що беруть участь у живленні рослини. Вони слабші за головне стебло, але під час викидання волоті інколи можуть сягати висоти головного. Утворення пасинків є результатом комплексної взаємодії генетичної детермінації гібрида, ґрунтово-кліматичних чинників і технологічних аспектів, серед яких провідне місце посідає удобрення (концентрація легкорозчинних нітратних форм азоту) [68, 197].

У селекції кукурудза найбільше відпрацьована в плані утворення одностеблових рослин, а кущистість окремих генотипів розглядається більше як атавізм та небажана ознака. Наявність пасинків (особливо в посушливих районах) негативно впливає на врожай зерна, як і загущення посівів [83, 197].

Саме по собі пасинкування за умови відсутності на верхівках пасинків генеративного утворення (у вигляді качана) не виявляє впливу на загальну продуктивність рослин кукурудзи і навіть може використовуватися основним стеблом як депо пластичних речовин та вологи. За умови формування на пасинках генеративного утворення в нього також формується власна коренева система і, як наслідок, можлива конкуренція за вологу, світло та елементи живлення з головним пагоном [68].

24. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у середньостиглих гібридів кукурудзи, шт. (за 2011-2013 рр. ±Sr)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Кількість качанів, шт..			
			2011 р.	2012 р.	2013 р.	Середнє, ± Sr
ДК 391	Контроль (без добрив)	-	1,3	1,2	1,3	1,3±0,1
	Біомаг	I*	1,3	1,2	1,4	1,3±0,1
		II*	1,3	1,2	1,4	1,3±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,3	1,2	1,5	1,3±0,2
		II*	1,3	1,2	1,5	1,3±0,2
	Росток кукурудза	I*	1,3	1,2	1,4	1,3±0,1
		II*	1,3	1,2	1,5	1,3±0,2
	Вимпел	I*	1,3	1,2	1,4	1,3±0,1
		II*	1,3	1,2	1,4	1,3±0,1
ДК 440	Контроль (без добрив)	-	1,4	1,2	1,2	1,3±0,1
	Біомаг	I*	1,4	1,2	1,3	1,3±0,1
		II*	1,4	1,2	1,3	1,3±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,4	1,3	1,4	1,4±0,1
		II*	1,4	1,3	1,4	1,4±0,1
	Росток кукурудза	I*	1,4	1,2	1,4	1,3±0,1
		II*	1,4	1,2	1,4	1,3±0,1
	Вимпел	I*	1,4	1,2	1,2	1,3±0,1
		II*	1,4	1,2	1,3	1,3±0,1
ДКС 4964	Контроль (без добрив)	-	1,3	1,1	1,2	1,2±0,1
	Біомаг	I*	1,3	1,1	1,2	1,2±0,1
		II*	1,3	1,1	1,2	1,2±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,3	1,1	1,3	1,2±0,1
		II*	1,4	1,1	1,3	1,3±0,2
	Росток кукурудза	I*	1,3	1,1	1,3	1,2±0,1
		II*	1,3	1,1	1,3	1,2±0,1
	Вимпел	I*	1,3	1,1	1,2	1,2±0,1
		II*	1,3	1,1	1,2	1,2±0,1
ДК 315	Контроль (без добрив)	-	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
	Біомаг	I*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
		II*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
	Еколист моноцинк	I*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
		II*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
	Росток кукурудза	I*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
		II*	1,1	1,2	1,1	1,1±0,1
	Вимпел	I*	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
		II*	1,1	1,1	1,0	1,1±0,1
$НІР_{05}$, шт.		Фактор А – 0,05; Фактор В – 0,05; фактор С – 0,03.				-

*Примітка: *- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
***- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
****- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень.*

Волоть і жіночі суцвіття з'являються на пасинках пізніше, ніж на головному стеблі. Бічні пагони часто утворюють качани, водночас качани і волоть розміщені на верхівці пагона, тобто за типом гермафродитизму. Зерно на

цих качанах дуже дрібне. Качани не захищені обгортковими листками і тому зерно пошкоджують шкідники, хвороби та птахи. Кількість побічних пагонів у кукурудзи коливається від 1 до 10, проте їхнє число зазвичай парне і залежить від генетичних, антропогенних, абіотичних та біотичних факторів [197].

Гермафродитизм у кукурудзи проявляється у вигляді зміни орієнтації утворення суцвіть, так на качанах утворюється волоть, а на чоловічих суцвіттях – качани (маленькі та недорозвинуті) [3, 68].

Генетична складова. Найбільш схильні до пасинкування (кущення) підвиди: цукрової, розлусної та кременистої кукурудза. Ці підвиди використовують, в основному, на харчові цілі, і вони займають незначні посівні площі. Інші підвиди кукурудзи: зубоподібна, напівзубоподібна, крохмалиста та воскоподібна – менш схильні до кущення. Серед зубоподібних, кременистих і розлусних підвидів кущистість частіше проявляється в багатокачанних генотипів [197].

Антропогенні фактор. Основним антропогенним фактором, що впливає на кущення рослин кукурудзи, є гербіциди. Підвищені дози гербіцидів, несвоєчасний обробіток рослин, генетично зумовлена чутливість деяких батьківських форм кукурудзи до дії окремих препаратів інколи призводять до пригнічення конуса наростання, що спричинює посилене кущення рослин кукурудзи. У результаті частина рослин гине, а інша продукує невеличкі качани, що суттєво зменшує урожай [68, 197].

Абіотичні та біотичні фактори. До абіотичних чинників, що впливають на кущення кукурудзи, належать забезпеченість рослин вологою та поживними речовинами. Збільшення пасинків, як правило, спостерігають в умовах розріджених посівів кукурудзи та доброго забезпечення їх поживними речовинами, вологою. Також кущистість може проявлятись за наявності стресових факторів на початку вегетації: частіше – за повернення холодів у травні, рідше – за посухи і високих температур повітря (у період цвітіння). Наявність кущення в такому разі вказує на слабку адаптацію генотипів до умов вирощування [197].

До **біотичних факторів кущистості** належать збудники хвороб і шкідники, серед них шведська муха, яка шкодить посівам у всіх регіонах вирощування кукурудзи. Навесні самка відкладає яйця на сходи кукурудзи, у фазі шильця, першого, другого і третього листків. Через п’ять-вісім днів із яєць відроджуються личинки, які проникають усередину стебла і прогризають у ньому молоде листя, а інколи і конус наростання. Ступінь пригнічення рослин залежить від віку пошкодженого стебла, гібрида кукурудзи, а також зовнішніх умов. За раннього пошкодження, коли личинка знищує конус наростання, сходи гинуть. У такому разі, якщо бруньки в пазухах цілі, розвиваються бічні пасинки. Рослини сильно кущаться. За раннього пошкодження сходів і слабкої енергії росту гине 10-30% рослин. Рослини, що залишилися, знижують урожай на 54-84% [68, 197].

Також призводить до кущення рослин летюча сажка, яка поширена у всіх регіонах вирощування кукурудзи. Зараження проростків кукурудзи продовжується від початку проростання зернин до появи сходів на поверхні

ґрунту, а інколи і до фази появи другого-третього листка. Конідії гриба проникають усередину тканин рослин, поступово уражуючи стебло, і до часу цвітіння кукурудзи досягають качана, а часто і волоті. Уражені рослини відстають у рості, надмірно кущаться, дають сильні листкові розростання, схильні до фасціації та інших дефектів. Так, у частини уражених рослин качан цілком перетворюється на спорову масу, а в інших спостерігається прихована форма захворювання, за якої спори не утворюються. Такі рослини здебільшого низькорослі, кущисті, із недорозвиненими качанами або зовсім без них [3, 68, 197].

На разі немає єдиної думки щодо позитивного або негативного значення кущистості (пасинкування) в кукурудзи.

Згідно досліджень Яноша Надь (2012) [43], пасинки беруть участь у живленні головного стебла, причому кореневі пасинки не відбирають від головного стебла воду та поживні речовини, не знижують продуктивність головного стебла. Наявність бічного пагону не заважає надходженню поживних речовин до головного стебла. Окрім того, кореневі паростки своєю життєдіяльністю навіть сприяють поглинанню та перетворенню поживних речовин, отже, й розвитку головного стебла. Кореневі паростки збільшують масу качанів, масу зерна та масу тисячі зерен, а також масу стрижня качана і відсоток шеретування.

На думку В. Черчеля, А. Алдашова, М. Таганцова (2013) [197], прояв кущистості в кукурудзи – небажана ознака у виробництві культури, а її поява для виробників часто стає неприємною несподіванкою. Проте дотримання всіх вимог технології вирощування кукурудзи та правильний добір гібридів допоможуть забезпечити отримання одностеблової рослини в посівах.

Отже, основними **заходами боротьби** з проявом кущистості у кукурудзи є правильний добір асортименту гібридів для виробництва в господарстві з урахуванням місцевих умов. Слід ретельно дотримувати сортової технології вирощування гібридів, обережно використовувати неперевірені гербіциди, вчасно проводити заходи із попередження захворювань та ураження шкідниками кукурудзи.

2.4. Коренева система кукурудзи та мікориза

Мікориза – гриб, який не має хлоропластів і, відповідно, не здатний живитися похідними вуглецю. Для утворення плодових тіл і продовження роду мікориза бере їх у рослин [198]. Рослини віддають до 40% продуктів фотосинтезу своїм симбіонтам. Але водночас отримують воду, завдяки мікоризі рослини ніколи не відчувають дефіциту води [199].

Окрім того, 98% води, поглиненої рослинами, йде на випаровування (терморегуляцію), і тільки 0,2-0,3% використовується в процесі фотосинтезу, а 1,5-2,0% входить до складу накопиченого рослинами органічної речовини. Навіть у разі короткочасної нестачі води рослини відчувають голод, тому що всі процеси синтезу різко припиняються.

За використання мікоризи прирости врожаю на кукурудзі, сої та

соняшнику становлять 15-20% [198, 200].

У спеку рослини для терморегуляції змушені витрачати воду на випаровування, але водночас намагаються її економити: продихи листків з метою заощадження води закриваються, надходження вуглекислого газу припиняється, і біосинтез вуглеводів різко сповільнюється. За достатнього забезпечення водою цього не відбувається, а, навпаки, у сонячні дні біосинтез різко зростає через підвищення доз сонячної радіації і випаровування йде в нормальному режимі [199].

У кукурудзи навіть за тривалої температури повітря +40°С і наявності мікоризи в ґрунті рослини не відчувають пригнічення. Повністю відсутній ефект «шаблеподібності» листків, коли кукурудза звертає листки в трубочки. Тобто рослини продовжують генерувати урожай, не знижуючи свого потенціалу. Мікориза гриба дуже тісно зв'язана із коренями рослин, вона, фактично, є їх продовженням. За рахунок мікоризи кореневе живлення рослин збільшується в 15 разів. Окрім води, мікориза постачає рослині всі необхідні для живлення: мінерали, вітаміни, ферменти, біостимулятори, гормони та інші активні речовини. Але особливе значення в живленні рослин набуває надходження таких хімічних елементів, як фосфор і калій, тому що мікориза вбирає ці елементи з важкорозчинних сполук у ґрунті і поставляє їх в рослини. Мікориза – найкращий механізм отримання фосфору, особливо в умовах стресу [3, 199].

Ендомікорізні гіфи можуть колонізувати до 80% довжини коренів рослини-господаря, проникаючи в стінки клітин і утворюючи розгалужені структури, так звані арбускули, де відбувається обмін поживними речовинами і вуглецем (симбіонтне – взаємовигідне, співіснування рослини і мікоризи) [45, 46, 112, 199].

Мікориза змінює хімічний склад кореневих виділень рослини-господаря і цим провокує розвиток корисних мікробів-антагоністів патогенів, через що скорочується розмноження патогенів, особливо грибкових. Окрім того, збільшується опір рослини-господаря. У рослин підвищується здатність конкурувати за фотосинтетичний вуглець. Крім позитивного впливу на стан рослини, гіфи грибів покращують структуру ґрунту, допомагаючи утворювати нерозчинні у воді агрегати [3, 45, 199].

На поверхні мікоризних гиф є гломалін (речовина білкового походження, що виділяється корінням). Гіфи, що пронизують коріння рослин, утворюють мережу, що збирає органічну речовину, частки мулу, глинисті мінерали та колонії мікроорганізмів, які склеюються один з одним завдяки гломаліну, вуглеводами з рослин, мікроорганізмів і полівалентними катіонами, утворюючи агрегати. Заселити мікоризою культуру можна штучно, використовуючи спеціальні препарати, що містять спори арбускулярної мікоризи. Застосовувати мікоризність можна змінюючи технологію, використовуючи технології які зберігають структуру ґрунту, обмежують кількість проходів по полю сільськогосподарської техніки. Таким чином, зберігається структурність ґрунтових агрегатів, утворених завдяки мікоризі; міцелій зберігається в цілісному стані і не відбувається окислення органічної речовини, що складається більш ніж на 90% з вуглецю [3, 199].

Існує ще одна властивість мікоризоутворюючих грибів: здатність до утворення між різними рослинами комунікаційних мереж. Мікориза здатна поєднувати декілька рослин одночасно, і, встановлюючи дані мережі, переносить поживні речовини від однієї рослини до іншої через тіло самого гриба та мікоризу всіх рослин, що беруть участь у даній передачі. Це і може бути джерелом надходження гормонів екзогенного походження (із зовнішнього середовища), а відповідно – покращення кореневого живлення рослин [45, 46, 199].

Отже, головними функціями мікоризи є: 1) трофічна (забезпечення рослин якісним живленням і водою) і, як наслідок – збільшення врожайності, особливо в умовах посухи; 2) гормонально-інформаційна (регулює плодоношення і сприяє йому); 3) фітосанітарна – рослина-господар набуває здатності краще протидіяти ґрунтовим грибковим патогенам - і рослини залишаються здоровими; 4) ґрунтоутворююча – кореневі виділення сприяють агрегатоуворенню ґрунтових частинок в агрегати (грудочки ґрунту), ґрунт набуває певної структури, поліпшується його якість, підвищується вологоутримуюча здатність; 5) комунікаційна – здатність створювати складні екосистеми, що дозволяють виживати та конкурувати багатьом видам рослин [3, 199].

Деревовидні мікоризні гриби (або ж арбускулярная мікориза) володіють тонкими нитками гіфів, що ростуть із коріння рослин у навколишній ґрунт, щоб отримати поживні речовини для рослини. Ці поживні речовини обмінюються всередині клітин коренів рослини в арбускулах на вуглець, отриманий в ході фотосинтезу [3, 112, 199].

Одним із стратегічних напрямів розвитку сучасного землеробства є його біологізація – використання біологічних засобів для відтворення родючості ґрунту й отримання якісної продукції рослинництва, підвищення економічної ефективності та зниження антропогенного тиску на довкілля (забруднення ґрунтів, вод і продукції залишками хімічних речовин та нітратами) [46, 112, 201-203]. Широке використання біологічних факторів в інтенсифікації сільськогосподарського виробництва має не лише екологічний, але й у більшості випадків, економічний пріоритет. Водночас, чим складніші ґрунтово-кліматичні та погодні умови, тим важливіша роль біологізації в технологіях вирощування культур [203-205]

Для забезпечення правильного співвідношення макро- і мікроелементів у живленні рослин важливе значення має пошук альтернативних методів живлення рослин із використанням мікроорганізмів [199]. Адже протягом останнього століття надмірна, а інколи й невміла хімізація аграрних технологій призвела до порушень у складі ґрунтової біоти і розбалансування еволюційно сформованих взаємовідносин рослин і мікроорганізмів, що негативно вплинуло як на родючість ґрунтів, так і на процеси забезпечення сільгоспкультур поживними речовинами [3, 206].

Засоби захисту рослин, які є основою більшості технологій, знищують не лише шкідливі організми, а й корисних комах, отруюють птахів, тварин, знищують корисну ґрунтову мікрофлору. Зменшення постійного насичення агроценозів корисними біологічними агентами загрожує активізацією шкідників,

які в попередні роки протягом десятиліть не становили небезпеки [207].

Екологізація землеробства – один з напрямів розв'язання проблеми одержання екологічно безпечного та якісного зерна кукурудзи. Вона ґрунтується на відмові від застосування хімічних препаратів при вирощуванні рослинницької продукції. Однак при відмові засобів хімізації гостро постає проблема погіршення фіто санітарного стану агрофітоценозу і забезпечення оптимального поживного режиму ґрунту. Основну загрозу при введені екологічно безпечних технологій становить зростання частини бур'янового компонента в агрофітоценозі кукурудзи [199, 201].

Світова практика і досвід аграріїв свідчить, що основною складовою високого і якісного врожаю кукурудзи є застосування новітніх технологій, які базуються на застосуванні біопрепаратів та стимуляторів росту рослин [208].

Основна функція бактеріальних препаратів – регуляція ґрунтової мікрофлори завдяки збільшенню кількості корисних відселекційованих форм мікроорганізмів й оптимізації їх взаємодії з рослинами у ґрунті [209].

Для поповнення корисної мікрофлори ґрунту необхідно в сучасних технологіях вирощування застосовувати мікробіологічні препарати, які складаються із живих мікроорганізмів і продуктів їхньої життєдіяльності [45, 46].

Застосування бактеріальних препаратів актуальне в умовах обмеженого використання органічних (через скорочення поголів'я тварин) і мінеральних добрив і мінімізації витрат на добрива, тому що біопрепарати не лише значно дешевші за добрива – вони насичені корисними для ґрунту мікроорганізмами, що забезпечує його гумусом і малодоступними формами поживних речовин [209-212]. Особлива роль у біологізації сучасних агротехнологій відводиться ґрунтовим мікроорганізмам. Чим більше в ґрунті корисних мікроорганізмів, тим родючішим він є. Від активної діяльності мікроорганізмів у ґрунті залежить як ефективна родючість, так і продуктивність сільськогосподарських культур [202, 213].

Ґрунтова біота, яка живиться вуглеводними сполуками, що надходять із кореневої системи, вивільняє поживні мінеральні елементи, антибіотики, стимулятори росту рослин та інші сполуки, необхідні для живлення та розвитку рослин. Завдяки стимуляції розвитку ґрунтової мікрофлори (шляхом збільшення кількості корисних мікроорганізмів) підвищується родючість ґрунтів [210, 214].

У ґрунті в тісному зв'язку із рослинами існує незліченна кількість мікроорганізмів, які можуть по-різному використовуватися рослинами протягом періоду вегетації. Багато з них мають характерні властивості, які допомагають контролювати гриби, бактерії, круглі черви, комахи та бур'яни [114, 215]. Мікроорганізми суттєво пригнічуються в разі застосуванні пестицидів, обробітку ґрунту та протруюванні насіння [215].

Корекція складу мікробних угруповань у кореневій зоні культурних рослин у разі застосування мікробних препаратів не є грубим втручанням у перебіг ґрунтових процесів чи в механізми кореневого живлення, а лише наближає їх до норми, яка повинна бути в біологічно активних ґрунтах [206].

За останні роки ефективність мінеральних добрив для підвищення урожайності рослин не перевищує 25% [215, 216].

За даними агрохімічної науки [46, 112, 206, 214, 216, 217], коефіцієнти засвоєння сільгоспкультурами діючої речовини з добрив є надзвичайно низькими: з азотних – у межах 35-50%, фосфорних – 20% і калійних25-60% залежно від типу ґрунту.

Внесення бактеріальних препаратів на основі асоціативних мікроорганізмів дозволяє підвищити коефіцієнти засвоєння поживних речовин із добрив та ґрунту - і зекономити до 30-50% мінеральних добрив. Це значною мірою поліпшує азотне, фосфорне та калійне живлення рослин, зменшує використання мінеральних добрив. Разом із мінеральними добривами в ґрунт надходить невелика кількість сполук важких металів, які поступово накопичуються в ґрунті і негативно впливають на навколишнє середовище. Як баласт ці сполуки вбираються коренями рослин і потрапляють в біомасу, погіршуючи якість урожаю зерна [46, 112, 216, 217].

Коефіцієнт засвоєння навіть найкращого фосфорного добрива – суперфосфату перебуває на рівні 15-20%, решта (80-85%) лишається мертвим запасом. Використання бактеріальних препаратів еквівалентна впливу 30-40 кг діючої речовини фосфорних добрив. Окрім того, запасів ґрунтового фосфору достатньо на багато років, але він зберігається в нерозчинному стані [218].

Використання біопрепаратів дозволить заощадити кошти на використанні дорогих мінеральних добрив [209].

Інтродуковані в ґрунти агроценозів агрономічно-цінні мікроорганізми активно впливають на формування кореневої системи культурних рослин – істотно збільшують її адсорбуючу та поглинальну здатність і відповідно асиміляцію сполук біогенних елементів з ґрунту [20, 203, 209].

Мікроорганізми, як присутні в бактеріальних препаратах, не лише фіксують азот з атмосфери або розчиняють фосфати ґрунту, але й продукують амінокислоти, рістактиваторні сполуки та речовини антибіотичної природи, які стримують розвиток фітопатогенів, не забруднюють навколишнього середовища й безпечні для тварин і людини [202, 203, 219].

Використання агентів біологічного впливу передбачає застосування нових ефективних та екологічно безпечних стимуляторів росту та розвитку рослин, які здатні регулювати процеси життєдіяльності рослин і ґрунтової мікрофлори, спрямованих на мобілізацію потенційних можливостей, закладених у геномі рослин природою і селекцією [3, 211].

Важливим аспектом дії мікробних препаратів є підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища – високих і низьких температур, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, пошкодження шкідниками та хворобами, що у підсумку сприяє значному підвищенню врожайності (на 10-15%) та поліпшенню якості продукції [203, 205, 209].

Бактерії, що заселяють коріння (у біологічно активних ґрунтах), утворюють своєрідний біологічний «чохол» або «ризосферу» і є трофічними посередниками між ґрунтом і рослиною. Мікроорганізми є їх своєрідним продовженням (і фізичним, і функціональним) коренів рослин, вони проникають у ґрунт на значні відстані, а відтак через гіфи мікроскопічних грибів, ланцюжки бактеріальних клітин до рослини надходить додаткова кількість

легкозасвоюваних сполук біогенних елементів. Саме мікроорганізми є відповідальними за перетворення низки складних сполук у доступні для живлення рослин [202, 206].

Застосування біопрепаратів на основі ґрунтових та ендофітних мікроорганізмів, до складу яких входять усі потрібні рослині амінокислоти, вітаміни, фітогормони, покращує фізіологічні процеси в тканинах рослин, підвищує вміст хлорофілу в листі, що позитивно впливає на краще накопичення цукрів (крохмалю) рослинами кукурудзи та більш тривалий вегетаційний період, обумовлює вищі біометричні показники та кращу якість зерна, сприяє поліпшенню умов кореневого живлення, що дає поштовх формуванню міцнішої кореневої системи та вегетативної маси [114, 217].

Під впливом біологічних препаратів розвивається розгалужена коренева система з симбіотичною мікрофлорою, що дає змогу рослині краще засвоювати елементи живлення, особливо сполуки фосфору та калію [217]. Рослини регулюють надходження мінеральних речовин шляхом виділення кореневих **ексудатів** – органічних кислот, амінокислот, цукрів та інших речовин. Ці речовини виконують кілька функцій, основна з яких полягає в підвищенні біодоступності мінералів. Окрім того, деякі ексудати є свого роду поживними речовинами для симбіотичних мікроорганізмів, що мешкають у прикореневій зоні [46, 220].

Виділення корінням рослин органічних кислот знижують рівень pH ґрунту, підвищує доступність більшості мікроелементів, оскільки максимальне всмоктування катіонів спостерігається в діапазоні pH від 5,5 до 7 [112, 220]. Біологічні препарати мають властивість до кращої проникності у тканини рослин і «протягують» за собою хімічні інсектициди у важкодоступні місця, де ховаються шкідники [217].

Важливу роль для фітоценозів середовища серед метаболітів відіграють **коліни** (агенти впливу нижчих рослин на вищі) і **фітонциди** (агенти впливу вищих рослин на нижчі) [46].

Спроби вплинути на природну мікрофлору ґрунту шляхом введення окремих культур мікроорганізмів були невдалими. Навіть тоді, коли корисні мікроорганізми виділені з ґрунту в спеціальних лабораторіях і внесені в той самий ґрунт у великій кількості, вони стають об’єктом конкуренції і протидії зі сторони аборигенної флори ґрунту й основна їх частина гине, ще до того, як встигне проявити свої позитивні властивості [221-224].

Мінеральні добрива відіграють вагому роль у формуванні врожаю, але питання їхньої взаємодії з мікробними препаратами та дією останніх на якісні показники залишається мало вивченим. Отже, існує потреба розробки новітніх технологій, які відрізняються від традиційних вищим ступенем насичення біологічними методами продуктивності культур, широким діапазоном доз і співвідношень макро- і мікроелементів, мікробних препаратів у системі удобрення [221-225].

Філосфера (надземний ареал мікроорганізмів). На кожному сантиметрі поверхні листя та стебла може бути до 10 мільйонів мікроорганізмів. В одному грамі ґрунту налічується до 10 мільярдів мікроорганізмів і до 30000

різноманітних видів. Усі ґрунтові мікроорганізми умовно можна поділити на корисні та патогенні. **Корисні мікроорганізми** постачають рослинам поживні речовини (наприклад азот і фосфор), допомагають рослинами пристосовуватись до несприятливих умов (наприклад спеки, затоплення та посухи), позитивно впливають на розвиток кореневої системи, що сприяє швидкому росту й розвитку рослин і фізично підтримує їх, підвищують захист від хвороб і шкідників [46, 205].

Патогенні мікроорганізми спричиняють інфекції, пошкодженню рослин або створюють несприятливі умови для їх росту.

Важливим фактором у підвищенні майбутнього врожаю кукурудзи є розвинена коренева система. Потужна коренева система сприяє оптимальному використанню наявної вологи, кращому поглинанню елементів живлення з ґрунту, а відповідно, продукуванню більшої асиміляційної поверхні вегетативних органів, що сприяє виробленню більшої кількості продуктів фотосинтезу, отриманню кращого та більш якісного врожаю [226].

Між розвитком підземної та надземної частин рослини існує тісний зв’язок. І якщо коріння забезпечує живлення надземних органів мінеральними речовинами, то зелена маса – першими необхідними для їхнього росту поживними речовинами – вуглеводами. Порушення рівноваги між цими двома системами позначається на рості рослин у цілому [114].

Регулювання мінерального кореневого живлення кукурудзи дозволяє не тільки отримувати високий урожай, але і керувати його якістю: нагромадженням вуглеводів, жиру, білків, вітамінів, алкалоїдів і інших сполук [227-228]. Ступінь розвитку кореневої системи кукурудзи обумовлює посухостійкість і можливість реалізації потенціалу продуктивності гібридів загалом [229].

Кукурудза має дуже розвинену мичкувату кореневу систему, яка проникає в ґрунт на глибину 2,5-3,5 м та поширюється до 1 м в ширину від стебла і здатна засвоювати елементи живлення та вологу з великого об’єму ґрунту. Основна маса кореневої системи (приблизно 60%) розміщена в шарі ґрунту 0-20 см [44, 73, 83, 130, 230]**.**

Іноді корені кукурудзи можуть проникати в ґрунт на глибину до 3-4 м. У разі поливу ріст коренів у глибину зменшується [79]. Розвинуті бічні корені, які добре зміцнілися та сформувалися під кутом близько 45° сприяють створенню потужної ярусної кореневої системи, збільшенню величини кута розгалуження коріння, що забезпечує кращу стійкість рослин до вилягання [231].

Горизонтальні розміри кореневої системи рослин у декілька разів більші за їх надземну масу. Визначальними у формуванні кореневої системи є гібрид, величина та співвідношення екологічних чинників, їх співвідношення й коливання в процесі розвитку [46, 83].

Коріння кукурудзи створює густу мережу дрібних корінців. У будові кореневої системи кукурудзи розрізняють п’ять типів коренів, які відрізняються за строками утворення, характером росту і значення їх в житті рослин: головний зародковий, бокові зародкові, мезокотильні (епікотильні), підземні вузлові (стебло вузлові) і повітряні (опорні вузлові) стебловузлові корені. Зародкові корені перші дві-три неділі відіграють основну роль у постачанні рослин водою

та поживними речовинами. Швидкий розвиток кореневої системи – властивість високоврожайних гібридів. Добрий обробіток ґрунту, застосування добрив, особливо азотних, покращує розвиток зародкових корінців [46, 229].

Основну і найбільш дієву частину кореневої системи дорослої рослини кукурудзи складають вузлові і стеблові корені, які відходять від нижніх (підземних) вузлів стебла. Добрий їх розвиток, глибоке проникнення, фізіологічна активність – необхідні умови високого урожаю кукурудзи. Поширення вузлових коренів в глибину та в сторони, розподіл по шарах ґрунту залежить від кліматичних, ґрунтових умов та агротехніки. На чорноземних ґрунтах вузлові корені досягають глибини 1,5-2,0 м і більше поширюються в сторони від гнізда (ряду) до 100-125 см. На дерново-підзолистих ґрунтах коренева система максимальну глибину (до 40-60 см) досягає уже до фази 13 листків. Подальшому поглибленню перешкоджає ущільнений підорний шар ґрунту (щільність 1,6-1,7 г/см^3) [229].

У фазу 3-4 листків у рослин формується перший ярус вузлових коренів, 5-6 листків – другий, 7-8 листків – третій і т.д. Вузлові корені досягають глибини 3-4 м і поширюються в сторони до 120-150 см. З появою кожної пари нових листків утворюється наступний ярус вузлових коренів, тобто за функціонування конкретної пари листків відповідає певний ярус кореневої системи. Із нижніх надземних вузлів утворюються повітряні корені, які відіграють роль опори та сприяють додатковому живленню [27, 231].

У несприятливих умовах зволоження утворення ярусів коренів відстає від утворення листків. При вологості нижче 15% ріст коренів першого ярусу практично не відбувається. Вузлові корені підземних вузлів стебла (повітряні) формуються в більш пізні фази (цвітіння). Розвиток їх в значній мірі визначається вологістю ґрунту і приземного шару повітря. У вологі роки окутування стебел кукурудзи землею сприяє утворенню додаткових ярусів коренів на надземних вузлах стебла [112, 232].

Коренева система кукурудзи на початку вегетації може бути пригнічена під дією підвищеної концентрації внесених добрив (в рядки). Тому під час посіву потрібно використовувати рекомендовані дози добрив і заробляти їх в ґрунт на 4-5 см вбік від рядка з насінням і на 3-4 см глибше [45, 83, 112].

Корені кукурудзи для утворення 1 г сухої речовини споживають 0,38-1,37 мг кисню. Кількість поглинутого кисню визначається віком рослин і підвищується до періоду цвітіння, тобто до моменту інтенсивного дихання кореневої системи та надземних органів. Ускладнення аерації понижує інтенсивність росту коренів, а в зв’язку з цим і надземних органів кукурудзи. Коренева система є більш стійкою до перегріву, ніж надземна частина рослин. У коренях за перегріву не спостерігається підвищення активності протеолітичних ферментів, а після зняття дії перегріву на протязі значного часу відбувається інтенсивний синтез білка [3, 46].

У ранній фазі розвитку кукурудзи важливо підтримувати забезпечення поживними речовинами в поверхневих шарах ґрунту, тобто там, де знаходиться коріння молодих рослин, із використанням добрив у легкозасвоюваній формі. На більш пізніх фазах періоду вегетації кукурудза може засвоїти поживні речовини з

глибших шарів ґрунту (наприклад, азот з глибини 120-150 см). Найбільше поживних речовин кукурудза вимагає у період від викидання волотей і приймочок до 3-4-х тижнів після цвітіння [28, 221-224, 233, 234].

Найінтенсивніший ріст кореневої системи відбувається з часу утворення трьох чвертей загальної кількості листків і триває до кінця цвітіння. Добовий приріст головних коренів у довжину в цей період досягає 5 см [3, 46].

Потужно розвинена коренева система дозволяє рослинам легко переносити дефіцит вологи за рахунок використання запасів її із нижніх ґрунтових горизонтів. Коренева система кукурудзи володіє високою вбирною силою і поглинає воду в 3-6 разів швидше, ніж коренева система ячменю, вівса або пшениці. Вона здатна поглинати воду за більш низької вологості ґрунту порівняно з кореневою системою багатьох інших рослин. Удобрення та висока родючість ґрунту сприяють більш продуктивному використанню вологи рослинами [14, 45, 46, 235].

Дуже часто на запливаючих грунтах затримується розвиток рослин, зокрема й кореневої системи, через неможливість проникнення коренів глибше 12-15 см. Такі рослини є нестійкі до посухи в разі настання тривалих весняних суховіїв, які здатні дуже швидко висушувати поверхню ґрунту [229]. При однаковій кількості листків коренева система з інкрустованого насіння розвивається значно інтенсивніше [81].

Потужна глибокопроникаюча коренева система формується в ущільнений ґрунт для поглинання вологи та поживних речовин, завдяки чому рослина формує вищу врожайність Оптимальною щільністю ґрунту при вирощуванні кукурудзи є 1,18-1,22 г/см^3, за вмісту в ґрунтовому повітрі кисню 18-20%. Якщо його вміст складає близько 10%, то ріст коренів уповільнюється, а за 5% - припиняється. Водночас порушуються поглинання води й елементів живлення з ґрунту, обмін речовин у підземній і надземній частинах [27, 231].

Температура ґрунту істотно впливає на послідовність вбирання елементів живлення. Так, за температури ґрунту 28-30°С коренева система поглинає поживні речовини в такій послідовності: $N:P_2O_5:K_2O$. Зі збільшенням температури доступність змінюється на користь рухомого фосфору (P_2O_5: $N:K_2O$). Тому досить важливо сформувати кореневу систему, яка б закладалася глибоко та забезпечувала рослину поживними речовинами та вологою в критичні періоди росту й розвитку [46, 231].

Верхні яруси коренів виділяють з ґрунту вологу, яка надходить по стеблу із нижче розташованих шарів грунту, і покращують поглинання поживних речовин із орного шару грунту. Активність нижніх ярусів коренів у поглинанні води вища, чим верхніх. Корені верхніх ярусів більш активно поглинають фосфор, а нижніх - азот. Перший підземний стебловий вузол кукурудзи, незалежно від глибини загортання насіння, закладається в 3-4 см від поверхні ґрунту. Вузлові корені першого, другого та третього ярусів відходять від стебла під кутом 45°С і ростуть по відношенню до поверхні грунту під кутом 15-40°С, і лише на відстані приблизно 30 см проростають в глибину. Корені четвертого і наступних ярусів поглиблюються в грунт перпендикулярно [83, 112].

Зародкові та вузлові корені сильно галузяться, утворюючи корені

декількох порядків (зазвичай до трьох) і мичку коренів. Ступінь галуження коренів ближче до основи стебла вища, у результаті чого в зоні гнізда зосереджується значна маса тонких коренів, що і визначає, у певній мірі, високу ефективність місцевого (рядкового) внесення добрив, здатність рослин використовувати незначні опади, що стікають по стеблу [3, 45, 46].

Поглинання поживних речовин і води здійснюється по поверхні молодих коренів (робоча активна поверхня). Водночас велике значення мають кореневі волоски. Робоча поверхня залежно від фази, умов вирощування, гібриду складає 15-45% від загальної поверхні кореневої системи. Максимальна загальна і робоча поверхня коренів формується до фази цвітіння. За сприятливих умов частка активної поверхні від загальної підвищується.

Чим більше корені галузяться, утворюючи мілкі корінці, кореневі брунки та кореневі волоски, тим більш діяльна і дієздатна коренева система. Кореневі волоски через 15-20 днів відмирають, їх замінюють нові, які завжди утворюються на найбільш молодих галуженнях коренів [112].

РОЗДІЛ 3
БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯК ОСНОВА ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

Кукурудза має величезні потенційні можливості для отримання рекордних урожаїв зерна. Але це стає реальністю тільки за дотримання технології вирощування зерна, яка відповідає біологічним особливостям даної рослини. Знаючи ці вимоги, можна знизити або повністю видалити негативний вплив того чи іншого фактору [79, 120, 236].

Кукурудза відноситься до родини злакових, має багато різновидів, які за висотою рослин, довготривалістю росту, розвитку, формою зерен, дуже відрізняються. Це дуже продуктивна рослина, яка за короткий час виробляє більше органічної маси порівняно з іншими культурними рослинами. Коефіцієнт розмноження в кукурудзи в 10 разів вищий, ніж в інших зернових. Із однієї насінини виростає 400-600 зерен, в інших зернових – тільки 40-50, рідко - 80-100 [112, 237].

Кукурудза – однорічна, однодомна, перехреснозапильна рослина. Кліматичні умови та ґрунти України достатньою мірою відповідають її біологічним потребам [45, 46, 238]. Вона має підвищені вимоги до вологи, тепла, світла, поживних речовин та інших факторів навколишнього середовища. Гібриди кукурудзи значно відрізняються за вегетаційним періодом, звідси і різні вимоги до вищезазначених факторів [230, 239, 240].

За вимогливістю до умов середовища на першому місці стоять двохлінійні гібриди кукурудзи, потім трьохлінійні. Чотирьохлінійні гібриди пластичні краще переносять несприятливі умови і в меншій мірі реагують на метеорологічні умови окремих років [79].

3.1. Відношення кукурудзи до вологи

Важливим чинником для вирощування високих рівнів урожайності кукурудзи є рівень вологозабезпечення її посівів [13, 241-243]. Умови зволоження більшою мірою визначають продуктивність гібридів кукурудзи, аніж застосування добрив, які до того ж, за умови посухи, негативно впливають на формування врожайності [45, 46, 244].

Найважливіша біологічна особливість, яка дає можливість вважати кукурудзу посухостійкою культурою – це економне використання води на утворення сухої речовини надземної маси (транспіраційний коефіцієнт – 174-406, водночас у пшениці – 430, вівса – 450, багаторічних трав – 660) [6, 27, 67, 73, 79].

За вимогою до водного режиму ґрунту кукурудза відноситься до мезофітів. Вона може переносити тимчасовий дефіцит вологи в ґрунті та понижену відносну вологість повітря, особливо до утворення генеративних органів. Показником високої її посухостійкості є здатність рости в разі настання посухи

до початку формування качанів, відносно легко переносити денні зав'ядання. Зав'ялі рослини за ніч відновлюють тургорність і при випаданні інтенсивних опадів дають порівняно високий урожай зерна [3, 46].

Однак тривале прив'ядання листків пригнічує ростові процеси та порушує утворення репродуктивних органів [16, 45]. Стійкість до посухи особливо проявляється в ранні фази розвитку до утворення генеративних органів, тому і потреба кукурудзи у волозі змінюється в процесі онтогенезу. Водночас кукурудза споживає води набагато більше, ніж інші культури, оскільки має триваліший вегетаційний період і формує потужну надземну масу [6, 27].

Слід зазначити, що одні дослідники вважають кукурудзу посухостійкою культурою [24, 229, 235], яка використовується як яра страхова культура, інші – вологолюбною, проте в цих твердженнях немає ніяких протиріч [13].

За посухостійкістю кукурудза поступається лише сорго, суданській траві та просу [73, 79]. За добу одна рослина використовує 2-4 і навіть до 6 л води, проте вона не переносить перезволоження. Оптимальна для кукурудзи вологість ґрунту складає 60-80% НВ [27, 46, 67, 79].

Кукурудза на силос у першій половині літа використовує воду весняно-літніх опадів і майже не зачіпає запасів її, нагромаджених у ґрунті за осінньо-зимовий період. Завдяки цьому не зменшується врожай наступних культур і значно підвищується продуктивність сівозміни. Найбільш активним періодом вологоспоживання для кукурудзи є період від початку фази 10-11 листочків до кінця цвітіння, коли рослинами засвоюється 50-60% загальної кількості вологи, необхідної для формування врожаю [3, 45, 48]. Коливання врожайності за роками більше залежить від суми температур, ніж від вологи [48].

За даними С. І. Бурикіної та Н. А. Ляховської [245], співвідношення врожаїв кукурудзи в посушливі та сприятливі роки становило від 1:2,2 до 1:3. Приріст чи зниження врожайності до середньобагаторічного становили від –18,9 до +29,9 т/га.

Вважається, що одна рослина кукурудзи середніх розмірів за вегетаційний період випаровує близько 200 л води. За густоти стояння 50000 рослин на 1 га використовується біля 10 000 т/га води [45, 46]. За густоти стояння 40 тис. рослин на 1 га всі рослини споживають біля 8 млн л води, тобто 80 л на 1 $м^2$, або ж 800 мм опадів [79].

Високий врожаї можуть формуватися тоді, коли на фоні сприятливого температурного режиму річна сума опадів досягає не менше 400 мм, із них за вегетацію 300 мм, а гідротермічний коефіцієнт перевищує 1,0 [241]. Мінімальна кількість вологи за вегетаційний період повинна становити більше 200 мм [13], а 1 мм опадів дає можливість одержати 20 кг зерна на 1 га [44].

Сумарне водоспоживання кукурудзяного поля із середньоранніми та середньостиглими гібридами кукурудзи за вегетаційний період становить 3000-5500 т/га (включаючи і ту, яка випаровується ґрунтом), [67, 73] тому всі елементи технології вирощування повинні бути направлені на максимальне поповнення вологи в ґрунті та раціональне її використання. За дефіциту вологи зменшується випаровування води (за гострого дефіциту води скручуються

листки) [243].

У молодих листках і стеблах кукурудзи міститься 90% води і більше. У другій половині вегетації вміст води значно знижується і до періоду дозрівання не перевищує 40-60%. Така висока обводненість обумовлює велике споживання води з ґрунту [46].

Вода потрібна для проростання насіння (30-40% вологи від її маси насіння) [43, 57, 67], розчинення, пересування в ґрунті та надходження поживних речовин, підтримання в рослинах і клітинах тургору і відповідної температури для фотосинтезу, транспірації та інших фізіологічних процесів. Фотосинтез відбувається нормально тоді, коли в клітинах, тканинах, органах рослин уміст води становить 75-80%. За нестачі вологи у тканинах рослин посилюється гідроліз вуглеводню, розклад білків і втрачається їх здатність до синтезу [246].

Проте деякі дослідники вказують на те, що для проростання рослини кукурудзи використовують біля 44-45% вологи (до маси зерна). За такої вологості сходи з'являються на 5-6 день після посіву [27].

Якщо насіння адсорбує холодну воду, оболонки його клітин стають менш еластичними - і цей процес може призвести до руйнування мембран. Клітинний сік потрапляє через розриви в навколишнє середовище і цим забезпечує джерело живлення шкідливих патогенів. Ризик такого типу пошкодження починається за температури ґрунту нижче 8°С і стає «суворішим» за подальшого її зниження [43, 57, 67].

За відповідної температури вже після поглинання води в кількості 30% до маси сухого зерна починається ріст зародка. Живлення безпосередньо після проростання зернівки забезпечує щиток із внутрішніх поживних тканин (ендосперму). Однак сходи незабаром переходять на самостійний режим живлення [43]. Гібриди кукурудзи мають невеликі відмінності щодо поглинання води зернівками. Поглинання води зернівками у перші 24 години – до 15% необхідної її кількості. Інтенсивне поглинання води зернівками триває протягом 48-96 годин і збільшується на 7-8%. Найбільшу кількість води поглинають зернівки цукрової кукурудзи, що зазвичай становить більше 90% відносно маси сухого зерна, проте кількість поглинутої води зернівками інших підвидів кукурудзи протягом перших 96-ти годин становить 50-70%. Підсушені недостиглі зернівки кукурудзи поглинають води більше, ніж підсушені стиглі. Найбільшу кількість води поглинає основна частина зернівки [3, 43].

Для отримання гарантованих дружних сходів кукурудзи надзвичайно важлива наявність продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту. Запаси продуктивної вологи під час сівби культури в шарі 0-10 см вважаються недостатніми, якщо її вміст становить 7-8 мм., задовільними – 9-13 мм, добрими – 14-15 мм і більше. Середня непродуктивна втрата вологи внаслідок випаровування з посівного шару ґрунту в разі запізнення із сівбою становить у Лісостепу близько 1,0 $м^3$/га, у Степу – 1,3 $м^3$/га води на добу [6, 247].

Низький зимовий запас вологи в ґрунті, а також гострий дефіцит опадів у літні місяці спричиняє формування низькорослих рослин зі слаборозвиненими качанами [25].

Сходи кукурудзи ростуть повільно і споживають мало води (до 7 листка).

Після появи 7-8-го листка у ранньо- та середньостиглих і 9-10-го у пізньостиглих, а особливо волоті, вона інтенсивно росте і швидко нарощує масу. У цей період споживання нею води досягає максимуму, 40-70% загального водоспоживання (критичний період – від початку цвітіння до початку молочної стиглості). Що пов'язано з динамікою розвитку листової поверхні та приростом вегетативної маси врожаю [79, 246]. Він триває приблизно 30 днів (10 днів до початку цвітіння і 20 днів після цвітіння). Опади наприкінці червня і на початку липня найбільш ефективні для підвищення врожайності зерна кукурудзи [24, 46, 67, 73, 79, 248].

Якщо рослина в'яне протягом 2-3 днів під час цвітіння, урожайність її знижується на 20-22% і навіть на 50%, якщо стресовий період подовжується до 6-8 днів. Водночас чутливість кукурудзи до вологи під час запилення знижується, якщо рослини раніше відчували її дефіцит. Це пояснюється тим, що в кукурудзи за недостачі вологи пригнічується ріст і диференціація початкових качанів, але за покращення умов волого забезпечення качани формуються нормально [3, 45].

Дефіцит вологи у ґрунті в період максимального водоспоживання (у липні – у період найбільшої потреби в ній рослин), особливо в поєднанні з повітряною посухою, викликає гальмування процесів росту та розвитку, в'янення рослин, зниження активності фотосинтезу (за рахунок зниження рівня фотосинтетичних пігментів), накопичення захисних речовин (пролін, каталаза, флавоноїди), а також порушення водного обміну: тканини листків втрачають воду, наростає водний дефіцит, знижується інтенсивність транспірації, порушення процесів запліднення та формування зерна [99].

Недостатня вологість ґрунту в період наливу зерна призводить до зниження врожайності внаслідок формування неповноцінного наливу зерна [46, 112]. У період формування, наливу та дозрівання зерна споживання вологи дещо знижується. Однак, коли вологість у фазі молочної стиглості нижча оптимальної, у цьому періоді вегетації налив зерна передчасно зупиняється. У верхній частині качана формуються дрібні зернівки [249], а в ряді випадків верхівки качанів залишаються неозерненими, що негативно впливає на врожайність [45, 46].

За відсутності оптимального рівня водозабезпеченості рослин зменшуються швидкість і тривалість періоду накопичення сухої речовини в зерні. Об'єм води в рослині може значним чином вплинути на кількість зерен у рядку, вагу тисячі насінин та об'єм і характеристики пожнивних решток [43].

У перший період свого росту та розвитку кукурудза дає незначний приріст надземної маси, який протягом місяця після появи сходів накопичується (приблизно 1,5-2,0% зеленої маси від загального врожаю). Тому ця особливість дозволяє в роки з посушливою весною легко переносити дефіцит вологи за рахунок невеликих осінньо-зимових запасів. У цей час у неї відбувається інтенсивний розвиток кореневої системи, яка в подальшому буде забезпечувати швидкий ріст рослин [79].

На початку вегетації середньодобова витрата води рослинами кукурудзи становить до 40 $м^3$/га [246], а в період від викидання волоті до молочної стиглості – до 80-100 $м^3$. [46, 237].

За період від сходів до утворення 15 листків (37-38 днів) середньостиглі

гібриди споживають 1-8% загальної витрати води за вегетацію, від утворення 15 листків до середини молочної стиглості (біля 40 днів) – 69-73%, від середини молочної до повної стиглості зерна (30-35 днів) – 20-22% [3, 83].

Рослини середньопізніх гібридів економніше, порівняно з ранньостиглими, витрачають вологу на створення одиниці врожаю, коефіцієнт водоспоживання в них становить відповідно 533-633 і 666-781. У середньопізніх гібридів відзначено збільшення цього показника на 12-16% при загущенні стеблостою [250, 251].

Наприкінці червня починається швидкий ріст рослин, добовий приріст яких сягає 5-10 см, а накопичення зеленої маси – 10 ц на кожний гектар [46, 252].

Витрата води рослинами істотно збільшується за підвищення температури до +30°С і зменшення відносної вологості повітря нижче 30%. У такий період на гектар посіву витрачається 50-60 $м^3$ води за добу. Фотосинтез у кукурудзи відбувається навіть за дефіциту вологи 23%, тоді як цукровий буряк починає пригнічуватись у разі водного дефіциту 15%. Однак інтенсивність фотосинтезу на зрошувальних землях, порівняно із незрошувальними, вища у 2-3 рази [3, 112].

Дефіцит вологи в період від появи сьомого листка до викидання волоті несуттєво впливає на збір зерна (він знижується всього на 4%).Завдяки жолобовидній формі та косовертикальному розміщенню листків рослина використовує навіть незначні опади, росу, які стікають по листках і стеблу до коренів. Низький водний потенціал листків хоча і лімітує фотосинтез у цей час, але відтік пластичних речовин зі стебла в качан буде продовжуватись, що позитивно впливає на формування зерна. За дефіциту вологи в період дозрівання спостерігається передчасне відмирання листків, прискорюється дозрівання зерна [45, 46]. Зменшення витрати води після молочної стиглості зерна пов’язано зі старінням рослин і ослабленням їх фотосинтетичної діяльності. Проте нормальна вологозабезпеченість у цей період сприяє інтенсивному переміщенню пластичних речовин із коренів, листків, стебел, обгорток і ніжок качанів у зерно [3, 112].

Специфічна потреба у воді під час основного періоду вегетації в кукурудзи на зерно складає близько 22 $л/м^2$, у кукурудзи на силос – 38 $л/м^2$ (за вмісту в сировині для закладання на силос близько 30% сухої речовини) [9, 46]. Кукурудза, на відміну від зернових колосових культур, добре використовує опади другої половини літа і частково осені. У результаті рослини нагромаджують велику органічну масу навіть у посушливі роки [44].

Залежно від вмісту вологи в ґрунті сприятливі умови для кукурудзи в цей період створюються за випадання 80-125 мм опадів та за вологості ґрунту більше 60%. Однак часті дощі, що викликають надлишкове зволоження ґрунту, гірше впливають на кукурудзу, ніж сухі періоди з недовготривалими дощами [237].

Сумарне водоспоживання кукурудзи в богарних умовах у 2,2-2,4 рази менше, ніж в умовах зрошення [251].

За водного дефіциту гальмується надходження фосфору й азоту в рослини кукурудзи, перетворення їх в органічні сполуки [46, 253]. Значна частина посівів кукурудзи в нашій країні розташована в районах із недостатнім і нестійким зволоженням, де обмежена кількість опадів, високі температури повітря під час

вегетації рослин часто призводять до помітного зниження врожаю зерна [229, 254].

3.2. Посухостійкість в умовах глобального потепління

Вирощуючи кукурудзу, високий рівень урожаю можна досягти лише за сприятливих погодних умов протягом усіх фаз росту та розвитку рослин.

Посуха – один із чинників, який найгірше впливає на зменшення врожаю кукурудзи. Адже, згідно з визначенням, це наявність екстремально високих температур і низької доступності вологи, за яких надходження вологи в рослину менше за витрати на транспірацію [62, 92].

Найчастіше посуха починається з атмосферної посухи, яка характеризується низькою відносною вологістю повітря (18-20% та нижче) і відсутністю опадів. Рослини кукурудзи потрапляють під дію посухи в різні фази росту та розвитку і реагують на її вплив неоднаково. Здебільшого посуха найшкідливіша в період цвітіння-наливу зерна, а в період інтенсивного росту призводить, в основному, до зменшення параметрів морфологічних ознак (висота рослин і площа листкової поверхні). Найнебезпечнішою є комбінована посуха, коли нестача води у ґрунті збігається з впливом сухого жаркого повітря. За сильної або тривалої посухи переважають процеси деградації, виникає різке порушення функціонування систем життєдіяльності – і рослини гинуть [13, 62, 92].

У фазу 5-7 листків проходить третій-п’ятий етап органогенезу, відбувається закладання та формування генеративних органів обох суцвіть. Посуха в цей період спричиняє зменшенню кількості рядів зерен у качані, кількості зерен у ряду і розміру самого качана [62, 92].

З року в рік від посухи страждає велика кількість посівів кукурудзи в більшості країн Європи та світу. Україна – не виняток. Фахівці, на жаль, прогнозують, що ситуація на краще не зміниться, адже кількість опадів зменшується, а наслідки глобального потепління будуть більш відчутними. У цій ситуації посухостійкість гібридів набуває дедалі більшого значення для адаптації кукурудзи до кліматичних змін [130].

Через посуху, у традиційних технологіях вирощування перше місце посідають проблеми максимального накопичення та збереження вологи. Перший крок у мінімізації втрат від погодно-кліматичних негараздів – це зважений підхід у виборі гібридів, які мають добре протистояти посусі та високим температурам повітря. Наступний крок у підвищенні ефективності господарювання – це застосування технології обробітку ґрунту, спрямованої на підвищення накопичення вологи [255].

Посухостійкість має генетичну структуру, що може впроваджуватись у майбутній гібрид, що дозволяє на 15-25% підвищувати врожайність нового гібриду кукурудзи [3, 13]. Гібриди, рекомендовані для зони нестійкого зволоження, не бажано висівати в зоні недостатньо зволоження, адже в таких жорстких ґрунтово-кліматичних умовах вони не зможуть повністю розкрити свій

потенціал урожаю [256].

Завдяки високій посухостійкості кукурудза є надійною страховою культурою в роки, несприятливі для озимих і ярих зернових [237], тобто вона краще переносить посушливі умови (повітряну та ґрунтову посуху) порівняно з іншими культурами [73, 79]. Посухостійкість визначається здатністю рослин якомога менше змінювати процеси обміну (продовжувати фотосинтезу) в умовах дефіциту вологи. У більш посухостійких рослин у разі зростаючого зневоднення довше зберігаються синтетичні процеси; не пошкоджуються (або менше пошкоджуються) клітинні мембрани, що забезпечують їх гомеостаз (саморегуляцію), зберігаються нормальні фізико-хімічні властивості протоплазми (в'язкість, еластичність, проникність); яскраво виражений ксероморфізм (дрібноклітинність, велика кількість продихів, восковий наліт і т. д. [249]. Рівень стійкості рослин до посухи також обумовлюється їхньою морфологічною будовою. Форми, які мають невисокі рослини з компактною архітектонікою, стійкіші до негативної дії стресу [13].

Рослини кукурудзи орієнтовані у просторі таким чином, що можуть збирати вологу (роса, дощ, туман тощо) і скеровувати її безпосередньо до кореня, завдяки чому в нижній частині стебла формуються додаткові повітряні корені, які беруть участь не тільки в абсорбції води, але й підвищують стійкість рослин до вилягання, особливо під час сильного вітру [13, 45, 46].

Під дією посухи в період наливу зерна збільшується кількість відмерлих листків, скорочується час проходження цієї фази, знижується активність фотосинтезу. Рослини більш схильні до стеблового вилягання, маса зерна зменшується. Нестача вологи в цей період знижує врожай з 2,5 до 5,8% (з кожним днем стресу). Упродовж перших двох тижнів після запилення зерна найсприйнятливіші до припинення розвитку, особливо зернівки на верхівці качана. Вони зазвичай є слабшими, запилюються останніми і найбільш схильні до абортації. Якщо кукурудза досягла фази молочно-воскової стиглості, то майбутнє зниження врожаю відбувається головним чином через зниження вмісту сухої речовини. Жорстка посуха, що продовжується на етапах зав'язування та молочної стиглості, може легко припинити його розвиток. Сувора посуха протягом молочно-воскової воскової стиглості значною мірою знижує врожай зерна за рахунок зменшення його маси. Відмирання всієї рослини, яке наступило до фази повної фізіологічної стиглості, спричиняє передчасній появу чорної точки і як результат – незавершений налив зерна, низька маса тисячі, щупле зерно. Як тільки насіння досягає фізіологічної стиглості, стрес у подальшому не впливає на кінцевий урожай [62, 92].

Передчасне відмирання листя під час посухи спричиняє втрату врожаю, тому що фотосинтетичне «виробництво» скорочується. У цьому випадку рослини мобілізують накопичені вуглеводи на розвиток качана, проте потенціал урожайності продовжує втрачатися. Відмирання всіх тканин рослини перешкоджає майбутній мобілізації вуглеводів на розвиток качана [3, 62, 92].

Морфологія листка кукурудзи дає змогу уникнути додаткових непродуктивних втрат рослиною вологи, яка випаровується у процесі транспірації та охолоджує листковий апарат. Значна частина продихів, через які

випаровується волога, міститься у верхній частині листка і за зниження осмотичного тиску, викликаного дефіцитом води, спеціальні моторні клітини скручують листкову пластинку і тим самим зменшують транспірацію та захищають листковий апарат від опіків. Цей процес улітку завжди можна спостерігати в денні години, особливо за тривалої відсутності опадів [13, 83].

Високою здатністю цитоплазми щодо утримання води в умовах посухи характеризуються форми, що накопичують низькомолекулярні гідрофільні білки, які зв'язують у вигляді гідратних оболонок значну кількість води, а також підвищують концентрацію проліну та моносахаридів. Посуха спричиняє суттєву перебудову гормональної системи рослин: зменшується вміст гормонів – активаторів росту та збільшується – інгібіторів росту. Вплив цих факторів у кукурудзи призводить до коливання висоти рослин, довжини міжвузлів і висоти закладання качана [3, 13].

Зазвичай контролювати негативний вплив посухи протягом вегетації неможливо, усі технологічні заходи, які можуть підвищити комплексну стресостійкість рослин кукурудзи в полі, здійснюють лише в період до посіву або на ранніх етапах росту і розвитку [92]. Посуха може різнитися інтенсивністю (слабка, середня, сильна, надзвичайна) і сезоном, а також ступенем впливу зневоднення і перегріву. Якщо вона настає поступово, рослини встигають пристосуватися до неї (уповільнюють ріст, зменшують випаровування води та ін.). У такому разі можна отримати задовільний урожай посухостійких форм, особливо якщо посушлива погода змінюється на сприятливу. Вплив підвищеної температури (однієї зі складових посухи) на врожай кукурудзи також залежить від напруженості і тривалості її дії [13, 62].

Стійкість різних генотипів до посухи визначається зміною врожайності зерна, на яку опосередковано чи безпосередньо впливають різні морфологічні та біологічні ознаки. Тому під час оцінювання і добору посухостійких форм слід враховувати комплекс ознак. *Посухостійкість* – складна інтегрована ознака, яка контролюється не за окремими ознаками рослин, а цілісною системою організму, що по-різному реагує на дефіцит вологи [13, 45, 46].

Популяційний рівень стійкості кукурудзи до посухи залежить від функціональної організації агроценозу [13, 52]. У посушливих регіонах України особливо важливим є поєднання високої продуктивності з посухостійкістю гібридів. Нові гібриди кукурудзи в основному відносяться до інтенсивного типу й дуже вибагливі до умов зовнішнього середовища та рівня агротехніки [130].

Фізіологічний рівень стійкості має підтримувати осмотичний тиск у тканинах. Культури посушливих регіонів (ксерофіти) мають пристосування, які дають змогу підтримувати посушливі періоди і часто пов'язані з анатомічною будовою органів рослини: наявність моторних клітин, особливості розміщення продихів як на листі, так і залежно від ярусу розміщення листків, розмір продихів, щільність провідних пучків, розмір клітин, опушеність, товщина кутикули та ін. Усі названі фактори сприяють підтриманню осмотичного тиску в тканинах рослин, рівень якого може підтримуватись і біохімічними механізмами [13].

Стійкість до посухи має складну полігенну природу, тому більшість

наявних методів аналізують тільки окремі частини цієї інтегрованої ознаки. Ідентифікацію генотипів за параметрами посухостійкості слід проводити за результатами випробувань в екологічному градієнті, сформованому за допомогою різних агротехнічних заходів і пунктів із різними умовами вирощування, з обов'язковим включенням екстремальних зон, де щороку спостерігається посуха. Також досить надійним фоном є багаторічні випробування, адже контрастність умов за роками настільки значна, що здебільшого її вплив на врожайність більший, ніж зональних кліматичних відмінностей. Як правило, за допомогою цих методів повніше розкривають морфологічний та онтогенетичний рівні стійкості гібридів кукурудзи [3, 13].

Під час добору й оцінювання гібридів кукурудзи за ознакою «посухостійкість» досить надійним інструментом є створення екоградієнта густоти стояння рослин. Реакція генотипів на загущення посівів на незрошуваних землях значно коливається за роками і залежить від генотипу гібрида. У таких умовах формується особливий агрофітоценоз, у якому змінюються екологічні зв'язки індивідів і конкурентоспроможність складових ценозу кукурудзяного поля, що призводить до зміни габітусу рослин, показників морфологічних і господарських ознак [13, 112].

Останнім часом усе більше набуває актуальності дискусія щодо зміни температурного режиму планети, яку часто ототожнюють із процесом глобального потепління. Однак підвищення середньодобової температури повітря пов'язане насамперед із циклічністю клімату залежно від активності сонячної радіації. Глобальне потепління сприяло зміні груп стиглості гібридів кукурудзи, строки цвітіння скоротились на 12-15 днів, а строки дозрівання – на 18-27 днів. Більш ранні дати настання фаз вегетації можуть виражатися в додатковому врожаї за використання пізньостиглих форм або в економії енергоносіїв на сушінні. Але є й інша сторона медалі – це дефіцит вологи, в умовах потепління [155, 257, 258]

За оцінками українського Гідрометцентру, середні температури вегетаційного періоду за останні 5 років на 1,7°С перевищують 20 річні показники. Найбільша динаміка наростання відбувається в період із квітня по липень [249]. Останнім часом на території України відбулися часткові зміни атмосферної циркуляції: вологий кліматичний цикл змінився на сухий, через що підвищилися значення місцевих циклонів, зокрема чорноморських, середземноморських повітряних мас – унаслідок зменшення впливу атлантичних повітряних мас. Збільшується нерівномірність й інтенсивність опадів, тривалість бездощових періодів, зростає ймовірність агрономічно несприятливих атмосферних явищ – посухи, суховіїв, ураганів, пилових бур тощо [259].

В умовах потепління вирішення забезпеченості вологою вирішується ранніми строками сівби [155, 260, 261]. Глобальне потепління клімату розширює ареал вирощування кукурудзи, відкриває значні можливості зайняти нові площі на півночі, так середнє підвищення температур на 1ºС відсуває кордони культивування на 200 км на північ [155].

У зональному аспекті ймовірність посух зменшується від 80-90% на південних чорноземах, у Присивашші – до 40%, на чорноземах звичайних – 20-

40%, чорноземах типових центральної й південної частини Лісостепу – 10-20%. Тому навіть в умовах зони Лісостепу, ґрунти якого є еталоном родючості в Україні, один-два роки з десяти є посушливими з відчутним недобором урожаїв. Імовірність весняних посух з урахуванням локальних в Україні становить 84%, літніх – 98%, осінніх – 71%, зокрема надзвичайно посушливих і катастрофічних – 8,3 і 5,0% відповідно [259]. Отже, у період вегетації кукурудзи зменшилася кількість атмосферних опадів, у критичні періоди розвитку рослин відзначено зниження відносної вологості повітря, збільшення середньодобової температури повітря, що призводить до неповного запилення і, як наслідок, зменшення врожайності через через зерницю. Збільшується кількість днів із суховіями. Якщо спостерігаються атмосферні опади, то вони мають зливовий характер, що малоефективно, а іноді й негативно впливає на ріст і розвиток рослин [3, 83, 259].

На думку деяких дослідників, прохолодно-волога фаза клімату, що почалася в 1978-1979 рр., закінчилася на початку XXI ст.. Сучасна тепло-суха фаза розпочалася в період 2005-2007 рр., її максимум припадає на 2011-2015 рр., а закінчення – на 2025-2028 рр. Тому ці зміни, що гостро відчуваються і в нашій країні, мають тимчасовий характер і не можуть бути тільки антропогенними чинниками.

Парникові гази (GES) відіграють головну роль у регулюванні клімату, забезпечуючи підтримання середніх температур на планеті на рівні + 15°C замість +18°C. До них належать, в основному, метан (CH_4), оксид діазоту (N_2O), діоксид вуглецю (CO_2) та водяна пара. Кожен із цих газів по-різному впливає на глобальне потепління. Парниковий ефект утворюють водяна пара та хмари (72%), а також CO_2 (28%) [181].

Більшість науковців сходяться на думці, що глобальне потепління, яке спостерігається останні 100 років, починає перевищувати середні історичні коливання і вирізняється швидкістю температурних змін. Навіть якщо з початку 2000-х рр. потепління тимчасово припинилося, концентрація парникових газів, а особливо вуглецевого газу (CO_2), продовжує зростати. Антропологічне походження явища не викликає сумнівів, як вважають експерти GIEC[2] (5-й звіт, 2014 р.). Моделі кліматичних змін, розроблені експертами GIEC, передбачають чотири більш-менш песимістичні сценарії, згідно яких у період між 2081-м та 2100 рр. температура підвищиться на 0,3-4,8°C відносно середнього рівня 1986-2005 рр. Якщо ставити за мету утримувати підвищення глобальних температур нижче +2°C, слід зменшити вдвічі обсяг усіх парникових викидів у світі та вчетверо – обсяг парникових газів, які викидаються розвинутими країнами (те, що називають «фактор 4») [3, 181].

У 2012 р. загальний обсяг викидів у світі становив 49 мільярдів тонн еквіваленту CO_2, що відповідає в середньому 6 тоннам еквіваленту CO_2 на одного жителя планети. Викиди земельного сектора під назвою AFOLU, до якого належить сільськогосподарська діяльність, а також наслідки змін у цільовому використанні землі (особливо вирубка лісів), складають одну четверту загального обсягу. Сільське господарство вносить 11% обсягу викидів, серед яких основну частину складають викиди N_2O (через азотні добрива для рослин) і CH_4 (через

кишкову ферментацію жуйних тварин). Щодо викидів CO_2, загальні показники рослинництва доволі позитивні, оскільки застосування енергоносіїв, що використовуються у процесі виробництва (паливо, виготовлення добрив), значною мірою урівноважується «помпуванням» вуглецю рослинами та утриманням певної його частки в ґрунті разом із пожнивними рештками [112, 181].

Унаслідок підвищення середньодобової температури повітря на 1,0-1,5°С відбулося подовження вегетаційного періоду на 10-15 діб, збільшення кількості теплих і сухих днів, більш раннє та різке настання теплого періоду навесні. Також слід зазначити певну зміну характеру зволоження протягом року з погіршенням його у весняно-літній період, особливо в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. Враховуючи незначні відхилення середньорічних показників, брак опадів у вкрай потрібний час для розвитку та формування врожаю більшості культур компенсується здебільшого підвищенням їх кількості в осінній і зимовий періоди [262].

Потепління клімату майже зняло проблему забезпечення кукурудзи теплом. І сьогодні практично немає територій, де б кукурудзі не вистачало тепла для дозрівання [263].

Сільське господарство, рибництво, харчова промисловість, лісне господарство, деревообробка та переробка біологічних відходів перетворюють сонячну енергію на вуглецеві продукти, які можна зберігати та повторно використовувати. Для виробництва, збирання та переробки всіх цих біопродуктів необхідна енергія, але їхні екологічні показники значно кращі, ніж у традиційних галузей промисловості. Зміни у практиці ведення сільського господарства та збільшення виробництва біомаси (і, відповідно, уловлювання та зв'язування вуглецю у нових погодних умовах), селекція сортів, більш стійких до посухи, краще управління іригаційними системами, зберігання води, енергозберігаючі технології та скорочене використання мінеральних добрив – усе це шляхи вирішення проблеми, які розробляються в рамках різних дослідницьких програм [181, 264].

Але найважливіше, мабуть, це – потенціал збереження вуглецю в біомасі та в ґрунті через заорювання пожнивних решток, коріння та листового опаду з лісів, що складає потужний засіб зменшення наслідків від викидів газів. Експерти GIEC уперше проаналізували всі сектори сільського та лісового господарства, земельних ресурсів, відповідальні за викиди парникових газів. З урахуванням переробних галузей земельний сектор міг би посприяти зменшенню від 20% до 60% наслідків викидів у масштабі планети до 2030 р [181]. Щодо Європи, то внесок цього сектора може становити одну чверть усіх її зобов'язань із скорочення викидів, тобто на 40% до 2030 року [3, 181].

Рослинництво є справжньою вуглецевою шахтою завдяки механізму «помпування», який являє собою фотосинтез. Фотосинтез дозволяє рослинам забирати вуглець з повітря, зберігати його у формі органічного вуглецю та потім виробляти кисень. Уся ця біомаса може бути вивезена з поля на переробку, розкладатися (мінералізація) або ж стабілізуватися та зберігатися у ґрунті (зволоження). Залежно від умов зберігання може бути більш тривалим.

Метаболізм (метаболізм типу «C_4») дозволяє кукурудзі, сорго та цукровій тростині уловлювати більше CO_2 та виробляти більше біомаси з гектара, ніж інші рослини. Вони вміють «економити» значну частку енергії, яка виробляється в процесі фотосинтезу, оскільки позбавлені фотодихання, що робить їх пристосованими до нормального функціонування за високих температур. Це також пояснює, чому саме ці культури більш продуктивно споживають воду й азот. До того ж, як доводить базове рівняння фотосинтезу, уловлювання вуглецю та вироблення кисню взаємозв'язані: при врожайності 10 т зерна один гектар кукурудзи виробляє 10 т O_2 на рік [181].

Існує зв'язок між урожайністю біомаси культури та збільшенням запасів органічного вуглецю у ґрунті. Кукурудза на зерно виробляє значні обсяги біомаси: на тонну зерна припадає майже тонна біомаси, яка залишається в землі у вигляді решток та коріння. У масштабах Європи цей потенціал становить родовище у 100 млн т брутто вуглецевих решток. До того ж, пожнивні рештки кукурудзи містять лігнін і целюлозу із високим співвідношенням C/N (вуглець/азот), що наближається до 50. Такі властивості сприяють утворенню стабільного гумусного шару та забезпечують необхідне мікробне середовище для розпаду цих решток. Переробка цих родовищ зв'язаного на довгий термін вуглецю залежить також від способу використання решток. Правильний підхід до них дозволяє збільшити «врожайність»: раннє подрібнення та поверхневе заорювання решток (мульчування). Проте недавні дослідницькі роботи довели, що на зберігання вуглецю (і, відповідно, на результати викидів парникових газів) не впливає практика глибокого орання, а тому можна дотримуватися тих методів роботи на землі, які найбільш підходять до місцевих умов. І нарешті, вважається, що рослина кукурудзи дозволяє довготривале зберігання в ґрунті 2,2 т еквіваленту CO_2 на гектар на рік [45, 181].

Існує кілька сценаріїв впливу змін клімату на врожайність зернових культур. За оптимістичного сценарію можна припустити, що надалі температура підвищуватиметься в середньому в зонах Полісся до +14,7...+15,4 °С, Лісостепу +16,2..+19,0 °С, Степу +19,2...+22,1 °С. За вегетаційний період це вище за середньо-багаторічний показник на 1,2-1,9 °С, 1,5-2,0 та 2,0-2,5 °С відповідно. До 2050-го прогнозується підвищення температури в зоні Полісся ще на 1,2-1,9 °С, Лісостепу – 1,5-2,0 °С, Степу – на понад 2,0-2,8°С, а прогнозовані значення середньої за вегетаційний період температури становитимуть відповідно 15,3-16,0 °С, 17,0-19,8 та 19,8-22,9°С [46, 259].

Тому на перше місце виходить упровадження комплексу вологозберігальних агротехнічних заходів для максимального накопичення атмосферних опадів протягом року й використання вологи у вегетаційний період. Зокрема, це мінімізація структури посівних площ, вологозберігальні способи обробітку ґрунту, система удобрення культур і боротьба з бур'янами [259].

Інкрустація насіння гібридів кукурудзи підвищує їх посухостійкість та у два рази жаростійкість [81].

За останні роки на території України істотно збільшилася кількість погодних аномалій. З 2000 року ми мали 11, з 13 найтепліших років за останні 132 роки [265].

3.3. Відношення кукурудзи до тепла

Вагомий вплив на темпи росту кукурудзи мають температурні показники. Кукурудза відноситься до теплолюбних культур (походить із Центральної Америки), яка негативно реагує на понижені температури як під час проростання насіння, так і протягом усього періоду вегетації [43, 46, 67, 79].

До початку утворення качанів (стадія 8-го листка) рослина кукурудзи має набрати суму температур у 700°С, а до цвітіння (стадія 14 листків) – 1200°С [43]. Кукурудза легше переносить надлишок тепла, ніж його дефіцит. Температурні умови визначають настання фенологічних фаз, ріст і розвиток рослин, тобто сумарною кількістю тепла, необхідного для завершення кожного етапу розвитку починаючи від нижньої межі температури. Відповідальними періодами в формуванні зерна кукурудзи є фаза 2-3 листків, коли відбувається диференціація початкового стебла, і фаза 5-7 листків, коли визначається розмір качанів [79].

У кукурудзи потреба в теплі визначається такими показниками: сумарна кількість тепла; тривалість теплової дії (фотоперіодизм) [43, 266]. Водночас зі світлом тепло відносять до основних чинників життя рослин, необхідних умов для біологічних, хімічних і фізичних процесів [263, 266]. Розвиток кукурудзи за температури більше 10°С – повільний, а за 30-33°С - максимально швидкий. Непридатні для вирощування кукурудзи зони, де до середини літа температура становить 19°С, а нічна температура не досягає 13°С [43]. Пізні весняні та ранні осінні заморозки значно обмежують період вегетації кукурудзи [3, 45, 46].

Дати стійкого переходу середньодобової температури повітря за 10°С весною обумовлюють строки сівби теплолюбних культур, їх активний ріст і розвиток відбувається за середньої добової температури повітря вище 10°С, тому період з такою температурою називається періодом активної вегетації [266, 267]. Холодні ночі (нижче 14°С) в перший період розвитку і різке коливання денних та нічних температур сильно зменшує енергію росту та подовжує період вегетації [3].

Проростання і ріст генетично холодостійких гібридів може початися, якщо на глибині сівби температура ґрунту хоча б протягом двох годин на добу температура перевищуватиме +10°С [3, 43]. Холодостійкість рослин кукурудзи знаходиться в прямій залежності від стабільності синтезу та розкладу білкових сполук, стійкості пігментного комплексу, направленості ферментної діяльності, стану дихальної системи, фосфорного обміну й інших фізіологічних процесів.

Оптимальною для проростання рослини є температура +18…+25°С. Як і для інших рослин, сума температур, що потрібна кукурудзі, для появи першої пари розвинутих листків, становить 140°С [6, 9, 27, 46, 73]. Як за низьких, так і надмірно високих температур у рослин уповільнюються фізіологічні функції – фотосинтез, дихання, транспірація тощо. Надмірно високі температури (вище оптимальних) призводять до посилення розпаду речовин і послаблення синтезу, глибоких порушень життєвих функцій органів рослин, внаслідок чого вони гинуть [266].

Кукурудза у фазі сходів витримує зниження температури до -5-6°С,

протягом 3-5 днів. Навіть якщо ушкоджені листки частково пожовтіють і відімруть рослини швидко відновлюються, точка росту (верхівкова брунька, з якої вподальшому утвориться волоть) до фази 3-6 листків знаходиться у ґрунті та залишається неушкодженою та добре захищеною від заморозків, і з настанням тепла рослини швидко відновлюють ріст [24, 57, 73, 230, 237]

Рослини, які зазнали впливу низьких температур, набувають білого або антоціанового кольору. Небезпека повернення весняних приморозків в Україні спостерігається раз на 5-6 років. Якщо зниження температури (нижче за -5°С) триває кілька годин, то кукурудза вимерзає незалежно від фази розвитку [6, 13, 27, 44]. Температури, які призводять до повного пошкодження сходів кукурудзи, залежать від типу ґрунту та наявної кількості вологи [43, 57]. Сходи, пошкоджені тривалими приморозками, можуть загнивати (симптоми: темний колір, водянистість тощо) [43, 57, 67].

Конус наростання (точка росту), із якої згодом сформується волоть, що знаходиться у ґрунті (до утворення 6-7 листків), вкрита багатьма листками і здатна швидко відновлюватися (протягом неділі), адже після появи сходів коренева система розвивається швидше, ніж пагін [43, 67].

У цей період рослини живляться головним чином органічними речовинами ендосперму насінин, який підвищує їхню стійкість до холоду. За настання теплої погоди рослина швидко відновлює свій ріст. Знаючи цю біологічну особливість кукурудзи, можна висівати її в більш ранні строки і цим самим додатково отримувати 200-300°С тепла [79].

У фазі 2-3 листків кукурудза витримує приморозки до -2°С, сходи гинуть за температури нижче -3°С [6, 9, 27, 67, 79]. Вегетативні органи рослин пошкоджуються заморозками до -2…-3°С, генеративні органи – до -1…-2°С [73]. Зерно в качанах пошкоджується в фазі молочно-воскової стиглості при температурі -2,5-4,0°С [67, 73]. Цю біологічну особливість потрібно враховувати під час підбору гібридів, визначенні термінів сівби і збирання.

Пізні осінні заморозки (-2-4°С)завдають більше шкоди, ніж весняні, оскільки пошкоджені рослини припиняють свою життєдіяльність унаслідок відмирання листків [43, 46, 79, 237].

Низькі температури знижують урожай репродуктивних органів (зерно), але збільшують загальну масу побічної продукції [266]. Рослини кукурудзи на піщаних або дуже сухих ґрунтах більш сприйнятливі до пошкодження морозом [57].

Проростання кукурудзяного зерна починається вже за +6°С. Однак за такої температури ґрунту зародок розвивається дуже повільно і зазвичай підпадає під негативний вплив шкідників і хвороб. Повільне проростання зернівок і відсутність дружних сходів на полях із ранніми строками сівби пояснюють саме цими обставинами [43].

Я. Грушка (1965) [268] підкреслює, що проростки кукурудзи пробивають оболонку зерна за температури +8°С, сходи в польових умовах появляються тільки за +10-12°С.

Підвищення температури після проростання зерна кукурудзи не має суттєвого значення, проте, починаючи з фази трьох листків й до фази цвітіння

залежність інтенсивності росту та розвитку від підвищення температури є майже лінійною, прямо пропорційною. Темп росту рослин в інтервалі 10-30°С з підвищенням температури змінюється лінійно, що підкреслює високу ступінь залежності ростових процесів від температури [43, 46].

Рівень температури визначає строки появи в кукурудзи наступних листків, настання фенологічних фаз, чим вища температура повітря, тим швидше з'являється наступний листок. За швидкістю утворення та появи можна розрізнити дві групи листків*: перші три листки* формуються за рахунок запасів насіння; усі *інші листки* з'являються значно пізніше. Суттєвої різниці в темпах утворення листків між сортами кукурудзи, що відносяться до різних груп за тривалістю вегетаційного періоду, немає. За температури нижче +6,6°С нові листки не виростають. Мінімальна температура, за якої ще формуються вегетативні органи 10-11°С, найкращі умови для цього періоду за температури 16-20°С, а генеративних 19-23°С [43].

Температура, що перевищує +35…+38°С, є несприятливою для життєдіяльності та викликає, зокрема, осідання білків. За температури, яка перевищує верхню межу базової, тобто, так звану «стелю температури», не відмічається накопичення вегетативної маси, більше того, очевидними стають процеси розпаду (розкладання) [3, 43, 45].

Тривале підвищення температури повітря вище +38ºС в період цвітіння кукурудзи, яке супроводжується водневим стресом призводить до абортивності зернівок і різкого зниження врожайності [6, 9, 27, 43, 155].

У репродуктивній стадії свого розвитку кукурудза дуже чутлива до високої температури і за цією ознакою наближається до вимог сорго. Молоді рослини кукурудзи порівняно з дорослими стійкіші до дії високої температури. Хоча три поспіль спекотних дні (температурний максимум вище за 38°С) у період викидання волоті та стовбура маточки негативно впливають на розвиток близько 70% зерен [43].

У перші два тижні після появи сходів (15 днів) середньодобовий приріст рослин у висоту, за оптимальних умов вегетації, становить 1,2-2,4 см, потім він уповільнюється на 10-12 днів до 0,2 см за добу (у цей час формуються вузлові корені і тому ріст у висоту сповільнюється) і вже перед викиданням волотей досягає максимальної величини – 4-7 см за добу в разі доброї вологості ґрунту та середньодобової температури +21°С а за температури (+ 24°С) – 7-8 см, якщо температура вища +30°С, темпи росту кукурудзи сповільнюються внаслідок інтенсивного використання вологи на випаровування [6, 9, 27, 57, 230].

У сприятливу погоду в темпах приросту у висоту відзначено два максимуму: перший у 23-25 денному віці, другий за 7-10 днів до викидання волоті. Нерідко в першому максимумі абсолютний приріст буває навіть більшим, ніж у другому. До завершення фази викидання волоті ріст стрімко сповільнюється [269, 270].

Залежно від водозабезпеченості рослин, відмінність температури рослинної тканини й температури повітря може становити ±2-3°С. Значення відмінностей у температурних величинах, що характеризують рослину та довкілля, оцінюють пізніше, коли помітними стають уповільнення процесів

розвитку рослин (за умов зниження температури рослинної тканини порівняно з температурою повітря) або, навпаки, стимуляція ***росту*** (за умови, коли температура рослинної тканини вища за температуру довкілля) [43]. Напрямна роль температури довкілля проявляється у процесах водообміну (водного режиму) рослини таким чином, що інтенсивність транспірації збільшується з підвищенням температури, отже, у рослинному організмі стимулюються енергозабезпечуючі реакції.

У період генеративного розвитку кукурудзи потреба в теплі в різних за скоростиглістю гібридів, як правило, приблизно однакова. Однак у зв'язку з тим, що у більш пізньостиглих гібридів завершаючим фазам відповідають більше пониження середньодобових температур, календарні строки, необхідні для проходження цих фаз, у них значно збільшуються, порівняно із середньоранніми та середньостиглими гібридами [46, 271].

Знання суми температур дозволяє прогнозувати настання тих чи інших фаз росту та розвитку рослин, планувати проведення певних технологічних операцій і тим самим керувати формуванням урожаю зерна кукурудзи [43].

Рослини кукурудзи найчутливіші до тепла в період формування генеративних органів та інтенсивного росту. Оптимальна денна температура повітря в цей час має становити +22…+30°С, а нічна +18°С [45, 46], зниження її до (14-15С) +12…+15°С та нижче може призупинити частково (листя молодих рослин набуває жовтого кольору, так як для утворення хлорофілу потрібна більш висока температура, коренева система розвивається повільно, період вегетації подовжується, рослини легко уражуються хворобами) або повністю розвиток рослин зупиняється, за температури +10°С. У фазі цвітіння підвищення температури понад +25°С негативно впливає на запилення рослин. Максимальна температура, за якої припиняється ріст рослин кукурудзи у висоту, становить 45-47°С, а мінімальна - 4-5°С [6, 9, 13, 46].

Підвищення температури повітря в період вегетації рослин сприяє прогріванню ґрунту, що позитивно позначається на процесі мінералізації наявних запасів азоту в ґрунті, у результаті чого рослини кукурудзи отримують його в доступній нітратній формі у вирішальні фази свого розвитку під час формування качана [9, 46].

Тривале підвищення температури повітря (більше +30ºС), відносній вологості повітря нижче 30% і недостатніх запасах вологи (менше 20 мм у шарі ґрунту 0-50 см) рослини кукурудзи пригнічуються, у період цвітіння кукурудзи призводить до стерильності пилку, пересихання ниток качанів, появи черезщерниці на качанах, формування дрібного, слабо наповненого зерна [25, 27, 73, 79].

Однак за достатньої вологості ґрунту високі температури не завдають значної шкоди посівам кукурудзи [45, 46]. За температури вище +30…+35°С у фазі цвітіння та відносній вологості повітря біля 30% пилок протягом 1-2 годин після розтріскування пиляків висихає, втрачаючи здатність до проростання. Пилок, що появився рано-вранці, а також у другій половині жаркого дня, зазвичай буває нежиттєздатним. За прохолодної погоди він зберігає життєздатність протягом доби [83].

Цвіте кукурудза за низької температури: середньодобової 10,6°С і максимальної денної 18,8°С. Надмірно висока температура в цей період значно шкідливіша, ніж низька [45, 46]. Якщо така погода наступає за 10-12 днів до цвітіння і триває 20-25 днів, то це призводить до зневоднення рослин, запізнення цвітіння качанів, розриву в строках цвітіння качанів і волоті, безпліддя великої кількості рослин і різкому зниженню врожайності. Тому, розраховуючи суму ефективних температур, не враховують температуру вище +30°С [83].

Жарка суха погода нерідко призводить до підвищеного випаровування вологи - і коренева система не встигає подавати її в надземну частину, внаслідок чого рослини страждають від посухи. Формування, налив і дозрівання зерна може відбуватись за порівняно низької температури повітря: середньодобової 11-12°С і максимальної денної 15°С. Фази наливу, молочної стиглості зерна, молочно-воскової стиглості настають швидше за більш високих температур. Різко збільшуються міжфазні періоди за температури нижче 14-15°С [3, 46].

Оптимальним для кореневого живлення є інтервал температури від +20 до +25°С, тоді рослини добре використовують поживні елементи з ґрунту. Проте через зміну клімату такий температурний діапазон скоротився від трьох до одного місяця [41, 73].

Коли температура в зоні кореневої системи нижча за +14°С, рослина зможе засвоїти лише 20,9% від наявних у ґрунтовому розчині рухомих форм фосфору. В умовах посухи, коли ґрунтовий розчин практично відсутній, відбувається порушення макроелементного живлення: калій і фосфор рослиною не засвоюються, порушується метаболізм азоту, накопичується етилен, який призводить до старіння рослин, зумовлюючи незворотні процеси початку загибелі рослин [258].

Якщо ґрунт протягом вегетації кукурудзи не прогрівається вище 16°С, то затримується розвиток репродуктивних органів і пізньостиглі гібриди не дозрівають. У разі чергування жарких і холодних днів темпи росту рослин сповільнюються й урожай знижується [79].

В Україні суми середньодобових ефективних температур (понад +10°С) варіюють від 1800 до 2300°С на Поліссі, від 2300 до 2900°С – у Лісостепу та від 2900 до 3500°С – у Степу. Період із середньодобовою плюсовою температурою понад +10°С триває у середньому: на Поліссі – 156-160, у Лісостепу – 156-170 і в Степу – 166-187 днів [13, 27]. Сума біологічно активних температур, необхідних для дозрівання скоростиглих гібридів, становить 1800-2200 С, середньо і ранньостиглих – 2300-2600 С, пізньостиглих – 2800-3200 С [46, 79, 83, 239].

Для досягнення фази молочно-воскової та воскової стиглості ранньостиглим гібридам потрібна сума ефективних температур у межах 720-770°С, середньораннім 760-820°С, середньостиглим 820-890°С і середньопізнім 880-960°С [3, 83].

Підвищення ефективних температур у період інтенсивного росту та розвитку зі 100 до 400°С, за запасу продуктивної вологи 80-90 мм забезпечується збільшення площі листової поверхні в рослин кукурудзи [3, 46].

Для вирощування на зерно в умовах Вінницької області придатні гібриди ранньостиглої та середньостиглої кукурудзи [46]. Вимоги до тепла звичайно

підвищуються під час цвітіння, утворення та формування зернівок [27].

Сумарна температура, яка здатна забезпечити нормальний розвиток і врожай, становить 1100 С. Зростання сумарної температури на 100 С збільшує врожай на 1,6 ц/га [53]. За вологості зерна біля 20% чутливість насіння до понижених температур помітно зростає, а вище 25% вони пошкоджуються за мінус 6-8° [237].

Температурний чинник сьогодні не є лімітуючим для отримання зерна кукурудзи з високим ступенем зрілості, що підтверджується науковими дослідженнями та практикою [28].

3.4. Відношення рослин кукурудзи до умов освітлення

Для доброго розвитку вегетативних і особливо генеративних органів кукурудза потребує інтенсивного сонячного освітлення, особливо в перший період вегетації [46, 79]. Світло безпосередньо впливає на метаболічні поглинання іонів шляхом зміни електропотенціалу клітинних мембран і збільшення їх проникності, що підвищує активність ферментів [3].

Зменшення тривалості світлового дня пришвидшує генеративний розвиток кукурудзи, що зумовлює в подальшому кращу якість урожаю за рахунок крохмалю. Чим пізніший гібрид, тим сильніша реакція на тривалість світлового дня в нього спостерігається [9].

Основною перепоною для інтенсивного поширення кукурудзи в більш північних регіонах виявилась фотоперіодична реакція рослини на тривалість світлового дня. Тропічні види рослин зазвичай відносяться до культур короткого світлового дня [46], і для формування ними генеративних органів необхідно, щоб тривалість дня була близько 12 год. та менше, а якщо вона становить 15-17 год. – відбувається, в основному, інтенсивне нарощування вегетативної маси [13, 27, 43, 44, 67].

Кукурудза найшвидше зацвітає за 8-9-годинного дня [27, 44, 46]. Мінімальна сила освітлення, достатня для цвітіння та плодоношення, – 4000-8000 лк (для ячменю 1800-2200 лк). У разі затінення зменшується поглинання рослинами азоту, фосфору, калію, і особливо магнію, що сповільнює процеси формування органів плодоношення [46]. Нормальний ріст і розвиток рослин спостерігається за тривалості дня 12-14 годин [27, 44, 73].

Адаптація кукурудзи до вирощування в умовах довгого світлового дня відбулася виключно завдяки селекції. Скорочення тривалості світлового дня пришвидшує розвиток кукурудзи. Так, зменшення тривалості світлового дня сильніше впливає на рослину, аніж зростання температури. До того ж, чим пізніший гібрид, тим сильніша в нього спостерігається реакція на тривалість світлового дня [9].

Протягом вегетації кукурудза конвертує в урожай зерна лише 2-4% світлової енергії. Ефективність освітлення включає: відбивання світла, кут нахилу листка та напрямок рядка [272].

За відношенням до світла, кукурудза світлолюбива культура, яка любить

інтенсивне опромінювання (700-1200 Вт/м^2). Чим більше рослина утримує світла, тим інтенсивніше вона росте, тим швидше утворюється листя і тим раніше змикаються рядки [6, 9, 27].

Навіть незначне затінення бур'янами або в разі загущення, особливо в молодому віці, призводить до зменшення листової поверхні рослин, загальмовування настання фенологічних фаз, ослаблення поглинання елементів живлення, зниження врожайності та білковитості зерна. У загущених посівах рослини тонкі, із блідно-жовтим кольором, значна кількість їх утворює дрібні качани або не утворюють їх взагалі [6, 79]. Затінення, яке спостерігається в разі загущення, а також вирощування кукурудзи в умовах довгого дня, сприяє інтенсивному наростанню вегетативної маси та зниженню зернової продуктивності. Наведена закономірність генетично детермінована [73].

Сильне загущення посівів (ранні гібриди – вище 120, середньоранні – вище 80-90, середньостиглі та середньопізні – вище 60-70 тис. рослин на 1 га) призводить до зниження маси качанів і врожаю зерна, але водночас підвищення зеленої маси (за вирощування на силос) [67, 73].

Рослини зі слаборозвиненою листовою поверхнею звичайно мають поганий розвиток, який негативно впливає на формування качанів, так як вони накопичують мало вуглеводів, які в першу чергу використовують на свій ріст чоловічі суцвіття, а жіночі суцвіття розвиваються пізніше, відчуваючи в них дефіцит [79]. Як у загущених посівах, так і при сильному забур'яненні відбувається «стікання» рослин у молодому віці, незважаючи навіть на достатню кількість вологи та поживних речовин у ґрунті [45, 46].

3.5. Відношення рослин кукурудзи до родючості грунтів

Рослини кукурудзи позитивно реагують на підвищення ґрунтової родючості [27]. Кукурудза вирощується на різних ґрунтах, але має підвищені вимоги до елементів живлення [36].

За правильного обробітку й удобрення високі врожаї кукурудзи можна отримувати майже на всіх ґрунтах. Кращими є ґрунти з доброю аерацією, глибоким орним горизонтом, який сприяє розвитку потужної кореневої системи, багаті на азот чорноземні, темно-каштанові, темно-сірі ґрунти [46, 67, 79]. Для вирощування кукурудзи придатні ґрунти із вмістом гумусу вище 1,2%, глибоким орним горизонтом, добре окультурені та керовані [79].

Непридатні для кукурудзи ґрунти, схильні до заболочування, сильно запливаючі (холодні), засолені та ґрунти, які мають pH нижче 5 [44]. Перезволожені глинисті ґрунти повільно прогріваються, мають понижену температуру, навіть після посіву кукурудзи є надлишок води, спостерігається дефіцит кисню в кореневмісному шарі [45, 46]. Сповільнюється надходження фосфору в корені рослин, як наслідок, у результаті зниження вмісту загального, органічного та нуклеїнового фосфору порушуються процеси фосфорилювання, енергетичні процеси в коренях і білковий обмін у рослинах [44].

Сучасні гібриди кукурудзи культивуються за широкого діапазону

кислотності ґрунту, починаючи від pH (H_2O) 5,6 до і 7,2 та вище [27, 44, 56]. За pH 3 в розчині корені кукурудзи пошкоджуються, а за pH 9 не здатні поглинати фосфати. За сильної кислотності ґрунту спостерігається недостатнє поглинання кальцію, а інколи і фосфору, з одного боку, і надлишок алюмінію та марганцю, з іншого[46].

Кукурудза погано росте на кислих ґрунтах (pH<5,5), тому без вапнування, незважаючи на внесення високих норм органічних і мінеральних добрив, на них практично неможливо виростити високий урожай [15, 27, 235]. Також непридатними для вирощування кукурудзи є ґрунти з лужною реакцією ґрунтового розчину [46, 83].

Ґрунти з підвищеною кислотністю (pH нижче 5) сприяють поширенню хвороб кукурудзи [46]. Зменшення кислотності ґрунту за допомогою внесення вапнякових матеріалів сприяє зниженню (на 10%) розвитку гельмінтоспоріозу [273]. Кислотність (або лужність) ґрунту може впливати на мікроорганізми [274].

Окрім кислотності важливе значення для кукурудзи має аерація ґрунтів. Вона краще росте на добре аерованих (повітряноємких) ґрунтах, оскільки за нестачі кисню гальмується ріст кореневої системи, порушується засвоєння поживних речовин і води [27, 217].

На фоні природної родючості ґрунтів у діапазоні вмісту гумусу в орному шарі 1,0-4,5% за сприятливого зволоження кукурудза здатна забезпечити 3,5-5,5 т/га зерна без застосування мінеральних добрив [21].

У процесі проростання насіння кукурудзи потребує хорошої аерації, так як крупні зародки його поглинають багато кисню. Аерація ґрунту здійснює прямий і опосередкований вплив на поглинання поживних речовин рослинами, що, перш за все, відображається на діяльності кореневої системи. Склад повітря, його вологість і рух у посіві та ґрунті має суттєву роль у рості, розвитку і продуктивності кукурудзи. Вміст кисню в ґрунтовому повітрі, вуглекислого газу та побічних продуктів анаеробного розкладу органічних речовин (метан, водень, сірководень), накопичуються в ґрунті, здійснюючи різний вплив на кореневу систему [45, 46, 83].

Кукурудза потребує інтенсивного притоку кисню в ґрунт як під час проростання насіння, так і пізніше – для розвитку потужної кореневої системи [79]. Отримання високих врожаїв кукурудзи забезпечується ґрунтовим вмістом кисню не менше 18-20%, біля 10% ріст коренів сповільнюється, а при 5% припиняється на протязі вегетації [46]. За недостачі кисню корені поглинають його із окислених сполук, що викликає появу нітратів у розчині і хлороз рослин, у результаті пригнічуються процеси біосинтезу та ріст кукурудзи. Достатнє надходження в ґрунт кисню підвищує життєдіяльність коренів, поглинання ними води й елементів живлення із ґрунту [3, 45, 83].

Від дихання коренів залежить вбирна здатність, і аеробне дихання є джерелом енергії, необхідної для здійснення цього процесу. У підорному шарі ґрунту при перезволоженні або утворенні щільної кірки на поверхні може містити CO_2 до 5-7% при зменшенні кисню до 10-15%. Висока концентрація CO_2 токсична для коренів рослин кукурудзи, знижує життєздатність більшості

аеробних мікроорганізмів [3, 46]. Оптимальна щільність ґрунту для кукурудзи на більшості типів ґрунтів повинна бути в межах 1,1-1,3 г/см^3 [46]. Не можна допускати як надто ущільнення кореневмісного шару, так і надто рихлого його стану [275-277]. За щільності (об'ємній масі) 1,5 г/см^3 і вологості ґрунту вище 30% спостерігається недостатня дифузія CO_2, яка перешкоджає життєдіяльність кореневої системи [3, 46].

За механічним складом найкраще придатні для вирощування кукурудзи – середньо- і легкосуглинкові ґрунти [27, 44, 237]. На легких ґрунтах кукурудза формує добре розвинену кореневу систему. Вони швидше прогріваються, що важливо для раннього посіву. Наприкінці весни і на початку літа температура на легких ґрунтах на 1,5-2,0°С вища, ніж на важких ґрунтах, а за рахунок більш високої температури ґрунту рослини розвиваються швидше [46, 83]. За структурою, кращими вважаються такі ґрунти, в одиниці об'єму яких міститься 50% твердої фракції, 25% води і 25% повітря [45, 46].

На чорноземах кукурудза відчуває потребу в цинку [3, 83], внесення фосфорних добрив на таких ґрунтах не сприяє росту врожайності кукурудзи [278]. Кукурудза здатна використовувати важкорозчинні фосфати алюмінію і заліза, які слабо використовуються іншими культурами [3, 8,, 278].

На важких суглинистих ґрунтах спостерігається поява ґрунтової кірки, що призводить до порушення повітряного, водного та температурного режимів. У таких умовах частина насінин гине, запізнюється поява сходів кукурудзи, у результаті чого посіви зріджені та засмічені бур'янами [279]..

Не можна вирощувати кукурудзу на ґрунтах із високим рівнем підґрунтових вод. Ґрунтові води повинні залягати на глибині не менше 1 м від поверхні ґрунту [3, 79].

3.6. Перерозподіл тепла у вегетаційний період кукурудзи

Біологічним нулем для кукурудзи прийнято вважати температуру +10 °С, а найбільш сприятливим для росту й розвитку є +25-28° С. Тепловий баланс для кукурудзи обчислюється сумою ефективних температур (вище +10 °С) і позначаються індексом ФАО. Під час вирощування кукурудзи одним із найважливіших показників виступає кількість тепла протягом вегетаційного періоду в даній зоні. Канадськими агрометеорологами розроблена система Crop Heat Units для розрахунку суми ефективних температур для теплолюбивих культур, яка враховує точніше деякі обставини розвитку рослин за різних температур [3, 28, 266].

Суми ефективних (активних) температур дозволяють також оцінювати теплові ресурси місцевості щодо вирощування кукурудзи та розвитку шкідників, хвороб. Необхідно відзначити, що низькі температури знижують урожайність репродуктивних органів (зерно), але збільшують загальну масу побічної продукції [266].

Crop Heat Units – дослівно «одиниці кількості тепла для рослин» (*CHU*) – за допомогою неї здійснюють планування та контроль за розвитком

теплолюбивих культур. Знання про кількість *CHU* окремого гібриду може допомогти аграріям визначити кількість днів, необхідних від сівби до досягнення повної стиглості, а, отже, обрати той гібрид, що буде найкраще відповідати умовам конкретної зони вирощування [3, 266].

Від сівби до повної стиглості, або досягнення «чорного шару», швидкість дозрівання кукурудзи залежить від суми позитивних середньодобових температур у цей період. Якщо довгий час триває прохолодна погода, це не сприяє швидкому розвитку культури. Але якщо середні температури достатньо високі, культура дозріває значно швидше. Знаючи суму необхідних температур для певного гібриду, можна співставляти її з сумою позитивних температур у вашій зоні і прорахувати з точністю до 3-5 днів, коли ваша кукурудза досягне повної стиглості. Відповідно, це дасть можливість заздалегідь розпланувати усі необхідні операції із збирання урожаю, розрахувати кількість необхідних ресурсів, завантаженість, домовитись із обслуговуючими компаніями, з елеватором [266].

За досягнення повної стиглості кукурудза втрачає вологість зі швидкістю 0,4-0,6% за добу, тому раціональним буде добір гібрида, який дозріває дещо раніше, ніж температура досягне мінусових значень, що дозволить природнім шляхом досушити вологе зерно.

Проведемо аналіз використання теплових ресурсів та оцінку перерозподілу тепла на різних етапах органогенезу рослинами кукурудзи залежно від елементів технології (табл. 25).

25. Суми ефективних температур по місяцях вегетації кукурудзи за даними Хмільницької метеостанції, °С

Місяць	Сума ефективних температур (≥+10 °С)							
	середньо-багаторічна, ºС	роки досліджень						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
квітень	128	130	263	264	138	125	257	214
травень	461	469	527	538	488	464	449	426
червень	543	582	582	583	504	572	591	568
липень	627	631	685	590	626	654	641	605
серпень	601	574	599	573	610	663	607	650
вересень	415	445	479	273	453	509	468	445
жовтень	130	122	125	110	112	0	0	116
Сума за квітень-жовтень	2905	2953	3260	2931	2931	2987	3010	3024

Дослідженнями встановлено, що сума ефективних температур за роки досліджень істотно відрізнялась, так, зокрема за період квітень-жовтень, за середньобагаторічними показниками вона становила 2905°С, у 2011 році – 2953°С, у 2012 році – 3260°С, у 2013 році – 2931°С, у 2014 році – 2931°С, у 2015 році – 2987°С, у 2016 році – 3010°С, у 2017 році – 3024°С. Тобто різне значення суми ефективних температур вказує на контрастність років досліджень за температурними ресурсами, що в кінцевому результаті впливало на особливості росту й розвитку рослин кукурудзи, особливо залежно від

застосування різних строків сівби.

Проведення сівби в перший строк забезпечувало ранню появу сходів кукурудзи, що дозволяє додатково використати 10-14 ºС. Запізнення зі строками сівби призводить до скорочення вегетаційного періоду досліджуваних гібридів кукурудзи за рахунок менш тривалого надходження теплових ресурсів.

Аналізуючи вищезазначені роки поведених досліджень, встановлено, що у 2011 році протягом червня спостерігалося істотне збільшення кількості ефективних температур (39 °С), а в серпні цього ж року, навпаки, скорочення кількості тепла на 27 °С, порівняно з середньобагаторічним показником. Інші місяці за значенням надходження ефективних температур майже не відрізнялися від середнього багаторічного показника.

У 2012 році спостерігалося істотне підвищення суми температурних показників, особливо в періоди інтенсивного росту й розвитку кукурудзи (травень-липень). Зростання суми ефективних температур у травні склало 66 °С, в червні – 39 °С, а в липні – 58 °С. Окрім того, спостерігалося суттєве зростання суми ефективних температур у квітні (133 °С) та у вересні (64 °С) 2012 року, що позитивно вплинуло на вологовіддачу досліджуваних гібридів кукурудзи.

Зростання суми ефективних температур на 134 °С порівняно з середнім багаторічним значенням у 2013 році у квітні позитивно вплинуло на проростання насіння гібридів кукурудзи раннього строку сівби. Окрім того, у травні зростання суми ефективних температур становило 77 °С, у червні – 40 °С, а в липні, серпні, вересні та жовтні відбувалося зменшення суми ефективних температур на 37 °С, 28 °С, 142 °С та 20 °С, відповідно.

У 2014 році у квітні зростання суми ефективних температур було незначне 10 °С, а в червні, навпаки, спостерігалося зменшення суми ефективних температур на 39 °С порівняно з середньою багаторічною. В інші місяці сума ефективних температур наближалася до значення середньої багаторічної.

У 2015 році істотне зростання суми ефективних температур зазначено у червні - на 29 °С, липні – 27 °С, серпні – 62 °С та вересні – 94 °С, порівняно з середньобагаторічною. У жовтні температура повітря не перевищувала 10°С. Таке зростання температури протягом червня-вересня негативно вплинуло на ростові процеси в даний рік досліджуваних гібридів кукурудзи, у зв’язку з тим, що в цей період спостерігався ще й дефіцит вологи.

2016 рік характеризувався перевищенням суми ефективних температур: у квітні на 129 °С, червні – 48 °С та вересні місяці на 53 °С. Зменшення суми ефективних температур у даний рік також спостерігалося в травні та жовтні, відповідно на 12 °С та 130 °С, що внесло свої корективи в ріст і розвиток гібридів кукурудзи.

У 2017 році зазначено зростання суми ефективних температур у квітні - на 86 °С, червні - на 25 °С, серпні - на 49 °С та вересні - на 30 °С. Водночас зменшення суми ефективних температур у цей рік спостерігалося протягом травня - на 35 °С, липня - на 22 °С та жовтня - на 14 °С.

РОЗДІЛ 4
МОРФОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

4.1. Характеристика висоти рослин і кріплення качанів у сучасних гібридів кукурудзи

Наразі всі технологічні схеми вирощування кукурудзи на зерно включають механізацію вирощування та збирання. Із морфологічних ознак найбільший вплив на механізоване вирощування та збирання мають висота рослин і висота прикріплення качанів [195, 280, 281].

Висота рослин, обвисання качанів впливають на якість збирання, його швидкість та енерговитрати. Чим вища рослина, тим більші затрати на збирання. Тому для гібридів зернового типу важливо мати невелику висоту рослин (150-180 см) та оптимальне (не менше 50 см) прикріплення господарсько-цінного качана [3, 83].

Ріст і розвиток рослин відображають усю сукупність процесів взаємодії організму з факторами зовнішнього середовища. Висота рослин є одним з визначальних показників реакції рослин на умови вирощування [87, 88, 96, 280].

Збільшення інтенсивності ростових процесів – це, перш за все, фізіологічне явище [282]. Висота рослин і кріплення качанів - це генетичні ознаки, які значною мірою залежать від денного освітлення, вологості повітря, ґрунту, температури [87, 88, 96], густоти стояння, скоростиглості гібриду та строків сівби [89].

Зміщення строків сівби на більш пізні призводить до перевизначення фенотипової реалізації генотипу ліній і гібридів за показниками «висота рослин», «висота прикріплення качана», «динаміка приросту висоти рослин», а також зміні напрямків варіювання ознак продуктивності [87, 88]. За підвищення густоти посіву більше ніж 10 тис. рослин/га відносно мінімального стояння висота рослин зменшується на 1-12 см. Внесення мінеральних добрив забезпечувало зростання цього показника на 4-21 см відповідно [89, 91, 130].

Максимальне значення висоти рослин у гібридів кукурудзи спостерігається у вологі роки та в зонах із достатнім вологозабезпеченням [89]. Висота рослин також залежить від фону мінерального живлення та морфо-біологічних особливостей гібрида [3, 83, 270].

Внесення добрив сприяє збільшенню висоти рослин і прикріпленню качанів порівняно з неудобреним фоном [96, 283]. Використання позакореневого підживлення (мікроелементів сумісно з азотними добривами під час вегетації кукурудзи зумовлює підвищення адаптивності рослин до несприятливих стрес-факторів довкілля та сприяє покращанню інтенсивності ростових процесів [111, 270, 284-285].

Особливий вплив на ріст і розвиток рослин мають фітогормони, для яких визначена здатність до регуляторного впливу за умов стресу на геном рослин [101, 286]. Застосування ліпохітоолігосахариду (ЛХО – технологій) сприяє

підвищенню лінійних розмірів рослин кукурудзи [208].

У літературі наводяться досить суперечливі дані відносно зміни висоти рослин залежно від ступеня стійкості до посухи.

На думку О. Н. Панфілової та С. Ю. Сергеєва [287], високорослі форми більш толерантні до стресових умов (дефіциту вологи).

Висота рослин має істотну залежність з врожайністю, що часто висвітлює біологічну закономірність, пов'язану з тривалістю вегетаційного періоду [3, 270]. Висота рослини та кількість листків на ній знаходяться в тісній залежності з тривалістю вегетаційного періоду та продуктивністю. Ранньостиглі форми інтенсивно ростуть і накопичують вегетативну масу на початку розвитку, тоді як пізні розвиваються більш рівномірно впродовж всієї вегетації, або інтенсивніше наприкінці [3, 101, 288, 289].

Збільшення висоти рослин відбувається відповідно до показника ФАО [3, 270]. Низькорослі гібриди за однакової тривалості вегетаційного періоду і кількості листків значно поступаються за врожайністю високорослим [101].

Інтенсивний ріст рослин кукурудзи у висоту відбувався від фази 11-12 листків до фази викидання волоті. У деяких випадках, за сприятливих умов вологозабезпечення та температурного режиму, ріст рослин кукурудзи у висоту продовжується до настання фази молочно-воскової стиглості [270]. Знання темпів росту та розвитку рослин кукурудзи в онтогенезі дає можливість своєчасно впливати на процеси формування високої продуктивності культури.

Висота рослин тісно пов'язана з висотою прикріплення качана [3, 83]. Качани, які розташовані близько до землі, більше пошкоджуються хворобами та шкідниками, гірше втрачають вологу під час дозрівання. Низьке прикріплення качана перешкоджає якісному механізованому збиранню кукурудзи [112]. Але надто високе розташування качанів також часто призводить до зломів стебла і вилягання рослин. Оптимальне прикріплення качана забезпечує ефективне збирання врожаю [101].

Ю. О. Лавриненко, С. Я. Плоткін [290] встановили зворотний кореляційний зв'язок між висотою рослин і ступенем ураження стебловими гнилями. Вочевидь, переміщення центру ваги рослини далі від поверхні ґрунту, у генотипі з високим розташуванням качанів, призводить до поліпшення механіки зламу стебла внаслідок хвороб і пошкоджень.

У початковий період свого розвитку та росту качани кукурудзи зазвичай спрямовані вгору, у деяких гібридів таке положення вони зберігають до фази повної стиглості зерна, а в інших біотипів – після достигання обвисають. Чим менше обвисають качани і чим вище вони розташовані, тим кращі умови створюються для механізованого збирання і тим менші бувають втрати [195].

Нижня межа висоти прикріплення качанів для проведення механізованого збирання становить 40-50 см над поверхнею ґрунту (машинозбирність зернової частини повинна становити не менше як 97-98%) [62, 195].

Важливе значення для комбайнового збирання має положення качана на стеблі. Невелике провисання оберігає його від перезволоження, оскільки під обгортку не затікає вода під час дощу, зерно в таких качанах сухіше, якщо порівняти із зерном вертикально розташованих качанів. Проте сильне поникання

качана, що має довгу ніжку, коли його верхівка розташована низько над землею, може бути причиною ураження цвіллю та пошкодження гризунами, а під час збирання качани не потрапляють на подаючі ланцюги комбайнів, травмуються та залишаються незібраними, що призводить до значних втрат урожаю [62].

У сучасних гібридів кукурудзи висота прикріплення верхнього основного качана становить 70-100 см, а кожний наступний качан кріпиться зазвичай на 15-20 см нижче за попередній. У деяких біотипів ніжка кріплення качана (довжина зазвичай 5-20 см) у період дозрівання зерна внаслідок тиску його маси може згинатися (обвисання качанів), або в разі її пошкодження шкідниками – переламуватися, тоді другий і третій качани в окремих випадках можуть розміщуватися низько над поверхнею ґрунту або й лежати на ній, це зумовлює погіршення якості збирання врожаю. Тому в разі використання у виробничих посівах, схильних до багатокачанності гібридів кукурудзи, перед збиранням урожаю доцільно особливу увагу приділяти правильному налагодженню збиральної техніки, щоб мінімізувати втрати зерна [195].

4.2. Вплив умов вегетації й елементів технології на лінійні розміри рослин і висоту закладання качанів у гібридів кукурудзи

Для технології вирощування та збирання кукурудзи на зерно важливе значення мають морфологічні ознаки рослин, зокрема висота рослин і висота кріплення качанів [223, 291]. Висота рослин, кріплення качанів та їх обвисання впливають на якість збирання, його швидкість та енерговитрати. Чим вища рослина, тим більші витрати на збирання. Оптимальними параметрами для гібридів зернового типу є висота рослин 150-180 см і висота кріплення господарсько-цінних качанів більше 50 см [292]. Як і низька висота прикріпленням качанів (30-50 см), так і високе закладання качанів (›110 см) призводять до значних втрати зерна за механізованого збирання (15-20% і більше) [83, 84, 112].

Висота рослин, як і більшість морфологічних ознак у кукурудзи, відображає всю сукупність процесів взаємодії організму з факторами зовнішнього середовища [86, 96, 281, 293]. Дефіцит вологи в ґрунті та високі температури зменшують висоту рослин і закладання качанів [46, 294-298], а наявність бур'янів, навпаки, збільшує конкуренцію рослин кукурудзи за фактори життя та сприяє витягуванню рослин, підвищує висоту закладання качанів [299-303].

На ріст і розвиток рослин протягом усього їхнього життєвого циклу впливають абіотичні та біотичні стреси [101, 112]. Тому висота рослин, як один з найбільш важливих біометричних показників росту кукурудзи, може змінюватись залежно від технологічних прийомів вирощування та погодних умов, впливаючи тим самим на процеси формування врожаю [270].

На лінійні розміри рослин значний вплив, окрім метеорологічних умов, у період вегетації кукурудзи, має забезпеченість елементами живлення та морфо-біологічна характеристика гібриду [270, 304]. Через це використання

позакореневих підживлень позитивно впливає на збільшення висоти рослин кукурудзи [91, 96, 270]. Важливість висоти рослин пояснюється наявністю залежності з урожайністю та тривалістю вегетаційного періоду. Тому збільшення висоти рослин відбувається відповідно до показника ФАО та групи стиглості [304, 305]. Низькорослі гібриди, за однакової тривалості вегетаційного періоду, значно поступаються за врожайністю високорослим [89, 101]. Сама ж висота рослин кукурудзи є невід'ємною ознакою біологічних особливостей гібридів і завжди знаходиться у визначених пропорціях з іншими морфологічними особливостями, що притаманні певній групі стиглості гібридів [270].

У кукурудзи інтенсивний ріст стебла рослин у висоту відбувався від фази 11-12 листків до фази викидання волоті. За сприятливих умов вологозабезпечення та температурного режиму ріст рослин кукурудзи у висоту продовжувався до настання фази молочно-воскової стиглості [3, 270]. Хоча закладання генеративних органів рослин проходить набагато раніше.

Висота рослин і висота прикріплення качанів мають суттєвий вплив на стійкість рослин кукурудзи до вилягання. Згідно даних Ю. Л. Лавриненко, С. Я. Плоткіна [290], якщо висота рослин має зворотний зв'язок зі ступенем ураження стебловими гнилями (хоча і доволі низький), то на позитивний зв'язок вилягання рослин і висоти прикріплення качана необхідно звертати увагу. Вочевидь, переміщення центру ваги рослин далі від поверхні ґрунту в генотипів із високим розташуванням качанів призводить до підвищення механіки зламу стебла внаслідок хвороб і пошкоджень. Висота кріплення качана повинна мати обмеження, проте оптимальні параметри розташування качана необхідно визначати в окремих груп генотипів, і в першу чергу – у різних за тривалістю вегетаційного періоду.

Результатами проведених досліджень встановлено значний вплив на прояв висоти рослин і кріплення качанів групи стиглості, біологічних особливостей гібриду та строків сівби (табл. 26). Висота прикріплення качанів у досліджуваних гібридів кукурудзи суттєво залежала від висоти рослин, так із збільшенням габітусу рослин зростала і висота закладання качанів.

У групі ранньостиглих гібридів кукурудзи висота рослин, у середньому за три роки, склала – 250,3 см, середньоранніх – 271,5 см, середньостиглих – 277,6 см ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 3,0 см), а висота кріплення качанів 77,4 см – для ранньостиглих, 93,9 см – для середньоранніх та 98,1 см – для середньостиглих гібридів ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 2,6 см). Подовження тривалості вегетаційного періоду сприяє зростанню висоти рослин і закладання качанів.

Застосування пізнього строку сівби середньостиглих гібридів кукурудзи призводить до суттєвого зниження висоти закладання качанів, яке може становити, навіть, до 29,5 см.

Зазначено, що в межах кожної групи присутні гібриди, які характеризуються низьким і високим значенням висоти рослин. У групі ранньостиглих гібридів найбільшу висоту рослин, порівняно зі стандартом DKC 2971 (st) – 264,0 см, встановлено у DKC 2787 – 266,9 см та DKC 2870 – 264,2 см, у групі середньоранніх гібридів – DKC 3871 (st) – 272,6 см, DKC 3472 –

281,3 см та DKC 3420 – 276,7 см та у середньостиглій групі DK 391 – 288,0 см, DKC 4964 – 284,1 см, DK 315 – 278,3 см (st) ($НІР_{05\ гібрид}$ = 4,2 см).

26. Основні морфологічні ознаки в гібридів кукурудзи залежно від біологічних особливостей і строків сівби, см (середнє за 2011-2013 рр.)

Група стиглості (А)	Гібрид (В)	Строки сівби (С)	Висота рослин	Висота кріплення качана
1	2	3	4	5
Ранньостигла група	Харківський 195МВ	Ранній (РТГ* t=+8°С)	258,2	81,2
		Середній (РТГ t=+10°С)	245,9	72,7
		Пізній (РТГ t=+12°С)	240,4	62,2
	DKC 2870	Ранній (РТГ* t=+8°С)	270,1	81,5
		Середній (РТГ t=+10°С)	264,3	78,3
		Пізній (РТГ t=+12°С)	258,3	70,9
	DKC 2960	Ранній (РТГ* t=+8°С)	244,2	77,4
		Середній (РТГ t=+10°С)	236,0	71,5
		Пізній (РТГ t=+12°С)	228,6	66,3
	DKC 2949	Ранній (РТГ* t=+8°С)	223,5	74,5
		Середній (РТГ t=+10°С)	224,8	69,5
		Пізній (РТГ t=+12°С)	218,4	68,1
	DKC 2787	Ранній (РТГ* t=+8°С)	270,6	95,5
		Середній (РТГ t=+10°С)	268,8	92,0
		Пізній (РТГ t=+12°С)	261,4	86,2
	DKC 2971 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°С)	267,3	89,7
		Середній (РТГ t=+10°С)	264,3	82,9
		Пізній (РТГ t=+12°С)	260,3	73,4
Середньоранняя група	DKC 3476	Ранній (РТГ* t=+8°С)	280,9	100,9
		Середній (РТГ t=+10°С)	270,9	93,6
		Пізній (РТГ t=+12°С)	267,8	85,6
	DKC 3795	Ранній (РТГ* t=+8°С)	272,3	95,7
		Середній (РТГ t=+10°С)	261,7	89,0
		Пізній (РТГ t=+12°С)	258,6	80,3
	DKC 3472	Ранній (РТГ* t=+8°С)	289,7	104,5
		Середній (РТГ t=+10°С)	280,6	99,9
		Пізній (РТГ t=+12°С)	273,6	91,7
	DKC 3420	Ранній (РТГ* t=+8°С)	282,6	105,0
		Середній (РТГ t=+10°С)	274,9	95,4
		Пізній (РТГ t=+12°С)	272,8	91,8
	Переяславський 230СВ	Ранній (РТГ* t=+8°С)	269,8	92,6
		Середній (РТГ t=+10°С)	261,6	88,2
		Пізній (РТГ t=+12°С)	251,2	85,4
	DKC 3871 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°С)	278,1	102,8
		Середній (РТГ t=+10°С)	271,7	96,0
		Пізній (РТГ t=+12°С)	268,0	92,4
Середньостигла група	DK 391	Ранній (РТГ* t=+8°С)	294,2	110,5
		Середній (РТГ t=+10°С)	289,3	104,3
		Пізній (РТГ t=+12°С)	280,4	97,2
	DKC 3511	Ранній (РТГ* t=+8°С)	280,9	109,3
		Середній (РТГ t=+10°С)	277,6	105,0

Продовження таблиці 26

1	2	3	4	5
Середньостигла група	DKC 3511	Пізній (РТГ t=+12°C)	263,3	95,9
	DK 440	Ранній (РТГ* t=+8°C)	276,2	99,0
		Середній (РТГ t=+10°C)	271,6	93,3
		Пізній (РТГ t=+12°C)	267,5	86,5
	DKC 4964	Ранній (РТГ* t=+8°C)	290,7	103,7
		Середній (РТГ t=+10°C)	285,9	100,0
		Пізній (РТГ t=+12°C)	275,7	90,7
	DKC 4626	Ранній (РТГ* t=+8°C)	274,3	102,1
		Середній (РТГ t=+10°C)	269,7	99,3
		Пізній (РТГ t=+12°C)	265,3	88,3
	DK 315 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°C)	283,8	101,2
		Середній (РТГ t=+10°C)	278,9	93,7
		Пізній (РТГ t=+12°C)	272,1	84,9
$НІР_{05}$ група стиглості			3,0	2,6
$НІР_{05}$ гібрид			4,2	3,7
$НІР_{05}$ строк сівби			3,0	2,6

***Примітка**: РТГ – рівень температурного режиму ґрунту на глибині загортання насіння*

Аналогічна тенденція спостерігається і для висоти закладання качанів, у групі ранньостиглих гібридів найбільшою висотою закладання качанів ($НІР_{05\ гібрид}$ – 3,7 см), у середньому за три роки, характеризувалися гібриди DKC 2787 – 91,2 см та DKC 2971 – 82,0 см, середньоранніх – DKC 3472 – 98,7 см, DKC 3420 – 97,4 см, DKC 3871 – 97,1 см та середньостиглих – DK 391 – 104,0 см та DKC 3511 – 103,4 см.

Встановлено залежність строків сівби, прояву висоти рослин та кріплення качанів. Висота рослин, у середньому за три роки, за раннього строку сівби у групі ранньостиглих гібридів становила 255,7 см, середньоранніх – 278,9 см та середньостиглих – 283,3 см, за середнього терміну сівби 250,7 см, 270,2 і 278,8 см, та за пізнього строку сівби – 244,6 см, 265,3 та 270,7 см ($НІР_{05\ строк\ сівби}$ = 3,0 см), відповідно для ранньостиглої, середньоранньої та середньостиглої групи.

Висота закладання качанів за раннього терміну сівби, у середньому за три роки становила в ранньостиглих гібридів – 83,3 см, середньоранніх – 100,2 см, середньостиглих – 104,3 см. У разі застосування другого строку сівби висота закладання качанів становила – 77,8 см, 93,7 та 99,3 см, а в разі пізнього строку сівби – 71,2 см, 87,9 та 90,6 см, відповідно для ранньостиглої, середньоранньої та середньостиглої групи.

Найбільш сприятливим для прояву лінійних розмірів рослин і висоти кріплення качанів за вологозабезпеченням і температурним режимом, виявився 2011 та 2013 роки, тоді як 2012 рік характеризувався стресовими умовами в другий період вегетації, особливо для пізнього терміну сівби, що суттєво вплинуло на зменшення висоти рослин і кріплення качанів у досліджуваних гібридів кукурудзи в цей рік.

Оцінка варіювання висоти рослин і кріплення качанів (табл. 27) за коефіцієнтом варіації (V) та вирівняністю за висотою показала, що варіювання

висоти рослин стебла в сукупності досліджуваних гібридів кукурудзи має низьке (2011-2013 рр.) значення варіювання (V=6,30-6,97).

27. Статистичні показники лінійних розмірів рослин і кріплення качанів у гібридів кукурудзи залежно від строку сівби, см

Показники	Строк сівби	Висота рослин			Висота кріплення качанів		
		2011 р.	2012 р.	2013 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.
$X_{сер,} \pm Sx$	Ранній*	277,2±18,93	268,0±18,46	272,6±17,83	94,3±14,0	95,6±9,5	97,9±13,5
	Середній**	273,5±17,73	259,1±17,95	267,1±16,92	89,5±14,1	88,6±9,6	92,7±12,8
	Пізній***	268,8±18,26	249,3±17,38	262,5±16,54	84,6±14,3	78,5±8,6	86,7±11,3
Lim $X_{сер}$	Ранній*	234,9-309,4	209,1-293,9	226,6-286,8	75,8-117,7	73,8-107,9	72,2-114,7
	Середній**	233,6-303,2	237,1-285,2	225,6-285,9	69,8-109,7	80,5-103,7	67,8-107,0
	Пізній***	229,8-294,3	205,1-272,9	220,3-279,7	59,2-106,4	62,9-87,6	64,4-98,3
σ	Ранній*	19,4	22,0	15,7	10,9	8,9	11,1
	Середній**	18,1	12,5	15,7	10,4	6	10,2
	Пізній***	16,8	17,6	15,4	12,3	6,4	8,8
V, %	Ранній*	6,83	6,89	6,54	14,85	9,94	13,79
	Середній**	6,48	6,93	6,33	15,75	10,84	13,81
	Пізній***	6,79	6,97	6,30	16,90	10,96	13,03

Примітка: ** - Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+8°С;*

*** - Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+10°С;*

**** - Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+12°С*

Коефіцієнт варіації є відносним показником зміни. Зміну прийнято рахувати не значною, якщо коефіцієнт варіації не перевищує 10% [306].

Із огляду на дані, наведені в таблиці 27, коефіцієнт варіації для висоти рослин є незначним і суттєво не відрізняється за значенням. У 2011 році визначено найвищу величину його на ділянках, де була проведена рання сівба – 6,83 %, а найнижча – 6,48 % у разі застосуванні другого строку сівби. У 2012 році коефіцієнт варіації для висоти рослин становив 6,89-6,97 % і був найвищим за роки дослідження. У 2013 році, за раннього строку сівби, він становив 6,54 %, за середнього – 6,33 % , за пізнього - 6,3 %.

Оцінка варіювання висоти прикріплення качанів (табл. 27) показала, що варіювання висоти закладання качанів в сукупності досліджуваних гібридів кукурудзи має середнє (2011-2013 рр.) значення варіювання (V=9,94-16,90).

Одним із показників, що характеризує особливості росту рослин кукурудзи, є вирівняність за висотою, яка розраховується за формулою (5.1):

$$\sigma=0,26\times(X_{max} - X_{min}); \quad (5.1)$$

де σ – вирівняність за висотою, см;

0,26 – коефіцієнт Пірсона для розрахунку наближеного значення середнього квадратичного відхилення за вибіркою із 25 спостережень;

$X_{max,\ min}$ – максимальне та мінімальне значення обліків по гібридах.

Встановлено, що вирівняність рослин (σ) за раннього терміну сівби коливалась в межах 15,7-22,0 см, середнього – 12,5-18,1 см і за пізнього – 15,4-17,6 см.

Межі, у яких коливається висота рослин за раннього терміну сівби: у

2011 році від 234,9 до 309,4 см, у 2012 році – від 209,1 до 293,9, а у 2013 році – 226,6-286,8 см, за середнього терміну сівби – у 2011 році від 233,6 до 303,2 см, у 2012 році – від 237,1 до 285,2, а у 2013 році – 225,6-285,9 см і за пізнього строку – у 2011 році від 229,8 до 294,3 см, у 2012 році – від 205,1 до 272,9, а у 2013 році – 220,3-279,7 см. Аналогічна ситуація зміни величини спостерігається і для висоти кріплення качанів. Така розбіжність у висоті рослин і прикріплення качанів пояснюється наявністю в сукупності досліджуваних гібридів, за їхньої оцінки, зразків з різною величиною прояву даних показників.

Для встановлення величини впливу досліджуваних факторів на величину висоти кріплення проведено факторний аналіз (рис. 6).

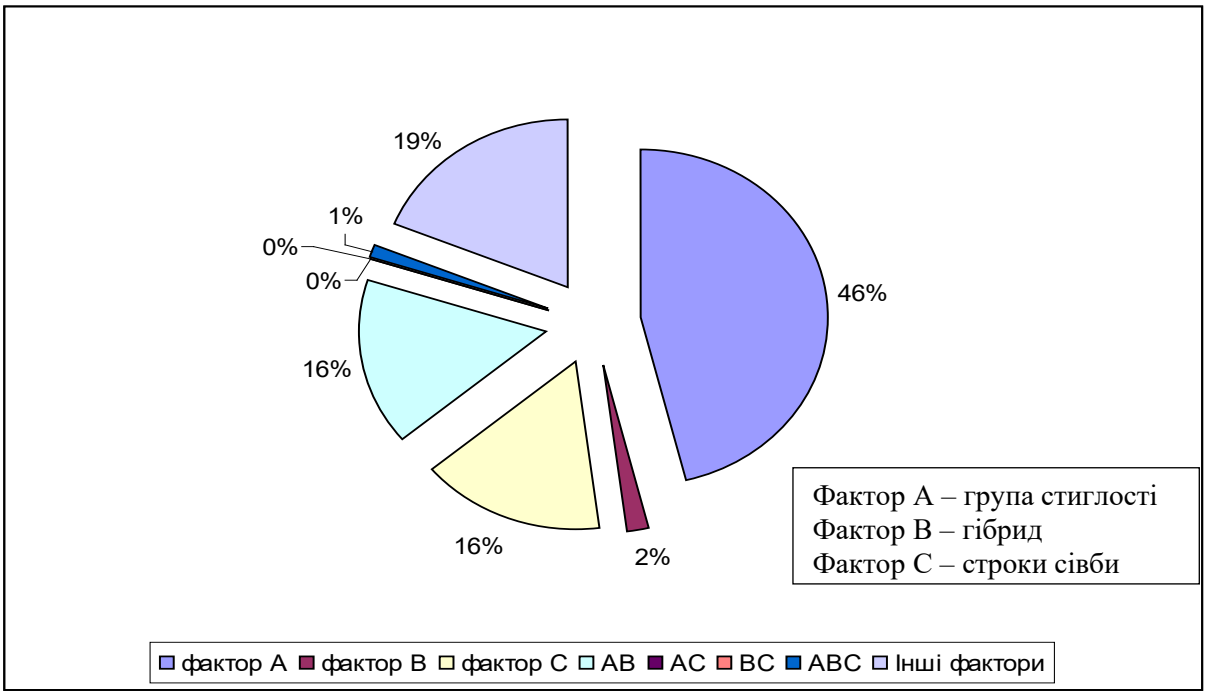


Рис. 6 **Частка впливу досліджуваних факторів на висоту кріплення качанів, %**

Питома вага впливу факторів, згідно факторного аналізу, показала, що вклад групи стиглості у значення висоти кріплення качанів становить 46 %, біологічних особливостей гібриду 2 %, строків сівби 16 %, взаємодія між факторами АВ – 16%, взаємодія між трьома факторами АВС 1 %, інші фактори – 19 %.

4.2.1 Вплив позакореневих підживлень на висоту рослин, кріплення та довжину ніжки качанів

Із огляду на попередні дослідження висота рослин, кріплення качанів і довжина їхньої ніжки істотно залежала від застосування позакореневих підживлень мікродобривами, бактеріальними препаратами та регуляторами росту. На залежність морфологічних ознак від елементів живлення в своїх дослідженнях вказують також О. Л. Сіроха [270], М. Дудка, В. Черчель [111], I. A. Ciampitti та T. J. Vyn [307].

Найбільше значення висоти рослин, кріплення качанів і довжини ніжки качана у групі ранньостиглих гібридів (табл. 28) було у варіанті, де вносилось мікродобриво Еколист Моно Цинк. Це ще раз підтверджує важливість цинкових добрив для росту кукурудзи і формування оптимальної архітектоніки посіву. Найбільше значення висоти рослин, висоти кріплення качанів, у середньому за три роки відмічено в гібридів ранньостиглої групи ($НІР_{05\ гібриди}$ = 4,0 та 4,0; 2,2 см) Харківський 195 МВ – 266,6; 90,8 см та DKC 2971 – 271,0 см та 93,9 см та довжини ніжки качана DKC 2971 – 30,5 см і DKC 2949 – 28,5 см.

28. Висота рослин, кріплення качанів і довжина ніжки качана в ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень, см (середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Висота рослин	Висота кріплення качанів	Довжина ніжки качана
1	2	3	4	5	6
Харківський 195 МВ	Контроль (підживлення водою)	-	258,2	81,2	20,3
	Біомаг	I*	263,3	91,6	22,0
		II*	265,0	92,4	25,4
	Еколист Моно Цинк	I*	269,6	94,5	24,8
		II*	274,4	96,9	28,0
	Росток кукурудза	I*	266,1	91,8	22,2
		II*	268,8	94,0	22,3
	Вимпел	I*	263,9	86,9	22,7
		II*	264,2	88,1	25,8
DKC 2960	Контроль (підживлення водою)	-	244,2	77,4	21,3
	Біомаг	I*	245,2	76,9	22,3
		II*	247,1	82,9	25,2
	Еколист Моно Цинк	I*	251,6	82,8	24,2
		II*	255,2	88,0	24,8
	Росток кукурудза	I*	250,5	83,5	24,2
		II*	251,8	85,2	25,0
	Вимпел	I*	247,5	80,5	23,5
		II*	246,6	83,6	25,8
DKC 2949	Контроль (підживлення водою)	-	223,5	74,5	26,0
	Біомаг	I*	225,7	74,8	27,8
		II*	227,9	79,6	30,3
	Еколист Моно Цинк	I*	228,1	79,1	29,2
		II*	231,4	80,1	29,6
	Росток кукурудза	I*	228,5	83,2	28,5
		II*	229,7	83,8	29,8
	Вимпел	I*	225,5	80,1	26,8
		II*	227,4	82,0	28,4
DKC 2971	Контроль (підживлення водою)	-	267,3	89,7	27,4
	Біомаг	I*	263,1	84,5	30,4
		II*	267,3	85,1	32,0

Продовження таблиці 28

1	2	3	4	5	6
DKC 2971	Еколист Моно Цинк	I*	274,8	98,7	30,9
		II*	279,3	99,4	32,0
	Росток кукурудза	I*	271,3	99,0	29,6
		II*	275,7	96,2	32,6
	Вимпел	I*	268,7	93,8	28,3
		II*	271,3	98,8	31,4
$НІР_{05\ гібрид}^{**}$			4,0	4,0	2,2
$НІР_{05\ підживлення}$			4,5	4,5	2,4
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			2,8	2,9	1,5

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Застосування позакореневих підживлень сприяло збільшенню висоти рослин на 0,5-1,0 см, кріплення качанів на 0,5-1,2 см та довжини ніжки качана на 0,3-0,4 см ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$=4,5; 4,5 та 2,4 см), у досліджуваних гібридів ранньостиглої групи у середньому за роки досліджень.

Потрібно відзначити, що застосування одноразового позакореневого підживлення у фазі 5-7 листків кукурудзи висота рослин становила: 265,7; 248,7; 226,9 см та 269,5 см, висота кріплення качанів – 91,2; 80,9; 79,3 та 94,0 см ($НІР_{05\ кількість\ позакореневих\ підживлень}$ =2,8; 2,9 та 1,5 см), довжина ніжки качана 22,9 см, 23,6 см, 28,1 см та 29,8 см, а за дворазового застосування препаратів у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – 268,1; 92,8 см та 25,4, 250,2; 84,9 см та 25,2, 229,1; 81,4 та 29,5 см та 273,4; 94,9 та 32,0 см відповідно у гібридів Харківський 195 МВ, DKC 2960, DKC 2949 та у DKC 2971.

Отже, дворазове внесення мікродобрив, регуляторів росту рослин і бактеріальних препаратів у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи забезпечує найвище значення висоти рослин – 231,4-277,4 см, що на 7,8-16,2 см більше порівняно із контролем (без проведення підживлення). Зростання висоти закладання качанів у гібридів ранньостиглої групи становила при застосуванні одноразового підживлення становило 3,5-10,0 см, а дворазового – 4,3-11,7 см, відносно контролю (без позакореневих підживлень).

У середньоранніх гібридів кукурудзи (табл. 29) висота рослин коливалась у межах 272,4-292,6 см, що на 20,7-44,9 см більше порівняно з ранньостиглою групою гібридів. Величина довжини ніжки качана у групі середньоранніх гібридів знаходилася в межах 15,6-31,5 см.

Значення висоти рослин в даній групі гібридів кукурудзи знаходилась в межах 267,5-295,2 см ($НІР_{05\ гібриди}$ = 4,7 см), висоти кріплення качанів межах від 92,6 см до 119,0 см ($НІР_{05\ гібриди}$ = 4,6 см), довжини ніжки качана – від 18,8 до 26,5 см ($НІР_{05\ гібрид}$ = 1,1 см).

29. Висота рослин, кріплення качанів і довжина ніжки качана в середньоранніх гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень, см (середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Висота рослин	Висота кріплення качанів	Довжина ніжки качана
DKC 3472	Контроль (підживлення водою)	-	289,7	104,5	22,4
	Біомаг	I*	292,0	106,5	23,4
		II*	291,7	108,2	24,3
	Еколист Моно Цинк	I*	294,6	109,6	22,9
		II*	295,1	112,8	23,8
	Росток кукурудза	I*	291,6	113,7	23,9
		II*	295,2	119,0	25,1
	Вимпел	I*	292,8	115,3	23,3
		II*	290,9	109,4	24,8
DKC 3420	Контроль (підживлення водою)	-	282,6	105,0	24,3
	Біомаг	I*	285,4	107,3	25,4
		II*	286,2	109,2	27,5
	Еколист Моно Цинк	I*	291,0	112,5	25,2
		II*	290,1	112,3	27,0
	Росток кукурудза	I*	287,0	110,5	25,9
		II*	291,0	113,5	28,9
	Вимпел	I*	288,2	109,3	26,1
		II*	287,9	112,3	27,9
Переяславський 230 СВ	Контроль (підживлення водою)	-	269,8	92,6	16,7
	Біомаг	I*	267,5	97,3	17,3
		II*	268,4	99,8	18,7
	Еколист Моно Цинк	I*	274,9	103,7	18,4
		II*	275,5	108,2	20,3
	Росток кукурудза	I*	273,0	100,9	19,1
		II*	273,6	103,9	20,2
	Вимпел	I*	272,9	101,5	18,1
		II*	275,9	103,5	20,0
DKC 3871	Контроль (підживлення водою)	-	278,1	102,8	20,3
	Біомаг	I*	282,0	105,4	22,3
		II*	281,4	106,5	23,7
	Еколист Моно Цинк	I*	289,6	110,9	22,0
		II*	290,7	113,7	23,7
	Росток кукурудза	I*	283,4	110,4	22,4
		II*	289,0	112,4	23,4
	Вимпел	I*	282,6	106,4	22,3
		II*	285,7	114,7	25,1
$НІР_{05\ гібрид}$**			4,7	4,6	1,1
$НІР_{05\ підживлення}$			5,3	5,2	1,3
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			3,3	3,3	0,8

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*

II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*

***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Проведення позакореневих підживлень забезпечило зростання висоти рослин у гібридів кукурудзи на 1,2-12,6 см ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ =5,3 см) більше порівняно з контролем (підживлення водою), висоти кріплення качанів на 0,7-1,1 см ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ = 5,2 см) та довжини ніжки качана на 1,5-2,8 см ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ = 1,3 см).

Найбільше значення висоти рослин відмічено на варіантах, де проводили дворазове внесення препаратів у позакореневе підживлення у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – DKC 3472 – 293,2 см, DKC 3420 – 288,8 см, Переяславський 230 СВ – 273,4 см та у DKC 3871 – 286,7 см ($НІР_{05\ кількість\ позакореневих\ підживлень}$ = 3,3 см). Це також стосується і висоти закладання та довжини ніжки качана.

У групі середньостиглих гібридів кукурудзи висота рослин коливалася в межах 276,2-304,2 см (див. табл. 30). Висота кріплення качанів, як і загальна висота рослин, була найвищою порівняно з ранньостиглою та середньоранньою групою гібридів і коливалася в межах 99,0-120,8 см.

30. Висота рослин, кріплення качанів і довжина ніжки качана в середньостиглих гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень, см (середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Висота рослин	Висота кріплення качанів	Довжина ніжки качана
1	2	3	4	5	6
ДК 391	Контроль (підживлення водою)	-	294,2	110,5	19,7
	Біомаг	I*	298,1	116,0	22,4
		II*	297,3	118,7	24,6
	Еколист Моно Цинк	I*	304,2	116,7	23,9
		II*	303,9	116,1	25,6
	Росток кукурудза	I*	300,3	116,7	22,5
		II*	302,3	120,8	25,8
	Вимпел	I*	295,2	114,4	22,1
		II*	297,1	115,3	23,8
ДК 440	Контроль (підживлення водою)	-	276,2	99,0	19,4
	Біомаг	I*	281,6	103,6	19,9
		II*	280,8	106,4	20,9
	Еколист Моно Цинк	I*	288,1	109,9	19,9
		II*	289,7	109,3	22,1
	Росток кукурудза	I*	284,4	110,5	20,6
		II*	288,0	110,3	23,1
	Вимпел	I*	281,5	103,2	20,5
		II*	280,0	106,2	20,8
DKC 4964	Контроль (підживлення водою)	-	290,7	103,7	14,6
	Біомаг	I*	288,0	105,5	15,6
		II*	290,4	107,0	16,7
	Еколист Моно Цинк	I*	297,3	111,3	17,5
		II*	300,8	112,5	18,6
	Росток кукурудза	I*	293,9	110,7	17,8
		II*	296,0	113,6	18,7

Продовження таблиці 30

1	2	3	4	5	6
DKC 4964	Вимпел	I*	292,3	106,1	16,7
		II*	292,1	111,3	18,4
DK 315	Контроль (підживлення водою)	-	283,8	101,2	23,2
	Біомаг	I*	284,6	106,4	24,2
		II*	289,8	106,4	26,5
	Еколист Моно Цинк	I*	294,4	112,9	25,1
		II*	297,2	113,8	27,6
	Росток кукурудза	I*	291,5	111,2	24,0
		II*	293,1	115,1	26,8
	Вимпел	I*	288,0	106,3	25,3
		II*	290,9	108,6	26,7
$НІР_{05\ гібрид}$**			4,6	4,2	0,98
$НІР_{05\ підживлення}$			5,1	4,7	1,1
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			3,2	3,0	0,7

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

У групі середньостиглих гібридів довжина ніжки качана становила від 17,2 до 25,5 см ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,98 см). Враховуючи результати проведених досліджень, у групі середньостиглих гібридів кукурудзи також встановлена істотна різниця за лінійними розмірами рослин. Висота рослин, у середньому за три роки, на контролі (без застосування позакореневих підживлень) становила 276,2-294,2 см ($НІР_{05\ гібрид}$ =4,6 см).

Проведення позакореневих підживлень значно змінювало висоту рослин, і вона у середньому за три роки становила 284,3-299,8 см ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ =5,1 см), а довжина ніжки качана 17,5-25,8 см ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ = 1,1 см).

У разі застосування одноразового позакореневого підживлення у фазі 5-7 листків кукурудзи висота рослин зростала порівняно з контролем, та становила в середньому за три роки досліджень – 283,9-299,4 см ($НІР_{05\ кількість\ позакореневих\ підживлень}$ = 3,2 см), висоти кріплення качанів – 106,8-116,0 см ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ = 4,7 см) та довжини ніжки качана – 16,9-24,7 см ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ =0,7 см), застосування дворазового внесення препаратів у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи підвищувала висоту рослин до 284,6-300,2 см, висоту кріплення качанів до 108,1-117,7 см та довжину ніжки качана до 18,1-26,9 см.

4.2.2 Морфологічна характеристика рослин і качанів у гібридів кукурудзи залежно від фракції насіння та глибини його загортання

Результатами наших досліджень встановлена залежність висоти рослин, висоти кріплення качанів від глибини загортання і розміру фракції

насіння (табл. 31).

Висота рослин у ранньостиглих гібридів кукурудзи складала 246,4 см, середньоранніх – 257,5 см і середньостиглих – 270,7 см ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 7,87 см), висота кріплення качанів – 85,2 см; 92,8 см; 98,2 см ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 3,92 см), відповідно.

31. Висота рослин і кріплення качанів у гібридів кукурудзи залежно від глибини загортання та фракції насіння, см (середнє за 2014-2016 рр.)

Група стиглості (A)	Назва гібриду (B)	Фракція насіння (C)	Глибина загортання насіння (D)	Висота рослин	Висота кріплення качанів
1	2	3	4	5	6
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M (187 г)	4-5 см	235,10	80,63
			7-8 см	238,60	83,37
			10-11 см	235,93	81,77
		S (238 г)	4-5 см	247,90	84,10
			7-8 см	241,87	83,57
			10-11 см	247,83	85,57
		V (277 г)	4-5 см	246,07	92,07
			7-8 см	250,27	90,37
			10-11 см	252,60	87,27
	DKC 2971	M (194 г)	4-5 см	231,87	79,97
			7-8 см	245,10	86,30
			10-11 см	240,10	76,47
		S (256 г)	4-5 см	245,87	83,03
			7-8 см	258,13	91,17
			10-11 см	250,53	81,00
		V (279 г)	4-5 см	251,20	87,30
			7-8 см	257,43	90,80
			10-11 см	258,57	88,60
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M (249 г)	4-5 см	250,17	93,57
			7-8 см	254,37	93,27
			10-11 см	247,67	90,07
		S (326 г)	4-5 см	260,10	98,00
			7-8 см	260,73	100,07
			10-11 см	259,40	98,60
		V (385 г)	4-5 см	266,80	98,17
			7-8 см	271,60	101,07
			10-11 см	268,17	97,83
	DKC 3795	M (166 г)	4-5 см	244,53	82,83
			7-8 см	250,77	86,67
			10-11 см	250,13	81,33
		S (207 г)	4-5 см	251,43	89,40
			7-8 см	254,80	89,73
			10-11 см	256,13	86,13
		V (287 г)	4-5 см	265,00	94,97
			7-8 см	254,23	96,30
			10-11 см	268,47	91,83
	DK 315	M (223 г)	4-5 см	261,37	91,40

Продовження таблиці 31

1	2	3	4	5	6
Середньостиглі гібриди	DK 315	M (223 г)	7-8 см	265,23	94,17
			10-11 см	264,30	90,73
		S (294 г)	4-5 см	264,63	93,53
			7-8 см	268,37	97,30
			10-11 см	265,37	103,27
		V (327 г)	4-5 см	271,67	97,87
			7-8 см	280,53	99,87
			10-11 см	277,47	98,77
	DKC 4082	M (172 г)	4-5 см	262,50	90,73
			7-8 см	272,33	95,53
			10-11 см	263,20	90,83
		S (227 г)	4-5 см	269,67	100,83
			7-8 см	275,53	106,43
			10-11 см	271,50	99,30
		V (278 г)	4-5 см	279,67	103,33
			7-8 см	281,53	109,77
			10-11 см	278,07	103,13
$НІР_{05}$ група стиглості				7,87	3,92
$НІР_{05}$ гібрид				10,99	1,42
$НІР_{05}$ фракція насіння				5,32	1,37
$НІР_{05}$ глибина загортання насіння				6,60	1,34

***Примітка**: M – дрібна, S – середня та V – велика фракція насіння*

Подовження тривалості вегетаційного періоду гібридів кукурудзи забезпечує зростання лінійних розмірів рослин і висоти кріплення качанів.

У межах кожної групи стиглості також встановлена відмінність за висотою рослин ($НІР_{05\ гібрид}$=10,99 см) і висотою кріплення качанів ($НІР_{05\ гібрид}$ = 1,42 см), яка визначалась біологічною особливістю гібридів DKC 2960 – 244,0 см; 85,4 см, DKC 2971 – 248,8 см; 85,0 см, DKC 3472 – 259,9 см; 96,7 см, DKC 3795 – 255,1 см; 88,8 см, DK 315 – 268,8 см; 96,3 см та DKC 4082 – 272,7 см; 100 см. В групі середньоранніх гібридів висота кріплення качанів коливалася в межах 75,6-108,3 см, середньостиглих – 84,9-119,3 см.

Використання дрібного насіння забезпечило у середньому за три роки висоту рослин досліджуваних гібридів на рівні 250,7 см, середнього за розмірами насіння – 258,3 см та великого насіння – 265,5 см ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 5,32 см), висоту кріплення качанів 87,2 см, 92,8 см та 96,1 см ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 1,37 см). Збільшення висоти рослин на 12,9-18,1 см, висоти кріплення качанів на 6,7-13,0 см за рахунок використання великої фракції насіння становило порівняно із використанням дрібної фракції насіння.

Застосування мілкої глибини загортання насіння 4-5 см забезпечило висоту рослин на рівні 255,9 см, середньої 7-8 см – 260,1 см та глибокої 10-11 см – 258,6 см ($НІР_{05\ глибина\ загортання}$ = 6,6 см), висоту кріплення качанів – 91,2 см, 94,2 см та глибокої – 90,7 см ($НІР_{05\ глибина\ загортання\ насіння}$ = 1,34 см). Тобто найбільш сприятливою для формування лінійних розмірів рослин є глибина загортання насіння 7-8 см, яка забезпечує найвище значення висоти рослин

(243,6-276,5 см), висоти кріплення качанів (94,2 см), як збільшення, так і зменшення глибини загортання насіння призводить до зменшення лінійних розмірів рослин.

Необхідно відзначити зниження лінійних розмірів, висоти закладання та довжини ніжки качанів у 2015 році, порівняно з 2014 та 2016 роками. Це пов’язано із зниженням волгозабезпечення в період вегетації кукурудзи в 2015 році і настанням тривалого посушливого періоду, який і викликав такі морфологічні зміни у рослин досліджуваних гібридів.

РОЗДІЛ 5
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА СИЛОС

5.1 Поняття про технології вирощування кукурудзи

Технологія вирощування кукурудзи – це неперервний процес, що складається з багатьох модулів, які поєднані між собою в часі і мають рівнозначну дію на кінцевий результат – урожай. Звісно, початок технологічного циклу – це підбір найкращого попередника.

Увесь арсенал засобів інтенсифікації вирощування кукурудзи спрямований на максимальну реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів культури. У таких умовах важливим фактором підвищення виробництва зерна є дотримання рекомендованої технології відповідно до особливостей кожного гібрида. Удобрення, засоби захисту, системи обробітку ґрунту, зрошення – це лише інструментарій у вмілих руках спеціаліста [13, 68, 231, 308-310].

Для того, щоб отримати максимальний урожай кукурудзи, варто розробити і чітко дотримуватися технологічної карти технології вирощування з урахуванням усіх особливостей полів, гібридів, добрив і ЗЗР [49].

Кукурудза – це одна з найрентабельніших культур, яка потребує у своє виробництво чималих ресурсів. Успішність вирощування кукурудзи – це справа гібридів та якості застосовуваних технологій. Упровадження нових високо-інтенсивних гібридів, використання якісного насіння, істотне вдосконалення основних агротехнологічних прийомів і сучасних принципів вирощування дозволить наблизитись до потенційної продуктивності кукурудзи – 20,0-25,0 т зерна з гектара [26, 29, 54, 311].

З огляду на аналіз світового виробництва зерна кукурудзи, зростання її врожайності приблизно на 50-60% відзначається селекційно-генетичними досягненнями і на 40% удосконаленням технології вирощування [312, 313].

Використання інтенсивних технологій у вирощуванні кукурудзи дозволить виробнику легко конкурувати на світовому ринку сільськогосподарської продукції та отримувати найменшу різницю між виробничою та потенційною врожайністю [29, 112, 314, 315].

Сучасні технології вирощування кукурудзи на зерно ще не досягли такого рівня, який забезпечив би повноцінне використання потенціалу цієї культури. Значний розрив між величиною рівня урожайності кукурудзи із року в рік свідчить про те, що на її формування, окрім кліматичних умов, значний вплив здійснюють агротехнічні засоби, стан інтенсифікації вирощування даної культури (використання мінеральних добрив, пестицидів, сільськогосподарських машинах, палива насіння та ін.) [58, 112, 308, 316].

Новітні технології дозволяють оптимізувати живлення рослин, надійно захистити від хвороб, шкідників і бур’янів, максимально використовувати і трансформувати енергію сонця в сільськогосподарську продукцію [112, 311, 317,

318].

Інтенсивні технології передбачають оптимальне забезпечення рослин елементами живлення за рахунок інтенсивної системи удобрення [41, 46, 319, 320], це вносить певні корективи у використанні рослинами мікроелементів. Запровадження інтенсивних технологій вирощування кукурудзи супроводжується зменшенням вмісту цинку в листках кукурудзи через антагонізм фосфору й цинку [43, 321].

Подальше вдосконалення технологій управління ґрунтовою родючістю направлено на те, щоб доступність елементів живлення в ґрунті відповідала динаміці їх споживання рослинами протягом вегетаційного періоду [322].

Крім забезпечення рослин макро- і мікроелементами в інтенсивних технологіях вирощування кукурудзи важливе значення мають строки, густота сівби, глибина загортання насіння, передпосівна обробка насіння тощо. Від них залежать своєчасність, повнота входів, розвиток рослин, строки настання фаз розвитку і, відповідно, довжина вегетаційного періоду, збиральна вологість і рівень урожайності [89, 323].

На відміну від зернових колосових культур виробництво кукурудзи є більш енерго- і ресурсномістким. Особливо це стосується підвищеної вологості зерна в період збирання [163, 233, 324].

Зазвичай проблеми розвитку кукурудзи на ранніх стадіях практично неможливо компенсувати в подальшому. Так, відсталі в рості рослини погано формують качани [3, 9].

Інтенсифікація нерозривно пов’язана з прискоренням науково-технічного прогресу і здійснюється на основі використання його досягнень, організаційно-економічних факторів, які виникли в процесі реформування в АПК тощо [29, 107, 325, 326]. Важливою складовою сучасної технології є технічне оснащення. За останні 20 років суттєво змінилися елементи технології вирощування кукурудзи, її технічне забезпечення, що призвело до значного підвищення врожайності культури. Сучасна збиральна техніка дозволяє швидко та якісно збирати зерно кукурудзи, а стебла подрібнювати й рівномірно розподіляти на полі [327].

Складовою частиною цього напрямку є розробка методів екзогенної регуляції та стабілізації адаптивних реакцій рослин завдяки використанню фізіологічно активних речовин синтетичного й природного походження [326].

У сучасних умовах господарювання все більшого розповсюдження набувають ресурсозбережні технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються не тільки на мінімізації обробітку ґрунту, а й на застосуванні помірно-оптимальних, окупних доз добрив. У зв’язку з підвищенням цін на мінеральні добрива водночас з агротехнічною оцінкою технологій вирощування кукурудзи важливе значення має визначення економічної доцільності застосування окремих прийомів і в цілому сортової технології культури [163, 328].

Стабільне підвищення продуктивності кукурудзи можна забезпечити двома стратегічними шляхами: створенням нових і підбором наявних гібридів за групами стиглості й розробкою зональних технологій вирощування. Підбір гібрида є найдешевшим і найдоступнішим елементом ресурсозберігаючої

технології. Урожайність зерна кукурудзи на 50% визначається продуктивністю гібрида, особливостями зональної технології вирощування та її матеріально-ресурсним забезпеченням – на 25%, погодними умовами –на 25%. Останнім часом екстремальні посушливі умови та збільшення світового попиту на виробництво зерна кукурудзи спонукають насіннєві компанії до пошуку нових рішень. Одним із них є використання гібридів, стійких до посухи [231, 308, 329, 330].

Застосування різних технологічних заходів вирощування зерна кукурудзи водночас з агротехнічною оцінкою прямої їх дії на процес виробництва повинно супроводжуватись економічним аналізом [308]. Кукурудза - культура інтенсивного типу, на жаль, у нинішніх умовах господарювання технології її вирощування не досягли такого рівня, який би забезпечив повноцінне використання генетичного потенціалу сучасних гібридів [130, 241, 331, 332].

Водночас ці технології створенні методом «необмеженої інтенсифікації» й ефективні лише за сприятливих умов вирощування. Але підвищення вартості паливно-мастильних матеріалів й агроресурсів до рівня світових цін призвело до значного збільшення їх частки в собівартості продукції [29].

Зернове виробництво було і залишилося провідною галуззю сільського господарства України. Зернові культури щорічно займають більше половини загальної площі, і, як наслідок, технологія їхнього вирощування значною мірою впливає на рівень агротехніки інших культур землеробства, економічну ефективність усього агропромислового комплексу [333, 334].

Проте реалізація генетичного потенціалу інтенсивних гібридів кукурудзи у виробничих умовах складає менше 50%. Це свідчення того, що в кукурудзи ще недостатньо вивчені процеси росту й розвитку, формування фотосинтетичного, симбіотичного апаратів та умови реалізації потенціалу зернової продуктивності в сортів сої та гібридів кукурудзи. Окрім того, на початку нового століття стало зрозуміло, що досягти додаткового росту продуктивності сільськогосподарського виробництва без використання інноваційних технологій неможливо. До таких технологій відноситься і застосування регуляторів росту рослин, біоінженерія, створення нових рослинних варіацій та ін. [46, 112, 311, 334].

Кукурудза має великі потенційні можливості у формуванні високих урожаїв зерна й зеленої маси. Це стає реальністю за сприятливих екологічних умов і дотримання технології вирощування, які відповідають біологічним вимогам кукурудзи. Знаючи ці вимоги, можна послабити або повністю уникнути негативного впливу того чи іншого фактора [314].

5.2. Підбір гібридів кукурудзи

Важливим резервом підвищення продуктивності кукурудзи є впровадження у виробництво нових гібридів, які відзначаються високим ефектом гетерозису та потенціалом урожайності. Для максимальної реалізації потенціалу продуктивності нових гібридів кукурудзи необхідно моделювати умови їх вирощування відповідно до потреб конкретного біотипу (підвиду,

різновидності) [155, 247, 335, 336].

Гібриди різних груп стиглості здатні виступати як самостійний фактор регуляції рівня продуктивності посівів і виробничих затрат, необхідних для виконання основних технологічних операцій [10, 149, 337].

У багатьох державах світу з високим рівнем інтенсифікації землеробства, домінантним чинником збільшення врожайності зернових культур є підбір гібриду. Наприклад, приріст урожайності завдяки гібридам, за даними Національного інституту агроботаніки у Великій Британії, за три десятиріччя відповідно становить: за перше – 3, друге - 42 й третє – 60% [83, 259].

Нині в Державний реєстр рослин сортів України внесено близько 600-700 гібридів кукурудзи, з яких 52% вітчизняної селекції [83, 130, 247]. У виробництві спостерігається тенденція до вирощування імпортних гібридів, хоча й значна частина вітчизняних нічим їм не поступається, а в деяких випадках навіть переважає [3].

Створені в останні роки прості гібриди поступаються старим вітчизняним за висотою, вагою й розмірами качана, але вони мають перевагу за вирівняністю рослин і фенологічними показниками. Стебло у них тонше та стійкіше до вилягання. Восени воно скоріше висихає та віддає поживні речовини. Зерно у простих гібридів швидше віддає вологу за дозрівання, листки менші за розмірами, але вони мають, як правило, еректоїдне розміщення [89, 112].

Особливість гібридів кукурудзи полягає в тому, що врожайність їх підвищується в першому поколінні (у другому і наступних вона різко знижується) [83, 308].

Згідно за даними літературних джерел [45, 46, 112], структура гібридного складу за групами стиглості повинна бути такою:

Степ: середньостиглі й пізньостиглі (ФАО 300-399) – 40-45 та 10-15%, середньоранні (ФАО 200-299) – 30-35%, ранньостиглі – 5-10%;

Лісостеп: середньостиглі (ФАО 300-399) – 10-20 %, середньоранні (ФАО 200-299) – 45-50%, ранньостиглі (ФАО 100-199) – 35-40 %;

Полісся – ранньостиглі (ФАО 100-199) – 100%, які формують сухе зерно й не потребують додаткових витрат на сушіння [1, 44, 108, 247].

Навіть у межах однієї групи стиглості існують гібриди кукурудзи, які по-різному реагують на щільність посіву [45, 46, 112], і мають неоднакову реакцію на рівень мінерального живлення [250, 308, 338].

Кожен відсоток зниження рівня гібридності нижче 90% сприяє недобором урожаю 1,5 ц/га від потенційної продуктивності гібриду. Окрім того, неоднорідність посіву сприяє поширенню фітофагів і патогенів [155, 339].

Дослідженнями багатьох учених доведено, що внесок гібриду в приріст урожаю становить від 20 до 80% залежно від культури. Зарубіжні науковці стверджують, що вплив гібридів кукурудзи на врожайність становить 50%, агротехнологічних заходів – 30% і кліматичних умов – 20% [7, 46, 340].

На думку А. Андрієнка, Д. Дергачова та ін.. (2015) [130], вклад гібриду у приріст урожаю кукурудзи серед інших чинників становить близько 35%.

Зубоподібні форми є джерелом продуктивності, а кременисті – ранньостиглості й холодостійкості [341].

Нині основними причинами зростання врожайності кукурудзи є використання високоякісного насіння, упровадження гібридів, які мають великий генетичний продуктивний та адаптивний потенціал, істотне вдосконалення технологій вирощування [24, 34, 342].

Вибір гібридів кукурудзи – відповідальна й нелегка справа, адже в умовах одного господарства поля відрізняються за родючістю ґрунтів, попередниками (можливою післядією ЗЗР, що застосовувалися), вологозабезпеченістю. Тому в кожному господарстві слід використовувати кілька гібридів із різними характеристиками ФАО, типом зерна, чутливістю до добрив, стійкістю до хвороб і густоти стояння, що дозволить стабілізувати її врожайність за рахунок ефективного використання запасів вологи у ґрунті, опадів вегетаційного періоду та техніки. Використання гібридів із різними термінами ФАО зменшить ризики від природних катаклізмів, таких як прохолодне літо, дасть змогу оптимізувати терміни посіву та збирання [6, 28, 73, 241, 343].

В Україні потенційна врожайність гібридів кукурудзи використовується у середньому на 40-45%, а в окремі роки вона знижується до 34-36% і навіть до 20-30%. Це за умови, що в Нідерландах і США потенціал гібридів використовується на 70%, у Данії та Швеції – на 50-60% [7, 266, 344, 345].

Причинами низької реалізації потенційної продуктивності гібридами кукурудзи є різного роду стреси та недостатньо збалансоване мінеральне живлення, недостатній рівень технічного оснащення господарств, забезпечення необхідного асортименту мінеральних добрив, неврахування специфіки ґрунтово-кліматичних зон, ненадійний захист посівів від впливу шкідливих організмів та інші об’єктивні фактори [57, 236, 346, 347].

Зменшити розрив між фактичною й потенційною врожайністю гібридів кукурудзи можна за допомогою техногенних чинників (техніки, добрив, пестицидів, зрошення, густоти стояння) [259, 308, 348].

Для того, щоб повністю реалізувати продуктивний потенціал гібрида, слід враховувати не тільки його вимогливість до екологічних факторів у цілому, а й визначити індивідуальну реакцію на окремі технологічні прийоми, що представляє великий практичний інтерес за їх застосування в ресурсозберігаючих та інтенсивних технологіях [83, 202, 342, 349].

Генетично запрограмовані терміни тривалості вегетації в гібридів різних груп стиглості відрізняються на 27-32 діб, а оптимальна густота посівів залежно від волого забезпечення є в межах 30-90 тис. га [3, 21, 277].

За правильного підбору гібридів, використання якісного насіння та відповідно технологічного супроводу в основних зонах вирощування кукурудзи в Україні можливо одержати 8-10 т/га зерна і більше з вологістю 18-25% [7, 83].

Суттєві відмінності в реакції рослин на умови вирощування зумовили розвиток нового напряму в рослинництві – сортової агротехніки, де гібрид, формування оптимальної густоти стояння рослин та ефективне використання добрив відіграє важливу роль у підвищенні врожайності [91, 102, 163, 250].

Важливо знайти правильне співвідношення гібридів різних груп стиглості. Не варто в одному господарстві вирощувати більше 3-х груп сортів і гібридів, що відрізняються за строками стиглості, водночас рекомендують дотримуватися

наступної структури посівів: під основною групою стиглості – 50% площі, ранньостиглою – 30% і пізньостиглою – 20% [43].

Вирощуючи кукурудзу, у господарстві прийнято висівати 2-3 різних за скоростиглістю гібриди для стабілізації потенційних можливостей залежно від мінливості агрокліматичних умов упродовж усього періоду вегетації, а також усунення напруженості під час збирання врожаю. Якщо один із гібридів потрапить під вплив гірших кліматичних умов, то другий зможе краще реалізувати свій генетичний потенціал за рахунок більш сприятливих умов температури й опадів у критичний період свого розвитку. Це дасть змогу господарству компенсувати недобір зерна одного з гібридів, але здійснюється сівба кожного з гібридів на окремих полях згідно зі своєю сортовою агротехнікою [28, 130, 350].

Сучасні гібриди кукурудзи повинні характеризуватися високою стійкістю до низьких температур (придатні для ранніх строків сівби) і стійкістю до дефіциту вологи [3, 351].

До факторів, які вирішують співвідношення посівних площ гібридів різних груп стиглості, належать: теплові ресурси зони, рівень забезпеченості зрошувальних систем поливною водою (гідромодуль), наявність дощувальної техніки, спеціалізація господарства, забезпеченість добривами, посівними й збиральними машинами, наявність сушильного господарства, його потужність, спосіб використання зерна та ін. [45, 46, 83].

Добір гібридів кукурудзи повинен здійснюватися не лише за ознаками потенціалу врожайності й вологості зерна, а й за реакцією на застосування добрив і зрошення [83, 163, 352].

Основні вимоги, які висуваються до гібридів кукурудзи на зерно в зоні Лісостепу згідно з моделлю – це скоростиглість (ФАО 200-350) і відповідність її ґрунтово-кліматичним умовам господарства [67, 73, 75, 239]; висока врожайність зерна; стабільність урожаю за роками; стійкість до вилягання й ламкості стебел; придатність до механізованого збирання; висока холодостійкість у період проростання насіння, хороші темпи росту сходів; низька кущистість (не більше ніж 1,0-1,2); схильність до багатокачанності (не менше ніж 1,2-1,5 качана в сприятливі й не менше ніж 1 качан у несприятливі роки); висота прикріплення нижнього господарсько-придатного качана не менша за 50 см; хороша реакція на добрива; слабка реакція на фотоперіод; витривалість до загущення (з огляду на підвищення вологодефіциту в період вегетації в останні роки для середньоранніх 70-80 і середньостиглих 60-70 тис. рослинна 1 га); стійкість до ураження збудниками хвороб (пухирчаста та летюча сажки, стеблова гнилизна, фузаріоз качанів) та пошкодження шкідниками (шведська муха, кукурудзяний метелик); висока якість; швидка втрата вологи зерном у період дозрівання [1, 9, 75, 182, 183, 353].

Такі морфо-біологічні характеристики гібридів, як посилений розвиток кореневої системи, зниження коефіцієнту транспірації, зміна архітектоніки рослин, фізіологічні рішення на клітинному рівні тощо, значно розширюють ареал їх пластичності [90, 163, 354]. Коренева система гібридів кукурудзи різних груп стиглості поширюється в різних шарах ґрунтового горизонту, тому вони

відрізняються за продуктивністю та використанням залишкових запасів продуктивної вологи й поживних речовин [93, 350]. Гібриди пізньостиглої групи дають більшу врожайність зерна й зеленої маси в порівнянні з ранньостиглими, за рахунок доброго використання поживних речовин із ґрунтових запасів [3, 28].

Проте гібриди неоднаково реагують на агроекологічні умови вирощування, що зумовлює значну варіабельність характерних показників виходу поживних речовин з одиниці земельної площі, енергетичних витрат тощо [182, 183, 270].

У нових гібридів повинні поєднуватись висока продуктивність рослин зі стійкістю їх до абіотичних та біотичних стресів [3, 83]. Недостатній адаптивний потенціал гібридів кукурудзи призводить не лише до зниження врожайності зерна, а й до її значної варіабельності, особливо в несприятливих умовах [355].

Для сучасного вирощування стабільних урожаїв зерна кукурудзи великого значення набувають такі біологічні властивості сучасних гібридів, як адаптивність і пластичність [106, 356], за рахунок них в Україні було отримано зростання валових зборів зерна кукурудзи (більше 27 млн тонн) [112, 197, 328]. Процес адаптації рослин до стресів інтегрує різноманітні пристосувальні зміни, які відбуваються на різних організаційних рівнях і в цілому формують адаптаційний потенціал [286, 328].

У характеристиках гібрида слід звертати увагу на тип інтенсивності. Серед новостворених біотипів кукурудзи існують форми інтенсивного типу, які вимогливі до умов зовнішнього середовища й рівня агротехніки, а також гібриди, які мають понижену реакцію на зміну прийомів вирощування, що обумовлює помітну економію енергоресурсів і матеріальних витрат [62, 83, 163].

Звичайно, у гібридів інтенсивного типу набагато кращі показники врожайності, але вони потребують повного дотримання умов вирощування. Якщо вони не отримають усіх потрібних ресурсів (добрива, світло, волога, добре оброблені ґрунти, чисті від бур’янів та інші елементи агротехніки), їхня врожайність може бути нижчою за традиційні сорти й гібриди. Натомість у разі дотримання всіх умов урожайність може здивувати навіть досвідчених агрономів. Екстенсивні гібриди теж позитивно реагують на якісну агротехніку, але їхня віддача менша, ніж інтенсивних. Проте в умовах стресового вирощування помірно інтенсивні гібриди менше втрачають потенціал урожайності [6, 46, 357].

Дослідження, проведені Г. Л. Філіповим (2010) [106], вказують на те, що зростання врожаю зернової кукурудзи на 70% обумовлюється за рахунок селекції (адаптивність, стійкість до хвороб та шкідників, стійкість до загущення посівів), 20% – за рахунок ранніх строків сівби в поєднанні з інкрустацією та інокуляцією насіння – на 20% і 10% за рахунок кращої структури посівів.

В Україні селекція гібридів кукурудзи, адаптованих до умов різних ґрунтово-кліматичних зон, ведеться в 16 науково-дослідних установах держави (Інститут зернового господарства, Селекційно-генетичний інститут, Інститут рослинництва, Інститут землеробства, Інститут землеробства південного регіону, Інститут фізіології рослин і генетики та ін.) та приватної форми власності (науково-виробниче фермерське господарство «Компанія «Маїс», ТОВ «Расава», науково-виробниче підприємство «Агродніпро-насіння», ТОВ «Науково-

виробнича комерційна фірма «Селекта» та ін.). Останім часом анологічна робота розпочата в Україні відомими іноземними селекційно-насінницькими компаніями: Піонер, Монсанто, Сінгента, Евраліс, Маїсадур та ін. [130, 358].

За даними інституту зернового господарства, кукурудза може формувати стабільні врожаї на рівні 6,0-7,0 т/га, але у виробничих умовах потенціал цієї культури використовується менш ніж наполовину. Амплітуда коливань урожайності кукурудзи вказує на невикористані резерви [24].

В Україні здебільшого вирощуються гібриди кукурудзи і зовсім мало сортів, що пов'язано із явищем гетерозису. З-поміж сортів поширені такі: Закарпатська жовта, Дніпровська 298, Одеська 10 [83].

Для інтенсивної технології необхідно використовувати гібридні форми, вітчизняної та зарубіжної селекції, які найбільш адаптовані до умов вирощування.

В Україні вирощують такі гібриди **силосної кукурудзи:**

ранньостиглі: Премія 190 МВ (ФАО 190)

середньоранні: ДМС 2409 (ФАО 240), LG 3232 (ФАО 250), EXPG600 (ФАО 260), Бестселер 287 МВ (ФАО 280), Євро 301 МВ (ФАО 290), ДМС 2911 (ФАО 290),

середньостиглі: LG 30308 (ФАО 310), Арія МС 330 (ФАО 330), Круг 340 ВС (ФАО 340), Красилів 327 МВ (ФАО 350), Джоді (ФАО 360), ДМС 3709 (ФАО 370), ДМС 3709 (ФАО 370), ДМС 3908 (ФАО 370), S3825 (ФАО 380), S3909 (ФАО 390), Турія (ФАО 390),

середньопізні: ДМС 4011 (ФАО 400), Штандарт МАІС (ФАО 400), ДМС 4011 (ФАО 400), S4210 (ФАО 420), ДМ Нейтів (ФАО 420), EXPG607 (ФАО 420), Турія (ФАО 440)

зернової кукурудзи:

***ранньостиглі*:** фірми **«Піонер» –** ПР39Г12 (ФАО 200), ПР39Г32 (ФАО 200); фірми «**Лімагрейн» –** ЛГ 21.95 (ФАО 190), Алвіто (ФАО 210); **БЦ інститут селекції і рослинництва –** Бц 182 (ФАО 200); фірми **Евраліс «EURALIS» Франція –** Дельфін (ФАО 190), Верітіс (ФАО 210) та ін.;

***середньоранні*:** фірми **Байєр «Монсанто» –** ДКС 2949 (ФАО 250), Монументал (ФАО 280); фірми **«Піонер» –** Еліта (ФАО 210), Сандріна (ФАО 220), ПР39К13 (ФАО 220), ПР39Г83 (ФАО 245), ПР39Р86 (ФАО 250) ремонтантний, ПР39Д81 (ФАО 260) має на 3-4% більший вихід етанолу за відношенням до звичайних гібридів, ПР39Ф58 (ФАО 275), ПР39Р20 (ФАО 280); фірми **«Лімагрейн» –** ЛГ 22.44 (ФАО 230) ремонтантний, ЛГ 32.32 (ФАО 250) ремонтантний, Фантастік (ФАО 280); фірми **«Syngenta» –** НК Неріса (ФАО 200), Делітоп (ФАО 220), НК Фалькон (ФАО 220), НК Некта (ФАО 240), НК Перформ (ФАО 250), Агробаз (ФАО 250), НК Сімба (ФАО 270), Канада (ФАО 280); **БЦ інститут селекції і рослинництва –** Бц 282 (ФАО 280) ремонтантний; **Евраліс «EURALIS» Франція –** Інагуа (ФАО 220), Сплендіс (ФАО 250), ЕС Паролі (ФАО 260); **Інститут Ходовля Рослин Рольничих «Насьона Кобєжиц» спулка з о.о –** Космо 230 (ФАО 220) ремонтантний; **Інститут рослинництва ім. Юр'єва м. Харків –** Вимпел (ФАО 260); **ТОВ «Селекта» м. Дніпропетровськ –** МЕЛ-272 МВ (ФАО 270) та ін.;

***середньостиглі*:** фірми **«Монсанто» –** ДК 315 (ФАО 310), ДКС 3511 (ФАО 330), ДК 440 (ФАО 350), ДКС 4626 (ФАО 360); фірми **«Піонер» –** ПР38Ф10 (ФАО 305) ремонтантний, ПР38Б12 (ФАО 305) ремонтантний, Кларіка (ФАО 310), ПР38В91 (ФАО 325), ПР38Р92 (ФАО 325), ПР38Г67 (ФАО 390) придатний для виробництва біоетанолу, ПР37Д25 (ФАО 390) придатний для виробництва біоетанолу; фірми «**Лімагрейн» –** ЛГ23.06 (ФАО 310), Латізана (ФАО 320), ЛГ33.30 (ФАО 340) ремонтантний, ЛГ23.72 (ФАО 380); фірми **«Syngenta» –** НК Леморо (ФАО 310), НК Термо (ФАО 330), Фуріо (ФАО 350) ремонтантний, Оксітан (ФАО 360), Селест (ФАО 390) придатний до ноутіл, Долар (ФАО 390) придатний до ноутіл; фірми **«Євраліс» –** ЕС Нінфеа (ФАО 330) та ін.;

***середньопізні*:** фірми **«Syngenta» –** Сіско (ФАО 400); Козацький 442 СВ, НС 444, Одеський 480, Сонолой 407 МВ, Світ 400 МВ, Євро 401 СВ, Соколов 407, Кадр 443 СВ, Дніпровський 473 МВ, Базис, Дніпропетровський 453 СВ та ін.;

пізньостиглі: Аметист, Борисфен 600 СВ, Леоніс, НС 640, Переком СВ, Призма та ін (табл. 32).

32. Групування гібридів кукурудзи за тривалістю вегетаційного періоду (В.В. Вовкодав, 2001)

№ п/п	Група		Кількість листків, шт.	Вегетаційний період, днів
	Назва	ФАО		
1.	Дуже ранні	100–149	9–11	до 90
2.	Ранньостиглі	150–199	12–14	91–105
3.	Середньоранні	200–299	15–16	106–120
4.	Середньостиглі	300–399	17–18	121–130
5.	Середньопізні	400–499	19–20	131–140
6.	Пізньостиглі	500–599	21–22	141–150
7.	Дуже пізні	600 і більше	понад 22	понад 150

Для одержання високих і стабільних урожаїв зерна кукурудзи і кращої реалізації біокліматичного потенціалу, у господарствах бажано висівати кілька різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи ранньостиглої та середньостиглої групи стиглості.

Так, середньопізні гібриди, що характеризуються високою врожайністю, потребують значних коштів на післязбиральне досушування зерна. Окрім того, вони характеризуються вибагливістю до умов вирощування - і незначні порушення у виконанні технологічних операцій призводять до різкого зниження їхньої продуктивності (табл. 33).

Під час збирання даних гібридів кукурудзи внаслідок підвищеної вологості зерна ускладнюється його обмолот.

Підвищення врожайності кукурудзи у світі за останні роки пов’язують зі збільшеною роллю молекулярної генетики й трансгенних гібридів, також масштаби та вклад традиційної селекції не знижуються. Нові гібриди витискають

старі завдяки кращій пристосованості до дефіциту води, загущення посівів й стійкості до хвороб, шкідників і бур'янів [106].

Деякі нові гібриди кукурудзи були змінені генетично для виробництва дельта ендотоксина, який асоціюється з Baccillius thu ringiensis (Bt). Дані гібриди виробляють токсини в своїй клітині й ефективно знищують будь-які види кукурудзяного метелика, який ними живиться [359].

Моделлю гібридів на силос, окрім перелічених ознак для гібридів на зерно, передбачаються висока й стабільна врожайність сухої речовини (для ранньостиглих гібридів не менше ніж 120-150, середньоранніх 150-180 ц/га); вміст сухої речовини в зеленій масі не менше ніж 30% для Лісостепу і 25% для Полісся; добра облистяність і висока витривалість до загущення (у зоні Лісостепу не менше ніж 100-120, в Поліссі – 120-140 тис. рослин на 1 га) [1, 83].

33. Характеристика кліматичних показників для гібридів кукурудзи різних груп стиглості

Необхідна середньомісячна температура під час вегетації кукурудзи		***Кількість тепла, необхідна для дозрівання зерна***		***Потрібна кількість опадів***	
Місяць	*t°C*	*Група стиглості (ФАО)*	*Сума температур (°C)*	*Місяць*	*мм*
Квітень	9,0			Квітень	68,0
Травень	18,3	100-199	915-970	Травень	88,9
Червень	21,7	200-299	1026-1082	Червень	88,9
Липень	22,8	300-399	1138-1191	Липень	114,3
Серпень	22,8	400-499	1249-1304	Серпень	114,3
Вересень	18,2	500 і більше	1360-1415	Вересень	96,5
Середня	18,8			Всього	570,9

Висока врожайність зерна й гарний силос починається з вибору силосного гібрида кукурудзи для вирощування на полі [49]. На якість отримануваного силосу, окрім гібриду, впливає якість ґрунту, клімат і погодні умови, ступінь розвитку господарювання, застосування технології та дотримання умов збирання – усе це впливає на кінцеву якість отриманого силосу [360].

Нині на ринку дуже багато селекційних компаній пропонують використовувати гібриди зернового напрямку на виробництво силосу. Так, пропонуються гібриди насіннєвих компаній бренду Байєр (Монсанто), Піонер, Сингента, Євраліс, КВС, Майсадур, Маїс та ін. Дані гібриди характеризуються значною висотою, що забезпечує врожайність зеленої маси, але не завжди збалансовані за вмістом поживних речовин і мають високу ефективність перетравлення, крім того зернові гібриди забезпечують значним вмістом зерна силосну масу, яке теж в результаті травлення може не повністю перетравлюватись, тому потребує додаткового плющення або подрібнення [361].

Для заготівлі високоякісного силосу при вирощуванні кукурудзи необхідним є посів гібридів різних груп стиглості. У зоні Полісся раннім гібридам відводиться 35-40 % посівних площ, середньораннім – 50-55 та середнім – 10-15 %; у Лісостепу відповідно – 30-40 %, 40-45 та 20-30 %; у Степу на зрошенні відповідно 20-25 %, 40-50 та 25-30 %; а на богарі ранньостиглим – 40-50 %, середньораннім – 50-60 % [48].

Перевагою силосних гібридів кукурудзи є баланс між великою врожайністю та високою поживністю отриманого силосу [49]. Під час вибору гібридів кукурудзи для вирощування на силос слід звернути особливу увагу на такі характеристики: кормові якості й високу врожайність вегетативної маси та зерна; стійкість проти пошкодження хворобами та шкідниками, до приморозків, посухи, вилягання в кінці періоду вегетації; втрата вологи вегетативною масою синхронно із зерном; твердість зерна кукурудзи на силос має бути меншою, ніж у зернових гібридів; відповідна група стиглості гібридів; подовжене перебування рослин у фазі з оптимальним для силосування вмістом сухої речовини [50].

З метою оптимального використання збиральної техніки, дотримання вимог щодо кормових якостей вегетативної маси та мінімізації втрат урожаю господарствам слід висівати два-три гібриди з різними періодами вегетації. На Поліссі використовують переважно ранні й додатково – середньоранні гібриди; у Лісостепу – ранні, середньоранні й середньостиглі з максимальною масовою часткою середньоранніх; у Степу – середньоранні, середньостиглі й середньо-пізньостиглі [48, 50].

Також під час вибору гібридів кукурудзи на силос слід враховувати, що листостеблова маса ранньостиглих гібридів швидко дозріває, тому використовувати їх доцільно в регіонах з несприятливими погодно-кліматичними умовами. За сприятливих погодних умов краще вирощувати більш пізні гібриди кукурудзи на силос з повільним дозріванням листостеблової маси. Ранньостиглі гібриди за таких умов швидко проходять стадію оптимального вмісту сухої речовини, до того ж погіршується їхня кормова цінність і здатність до силосування. Нині за вирощування кукурудзи на силос ідеальними є гібриди з раннім дозріванням качана й повільним дозріванням листостеблової маси (stay green-ефект), які вирізняються добрими показниками, особливою стійкістю проти фузаріозної стеблової гнилі й вилягання. Вони триваліший час зберігають свої кормові цінності, а отже – гнучкіші щодо строків збирання [3, 50].

Є також спеціалізовані гібриди кукурудзи під силос, із низьким умістом лігніну, що забезпечує підвищення травлення силосної маси в шлунках тварин. Окрім того, нині існують гібриди Laefy типу, що характеризуються збільшенням поживної частину рослини для тварин за рахунок збільшення кількості листків над початком від 10 до 13 та переважно борошнисто-склоподібного крохмалю в зерні і гібриди Leafy-Floury типу, що крім збільшеної кількості листків мають до 25% чисто борошнистого типу зерна, що значно підвищує його перетравність [361].

Для силосних гібридів характерною є більша висота рослин у

порівнянні з класичними гібридами, збільшена кількість листків на рослинах та безпосередньо над качаном (10-12 листків), що збільшує вихід поживної маси в кормах і борошнистий тип зерна [49]. Листова пластинка силосних гібридів кукурудзи набагато ширша ніж у зернових, різниця складає 2-3 см [3, 49].

Силосні гібриди мають високу *інтенсивність росту* на початкових етапах, що дає можливість швидко нарощувати площу листового апарату і, як наслідок, швидше закривати поверхню ґрунту, зменшити проникність сонячних променів до поверхні, а відповідно, знизити активацію сходів бур'янів і забезпечити більше збереження вологи в ґрунті. **Висока врожайність** зеленої маси з підвищеним вмістом у ній зерна завдяки формуванню та розвитку великих качанів із великим за розміром зерном борошнистого типу, що легко розбивається під час подрібнення і має кращу перетравність. Тривалий **період придатності** до збирання, адже висихання і дозрівання даних гібридів іде повільно, завдяки чому рослини довше зберігають майже ідеальний (65%) для силосу рівень вологості та 50% вологості молочного й молочно-воскового стану ядер крихкого за своїми властивостями зерна. У силосних гібридів спостерігається збалансованість висоти **закладання качанів,** що забезпечує меншу ламкість стебел за сильних вітрів, підвищена **генетична стійкість** до фузаріозів качанів і стебла, яка зменшує накопичення в зеленій масі мікотоксинів і втрати якості кормів надалі, підвищений вміст доступного **крохмалю в зерні**, що сприяє більшій енергетичній і кормовій цінності отриманого силосу, високий рівень **засвоюваності** нейтрально-детергентної клітковини (NDF) і достатня кількість ефективної клітковини для стимулювання пережовування, а також розщеплення в рубці. Дані гібриди мають велике «вікно збирання» завдяки green-ефекту, коли рослини тривалий час продовжують вегетацію і залишаються зеленими.

Як уже ми зазначали, за вибору гібриду необхідно пам'ятати, що основна поживна маса рослин знаходиться над початком (рис. 7) [361].

Рис. 7. **Перетравність різних частин кукурудзи**

Велике значення також має вміст зерна в силосі, адже в ньому знаходиться найбільш поживна частина силосної маси для тварин. Проте не завжди значна кількість зерна в силосній масі свідчить про високу його поживність. Тому, що важливе значення має в даному випадку консистенція ендосперму зерна його тип (рис. 8). Так, зерна, що мають більш скловидний тип ендосперму мають гіршу перетравність у порівняні з зерном, що має більш борошнистий тип. Адже руйнування даного зерна відбувається краще навіть підчас подрібнення та прожовування тваринами та й в процесі силосування такі зерна краще піддаються ферментації [361].

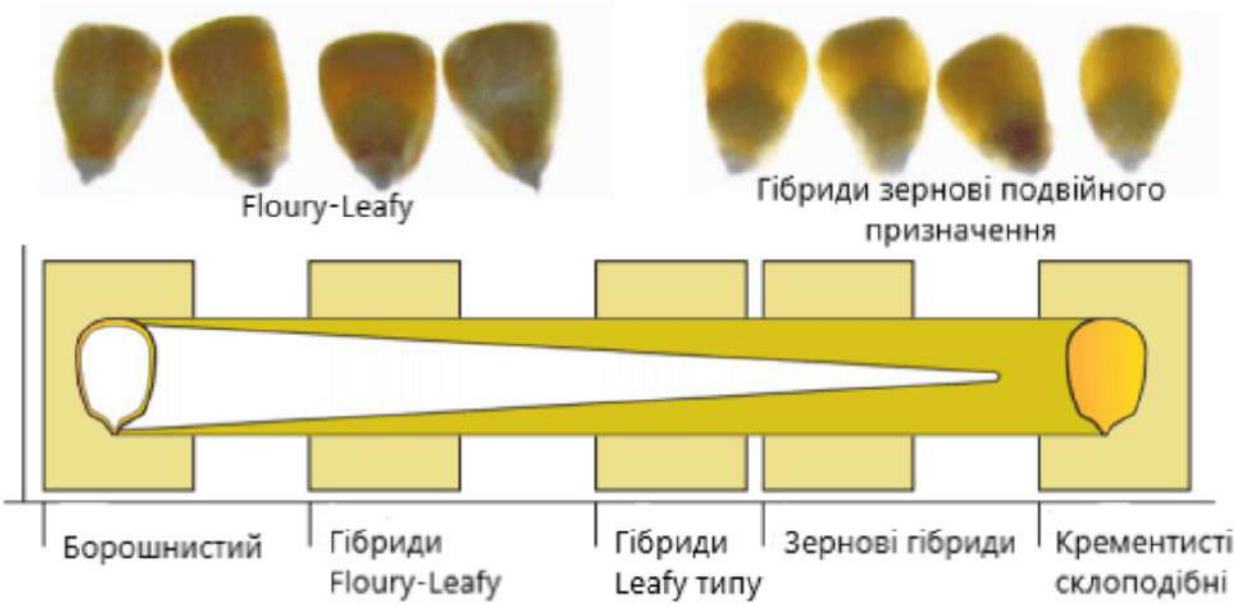


Рис. 8 ***Типи ендосперму різних гібридів.***

Ремонтантність (Stay green) кукурудзи є важливою ознакою, якою володіють більшість сучасних гібридів кукурудзи [362].

Ремонтантність кукурудзи (stay-green) – це здатність зберігати вегетативними частинами рослин зелене забарвлення й підвищену вологість після настання повної стиглості насіння, що суттєво знижує ризик пошкодження хворобами та мікотоксинами [3, 75, 130, 362, 363].

Ремонтантність є важливим резервом підвищення продуктивності всієї рослини, так як розкривається двостороннє її використання на зерно та силос [130, 362]. Так, після збирання ремонтантної кукурудзи на зерно можна використовувати зелену й соковиту листостеблову масу на силос або зелений корм [362].

Ремонтантні гібриди кукурудзи також характеризуються більшою продуктивністю (за рахунок притоку поживних речовин у качан без зміни строків дозрівання), кращою якістю зерна й вегетативних органів, відрізняються від звичайних форм високою стійкістю до пошкоджень шкідниками та вилягання завдяки високій тургорності клітин зеленого стебла [83, 130, 362].

Ремонтантні рослини зберігають на високому рівні швидкість перебігу біохімічних процесів у стеблі, мають велику кількість живих клітин паренхіми стебла й характеризуються високою міцністю стебла (стійкістю до

вилягання) та підвищеною стійкістю до стеблових гнилей [83].

При цьому підвищується продуктивність кукурудзи за рахунок продовження процесу фотосинтезу, стійкість до вилягання та фузаріозу стебла [75, 130].

Stay green підтримує насамперед уповільнене зростання вмісту сухих речовин у всій рослині та впливає на темпи вологовіддачі зерна кукурудзи [130, 363]. Додатковою перевагою від **«stay-green»** є подовження строків збирання врожаю та висока якість силосованої зеленої рослинної маси [75].

Порівнюючи різні типи гібридів кукурудзи на силос, потрібно розуміти їх основні переваги та недоліки [361] (таб. 34).

34. Порівняльна таблиця різних типів гібридів

Показники	Силосно-зернові гібриди	Гібриди BMR (зменшеним вмістом лігніну)	Гібриди Leafy	Гібриди Floury-Leafy
Збалансованість листової і стеблової маси			+	+
Високий вміст крохмалю	+	+	+	+
Висока перетравність крохмалю			+	+
Висока перетравність маси		++	+	+
Високий рівень урожаю	+		+	+
Широке вікно збирання			+	+
Висока швидкість силосування			+	+
Висока якість корму		+	+	+
Адаптованість до різних раціонів	+		+	+

Окрім того, якість кукурудзяного силосу напряму залежить не лише від обраного гібрида, а й від технології вирощування (термінів сівби, густоти стояння рослин, добрив, захисту від бур'янів, хвороб тощо), термінів збирання, технології заготівлі й умов зберігання.

Гібридний характер кукурудзи надає їй перевагу в потенціалі врожайності за умови достатньої генетичної внутрішньовидової варіативності, яка відкриває можливості максимального ефекту гетерозису [83, 155].

У посушливі роки буває так, що волоть уже відцвіла, пилок відсипався, а стовпчики на качанах лише з'явилися. Присутність водночас із ранніми гібридами, що знаходяться в критичному стані, пізніх, у яких волоті тільки починають цвісти, дає можливість запліднити їхнім пилком також і ранні форми, у яких незапліднені стовпчики можуть зберігати свою життєздатність упродовж тривалого періоду (15-20 діб), що селекціонери зазвичай використовують у своїй практиці [3, 350].

Під час селекції гени від батьківських рослин змішуються в множині комбінацій у процесі схрещування – і створюються нові рослини [3, 83].

Зазвичай гібриди з більшим ФАО рекомендують для зон з вищим, а з меншим ФАО – для зон з нижчим теплозабезпеченням; чим більше ФАО, тим вищий потенціал продуктивності. Гібриди різних груп стиглості по-різному реагують на погодні умови протягом вегетаційного періоду.

Працювати слід із гібридами кількох груп стиглості задля мінімалізації ризиків.

Підвищення придатності до механізованого вирощування та збирання гібридів кукурудзи сприятиме зменшенню розриву між потенційною й фактичною врожайністю.

Створення гібридів кукурудзи, придатних до механізованого вирощування та збирання, дозволить: підвищити врожайність, покращити якість урожаю, економно використовувати збиральну техніку, зменшити втрати врожаю під час збирання.

Л. В. Козубенко, І. А. Гур'єва [292] вказують, що придатність до механізованого вирощування - це комплексна ознака, яка характеризується придатністю до певних технологій вирощування та комбайнового збирання. Для комбайнового збирання велике значення має висота рослин, висота прикріплення господарсько-цінного качана, ступінь його обвисання, стійкість рослин до вилягання, ураження кукурудзяним метеликом і стебловими та кореневими гнилями. Увесь цей комплекс ознак впливає на якість збирання, швидкість проведення збиральних робіт та енерговитрати.

Створення даного типу гібридів кукурудзи неможливе без відповідного вихідного матеріалу, який пройшов об'єктивну оцінку за комплексом ознак і властивостей. У зв'язку з цим важливе значення має проведення селекції за такими ознаками: висота рослин, висота прикріплення качана та його кут відхилення, довжина ніжки, міцність стебла, стійкість до вилягання, довжина та діаметр міжвузля в різних груп стиглості. Добір самозапилених ліній потрібно проводити, порівнюючи їх із відповідними стандартами.

Для механізованого вирощування та збирання кукурудзи важливе значення має стійкість до вилягання. Найбільших втрат завдає воно під час цвітіння або на початку наливання зерна. Стійкі до вилягання форми відрізняються за анатомічною будовою стебла, вони мають краще розвинену склеренхімну тканину й більшу товщину міжвузль, а перші два з них - коротші. Форми, що не вилягають, окрім того, мають більш товсті й міцніші корені [83].

Групуючи вихідний матеріал кукурудзи за придатністю до механізованого вирощування, ми враховували: міцність бокової стінки, стійкість до вилягання, ураження стебловими гнилями, пошкодження кукурудзяним стебловим метеликом, висоту рослин, висоту прикріплення качанів та їх обвисання [364].

Для встановлення ступеня впливу ознак кукурудзи на придатність до механізованого вирощування та збирання було проведено кореляційний аналіз морфологічних і фенологічних ознак, елементів структури врожаю та стійкості самозапилених ліній, простих гібридів до вилягання й стеблових гнилей і кукурудзяного метелика.

Результати наших досліджень щодо впливу названих ознак самозапилених ліній та простих гібридів на придатність до механізованого вирощування й збирання подаються нижче.

Застосування механізованого вирощування кукурудзи, особливо збирання, вимагає створення стійких до вилягання гібридів з міцним

стеблом, здатним утримувати рослину у вертикальному положенні навіть у разі значного перестої, після дозрівання зерна.

Для практичної селекції найбільший інтерес представляють лінії, що мають міцне стебло, яке стійке до вилягання. На стійкість рослин до вилягання впливає: розвиток механічних тканин стебла (міцність бокової стінки), його морфологічні ознаки (діаметр, довжина нижніх міжвузль), характер та інтенсивність протікання фізико-хімічних реакцій, що визначає різну стиглість окремих частин рослини [365, 366].

У селекційній практиці існує два методи визначення стійкості рослин до вилягання: прямий – це підрахунок кількості рослин, що полягли в разі 20-30 денного перестою після дозрівання зерна, та побічні – визначення питомої ваги відрізків стебла; визначення товщини шару склеренхіми, міцності бокової стінки стебла та ін.

Ми застосовували прямий метод визначення стійкості до вилягання, а з побічних методів у наших дослідженнях використали визначення міцності стебла за характеристикою міцності бокової стінки на середині третього міжвузля, через його простоту й відносно низькі затрати праці [364-366].

Результатами наших досліджень [365, 366] встановлено, що існує відмінність у міцності стебла в самозапилених ліній і простих гібридів кукурудзи. Найвищою міцністю бокової стінки стебла характеризуються лінії та гібриди кукурудзи, стійкі до вилягання й ураження стебловими гнилями.

Аналіз експериментальних даних ряду авторів [3, 83] свідчить, що самозапилені лінії та гібриди кукурудзи відрізняються за міцністю стебла й мають різну стійкість до вилягання, що дає можливість відбирати форми з міцним стеблом, які стійкі до вилягання. Встановлено, що міцність стебла від початку викидання волоті до фази їх цвітіння зростає, як у рослин, що характеризуються міцним стеблом, так і в рослин, які мають низьку міцність стебла (табл. 35-37).

35. Міцність бокової стінки стебла ранньостиглих ліній кукурудзи залежно від фази розвитку, кг/мм^2, (2002-2004 рр.)

Назва лінії	Міцність бокової стінки							
	викидання волотей				цвітіння волотей			
	2002 р.	2003 р.	2004 р.	середнє	2002 р.	2003 р.	2004 р.	середнє
ХЛГ 81	2,03	1,52	1,88	1,81	2,30	1,93	2,13	2,12
ХЛГ 249	2,55	2,01	2,18	2,25	2,78	2,53	2,73	2,68
ХЛГ 294	2,28	1,63	2,00	1,97	2,75	2,43	2,70	2,63
ХЛГ 1128	2,58	1,95	2,48	2,34	2,85	2,68	3,03	2,85
МА 17	1,76	1,30	1,68	1,58	2,08	1,65	1,98	1,90
МА 23 С	2,30	1,78	2,18	2,09	2,58	2,33	2,48	2,46
СМ 5-1-1	2,20	1,80	2,10	2,03	2,75	2,65	2,93	2,78
СМ 24	2,45	1,85	2,25	2,18	2,70	2,35	2,75	2,60
СМ 39	1,88	1,20	1,78	1,62	2,23	1,60	2,30	2,04
СО 108	2,40	2,00	2,48	2,29	2,73	2,45	2,83	2,67
СМ 7 (st)	1,73	1,23	1,58	1,51	2,08	1,60	2,00	1,89
$НІР_{0,05}$, кг/мм^2	0,19	0,16	0,17	–	0,18	0,17	0,20	–

У зразків із міцною боковою стінкою формування стебла й утворення тканин склеренхіми проходить швидше, ніж у рослин із невисокою міцністю, і під час цвітіння спостерігається більш чітке розмежування між зразками. Тому період цвітіння волотей є кращим порівняно з викиданням, для диференціації зразків стосовно відношення до вилягання [280, 312].

Результатами наших досліджень встановлена можливість використання, для оцінки зразків за міцністю бокової стінки, стебла у фазі викидання й цвітіння волотей [83, 280, 312].

Визначення міцності стебла під час викидання волотей більш зручне, так як дозволяє оцінювати матеріал, що вивчається, до запилення. Але більш достовірну інформацію за міцністю стебла можливо отримати в разі визначення її в період цвітіння волотей, так як у цей час завершується формування тканин стебла кукурудзи [280, 312].

Нами проведено визначення міцності стебла з урахуванням групи стиглості. Характеристику самозапилених ліній кукурудзи, залежно від групи стиглості, за міцністю бокової стінки стебла наведено в таблицях 35-37.

Результатами наших досліджень встановлено, що всі самозапилені лінії та прості гібриди, створені на їх основі, відрізняються за міцністю бокової стінки.

Аналіз групи ранньостиглих самозапилених ліній (табл. 35) показує, що вони достовірно відрізняються за міцністю бокової стінки стебла, визначеній у фазі викидання й цвітіння волотей. Зауважимо, що ця різниця істотна як серед окремих ліній, так і залежно від років.

Дані таблиці 35 свідчать, що міцність бокової стінки стебла зростає від викидання волотей до їх цвітіння, але величина, на яку вона зростає дуже коливається. Так, у 2002 році у фазі викидання та цвітіння волотей вона складала у ліній: ХЛГ 81 від 2,03 до 2,30, ХЛГ 294 від 2,28 до 2,75, ХЛГ 1128 від 2,58 до 2,85, СМ 24 від 2,45 до 2,70 кг/мм^2 відповідно.

У групі ранньостиглих ліній, лінії характеризуються низькою та в деяких зразків середньою міцністю бокової стінки стебла. Тому виявлення зразків, які крім ранньостиглості, мають підвищену міцність бокової стінки стебла, дозволить успішно проводити селекцію гібридів кукурудзи стійких до вилягання й ураження стебловими гнилями.

У 2004 році міцність бокової стінки стебла даних ліній наближалась за значенням до міцності стебла, визначеної в 2002 році - ХЛГ 81 від 1,88 до 2,13, ХЛГ 1128 від 2,48 до 3,03, СМ 24 від 2,25 до 2,75 кг/мм^2.

У 2003 році відзначено загальне зниження міцності стебла у всіх зразків. У фазі викидання й цвітіння волотей ранньостиглі лінії мали таку міцність стебла: ХЛГ 81 від 1,52 до 1,93, ХЛГ 294 від 1,63 до 2,43, ХЛГ 1128 від 1,95 до 2,68, СМ 24 від 1,85 до 2,35 кг/мм^2.

Дану особливість можна пояснити, на нашу думку, впливом стресових умов року, тобто низької кількості опадів (319,6 мм) за вегетаційний період кукурудзи в даному 2003 році.

Найнижчу міцність бокової стінки стебла зазначено в лінії, яку ми використали в якості стандарту – СМ 7, вона показала у 2002 році у фазі

викидання волоті міцність бокової стінки 1,73 кг/мм^2, а під час цвітіння волоті - 2,08 кг/мм^2, у 2003 році – 1,23 та 1,60 кг/мм^2, у 2004 році – 1,58 та 2,00 кг/мм^2 відповідно.

Значну міцність бокової стінки стебла, порівняно зі стандартом, відзначено в таких ліній: ХЛГ 1128, СО 108, СМ 5-1-1 та ХЛГ 249. У них вона становила: у 2002 році – 2,58; 2,40; 2,20 та 2,55 кг/мм^2 під час викидання волотей, а за їх цвітіння – 2,85; 2,73; 2,75 та 2,78 кг/мм^2 відповідно. У 2003 році спостерігалося зниження міцності бокової стінки стебла, порівняно із 2002 та 2004 роками. Так, для даних ліній, вона становила – 1,95; 2,00; 1,80 та 2,01 кг/мм^2 у фазі викидання волотей, а у фазі їх цвітіння – 2,68; 2,45; 2,65 та 2,53 кг/мм^2 відповідно. У 2004 році міцність бокової стінки стебла становила у ХЛГ 1128 – 2,48; СО 108 – 2,48; СМ 5-1-1 – 2,10 та ХЛГ 249 – 2,18 кг/мм^2 у фазі викидання волотей, та 3,03; 2,83; 2,93 та 2,73 кг/мм^2, у фазі їх цвітіння відповідно.

Низька міцність бокової стінки стебла за роки досліджень спостерігалася у таких ранньостиглих ліній: МА 17, ХЛГ 81 та СМ 39. У 2002 році вона склала: 1,76; 2,03 та 1,88 кг/мм^2 під час викидання волотей, та 2,08; 2,30 і 2,23 кг/мм^2, відповідно за їх цвітіння. У 2003 році – 1,30; 1,52 та 1,20 кг/мм^2 у фазі викидання волотей та 1,65; 1,93 та 1,60 кг/мм^2 у фазі їх цвітіння відповідно. У 2004 році міцність стебла для даних ліній становила: 1,68; 1,88 і 1,78 кг/мм^2, та 1,98; 2,13 і 2,30 кг/мм^2 у фазі цвітіння та викидання волотей відповідно.

Отже, згідно наведених результатів наших досліджень, підтверджено процес зростання міцності бокової стінки стебла від фази викидання до фази цвітіння волотей у всіх самозапилених ліній ранньостиглої групи. Величина, на яку вона зростає, коливається в межах групи ранньостиглих ліній і визначається біологічними властивостями окремо взятої форми.

Середньоранні самозапилені лінії (табл. 36) також достовірно різняться за міцністю бокової стінки стебла.

36. Міцність бокової стінки стебла середньоранніх ліній кукурудзи залежно від фази розвитку, кг/мм^2, (2002-2004 рр.)

Назва лінії	Міцність бокової стінки стебла							
	викидання волотей				цвітіння волотей			
	2002 р.	2003 р.	2004 р.	середнє	2002 р.	2003 р.	2004 р.	середнє
PLS 61	2,40	2,13	2,18	2,23	2,90	2,45	2,88	2,74
ХЛГ 33	2,76	2,58	3,33	2,89	3,58	3,30	3,88	3,59
ХЛГ 45	3,08	2,70	3,23	3,00	3,53	3,28	3,50	3,44
ХЛГ 163	2,33	1,85	2,10	2,09	2,58	2,35	2,80	2,58
ХЛГ 257	3,10	2,33	2,90	2,78	3,35	3,18	3,38	3,30
ХЛГ 269	2,88	2,58	2,89	2,78	3,20	2,85	3,00	3,02
ХЛГ 270	2,58	1,98	2,48	2,35	2,98	2,58	2,75	2,77
ХЛГ 272	2,30	1,68	2,10	2,03	2,45	2,10	2,70	2,42
ХЛГ 290	3,35	2,55	3,18	3,03	3,68	3,35	3,63	3,55
ХЛГ 562	3,30	2,93	3,05	3,09	3,58	3,30	3,65	3,51
F 2 (st)	2,75	2,45	2,90	2,70	3,10	2,73	3,20	3,01
$НІР_{0,05}$, кг/мм^2	0,21	0,19	0,18	–	0,24	0,17	0,16	–

Порівнюючи середні значення міцності бокової стінки, отримані за роки досліджень між ранньостиглими та середньоранніми лініями, можна помітити деяке зростання цього показника в групі середньоранніх ліній. Це пов'язано, на нашу думку, з тим, що лінії з більш тривалим вегетаційним періодом характеризуються краще розвиненими механічними тканинами стебла. На дану залежність також вказують отримані нами коефіцієнти кореляції між міцністю стебла й тривалістю вегетаційного періоду r=0,617...0,645.

Серед середньоранніх ліній, які мають підвищену міцність бокової стінки стебла, необхідно зазначити такі: ХЛГ 562, ХЛГ 290, ХЛГ 45, ХЛГ 33. Дані лінії мали найвище значення цього показника за роки проведення досліджень у фазі цвітіння волотей, 3,44-3,59 кг/мм^2.

Лінія F 2, яка використовувалась нами в якості стандарту, мала в середньому за три роки досліджень, у фазі викидання волотей міцність бокової стінки – 2,70 кг/мм^2, а у фазі цвітіння волотей цей показник складав 3,01 кг/мм^2.

Порівнюючи дані міцності бокової стінки стебла, наведені в таблиці 3.2, видно, що найнижче значення цього показника, у середньому за три роки, порівняно зі стандартом, показали такі лінії: PLS 61, ХЛГ 270, ХЛГ 272, ХЛГ 163.

Також необхідно зазначити, що міцність бокової стінки стебла, як і в ранньостиглих ліній, зростає від викидання до цвітіння волотей у всіх середньоранніх ліній. Але величина, на яку вона зростає, дещо змінюється залежно від лінії. Так, для прикладу візьмемо декілька ліній цієї групи, які приведені в таблиці 3.2. У ліній PLS 61, ХЛГ 269 та ХЛГ 290 у 2002 році міцність стебла у фазу викидання волотей була у межах 2,40; 2,88 та 3,35 кг/мм^2 та у фазі цвітіння вона становила – 2,90; 3,20 та 3,68 кг/мм^2; у 2003 році в даних ліній за вказаним показником встановлено таке його значення 2,13; 2,58; 2,55 та 2,45; 2,85; 3,35 кг/мм^2 відповідно. Тоді як у 2004 році в даних ліній міцність стебла становила 2,18; 2,88 та 3,18 і 2,88; 3,00 та 3,63 кг/мм^2 відповідно, у фазі викидання й цвітіння волотей. Із наведених значень міцності бокової стінки стебла трьох різних середньоранніх ліній стає зрозумілим, що найбільша мінливість її в лінії PLS 61. Даний показник у цієї лінії дуже зростає від викидання до цвітіння волотей.

Отже, можна зробити висновок, що окремі середньоранні лінії мають високу міцність бокової стінки стебла, а визначення даного показника доцільніше проводити у фазі цвітіння волотей.

Середньостиглі лінії кукурудзи мають різну величину міцності бокової стінки стебла, характеристику цих ліній наведено в таблиці 37.

Порівняно з ранньостиглими й середньоранніми самозапиленими лініями, лінії даної групи, за міцністю бокової стінки стебла відносяться до зразків із вищим значенням цього показника.

Суттєво нижчу міцність бокової стінки стебла ліній даної групи в порівнянні зі стандартом (Р 523), мають лінії S 38, ХЛГ 189, ХЛГ 293, ХЛГ 1380, Oh 43, а лінії ХЛГ 42, УХ 405, W 401 за даною ознакою наближається до стандарту.

37. Міцність бокової стінки стебла в середньостиглих ліній кукурудзи залежно від фази розвитку, кг/мм^2, (2002-2004 рр.)

Назва лінії	Міцність бокової стінки стебла							
	викидання волотей				цвітіння волотей			
	2002 р.	2003 р.	2004 р.	середнє	2002 р.	2003 р.	2004 р.	середнє
S 38	2,75	2,60	2,93	2,76	3,03	2,73	3,10	2,95
К 212	3,10	2,70	2,95	2,92	3,63	3,28	3,68	3,53
W 401	3,60	3,18	3,35	3,38	4,10	3,70	3,93	3,91
УХ 405	3,50	3,13	3,70	3,44	3,95	3,53	4,53	4,00
ХЛГ 42	3,20	2,78	3,28	3,09	3,73	3,38	3,80	3,64
ХЛГ 189	2,91	2,60	2,78	2,76	3,43	3,05	3,53	3,34
ХЛГ 293	3,00	2,38	3,08	2,82	3,38	3,08	3,40	3,29
ХЛГ 1380	2,88	2,70	2,85	2,81	3,33	2,95	3,18	3,15
Oh 43	3,08	2,90	3,33	3,10	3,35	3,23	3,53	3,37
СО 113	3,40	3,00	3,18	3,19	3,65	3,40	3,60	3,55
Р 523 (st)	3,53	3,13	3,33	3,33	3,68	3,43	3,78	3,63
$НІР_{0,05}$, кг/мм^2	0,17	0,16	0,18	–	0,23	0,15	0,18	–

Із даних таблиці 37 видно, що середньостиглі самозапилені лінії також достовірно різняться за міцністю бокової стінки стебла. Вона коливалась від 2,76 та 2,95 кг/мм^2, у середньому за три роки, до 3,44 та 4,07 кг/мм^2 у фазу викидання й цвітіння волотей.

За величиною показника міцності бокової стінки стебла, у цій групі виділились такі лінії: УХ 405, Р 523 (st), К 212 та ХЛГ 42. Міцність бокової стінки стебла за роки досліджень склала в середньому – 3,44; 3,33; 2,92 та 3,09 кг/мм^2 у фазі викидання волотей та 4,00; 3,63; 3,53; 3,64 кг/мм^2 – у фазі їх цвітіння відповідно.

Проаналізувавши дані таблиць 35-37 можна зробити висновок, що міцність бокової стінки стебла дійсно зростає від фази викидання до фази цвітіння волотей, у всіх зразків різних груп стиглості, незалежно від величини міцності бокової стінки у фазі викидання волотей. Дані таблиць вказують також на зміну міцності бокової стінки стебла за роками, але саме таке коливання її практично не впливає на місце кожного зразка в ранжируваному ряді.

Нами встановлено, що міцність бокової стінки стебла в самозапилених ліній і простих гібридів кукурудзи залежить від умов року. Окрім цього, експериментальні дані підтверджують, що міцність бокової стінки стебла була найнижчою у 2003 році, тоді як у 2002 та 2004 роках вона дещо вища, незалежно від групи стиглості (табл. 35-37). Це пов'язано з кліматичними умовами, що склалися в період максимального водоспоживання кукурудзи, під час цвітіння і 20 днів після нього. У 2003 році зазначено тривалий посушливий період, друга декада липня – перша декада серпня (протягом цього періоду випала найменша кількість опадів – 85 мм, тоді як за цей же період 2002 року випало 101,8 мм, а в 2004 році 179,8 мм).

Цю закономірність можна пояснити так: посушливий період (стрес) у фазу цвітіння волотей призводить до зменшення міцності стебла, за рахунок

збільшення кількості відмерлих клітин паренхіми та затухання фізико-біологічних процесів, які протікають у рослині. Значний дефіцит вологи в період вегетації кукурудзи призводить до збільшення рослин, уражених стебловими гнилями, що негативно впливає на стійкість рослин до вилягання.

Порівнюючи значення показників міцності стебла для всіх трьох груп стиглості, відзначено, що найбільш цінні зразки за міцністю бокової стінки стебла виділено у групі середньостиглих самозапилених ліній.

Одночасно зі зростанням міцності бокової стінки стебла в самозапилених ліній кукурудзи від фази викидання до цвітіння волоті змінюється і загальна стійкість його до вилягання, але величина, на яку відбувається підвищення міцності стебла, залежить від біологічних особливостей кожного зразка.

Отже, для того щоб встановити дійсну міцність бокової стінки стебла та стійкість рослин до вилягання, яка з нею пов’язана, краще її визначати у фазі цвітіння волотей.

Окрім того, наші спостереження показали, що серед самозапилених ліній існують форми з підвищеною стійкістю до вилягання та міцністю бокової стінки стебла в усі фази розвитку (W 401, УХ 405, Р 523, ХЛГ 45). З огляду на наведені вище дані, ми використали для аналізу в наступних розділах міцність бокової стінки стебла, визначену у фазу цвітіння волотей на середині третього міжвузля стебла.

Для характеристики залежності між стійкістю до вилягання та міцністю бокової стінки стебла нами було проведене порівняння цих двох ознак у самозапилених ліній кукурудзи різних груп стиглості (табл. 38).

Дані таблиці 38 підтверджують отриману нами кореляційну залежність між цими ознаками, за збільшення міцності бокової стінки стебла зростає стійкість рослин до вилягання, і, навпаки, за зменшення міцності стебла процент рослин, що полягли, зростає.

Нами встановлена суттєва різниця міцності бокової стінки стебла й відсотка полеглих рослин у зразків трьох груп стиглості. У групі ранньостиглих ліній найменшу кількість полеглих рослин, за роки досліджень, відзначено в лінії ХЛГ 264. У даної лінії міцність бокової стінки стебла була найвищою. Серед інших ліній даної групи потрібно звернути увагу на самозапилену лінію СМ 7, яка була взята нами за стандарт, у неї була найвища кількість полеглих рослин – 69,5%, у середньому за роки досліджень, а міцність бокової стінки була найнижчою – 1,89 кг/мм^2. Самозапилені лінії ХЛГ 386 та ХЛГ 157 мали міцність бокової стінки стебла 2,21 та 2,77 кг/мм^2, кількість полеглих рослин у них становила 11,6 та 5,5%, відповідно.

Зазначимо й зміну міцності бокової стінки стебла за роками досліджень, але вона не впливала на місце кожної лінії в ранжируваному ряду самозапилених ліній за цією ознакою. Це стосується групи ранньостиглих, середньоранніх і середньостиглих ліній.

Серед ранньостиглих ліній значну міцність стебла мали ХЛГ 1278,

SV 56 - 3,50 і 3,44 кг/мм^2, відсоток полеглих рослин у них становив 4,6 і у SV 56 не було жодної полеглої рослини за роки досліджень. Суттєво відрізнялася за міцністю бокової стінки стебла та відсотком полеглих рослин лінія УХ 52, тобто міцність стебла в неї була – 1,80 кг/мм^2, а кількість полеглих рослин – 13,5%. У ліній ХЛГ 1339 та F 2 (st) значення даних ознак було таким – 3,29 та 3,01 кг/мм^2 і жодної полеглої рослини не було.

38. Залежність стійкості самозапилених ліній до вилягання від міцності бокової стінки стебла, (2002-2004 рр.)

Назва лінії	Зусилля необхідне для проколу стебла на третьому міжвузлі у фазу цвітіння волоті, кг/мм^2				Полеглих рослин, %			
	2002 р.	2003 р.	2004 р.	середнє	2002 р.	2003 р.	2004 р.	середнє
ранньостиглі лінії								
ХЛГ 157	2,88	2,63	2,80	2,77	6,0	8,5	2,0	5,5
ХЛГ 264	3,00	2,78	3,28	3,02	2,5	5,6	4,0	4,0
ХЛГ 386	2,38	1,75	2,50	2,21	6,3	19,7	8,7	11,6
СМ 7 (st)	2,08	1,60	2,00	1,89	62,5	80,4	65,7	69,5
$НІР_{0,05}$	0,22	0,23	0,21	–	–	–	–	–
Середньоранні								
УХ 52	1,93	1,80	1,68	1,80	20,2	10,8	9,5	13,5
SV 56	3,55	2,88	3,88	3,44	8,2	4,0	1,7	4,6
ХЛГ 1278	3,65	3,28	3,58	3,50	0,0	0,0	0,0	0,0
ХЛГ 1339	3,35	2,98	3,53	3,29	0,0	0,0	0,0	0,0
F 2 (st)	3,10	2,73	3,20	3,01	0,0	0,0	0,0	0,0
$НІР_{0,05}$	0,28	0,22	0,18	–	–	–	–	–
Середньостиглі								
KL 17	2,80	2,40	2,70	2,63	25,4	36,0	29,1	30,2
TVA 8022 O_2	3,53	3,10	3,30	3,31	2,5	5,7	0,0	2,7
CO 113	3,65	3,40	3,60	3,55	5,2	2,0	0,0	2,4
CO 255	2,85	2,60	2,83	2,76	20,4	23,3	26,2	23,3
W 401	4,10	3,70	3,93	3,91	0,0	0,0	0,0	0,0
P 523 (st)	3,68	3,43	3,78	3,63	0,0	0,0	0,0	0,0
$НІР_{0,05}$	0,24	0,16	0,19	–	–	–	–	–

Середньостиглі лінії характеризувалися найбільш контрастними значеннями міцності бокової стінки стебла, вона у них знаходилася в межах 2,80...4,10 кг/мм^2. Серед ліній даної групи стиглості, як найбільш стійкі до вилягання та із значною міцністю бокової стінки стебла, виділились лінії: W 401, CO 113 та TVA 8022 O_2, у яких відсоток полеглих рослин не перевищував 3, а міцність бокової стінки стебла була – 3,91; 3,55 і 3,31 кг/мм^2 відповідно за роки досліджень.

Нестійкими до вилягання виявилися, згідно наших досліджень, лінії KL 17 та CO 255, які мали найбільшу кількість полеглих рослин (30,2 та 23,3%) і найнижчу міцність бокової стінки стебла – 2,70 та 2,83 кг/мм^2 відповідно.

Отже, згідно даних таблиці 38, лінії W 401, F 2 (st) та P 523 (st), які характеризувалися високими значеннями міцності бокової стінки стебла,

виявилися найбільш стійкими до вилягання: у них протягом років дослідження не було жодної полеглої рослини.

Лінії СМ 7 (st), ХЛГ 386, УХ 52, KL 17, СО 255 мали найбільшу кількість полеглих рослин і характеризувалися низьким значенням міцності бокової стінки стебла. Найбільша кількість ліній нестійких до вилягання, які характеризуються низькою міцністю бокової стінки стебла, віднесена до групи скоростиглих ліній.

Отже, на основі даних таблиці 3.4 встановлена взаємозалежність двох ознак: міцності бокової стінки стебла й кількості полеглих рослин у самозапилених ліній кукурудзи різних груп стиглості.

Для наочного підтвердження залежності між міцністю бокової стінки стебла та стійкістю до стеблового вилягання ми побудували графік залежності між цими ознаками в самозапилених ліній кукурудзи (рис. 9).

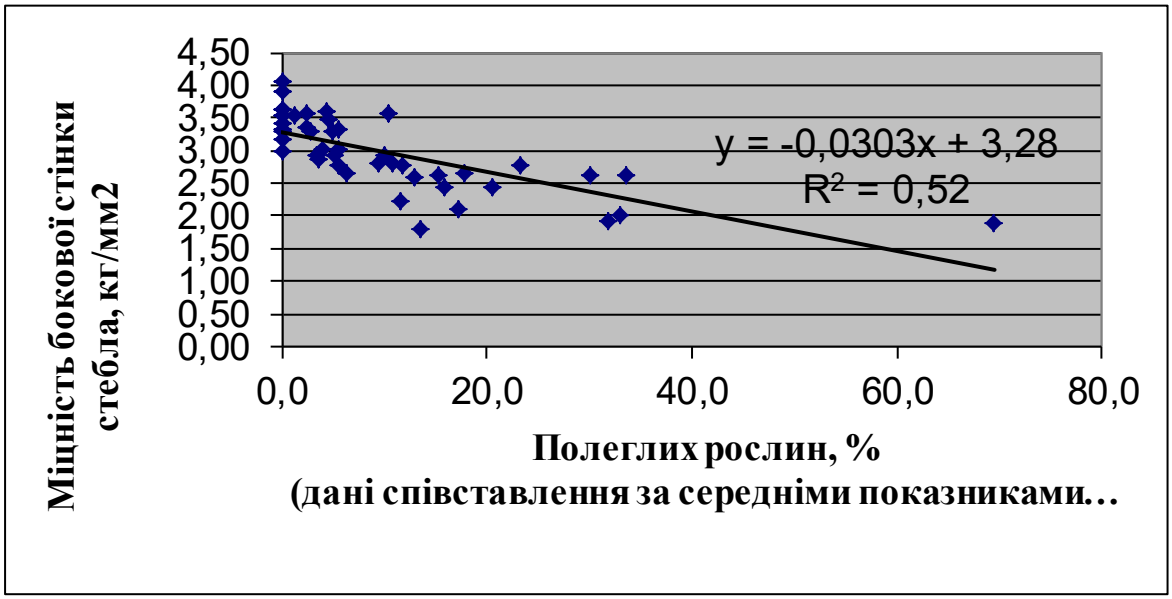


Рис. 9. **Залежність між міцністю бокової стінки стебла й стійкістю до вилягання в самозапилених ліній кукурудзи, 2002-2004 рр.**

Отримані коефіцієнти регресії свідчать про те, що збільшення однієї ознаки – міцності бокової стінки стебла на 0,100 кг/мм^2 призведе до додаткового зменшення відсотка полеглих рослин на 3,28.

Із рисунка 9 видно, що залежність між даними ознаками негативна лінійна, яка виражається рівнянням регресії y= -0,0303X+3,28. Коефіцієнт регресії в даному випадку дорівнює -0,0303. Коефіцієнт детермінації R^2=0,52.

Тому між стійкістю до вилягання та міцністю стебла існує тісний зв’язок, це підтверджується як коефіцієнтами кореляції, так і рівнянням регресії.

Застосування методу визначення міцності бокової стінки стебла у встановленні загальної міцності дозволяє оцінювати велику кількість зразків кукурудзи за стійкістю до вилягання, ще задовго до настання повної стиглості зерна безпосередньо в польових умовах, що є основою успішної селекції гібридів придатних до механізованого вирощування, стійких до вилягання й ураження стебловими гнилями.

Вилягання не обмежується тільки розвитком механічних тканин стебла, зокрема міцністю бокової стінки, воно також залежить від морфологічних характеристик нижньої частини стебла, тобто довжини нижніх міжвузль та їх діаметра. Відмінність самозапилених ліній за довжиною й діаметром третього міжвузля стебла та стійкістю їх до вилягання наведена в таблиці 39.

З даних таблиці 39 видно, що самозапилені лінії відрізняються за діаметром і довжиною третього міжвузля, а також кількістю полеглих рослин. У групі ранньостиглих ліній найвищу кількість полеглих рослин зазначено в ліній: ХЛГ 294, МА 17, СМ 24 та в лінії СМ 7, яка використовувалася в якості стандарту – 15,2; 31,8; 33,5 та 69,5 %. Діаметр третього міжвузля в даних ліній коливався від 1,6 до 1,7 см, а довжина від 6,3 до 10,5 см. Найменша кількість полеглих рослин із цієї групи спостерігалася в лінії ХЛГ 264 – 4,0 %, проте діаметр і довжина третього міжвузля в даної лінії становили 1,9 та 5,3 см.

39. Характеристика самозапилених ліній за діаметром і довжиною третього міжвузля та стійкістю до вилягання, (2002-2004 рр. ± Sx)

Назва лінії	Діаметр міжвузля, см	Довжина міжвузля, см	Полеглих рослин, %
Ранньостиглі лінії			
ХЛГ 264	1,9±0,03	5,3±1,17	4,0
ХЛГ 294	1,6±0,14	6,3±1,37	15,2
МА 17	1,6±0,04	10,5±2,59	31,8
СМ 24	1,7±0,08	8,8±1,20	33,5
СМ 7 (st)	1,6±0,16	9,3±1,96	69,5
Середньоранні			
ХЛГ 45	2,1±0,16	5,8±0,76	0,0
ХЛГ 257	2,0±0,09	7,1±1,81	5,6
ХЛГ 269	1,8±0,15	7,2±1,02	5,5
ХЛГ 562	2,0±0,15	5,9±0,26	0,0
F 2 (st)	1,9±0,14	7,6±0,45	0,0
Середньостиглі			
S 38	2,0±0,25	5,6±0,40	5,2
W 401	2,2±0,06	5,5±1,42	0,0
ХЛГ 189	1,8±0,19	5,9±0,98	0,0
ХЛГ 1380	2,0±0,10	5,0±0,72	0,0
Oh 43	1,9±0,05	6,7±1,10	2,4
P 523 (st)	1,9±0,20	4,5±0,65	0,0

Серед групи середньоранніх не спостерігалося жодної полеглої рослини в таких ліній, як: ХЛГ 45, ХЛГ 562 та F 2 (st). Діаметр третього міжвузля в них становив 2,1; 2,0 та 1,9 см, а довжина цього ж міжвузля – 5,8; 5,9 та 7,6 см відповідно за роки дослідження. У самозапилених ліній ХЛГ 257 і ХЛГ 269 кількість полеглих рослин становила – 5,6 та 5,5%. Тоді, як діаметр третього міжвузля – 2,0 та 1,8 см, а довжина – 7,1 та 7,2 см відповідно.

Характеризуючи групу середньостиглих ліній (табл. 39), можна сказати, що стійкими до вилягання виявилися лінії P 523 (st), ХЛГ 189, ХЛГ 1380 та W 401: у них не було жодної полеглої рослини за роки

проведення досліджень. Діаметр третього міжвузля стебла у даних ліній був 1,9; 1,8; 2,0 та 2,2 см, а довжина – 4,5; 5,9; 5,0 та 5,5 см відповідно. У таких ліній, як S 38 та Oh 43, кількість полеглих рослин становила 5,2 та 2,4%, а діаметр і довжина третього міжвузля – 2,0; 1,9 см та 5,6; 6,7 см.

Отже, стійкі до вилягання такі лінії з міцним стеблом: W 401, P 523, K 212, ХЛГ 562, вони мають вкорочене третє міжвузля та більший його діаметр. А лінії СМ 24, МА 17 та СМ 7 мають подовжене третє міжвузля, менший діаметр його й низьку стійкість проти стеблового вилягання, про що свідчить значна кількість полеглих рослин цих ліній.

Тому дані ознаки анатомічної будови стебла кукурудзи потрібно враховувати під час селекції гібридів стійких до вилягання.

На основі вивчення міцності бокової стінки стебла в самозапилених ліній і простих гібридів кукурудзи було проведено їх групування за цією ознакою (табл. 40). Самозапилені лінії, що мають міцну бокову стінку, характеризуються міцним стеблом, підвищеною стійкістю до вилягання, стійкістю до ураження стебловими гнилями.

У ході наших досліджень, розробляючи дану класифікацію, ми намагалися врахувати характерні відмінності міцності бокової стінки стебла в самозапилених ліній і простих гібридів.

Результатами досліджень встановлено, що в простих гібридів, як і в самозапилених ліній, присутні генотипи, які мають високу, середню та низьку міцність стебла.

За міцністю бокової стінки стебла, на основі багаторічних досліджень, робочу колекцію самозапилених ліній і гібридів було розділено на 3 групи, тобто форми з високим, середнім та низьким значеннями даного показника.

Наведені дані класифікації показують, що в групу ліній із високою міцністю стебла (3,34-3,90 кг/мм^2) входить 12 самозапилених ліній, у групу з середньої міцністю стебла (2,81-3,33 кг/мм^2) – 16, решта 17 самозапилених форм мала низьке значення цього показника в межах 1,8-2,8 кг/мм^2.

Достатня кількість ліній, що мають високу міцність стебла, створює умови для успішної селекції гібридів кукурудзи, які характеризуються міцним стеблом, стійким до вилягання й ураження стебловими гнилями.

Серед вивчених простих гібридів високу міцність бокової стінки стебла (≥4,12 кг/мм^2) мали – 12, середнє (3,39-4,11 кг/мм^2) значення цього показника зазначено у 23 гібридів. Решта вивчених простих гібридів (28 шт.) характеризувалися низьким рівнем міцності бокової стінки стебла, вона у них була меншою 3,38 кг/мм^2.

Отже, дана класифікація дозволяє підбирати вихідний матеріал із різнорідними характеристиками за міцністю стебла, а застосування його в селекційній практиці відкриває можливість цілеспрямованої селекції на високу стійкість проти вилягання.

Класифікація самозапилених ліній за міцністю бокової стінки стебла, з різною тривалістю вегетаційного періоду, створює сприятливі умови для відбору вихідного матеріалу під час селекції гібридів кукурудзи стійких до вилягання різної групи стиглості.

40. Групування самозапилених ліній і простих гібридів кукурудзи за міцністю бокової стінки стебла, (2002 - 2004 рр.)

Міцність бокової стінки стебла, кг/мм^2	Самозапилені лінії та прості гібриди
самозапилені лінії	
висока – 3,34-3,90	W 401 ; УХ 405; Р 523 (st); ХЛГ 42; ХЛГ 290; СО 113; ХЛГ 562; ХЛГ 1278; К 212; ХЛГ 45; ХЛГ 33; Oh 43
середня – 2,81-3,33	ХЛГ 257; ХЛГ 189; ХЛГ 1339; TVA 8022 O_2; ХЛГ 293; ХЛГ 1380; SV 56; ХЛГ 269; F 2 (st); ХЛГ 264; ХЛГ 270; S 38; ХЛГ 273; BC 5b; ХЛГ 1128; PLS 61
низька 1,80-2,80	СМ 5-1-1; ХЛГ 157; СО 255; ХЛГ 249; СО 108; ХЛГ 294; СМ 24; KL 17; ХЛГ 163; МА 23С; ХЛГ 272; ХЛГ 386; ХЛГ 81; СМ 39; МА 17; СМ 7 (st); УХ 52
прості гібриди	
висока – ≥4,12	ХЛГ 270×УХ 405, ХЛГ 33×ХЛГ 264, PLS 61×УХ 405, УХ 405×ХЛГ 270, Дніпровський 284 МВ (st), ХЛГ 264×УХ 405, УХ 405×PLS 61, УХ 405×ХЛГ 264, ХЛГ 33×УХ 405, Молдавський 291 АМВ (st), УХ 405×ХЛГ 33, ХЛГ 264×ХЛГ 33
середня – 3,39-4,11	ХЛГ 270×ХЛГ 33, ХЛГ 270×ХЛГ 272, ХЛГ 272×ХЛГ 264, ХЛГ 264×ХЛГ 272, ХЛГ 33×ХЛГ 272, ХЛГ 386×ХЛГ 33, ХЛГ 270×ХЛГ 264, МА 17×ХЛГ 33, ХЛГ 33×МА 17, ХЛГ 264×ХЛГ 270, Дніпровський 172 МВ (st), ХЛГ 33×ХЛГ 386, ХЛГ 272×ХЛГ 33, ХЛГ 33×ХЛГ 270, PLS 61×ХЛГ 33, МА 17×УХ 405, УХ 405×МА 17, ХЛГ 272×УХ 405, ХЛГ 293×ХЛГ 157, УХ 405×ХЛГ 272, ХЛГ 386×УХ 405, ХЛГ 33× PLS 61, УХ 405×ХЛГ 386
низька – ≤3,38	ХЛГ 386×ХЛГ 272, МА 17×ХЛГ 272, МА 17×ХЛГ 386, ХЛГ 272×МА 17, ХЛГ 386×МА 17, ХЛГ 272×ХЛГ 386, ХЛГ 270×PLS 61, PLS 61×МА 17, МА 17×PLS 61, ХЛГ 386×PLS 61, СМ 5-1-1×СМ 39, PLS 61×ХЛГ 272, МА 17×ХЛГ 270, PLS 61×ХЛГ 386, ХЛГ 270×МА 17, ХЛГ 270×PLS 61, СМ 39×СМ 5-1-1, ХЛГ 386×ХЛГ 270, PLS 61×ХЛГ 270, ХЛГ 270×ХЛГ 386, ХЛГ 386×ХЛГ 264, ХЛГ 264×ХЛГ 386, МА 17×ХЛГ 264, ХЛГ 264×PLS 61, ХЛГ 264×МА 17, ХЛГ 272×ХЛГ 270, ХЛГ 157×ХЛГ 293, PLS 61×ХЛГ 264

Слід зазначити, що самозапилені лінії, які використовувалися в якості стандартів щодо міцності бокової стінки стебла, за результатами класифікації, віднесено відповідно СМ 7 (ранньостигла група) – до ліній із низьким значенням міцності бокової стінки стебла (1,8-2,8 кг/мм^2), F 2 (середньорання група) – із середнім (2,81-3,33 кг/мм^2), Р 523 (середньостигла група) – до ліній із високим значенням даної ознаки (3,34-3,90 кг/мм^2). У простих гібридів стандарти розташувалися по групах за міцністю бокової стінки стебла так: Дніпровський 284 МВ (середньорання група) та Молдавський 291 АМВ (середньостигла група) розташувались у групі, що характеризувалася високим значенням даної ознаки (≥4,12 кг/мм^2), а Дніпровський 172 МВ (ранньостигла група) знаходився в групі із середнім значенням міцності бокової стінки стебла – 3,39-4,11 кг/мм^2.

Оцінка варіювання міцності бокової стінки стебла, діаметра третього міжвузля та його довжини (табл. 41) за коефіцієнтом варіації (V) довела, що варіювання міцності бокової стінки стебла в сукупності самозапилених ліній має середнє (2002 і 2004 рр.) і високе (2003 р.) значення варіювання (V=17,38-20,01).

41. Статистичні показники основних міцнісних характеристик стебла в самозапилених ліній кукурудзи, (2002-2004 рр.)

Показники	Роки	Міцність бокової стінки стебла, кг/мм^2	Діаметр третього міжвузля, см	Довжина третього міжвузля см,	Висота рослин, см
$X_{сер,} \pm Sx$	2002	3,08±0,53	1,91±0,17	6,92±1,45	127,86±27,71
	2003	2,74±0,55	1,77±0,16	5,36±1,24	101,40±21,82
	2004	3,11±0,59	1,90±0,18	7,50±1,62	127,67±20,21
Lim $X_{сер}$	2002	1,9-4,1	1,53-2,3	4,55-11,7	90,7-178,6
	2003	1,6-3,7	1,40-2,1	3,25-7,9	64,5-169,5
	2004	1,7-4,7	1,55-2,2	5,0-12,4	100,4-190,1
V, %	2002	17,38	13,67	20,91	16,98
	2003	20,01	15,48	23,17	21,52
	2004	19,34	15,06	21,55	15,82

Границі, у яких коливається міцність бокової стінки стебла, становила у 2002 році від 1,9 до 4,1 кг/мм^2, у 2003 році – від 1,6 до 3,7 а у 2004 році – 1,7-4,7 кг/мм^2. Таку розбіжність у значенні міцності бокової стінки стебла можна пояснити наявністю в сукупності ліній, за їх оцінки, зразків з різною величиною прояву даного показника.

Діаметр третього міжвузля є менш варіюючою ознакою (V=13,67-15,48). Найнижчий коефіцієнт варіації даної ознаки був у 2002 році (V=13,67) із середнім значенням діаметра стебла 1,91 см.

Найвище коливання діаметра стебла спостерігалося в 2003 році (V=15,48) за середнього значення діаметра третього міжвузля – 1,77 см.

Довжина третього міжвузля є найбільш варіюючою ознакою (V=20,91-23,17). Найвищий коефіцієнт варіювання за даною ознакою було отримано в 2003 році, за середнього значення довжини третього міжвузля – 5,36 см.

Загальна висота рослин теж мала високий коефіцієнт варіації (V=15,82-21,52). Найвищу висоту рослин у середньому поміж ліній відмічено в 2002 році – 127,67 см, найнижчу - у 2003 році – 101,40 см. У середньому, за роки досліджень, висота рослин коливалася в нашій сукупності ліній від 90,7 до178,6 см в 2002 році, від 64,5 до 169,5 см у 2003 році та від 100,4 до 190,1 см у 2004 році.

Згідно даних літературних джерел, існує залежність між кількістю полеглих рослин і характером розміщення судин при поперечному перерізі стебла.

Нами в процесі досліджень встановлено, що стійкі проти вилягання та ламкості стебла кукурудзи, при поперечному перерізі третього міжвузля, мають (рівномірний) поступовий перехід у розподілі судинно-волокнистих пучків від периферичної до центральної частини. Стінки з таким розташуванням судинно-волокнистих пучків не відділяються від заповнюючої паренхіми.

Характер розміщення судинно-волокнистих пучків ми вивчали в різних за стійкістю до вилягання та міцністю бокової стінки стебла самозапилених ліній.

Нами встановлено, що характер розміщення провідних пучків не залежить від групи стиглості та являється генетично обумовленою ознакою. Характеристику самозапилених ліній кукурудзи за розміщення судинно–волокнистих пучків наведено в таблиці 42.

42. Взаємозв'язок характеру розміщення провідних пучків стебла самозапилених ліній кукурудзи з міцністю бокової стінки стебла та стійкістю до вилягання, (середнє за 2002-2004 рр. ± Sx)

Назва лінії	Міцність бокової стінки стебла, кг/мм^2	Характер розміщення провідних пучків	Полеглих рослин, %
МА 17	1,90±0,21	НР	31,8
СМ 39	2,04±0,38	НР	33,1
ХЛГ 157	2,77±0,15	Р	5,5
ХЛГ 249	2,68±0,15	НР	6,3
ХЛГ 1128	2,85±0,15	Р	3,6
СМ 7 (st)	1,89±0,26	НР	69,5
ХЛГ 33	3,59±0,30	Р	4,4
ХЛГ 257	3,30±0,12	Р	5,6
ХЛГ 272	2,42±0,31	НР	20,6
PLS 61	2,74±0,23	НР	11,7
F 2 (st)	3,01±0,26	Р	0,0
W 401	3,91±0,20	Р	0,0
Р 523 (st)	3,63±0,21	Р	0,0

Самозапилені лінії з високою стійкістю до вилягання на поперечному зрізі стебла мали, переважно, рівномірне розміщення судин від центральної частини до периферії. Так, лінії ХЛГ 33, ХЛГ 157, ХЛГ 257, ХЛГ 1128, F 2, Р 523, W 401 мали високу міцність бокової стінки стебла та рівномірний характер розміщення судин. Лінії: СМ 7, СМ 39, МА 17, ХЛГ 272, PLS 61 з низькою міцністю бокової стінки стебла та нерівномірним розміщенням судин мали значну кількість полеглих рослин.

Так як характер розміщення провідних пучків із року в рік залишався незмінним, можна припустити, що він обумовлюється генетично й не залежить від факторів зовнішнього середовища.

З огляду на вищесказане, під час селекції на стійкість до стеблового вилягання необхідно враховувати і характер розміщення провідних пучків.

Для визначення впливу такого явища, як ремонтантність, на стійкість рослин кукурудзи до вилягання й ураження стебловими гнилями ми провели характеристику самозапилених ліній за цією ознакою.

Відомо, що гібриди й самозапилені лінії, що характеризуються дозріванням зерна, маючи зелене стебло, не вилягають завдяки тургорності тканин [3, 83].

В агрономічній літературі термін ремонтантність досить широко поширений і означає збереження в зеленому стані окремих частин рослин після повного дозрівання зерна, тобто без затухання фізико-хімічних процесів у них. Ремонтантність обумовлюється генетичними факторами й добре передається із покоління в покоління. У кукурудзи це явище проявляється по-іншому. В окремих форм або біотипів під час дозрівання зерна листки і стебла не всихають, а певний час залишаються зеленими.

Ремонтантність може бути двох типів: 1) у ряду зразків прискорене дозрівання зерна супроводжується одночасним пожовтінням і всиханням обгорток качанів при збереженні листків і стебла в зеленому стані; 2) зразки кукурудзи, у яких при настанні повної стиглості зерна вся листостебельна маса, у тому числі і обгортки, залишаються зеленими. У разі збирання зерна комбайном, найбільш пристосованими будуть гібриди з першим типом прояву ремонтантності.

Ремонтантні рослини зберігають на високому рівні швидкість протікання біохімічних процесів у стеблі, мають велику кількість живих клітин паренхіми стебла й характеризуються високою міцністю стебла та підвищеною стійкістю до стеблових гнилей.

Для встановлення залежності міцності стебла від наявності ремонтантності, нами у фазі повної стиглості відмічалися форми, що мають цю ознаку.

За ознакою ремонтаності, згідно результатів наших досліджень, виділились такі самозапилені лінії: ХЛГ 33, УХ 405, F 2, СО 113, ХЛГ 163, ХЛГ 157, ХЛГ 264, ХЛГ 270, ХЛГ 272, PLS 61.

Серед ліній із чітко вираженою ремонтантністю II типу були такі: ХЛГ 33, УХ 405, F 2, СО 113, які мали значну міцність бокової стінки стебла та стійкість до вилягання; I типу – ХЛГ 163, ХЛГ 157, ХЛГ 264, ХЛГ 270, ХЛГ 272, PLS 61.

Ознака ремонтантності успадковується й проявляється в першому гетерозисному поколінні. За чітко вираженої ремонтантності в батьків, гібриди, як правило, ремонтантні [292].

Існують дані літературних джерел про вплив на стійкість до вилягання ботанічного підвиду. Найкраще вимогам придатності до механізованого вирощування та збирання, з точи зору стійкості до вилягання, висоти рослин та висоти закладання качанів, відповідають самозапилені лінії зубоподібного підвиду, а лінії кременистого підвиду характеризуються значною кількістю полеглих рослин. Для вивчення даної залежності всі вивчені нами

самозапилені лінії кукурудзи були розділені на два підвиди – кременистий і зубоподібний (табл. 43).

43. Характеристика самозапилених ліній за стійкістю до вилягання залежно від ботанічного підвиду, (середнє 2002-2004 рр.)

Група стиглості	Кількість ліній у підвиді, шт.		Полеглих рослин, %	
	зубоподібний	кременистий	зубоподібний	кременистий
Ранньостиглі	8	6	19,9	19,2
Середньоранні	9	7	4,9	8,4
Середньостиглі	11	4	4,8	7,4

Як видно із даних таблиці 43 рослини зубоподібного підвиду стійкіші до вилягання порівняно з кременистим, це яскраво видно з характеристики самозапилених ліній, які відносяться до середньоранньої та середньостиглої групи стиглості.

У групі середньоранніх ліній відсоток полеглих рослин кременистого підвиду, у середньому за три роки досліджень, склав – 8,4 %, а в лінії зубоподібного підвиду він становив всього – 4,9%. У групі середньостиглих ліній відсоток полеглих рослин склав – 4,8 та 7,4 % відповідно.

Ранньостиглі лінії, незалежно від ботанічного підвиду, мали значну кількість полеглих рослин, що в нашій сукупності ліній склала в зубоподібного підвиду – 19,9 %, а в кременистого 19,2 %.

Гібриди й самозапилені лінії кукурудзи мають подібні властивості за стійкістю до вилягання, придатністю до механізованого вирощування та збирання.

Кількість полеглих рослин кукурудзи залежить не тільки від морфологічних та анатомічних характеристик стебла, а може змінюватися під впливом таких факторів, як шкідники й хвороби. Тому рослини, які ураженні стебловими гнилями й пошкодженні кукурудзяним метеликом, часто втрачають стійкість до вилягання.

Метою будь-якої селекційної програми є отримання гібридів із високою продуктивністю. Результати наших досліджень показують, що не всі гібридні комбінації характеризувалися високою врожайністю та стійкістю до вилягання. У схрещуваннях ми використовували контрастні за міцністю бокової стінки, стійкістю до вилягання й продуктивністю самозапилені лінії.

На основі проведених досліджень встановлена можливість поєднання високої міцності бокової стінки стебла, стійкості до вилягання та значної врожайності в гібридному потомстві (табл. 44).

Так у групу гібридів із високою міцністю бокової стінки стебла ($\geq$4,11 кг/мм^2) ввійшли PLS 61$\times$УХ 405, УХ 405$\times$PLS 61, УХ 405$\times$ХЛГ 270, ХЛГ 264$\times$ХЛГ 33, УХ 405$\times$ХЛГ 264, ХЛГ 33$\times$УХ 405, які мали значну врожайність зерна. Окрім високої міцності бокової стінки стебла, дані гібриди виявилися стійкими до вилягання.

Гібриди з низькою міцністю бокової стінки стебла, а відповідно і

нестійкі до вилягання, отримані за схрещування таких самозапилених ліній: МА 17, ХЛГ 272, ХЛГ 386, СМ 39 та СМ 5-1-1.

44. Урожайність зерна та комплекс господарсько-цінних ознак самозапилених ліній кукурудзи, (середнє за 2002-2004 рр. ± Sx)

Назва лінії	Міцність бокової стінки стебла, кг/мм^2	Полеглих рослин, %	Діаметр третього міжвузля, см	Довжина третього міжвузля, см	Урожайність, ц/га
СМ 5-1-1	2,78	9,4	1,6	7,8	33,2±6,3
СМ 39	2,04	33,1	1,7	6,1	21,7±3,0
МА 17	1,90	31,8	1,6	10,5	25,3±4,6
ХЛГ 157	2,77	5,5	2,0	6,3	23,5±4,1
ХЛГ 264	3,02	4,0	1,9	5,3	19,4±2,2
ХЛГ 386	2,21	11,6	1,7	8,0	19,2±3,4
СМ 7 (st)	1,89	69,5	1,6	9,3	27,3±5,1
PLS 61	2,74	11,7	1,9	7,9	26,7±2,8
ХЛГ 33	3,59	4,4	2,0	4,9	33,0±3,2
ХЛГ 270	2,77	10,9	1,8	8,3	23,7±2,8
ХЛГ 272	2,42	20,5	1,8	8,7	26,9±3,0
F 2 (st)	3,01	0,0	1,9	7,6	22,8±4,0
ХЛГ 293	3,29	5,0	2,0	6,3	24,8±5,4
УХ 405	4,00	0,0	2,1	5,7	38,5±3,0
W 401	3,91	0,0	2,2	5,5	40,5±5,5
P 523 (st)	3,63	0,0	1,9	4,5	27,8±4,0

Отже, використання в гібридизації самозапилених ліній ХЛГ 33 та УХ 405 дасть змогу отримувати гібриди з міцним і стійким до вилягання стеблом із значною урожайністю.

Характеристика простих гібридів кукурудзи за міцністю бокової стінки стебла та стійкістю їх до вилягання, з урахуванням відсотка пошкоджених рослин стебловим метеликом й уражених стебловими гнилями, наведена в таблиці 45.

Значна частина ранньостиглих гібридів характеризується низькою міцністю бокової стінки стебла та значною кількістю полеглих рослин. Відзначено загальне зростання міцності стебла в гібридних комбінаціях із подовженою тривалістю вегетації, що підтверджує залежність цих двох ознак. Серед ранньостиглої групи всі гібриди, за міцністю бокової стінки стебла, поступалися стандарту. Загалом найнижча міцність бокової стінки стебла та значна кількість полеглих рослин спостерігається в гібридних комбінаціях МА 17×ХЛГ 270 та ХЛГ 386×МА 17.

За стійкістю до вилягання та ураження стебловими гнилями гібрид ХЛГ 386×ХЛГ 33 виявився кращим за стандарт. Окрім того, даний гібрид показав урожайність зерна на рівні 39,6 ц/га. У групі середньоранніх гібридів, виділилися УХ 405×ХЛГ 386, УХ 405×ХЛГ 264, PLS 61×ХЛГ 33,

PLS 61×УХ 405, які характеризувалися високою міцністю бокової стінки стебла, що наближалась до значення її в стандарті й мали врожайність – 42,2; 44,8; 48,0; 55,6 ц/га відповідно. Кількість полеглих рослин у них не перевищувала – 10%. Найнижчу міцність бокової стінки та низьку стійкість до вилягання, порівняно зі стандартом, виявлено в таких гібридних комбінаціях: ХЛГ 157×ХЛГ 293 та ХЛГ 272×ХЛГ 33.

45. Характеристика гібридів кукурудзи за стійкістю до вилягання та врожайністю, (середнє за 2003-2004 рр. ± Sx)

Гібрид	Міцність бокової стінки стебла, кг/мм^2	Рослин уражених стебловими гнилями, %	Полеглих рослин, %	Урожайність зерна, ц/га
Ранньостиглі				
ХЛГ 386×МА 17	2,59±0,27	26,9	29,5	38,8±4,6
ХЛГ 386×PLS 61	2,79±0,08	18,6	27,3	43,4±6,1
ХЛГ 386×ХЛГ 33	3,49±0,55	8,8	6,5	39,6±5,0
ХЛГ 264×МА 17	3,28±0,45	19,2	25,4	26,3±4,1
МА 17×ХЛГ 270	2,82±0,54	30,8	34,8	34,2±5,9
ХЛГ 272×PLS 61	2,70±0,14	23,2	20,0	36,7±6,0
ХЛГ 272×ХЛГ 386	2,59±0,27	21,0	24,1	37,5±6,5
Дніпровський 172 МВ (st)	3,65±0,21	8,2	12,5	41,1±6,8
$НІР_{0,05}$	0,41	–	–	4,13
Середньоранні				
СМ 39×СМ 5-1-1	2,95±0,21	5,0	0,0	42,5±6,5
ХЛГ 157×ХЛГ 293	3,30±0,28	6,8	9,3	34,8±4,9
ХЛГ 272×ХЛГ 33	3,39±0,58	18,1	7,7	40,5±4,6
УХ 405×ХЛГ 386	4,09±0,51	4,9	3,9	42,2±4,5
УХ 405×ХЛГ 264	4,59±0,73	0,0	0,0	44,8±6,4
ХЛГ 270×ХЛГ 33	3,78±0,81	8,7	8,3	30,3±5,3
PLS 61×ХЛГ 33	3,88±0,57	9,4	8,2	48,0±5,1
PLS 61×УХ 405	4,30±0,49	9,0	6,5	55,6±3,3
ХЛГ 33×ХЛГ 272	3,45±0,78	4,8	7,0	36,5±5,6
Дніпровський 284 МВ (st)	4,40±0,14	7,8	9,7	48,8±6,0
$НІР_{0,05}$	0,36	–	–	5,26
Середньостиглі				
УХ 405×ХЛГ 272	3,98±0,53	5,4	0,5	49,7±6,6
УХ 405×ХЛГ 33	4,87±0,69	0,0	0,0	46,9±5,3
УХ 405×PLS 61	4,47±0,52	5,9	2,2	49,2±4,9
ХЛГ 33×УХ 405	4,73±0,92	0,0	0,0	42,3±6,9
Молдавський 291 АМВ (st)	4,76±0,21	0,0	0,0	61,4±7,5
$НІР_{0,05}$	0,39	–	–	5,72

Гібриди середньостиглої групи мали високе значення міцності бокової стінки стебла (3,98...4,87 кг/мм^2), підвищену врожайність (42,3...61,4 ц/га) та

стійкість до вилягання (кількість полеглих рослин у них не перевищувала 5%). Кращим за стійкістю до вилягання та міцністю бокової стінки стебла серед середньостиглих форм, порівняно зі стандартом, є гібрид УХ 405 × ХЛГ 33.

Найнижчу міцність бокової стінки стебла та стійкість до вилягання серед представників цієї групи гібридів, відзначено в гібрида УХ 405 × PLS 61, кількість полеглих рослин у нього, в середньому за роки досліджень, склала 2,2%, а рівень урожайності (49,2 ц/га).

Для встановлення залежності міцності бокової стінки стебла від кількості полеглих рослин і рослин, уражених стебловими гнилями й пошкоджених стебловим метеликом, висотою рослин і висотою прикріплення качанів, тривалістю вегетаційного періоду в простих гібридів кукурудзи, нами проведено кореляційний аналіз між цими ознаками (табл. 46).

46. Взаємозв'язок міцності бокової стінки стебла з іншими господарсько-цінними ознаками й властивостями простих гібридів кукурудзи

Ознаки та властивості	Коефіцієнт кореляції (r±Sr)	
	2003 р.	2004 р.
Полеглих рослин, %	-0,756*±0,084	-0,651*±0,097
Висота рослин, см	0,554*±0,106	0,537*±0,108
Висота прикріплення качанів, см	0,667*±0,095	0,656*±0,096
Тривалість вегетаційного періоду, днів	0,685*±0,093	0,612*±0,101
Рослин ушкоджених кукурудзяним метеликом, %	-0,014±0,128	-0,244±0,124

*Примітка: * - істотно на рівні значимості 0,01*

Величина кореляційної залежності, згідно з результатами аналізу, має достовірні зв'язки між міцністю бокової стінки стебла й стійкістю до вилягання (r=-0,651... -0,756), висотою рослин (r=+0,537...0,554), висотою прикріплення качанів (r=0,656...0,667), тривалістю вегетаційного періоду (r=+0,612....+0,685).

Не встановлено залежності між міцністю бокової стінки стебла й відсотком ушкоджених рослин стебловим метеликом, даний кореляційний зв'язок був недостовірний (r=-0,014...-0,244). Тому рослини кукурудзи, не зважаючи на величину міцності бокової стінки стебла, можуть в однаковій мірі пошкоджуватись стебловим метеликом.

Отже, на основі наведених кореляційних зв'язків, можна сказати, що гібриди з тривалим вегетаційним періодом мають краще розвинене, стійке до вилягання високорослe стебло, яке характеризуються значною висотою закладання качанів. Про це свідчать стабільні за роками коефіцієнти кореляції (див. табл. 46).

Встановлена спільність критеріїв і закономірностей оцінки придатності до механізованого вирощування й збирання на основі показників міцності стебла в простих гібридів кукурудзи та їх батьківських форм. Це дає можливість провести діалельний аналіз для встановлення закономірностей формування ознак у

гібридному потомстві, визначити цінних донорів високої міцності бокової стінки стебла серед самозапилених ліній кукурудзи, розробити принципи підбору батьківських пар для схрещувань.

Отже, за результатами даних, наведених у даному розділі, за селекції гібридів стійких до вилягання, окрім загальної міцності бокової стінки стебла, потрібно враховувати діаметр і довжину третього міжвузля, характер розміщення провідних пучків, ремонтантність і приналежність батьківських форм до ботанічного підвиду. Урахування цих ознак і показників в самозапилених ліній кукурудзи дасть змогу більш детально й об'єктивно оцінювати вихідний матеріал за стійкістю його до вилягання, яка водночас впливає на придатність до механізованого вирощування та збирання.

З господарсько-цінних ознак качана суттєвий вплив на придатність до механізованого збирання мають довжина ніжки качана та кількість його обгорток. Найбільш цінними зразками в селекції кукурудзи на придатність до механізованого збирання є зразки, що мають окрім високої продуктивності та стійкості до вилягання, ще й здатність утримувати качани у вертикальному положенні, тобто необвисаючі.

Визначальним у стійкості до обвисання качанів кукурудзи є довжина ніжки качана, його довжина, а також здатність стабільного утримання сухих речовин у тканинах ніжки качана в період дозрівання.

Вивчаючи результати кореляційного аналізу, у самозапилених ліній було встановлено, що обвисання качанів не пов'язане з довжиною качана, про що свідчать коефіцієнти кореляції між цими ознаками r=0,060...-0,137 (табл. 46). Тільки у 2003 році виявлена недостовірна негативна залежність довжини качана й обвисання.

Вилягання рослин та обвисання качанів характеризується істотним середнім позитивним зв'язком (r=0,484...0,634 табл. 47).

47.Кореляційна залежність обвисання качанів із господарсько-цінними ознаками в самозапилених ліній кукурудзи, (2002-2004 рр. ± Sx)

Ознаки	Роки досліджень		
	2002	2003	2004
Довжина качана, см	0,060±0,152	-0,137±0,151	0,091±0,152
Довжина ніжки качана, см	0,294±0,146	0,392*±0,140	0,407*±0,139
Кількість обгорток на качані, шт.	0,007±0,152	0,044±0,152	-0,289*±0,146
Полеглих рослин, %	0,484*±0,133	0,480*±0,133	0,634*±0,118
Урожайність, ц/га	-0,060±0,152	-0,209±0,149	-0,139±0,151

*Примітка: * - істотно на рівні значимості 0,01*

Формування ознак стійкості до вилягання рослин й обвисання качанів у самозапилених ліній відбувається в рамках однакових генетичних систем, що характеризуються середньою взаємодією. Це свідчить про можливість формування цих ознак в одному генотипі в процесі селекції. У деякі роки суттєво посилюється цей зв'язок даних ознак (у 2004 році r=0,634). У такі роки можливий одночасний відбір на підвищення стійкості до вилягання й обвисання

качанів під час селекції на стійкість до вилягання.

Між довжиною ніжки качана й кількістю обвислих качанів встановлена середня величина кореляційної залежності (r=0,294...0,407). Отримані коефіцієнти кореляції між обвисанням і довжиною ніжки качанів вказують на середню силу зв'язків цих ознак. Невисока залежність довжини ніжки качана з кількістю обвислих качанів говорить про те, що не завжди довга ніжка качана визначає кількість обвислих качанів.

Аналізуючи залежність кількості обгорток й обвисання качанів, видно, що за 2002-2003 рр. не відзначено впливу кількості обгорток на обвисання, коефіцієнт кореляції був недостовірним r=0,007...0,044, а у 2004 році він виявився достовірним r=-0,289.

Згідно отриманих коефіцієнтів кореляції між цими ознаками, можна сказати, що кількість обгорток тільки в окремі роки залежить від кількості обвислих качанів. Дані ознаки є досить мінливі й залежать від кліматичних умов року.

Нами встановлена взаємозалежність прояву обвисання качанів і низької стійкості даних форм кукурудзи до вилягання, про що свідчать отримані коефіцієнти кореляційної залежності (r=0,480...0,634). Ця залежність вказує на те, що ці ознаки контролюються однією групою генів. Наявність кореляційних зв'язків між цими ознаками дає можливість стверджувати, що, створюючи стійкі до вилягання гібриди, можливо одночасно покращувати і стійкість їх качанів до обвисання.

Проведений нами аналіз самозапилених ліній протягом 2002-2004 рр. виявив, що вони досить сильно відрізняються, як за довжиною ніжки качана, так і за кількістю обвислих качанів.

Характеристика ранньостиглих ліній кукурудзи за комплексом ознак, які впливають на кількість обвислих качанів, наведена в таблиці 48.

48. Характеристика ранньостиглих ліній кукурудзи за ознаками впливу на обвисання качанів, (2002-2004 рр. ± Sx)

Назва лінії	Довжина качана, см	Довжина ніжки качана, см	Обвислих качанів, %	Полеглих рослин, %
ХЛГ 264	10,8±1,8	5,0±1,1	0,0	4,0
ХЛГ 294	11,9±2,4	6,4±1,0	5,0	15,2
ХЛГ 386	9,3±1,3	4,2±1,1	0,0	11,6
ХЛГ 1128	11,7±0,5	6,6±2,7	0,0	3,6
МА 17	12,7±3,5	7,8±1,2	27,9	31,8
МА 23С	10,4±2,1	5,3±1,6	8,5	15,8
СМ 5-1-1	14,2±4,5	4,4±0,4	4,8	9,4
СМ 24	13,9±3,4	8,3±1,0	15,7	33,5
СМ 39	10,4±2,1	7,0±2,0	12,8	33,1
СО 108	11,0±0,8	4,9±0,5	3,8	17,9
СМ 7 (st)	12,4±2,8	7,2±1,3	30,2	69,5
$НІР_{0,05}$	1,67	1,51	–	–

У групі ранньостиглих ліній водночас із такою важливою проблемою, як вилягання, спостерігається ще одне негативне явище – обвисання качанів.

Довжина качана впливає на кількість обвислих качанів у групі ранньостиглих ліній. Лінії, які мали необвисаючі качани характеризувалися незначними їх розмірами – ХЛГ 264 – 10,8; ХЛГ 1128 – 11,7; ХЛГ 386 – 9,3 см. Тоді, як лінії, у яких відзначено значну кількість обвислих качанів, мали дещо вищу довжину качанів – СМ 7 – 12,4; МА 17 – 12,7; СМ 24 – 13,9 см. Але є лінії, які за значної довжини качана (СМ 5-1-1 – 14,2 см) мали незначну кількість обвислих качанів – 4,8 %.

Стосовно довжини ніжки качана, то вона, як правило, більша в тих зразків, які мали значну кількість обвислих качанів. Так, найбільшу довжину ніжки качана мали лінії: СМ 7 – 7,2; СМ 24 – 8,3; СМ 39 – 7,0; МА 17 – 7,8 см. Коротка ніжка качана характерна для зразків, які мали високу стійкість до обвисання качанів (ХЛГ 264 – 5,0; ХЛГ 386 – 4,2; ХЛГ 1128 – 6,6 см).

Дана група характеризується великою кількістю обвислих качанів. Вивчаючи дану ознаку, встановлено, що вона може значно змінюватися в межах однієї групи. Так, значну кількість обвислих качанів, у середньому за три роки досліджень, відзначено в лінії СМ 7 – 30,2 %, яка в нашому випадку використовувалась за стандарт.

Окрім стандарту (лінія СМ 7), значну кількість обвислих качанів мали такі ранньостиглі лінії, як: СМ 24 – 15,7; СМ 39 – 12,8; МА 17 – 31,8; МА 23С – 8,5%. Не було жодного обвислого качана в таких ліній: ХЛГ 264, ХЛГ 1128, ХЛГ 386. Незначну кількість обвислих качанів, у середньому за три роки досліджень, порівняно зі стандартом мали такі самозапилені лінії: ХЛГ 294 – 5,0; СМ 5-1-1– 4,8; СО 108 – 3,8%.

Встановлений паралельний прояв ознак вилягання рослин й обвисання качанів у самозапилених ліній, відрізняючись тільки за рівнем їх прояву, це підтверджують отримані результати. Лінії, які характеризувалися значною кількістю обвислих качанів, як правило, були ще й нестійкі до вилягання. Кількість полеглих рослин у них, у середньому за три роки склала СМ 7 – 69,5; СМ 24 – 33,5; СМ 39 – 33,1; МА 17 – 31,8; МА 23С – 15,8 %. Водночас як лінії з необвисаючими качанами мали незначну кількість полеглих рослин: ХЛГ 1128 – 3,6; ХЛГ 264 – 4,0; ХЛГ 386 – 6,8%.

Зразки зі значною кількістю обвислих качанів, окрім довгої ніжки качана, характеризуються ще й значним кутом його відхилення відносно основного стебла. У групі середньоранніх ліній встановлена відмінність у них кількості обвислих качанів. Характеристика середньоранніх ліній кукурудзи наведена в таблиці 49.

З огляду на дані таблиці 49, у групі середньоранніх ліній значна їх кількість характеризується високою стійкістю до обвисання качанів. Так, жодного обвислого качана, у середньому за три роки не було в таких самозапилених ліній: ХЛГ 33, ХЛГ 45, ХЛГ 163, ХЛГ 257, ХЛГ 269 ХЛГ 290, ХЛГ 562 та у лінії F 2, яка використовувалась нами за стандарт у даній групі.

Незначна кількість, порівняно зі стандартом - лінією F 2, обвислих качанів була в ліній ХЛГ 270 – 5,5 та ХЛГ 272 – 8,8% від загальної кількості качанів на

обліковій ділянці даної лінії.

49. Характеристика середньоранніх ліній кукурудзи за ознаками впливу на обвисання качанів, (середнє 2002-2004 рр. ± Sx)

Назва лінії	Довжина качана, см	Довжина ніжки качана, см	Обвислих качанів, %	Полеглих рослин, %
PLS 61	12,3±0,9	6,5±1,1	17,2	11,7
ХЛГ 33	12,9±1,4	4,7±1,0	0,0	4,4
ХЛГ 45	11,9±0,8	6,6±2,5	0,0	0,0
ХЛГ 163	10,7±1,2	6,5±1,7	0,0	13,0
ХЛГ 257	13,7±2,3	5,6±1,5	0,0	5,6
ХЛГ 269	11,3±2,0	5,9±1,9	0,0	5,5
ХЛГ 270	11,5±1,5	5,2±0,6	5,5	10,9
ХЛГ 272	12,6±1,7	7,9±2,7	8,8	20,5
ХЛГ 290	12,7±3,5	6,6±1,2	0,0	10,4
ХЛГ 562	14,3±2,5	5,4±1,9	0,0	0,0
F 2 (st)	11,5±1,6	6,4±1,9	0,0	0,0
$НІР_{0,05}$	1,38	1,52	–	–

До ліній з обвислими качанами із середньоранньої групи можна віднести PLS 61, яка мала в середньому за три роки – 17,2% обвислих качанів.

У даній групі ліній нечітко прослідковується вплив на обвисання довжини ніжки качана, тому що лінія PLS 61, яка мала значну кількість обвислих качанів характеризувалася вкороченою ніжкою качана – 6,5 см. А лінії з необвисаючими качанами мали дещо вищу довжину ніжки качана. Найдовшу ніжку качана мала лінія ХЛГ 272 – 7,9 см, кількість обвислих качанів у ній становила – 8,8%.

Не встановлено також залежності кількості обвислих качанів від довжини качана в групі середньоранніх ліній. Так, лінії, які виявилися стійкими до обвисання качанів, за результатами наших досліджень, мали більшу довжину качанів (ХЛГ 562 – 14,3; ХЛГ 257 – 13,7 см, порівняно з середньоранніми лініями, які характеризувалися обвисанням качанів PLS 61 – 12,7 см, ХЛГ 272 – 12,6 см, ХЛГ 270 – 11,5 см.). Це також стосується і кута нахилу качана відносно основного стебла.

Прослідковується у групі середньоранніх ліній залежність кількості обвислих качанів із стійкістю рослин до вилягання, яку ми вже відзначали в групі ранньостиглих ліній.

Так, лінії ХЛГ 270, PLS 61 та ХЛГ 272, окрім обвислих качанів, мали ще й значну кількість полеглих рослин – 10,9; 11,7 та 20,6% відповідно.

Серед середньостиглих ліній теж виявилися форми нестійкі до обвисання качанів, які характеризувалися різною довжиною качана, значною довжиною ніжки. У групі середньостиглих ліній теж спостерігався

паралельний прояв ознак стійкості до вилягання та стійкості до обвисання качанів.

Характеристику середньостиглих ліній за ознаками, які впливають на стійкість качанів до обвисання наведено в таблиці 49.

49. Характеристика середньостиглих ліній кукурудзи за ознаками впливу на обвисання качанів, (середнє за 2002-2004 рр. ± Sx)

Назва лінії	Довжина качана, см	Довжина ніжки качана, см	Обвислих качанів, %	Полеглих рослин, %
S 38	11,3±3,2	5,7±1,1	0,0	5,2
K 212	13,2±1,3	7,9±2,6	0,0	1,2
W 401	15,5±0,7	7,9±0,9	0,0	0,0
УХ 405	17,6±3,3	7,6±2,4	0,0	0,0
ХЛГ 42	14,8±2,0	7,0±2,6	0,0	0,0
СО 255	12,8±1,9	8,4±2,0	70,5	23,3
ХЛГ 293	11,9±1,2	4,5±1,1	0,0	5,0
ХЛГ 1380	13,5±1,4	6,4±0,4	0,0	0,0
Oh 43	14,1±1,7	5,9±0,7	0,0	2,4
P 523 (st)	11,7±0,6	6,1±0,7	0,0	0,0
$НІР_{0,05}$	1,92	1,53	–	–

З огляду на дані таблиці 49 можна зробити висновок, що найбільша довжина качана, за роки проведення досліджень, спостерігалася в таких ліній: W 401 – 18,6; УХ 405 – 17,6; ХЛГ 42 – 14,8 та Oh 43 – 14,1 см.

Незначну довжину ніжки качана показали такі самозапилені лінії кукурудзи: ХЛГ 293 – 4,5; S 38 – 5,7; Oh 43 – 5,9 та P 523 – 6,1 см.

У групі середньостиглих ліній за стандарт ми використали лінію P 523, яка характеризувалася високою стійкістю до обвисання качанів, у неї за три роки досліджень не було жодного обвислого качана. Окрім стандарту, високою стійкістю до обвисання серед середньостиглих ліній відзначалися: S 38, K 212, W 401, УХ 405, ХЛГ 42, ХЛГ 293, ХЛГ 1380, Oh 43.

Серед групи середньостиглих ліній тільки СО 255 мала значну кількість обвислих качанів – 70,5%. Водночас дана лінія мала значну кількість полеглих рослин – 23,3% та довжину ніжки качана – 8,4 см.

Полеглі рослини, за результатами наших досліджень, відмічені у таких ліній – СО 255 – 23,3; S 38 – 5,2; ХЛГ 293 – 5,0; Oh 43 – 2,4 та K 212 – 1,2 %. Решта самозапилених ліній (P 523, УХ 405, ХЛГ 42, ХЛГ 1380 та W 401) характеризувалися значною стійкістю до вилягання, у них не відмічено жодної полеглої рослини, за роки досліджень.

Отже, питання відбору вихідного матеріалу серед середньостиглих ліній, який характеризується високою стійкістю до вилягання та обвисання качанів, стоїть не так гостро, як у групі ранньостиглих і середньоранніх ліній кукурудзи, про що говорять результати наших досліджень.

Проводячи дослідження, ми звернули увагу на те, що довжина качана, довжина ніжки качана й кількість обвислих качанів можуть змінюватися залежно від кліматичних умов, що склалися протягом вегетаційного періоду кукурудзи.

Для характеристики даних ознак за роками, ми використали лінії з різною тривалістю вегетаційного періоду (таблиця 50).

50. Характеристика самозапилених ліній кукурудзи за ознаками довжини ніжки й обвисання качанів, за 2002-2004 рр.

Назва лінії	Довжина ніжки качана, см				Обвислих качанів, %			
	2002	2003	2004	Середнє	2002	2003	2004	Середнє
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ранньостиглі								
МА 17	7,4	6,9	9,1	7,8	30,4	27,8	25,4	27,9
СО 108	4,7	4,5	5,5	4,9	5,5	6,0	0,0	3,8
СМ 5-1-1	4,5	4,0	4,8	4,4	5,0	6,5	3,0	4,8
СМ 24	9,2	7,3	8,4	8,3	16,2	20,7	10,3	15,7
СМ 39	8,5	4,8	7,8	7,0	10,5	15,4	12,5	12,8
СМ 7 (st)	7,4	5,8	8,3	7,2	26,8	31,2	32,5	30,2
$НІР_{0,05}$	1,48	1,16	1,36	–	–	–	–	–
Середньоранні								
PLS 61	5,3	6,8	7,5	6,5	9,5	29,5	12,6	17,2
ХЛГ 33	3,7	4,6	5,8	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0
ХЛГ 45	5,9	4,6	9,4	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0
ХЛГ 269	7,3	3,7	6,8	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0
ХЛГ 272	10,6	5,2	7,9	7,90	10,5	6,5	9,4	8,8
F 2 (st)	8,5	5,0	5,7	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0
$НІР_{0,05}$	1,02	1,31	1,48	–	–	–	–	–
Середньостиглі								
S 38	7,3	3,5	6,5	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0
К 212	10,8	4,7	8,2	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0
W 401	8,2	6,9	8,5	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0
СО 255	10,4	6,4	8,5	8,4	70,5	80,4	60,5	70,5
ХЛГ 1380	6,0	6,7	6,6	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Р 523 (st)	5,5	6,8	6,1	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0
$НІР_{0,,05}$	1,28	1,01	1,41	–	–	–	–	–

Найменша довжина ніжки качана відзначена у 2003 році, хоча кількість обвислих качанів не зменшилась, а, навпаки, дещо збільшилась порівняно з 2002 та 2004 роками. Цей рік відрізнявся несприятливими погодними умовами (значним дефіцитом вологи в період вегетації кукурудзи), що відобразилось на загальній морфології рослин.

Так, у 2002 році лінія СО 255 мала довжину ніжки 10,4 см, у 2003 – 6,4 см, а у 2004 році - 8,5 см, тоді як кількість обвислих качанів склала у 2002

році – 70,5%, у 2003 – 80,4%, а у 2004 – 70,5 у%. А лінії: ХЛГ 1380 – 6,0; 6,7; 6,6 см та жодного обвислого качана; СМ 24 – 9,2; 7,3; 8,4 см та 16,2; 20,7; 10,3%; СМ 39 – 8,5; 4,8; 7,8 см та 10,5; 15,4; 12,5%.

Лінії МА 17 та СМ 7 у 2002 році мали однакову довжину ніжки – 7,4 см, у 2003 році – МА 17 – 6,9 та СМ 7 – 5,8 см, а у 2004 році – 9,1 та 8,3 см, відповідно. Відсоток обвислих качанів у них значно відрізнявся: у лінії МА 17 було відзначено у 2002 році обвислих качанів – 30,4, у 2003 році – 27,8, а у 2004 – 25,4%, а в СМ 7 за цей період було 26,8; 31,2; 32,5% відповідно.

Лінії, у яких довжина ніжки качана була на рівні 6 см: ХЛГ 294, МА 23С, Р 523, СО 108, СМ 5-1-1, ХЛГ 264, ХЛГ 386 мали незначну кількість обвислих качанів, яка не перевищувала 7%, окрім ліній ХЛГ 294 та МА 23С, у яких у 2003 році було відзначено 10,6 та 11,7% обвислих качанів, а у 2002 та 2004 роках вона становила в ХЛГ 294 - 2,5% та в МА 23 С - 7,6%.

Отже, з огляду на дані таблиці 3.17, можна зробити висновок, що зміни довжини ніжки качана та кількості обвислих качанів є суттєвими, згідно найменшої істотної різниці, тому під час селекції гібридів, які мають необвислі качани, потрібно проводити відбір даних форм щорічно.

Наявність ліній із незначною кількістю обгорток качана дозволить створювати гібриди кукурудзи, які крім високої стійкості до вилягання, ураження стебловими гнилями, пошкодження кукурудзяним метеликом, оптимальної висоти рослин і висоти прикріплення качанів, мають незначну кількість обгорток, що покращить механізоване збирання.

Характеристика самозапилених ліній різних груп стиглості за кількістю обгорток і довжини качана наведена в таблиці 51.

51. Характеристика самозапилених ліній кукурудзи за кількістю обгорток і довжиною ніжки качана (2002-2004 рр. ± Sx, n=14)

Група стиглості	Кількість обгорток, шт.	Довжина ніжки качана, см.
Ранньостиглі	7,28±1,1	6,04±1,7
Середньоранні	7,51±1,2	5,90±1,9
Середньостиглі	8,22±1,0	6,92±2,1
$НІР_{0,05}$	0,59	0,67

Кількість обгорток качана зі збільшенням тривалості вегетаційного періоду збільшується, тобто більш пізньостиглі форми кукурудзи мають більшу кількість обгорток качана – 8,22, ніж скоростиглі –7,28-7,51 шт. (таблиця 51).

Тривалість вегетаційного періоду суттєвого не впливає на довжину ніжки качана, хоча, якщо порівнювати ранньостиглі й середньоранні зразки зі середньостиглими, то у них довжина ніжки більша. Лінії, які характеризуються незначною кількістю обгорток, належать до групи ранньостиглих ліній.

Вивчення кореляцій у ранньостиглих ліній між урожайністю й обвисанням качанів показало, що між ними не існує кореляційної залежності. Про що свідчать отримані коефіцієнти кореляції між цими ознаками r= -0,060...-0,209

(див. табл. 3.13). Це створює можливість для успішної селекції високоврожайних гібридів кукурудзи, які характеризуються необвисаючими качанами.

Рослини з високим значенням міцності бокової стінки стебла (на третьому міжвузлі), відзначаються високою стійкістю до вилягання та ураження гнилями, порівняно із рослинами, що мають низьку міцність стебла. Високе значення рівня коефіцієнтів кореляції r=-0,650…-0,770 та -0,798…-0,843, відповідно за роки досліджень, підкреслює біологічну сутність взаємозв'язків.

Високе значення коефіцієнтів кореляції міцності стебла зі стійкістю рослин до вилягання й ураження їх гнилями дозволяє зробити висновок, що даний показник потрібно враховувати, як під час селекції кукурудзи на стійкість до вилягання, так і під час селекції на підвищений імунітет до стеблових гнилей.

Визначення загальної міцності стебла на третьому міжвузлі у нашій сукупності ліній дає детальну інформацію щодо загальної міцності стебла. Тому для подальшого аналізу й оцінки самозапилених ліній і простих гібридів кукурудзи за міцністю стебла в своїй роботі ми використовували міцність бокової стінки третього міжвузля стебла.

Згідно отриманих нами даних, у результаті проведення кореляційного аналізу висота рослин має слабку кореляційну залежність із кількістю полеглих рослин при перестої (r= -0,154...-0,377), тому схильність до вилягання не пов'язана з високорослістю.

Окрім того, висота рослин має достовірно середні кореляційні зв'язки із міцністю бокової стінки стебла r=0,390...0,634. Рослини, що характеризувалися високим добре розвиненим стеблом відзначалися підвищеною стійкістю до вилягання.

Слід також відзначити тісну кореляційну залежність міцності на другому й третьому міжвузлі стебла r=0,884...0,903, з якої можна зробити висновок, що якщо рослина має високу міцність стебла на другому міжвузлі, то вона, як правило, характеризується міцним стеблом на середині третього міжвузля.

Результатами кореляційного аналізу встановлено, що кількість полеглих рослин має тісний кореляційний зв'язок із кількістю уражених рослин стебловими гнилями (r=0,836; 0,934; 0,853 відповідно за роки досліджень) та слабкий із кількістю рослин, пошкоджених кукурудзяним стебловим метеликом, а в роки масового його розвитку – тісний кореляційний зв'язок (r=0,601; 0,416; 0,687 відповідно за роки досліджень).

Проводячи кореляційний аналіз між тривалістю вегетаційного періоду, висотою рослин і висотою прикріплення качанів установлені тісні кореляційні зв'язки. Так, між висотою рослин і тривалістю вегетаційного періоду в самозапилених ліній виявлені такі коефіцієнти кореляції за роки досліджень: у 2002 році - r=0,511, у 2003 році - r=0,632, у 2004 році – r=0,455; між висотою прикріплення господарсько-цінного качана й тривалістю вегетаційного періоду: у 2002 році r=0,438, у 2003 році - r=0,530 та в 2004 році - r=0,490.

Кореляційний аналіз виявив тісний позитивний зв'язок тривалості вегетаційного періоду й міцності стебла на третьому міжвузлі (r=0,617...0,645 – для самозапилених ліній та r=0,612...0,685 – для простих гібридів) і негативний зв'язок стійкості до вилягання й тривалості вегетаційного періоду (r= –0,389...–

0,441 та –0,378...–0,522).

З огляду на результати наших досліджень, можна зауважити, що тривалість вегетаційного періоду має тісний кореляційний зв'язок із кількістю рослин, уражених стебловими гнилями r=-0,589; -0,490; -0,458 відповідно в 2002, 2003 та 2004 роках для самозапилених ліній кукурудзи та для простих гібридів r= –0,379...–0,405. Також встановлений слабкий кореляційний зв'язок між тривалістю другого періоду розвитку кукурудзи (цвітіння – повна стиглість зерна) і кількістю рослин, уражених стебловими гнилями r= –0,280; –0,239; –0,263 відповідно за роки досліджень 2002-2004 рр. Наявність від'ємної кореляції між виляганням і тривалістю вегетаційного періоду свідчить про більш слабку стійкість до вилягання ранньостиглих форм порівняно з пізньостиглими. Тому значна кількість скоростиглих ліній характеризується низькою стійкістю до вилягання й високою кількістю рослин, уражених стебловими та кореневими гнилями.

Отримані кореляційні зв'язки підтверджують висновки інших авторів, представлені в огляді літератури, про значний вплив тривалості вегетаційного періоду й окремих його періодів на міцність бокової стінки стебла та стійкість його до вилягання.

Отже, високі й стабільні коефіцієнти кореляції підтверджують раніше зроблені нами висновки про те, що рослини з більш тривалим вегетаційним періодом характеризуються значною міцністю бокової стінки стебла, висотою рослин і висотою закладання качанів, а лінії з коротким вегетаційним періодом – низькорослі та менш стійкі до вилягання.

На основі одержаних нами результатів досліджень, наведених у даному розділі, можна зробити такі висновки:

– встановлено, що міцність бокової стінки стебла, визначена на середині третього міжвузля, є визначальною під час проведення оцінки самозапилених ліній і гібридів за стійкістю до стеблового вилягання.

– відзначено значний вплив на стійкість до вилягання анатомо-морфологічних характеристик стебла – характеру розміщення провідних пучків на поперечному перерізі, довжини й діаметра нижніх міжвузль стебла.

– довжину та діаметр третього міжвузля можна використовувати, як непряму ознаку для оцінки вихідного матеріалу на стійкість до вилягання.

– проведеними дослідженнями встановлено, що довжина ніжки качана та його кут нахилу відносно основного стебла є визначальними в стійкості качанів до обвисання. Стійкі до обвисання качана мали такі самозапилені лінії: ХЛГ 157, ХЛГ 264, ХЛГ 249, ХЛГ 386, ХЛГ 33, УХ 405, Oh 43, F 2, P 523, W 401, ХЛГ 42, а форми, у яких кут відхилення качана перевищує 90ºС, нестійкі до обвисання качанів (СМ 39, СМ 5-1-1, СМ 7, ХЛГ 81, УХ 52, СО 255 та ін.).

– встановлено тісні кореляційні зв'язки міцності бокової стінки стебла визначеної на другому та третьому міжвузлі із кількістю полеглих рослин r= –0,629... –0,695 та –0,650...–0,770, кількістю рослин, що уражені стебловими гнилями r= –0,703...–0,776 та –0,798...–0,805. Водночас більш суттєві зв'язки встановлено для третього міжвузля, а тому міцність бокової стінки третього міжвузля стебла слід використовувати в оцінці вихідного матеріалу за стійкістю

до вилягання та до ураження стебловими гнилями.

– проведена класифікація самозапилених ліній кукурудзи доводить, що значна їх кількість віднесена до групи з високою міцністю бокової стінки стебла 3,34 – 3,90 кг/мм^2 (Oh 43, ХЛГ 45, SV 56, ХЛГ 1278, ХЛГ 562, К 212, ХЛГ 290, СО 113, Р 523, ХЛГ 42, ХЛГ 33, W 401, УХ 405) дозволить створювати гібриди з високою міцністю бокової стінки стебла та стійкі до вилягання.

Для того, щоб встановити, у яких схрещуваннях буде спостерігатися найвищий ефект при отриманні гібридів із високою міцністю стебла, нами всі гібридні комбінації були згруповані залежно від материнського та батьківського компонентів (табл. 52).

52. Характеристика самозапилених ліній кукурудзи за господарсько-цінними ознаками залежно від схеми схрещування (2003-2004 рр.)

Схема схрещування	Всього комбі-націй	Міцність бокової стінки стебла кг/мм^2			Висота прикріплення качанів, см	Полеглих рослин, %	Середня врожайність, ц/га
		Низька (2,47-3,26)	Середня (3,27-4,07)	Висока (4,08-4,88)			
В×В	2	–	–	2 / 4,80	59,0	0,0	41,6
В×С	2	–	–	2 / 4,38	50,6	1,2	37,3
В×Н	10	–	7 / 3,78	3 / 4,31	50,8	4,6	40,2
С×В	2	–	–	2 / 4,27	47,9	2,7	37,1
С×Н	6	1 / 3,25	5 / 3,52	–	36,0	14,2	23,5
Н×В	10	–	8 / 3,73	2 / 4,23	50,4	6,9	42,4
Н×С	6	–	6 / 3,32	–	36,0	18,5	30,3
Н×Н	22	20 / 2,77	2 / 3,35	–	39,4	25,3	34,7

Примітка: в чисельнику кількість гібридних комбінацій;
в знаменнику середнє значення міцності стебла даної групи, кг/мм^2.

З огляду на дані таблиці 52, гібридні комбінації за схрещування батьківських форм з однаковою міцністю стебла можуть переходити з однієї групи за міцністю бокової стінки стебла в іншу за рахунок гетерозису. Так, зокрема, за схрещування двох батьківських форм із низькою міцністю стебла (Н×Н) спостерігається деяка частка (дві гібридні комбінації або 9,09%) гібридного потомства з середньою міцністю бокової стінки стебла (3,35 кг/мм^2), за схрещування форм із середньою міцністю бокової стінки стебла з формами, що характеризуються низьким значенням цього показника (С×Н) можлива поява форм із низькою міцністю бокової стінки стебла (2,77 кг/мм^2).

Найвищу міцність бокової стінки стебла (4,80 кг/мм^2) відзначено в гібридів

кукурудзи, отриманих від схрещування двох батьківських форм із високою міцністю стебла (В В). Дані гібриди характеризувалися високою стійкістю до вилягання (не було жодної полеглої рослини) та значною висотою прикріплення качанів (59,0 см) й урожайністю зерна (41,6 ц/га).

Якщо дві батьківські форми характеризуються середньою та низькою міцністю бокової стінки стебла, то найкраще використовувати в якості материнського компоненту зразок із вищим значенням міцності бокової стінки стебла (С Н). Так, за схрещування самозапилених ліній із середнім і високим значенням міцності стебла (С В) отримуємо гібриди, які мають міцність бокової стінки стебла в межах – 4,27 кг/мм^2 і кількість полеглих рослин – 2,7%, а за використання ліній із високою міцністю стебла в якості материнського компоненту (В С) загальна міцність бокової стінки стебла гібридного потомства зростає до – 4,38 кг/мм^2, а кількість полеглих рослин зменшується до 1,2%.

Від схрещування форм із низькою міцністю (Н Н) кількість полеглих рослин становила 25,3% від загальної кількості рослин на ділянці. За висотою прикріплення качанів, найкращими виявилися гібридні комбінації, отримані від форм із високою й середньою міцністю бокової стінки стебла (В В, В Н та В С), у яких висота прикріплення качанів коливалась у межах від 50,6 до 59,0 см. Низька висота прикріплення качанів відзначена в простих гібридів, отриманих із самозапилених ліній, що мали низьку міцність бокової стінки стебла (36,0-39,4 см).

Значну врожайність зерна (41,6 ц/га) мають гібридні комбінації, які характеризуються високою міцністю (В В), що свідчить про можливість поєднання цих двох ознак за підбору батьківських пар для схрещування.

Щоб встановити необхідність підбору батьківських форм із різним значенням міцності бокової стінки стебла, з метою отримання гібридів із міцним стеблом, стійким до вилягання, було проведено порівняння значення міцності бокової стінки стебла між гібридами, одержаними на основі самозапилених ліній з різним значенням даної ознаки (табл. 53).

Дані таблиці 53 свідчать, що в гібридних комбінаціях, отриманих від різних схем схрещування, відбувається підвищення міцності бокової стінки стебла порівняно з батьківськими формами, але істотно відрізняються групи гібридів за даною ознакою, отримані за схемою С Н, Н С, Н Н.

Між групами гібридів, створених на основі самозапилених ліній за схемою В В, наявна лише істотна різниця з групою гібридів за схемою В С, неістотність різниці з групою гібридів, отриманих за схемою С В, пояснюється незначною кількістю представників останньої, хоча середнє значення в цієї групи найвище.

Тому відбір самозапилених ліній, які характеризуються максимальним проявом міцності бокової стінки стебла в обох батьківських форм в даному випадку призведе до отримання гібридів із міцним стеблом, стійким до вилягання.

Підбираючи пари для гібридизації, за селекції гібридів, придатних до механізованого вирощування та збирання, необхідно враховувати висоту прикріплення качанів і стійкість до вилягання в батьківських форм і

приналежність зразків до ботанічного підвиду.

53. Значення критерію «t-Стюдента» за порівняння різних груп гібридів із батьківськими формами за міцністю бокової стінки стебла, (середнє 2002-2004 рр.)

Групи гібридів	Умовні позначення	Значення ознаки в гібридів та їх батьківських форм, кг/мм^2	F факт. 0,05	F теорет. 0,05	Значення критерію t
В×В	♀×♂- ♀ - ♂-	4,80 ± 0,10 3,80 ± 0,28 3,79 ± 0,28	11,76	9,55	4,20 4,21
В×С	♀×♂- ♀ - ♂ -	4,38 ± 0,29 3,80 ± 0,28 3,03 ± 0,01	16,62	9,55	2,47 5,75*
В×Н	♀×♂- ♀ - ♂ -	3,94 ± 0,32 3,80 ± 0,21 2,43 ± 0,35	77,68	3,35	1,04 11,27*
С×В	♀×♂ - ♀ - ♂ -	4,27 ± 0,21 3,03 ± 0,01 3,80 ± 0,28	18,67	9,55	6,05* 2,28
С×Н	♀×♂ - ♀ - ♂ -	3,47 ± 0,28 3,08 ± 0,11 2,49 ± 0,36	20,27	3,68	2,54 6,33*
Н×В	♀×♂ - ♀ - ♂ -	3,83 ± 0,29 2,43 ± 0,35 3,80 ± 0,21	77,05	3,35	10,87* 0,25
Н×С	♀×♂ - ♀ - ♂ -	3,32 ± 0,14 2,49 ± 0,25 3,08 ± 0,11	20,61	3,68	10,81* 3,16*
Н×Н	♀×♂ - ♀ - ♂ -	2,82 ± 0,24 2,43 ± 0,34 2,44 ± 0,36	10,73	3,14	4,03* 3,92*

*Примітка *- достовірно на 0,05 рівні*

Для цього самозапилені лінії, які використовували в гібридизації, були поділені на два підвиди – кременистий і зубоподібний (табл. 54).

Дані таблиці 54 свідчать, що за створювання гібридів, які характеризуються високою міцністю бокової стінки стебла та значною висотою прикріплення качанів, потрібно враховувати ботанічний підвид батьківських компонентів. Так, схрещуючи дві батьківських форми зубоподібного підвиду, величина міцності бокової стінки стебла й висоти прикріплення качанів у гібридному потомстві вища порівняно з гібридами, які отримані від самозапилених ліній кременистого підвиду. Ця особливість стосується також рівня врожайності. Урожайність гібридів від зубоподібних самозапилених ліній

вища порівняно з гібридними комбінаціями від кременистих ліній.

54. Характеристика самозапилених ліній кукурудзи за господарсько-цінними ознаками залежно від приналежності до ботанічного підвиду (середнє за 2003-2004 рр.)

Схема схрещування	Всього комбінацій	Міцність бокової стінки стебла, кг/мм^2			Висота прикріплення качанів, см	Урожайність, ц/га
		Низька 2,47-3,26	Середня 3,27-4,07	Висока 4,08-4,88		
К×К	14	6 / 2,91	8 / 3,49	-	37,6	29,1
К×З	17	7 / 2,72	7 / 3,58	3 / 4,23	43,1	36,4
З×З	12	2 / 2,75	6 / 3,82	4 / 4,59	50,2	41,7
З×К	17	7 / 2,79	6 / 3,57	4 / 4,31	45,0	36,2

Примітка: в чисельнику кількість гібридних комбінацій;
в знаменнику середнє значення міцності бокової стінки стебла даної групи, кг/мм^2;
К – кременистий підвид;
З – зубоподібний підвид.

Якщо використовуються контрастні батьківські форми, то краще в якості материнського компоненту використовувати самозапилені лінії зубоподібного підвиду, а в якості батьківського – кременистого.

Процес створення високоврожайних, придатних до механізованого вирощування та збирання, гетерозисних гібридів кукурудзи вимагає цілеспрямованого підбору й проведення певних схрещувань батьківських форм. Від правильності якого і залежить успіх гібридизації.

Отже, отримання гібридів, які характеризуються високою придатністю до механізованого вирощування й збирання, буде успішним, якщо батьківські компоненти відносяться до зубоподібного підвиду та мають максимальну кількість відповідних ознак: міцність бокової стінки стебла, висоту рослин та висоту прикріплення качанів, які не обвисають при дозріванні.

5.3. Підбір попередників

Інтенсивне використання земель у сільськогосподарському виробництві без науково обґрунтованого чергування культур у сівозміні, недостатні обсяги використання добрив і нехтування відповідними прийомами основного обробітку ґрунту зумовлює зниження як урожайності кукурудзи, так і рівня потенційної й ефективної родючості ґрунту [46, 240].

Сівозміна є важливим фактором оздоровлення ґрунту, посівів і навколишнього середовища, яка впливає на мікробіологічний стан ґрунту [3, 83].

Кукурудза потребує розміщення посівів після попередників, які не спричиняють пригнічення її рослин, унаслідок алелопатичного впливу рослинних і кореневих залишків, поліпшують водно-фізичні властивості ґрунту, зменшують забур'яненість посівів, і тим самим забезпечують високий урожай. Ступінь впливу попередників на продуктивність рослин визначається біологічними властивостями різних біотипів кукурудзи, агротехнікою їх вирощування, ґрунтово-кліматичною характеристикою зони [28, 46, 112, 316, 328].

До кращих попередників належать ті, після збирання яких залишається достатньо часу для комплексу осінніх робіт – лущіння, внесення добрив, оранки, експлуатаційного вирівнювання тощо [3, 45, 46]. Найкращими попередниками для неї в зоні Лісостепу є: озимі зернові, зернобобові, цукрові й кормові буряки, гречки, картоплі, у зоні Полісся: люпину, багаторічних трав, льону, зернобобових, озимих, картоплі. Також можливе вирощування кукурудзи в монокультурі на родючих, добре окультурених ґрунтах, за умови щорічного внесення органічних добрив, протягом 6-10 років, а на менш родючих – 3-5 років [28, 49, 50, 73].

Кукурудза, посіяна після озимої пшениці, краще реагує на азотно-фосфорні добрива, а після ячменю й зернової кукурудзи – на повне мінеральне удобрення [3, 83]. Після таких попередників, як кукурудза, соняшник, велику увагу приділяють загортанню в ґрунт післяжнивнокореневих решток.

Негативно впливає на продуктивність кукурудзи розміщення її після соняшнику, суданської трави, проса, технічних культур; такі посіви відстають у рості й розвитку на п'ять-сім днів, сильніше уражаються хворобами й знижують урожай на 10-20% [83, 367, 368].

Кукурудза не погіршує родючості ґрунту, її коренева система залишає в ньому велику кількість органічної маси. Вирощування її як попередника сприяє боротьбі з бур'янами, так як ґрунт після посіву цієї широкорядної культури довгий час (більше двох місяців) не покривається листками [6, 73, 185, 237].

Силосна й зернова кукурудза є добрим попередником для ярих та озимих культур [2, 3, 49]. У районах достатнього зволоження лісостепової й поліської зон кукурудза на силос більше реагує на добрива, ніж на попередники.

Підвищення культури землеробства передбачає впровадження у виробництво заходів, що становлять науково обґрунтовану його систему. На основі сівозмін створюють систему удобрення, обробітку й захисту посівів від шкідників і хвороб [73, 230, 369].

Розширення площ під посівами кукурудзи, спеціалізації господарств і порушення науково обґрунтованих сівозмін, класичної системи обробітку ґрунту сприяють епіфітотійному розвитку хвороб культур, що призводить до значних втрат урожаїв зерна [369-371]. Під кукурудзу відводять поля з найродючішими землями й добрими попередниками [235].

Більш високі запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту залишають після себе озима пшениця після чорного й зайнятого пару, а також кукурудза. Значно менше її зостається після соняшнику, цукрових буряків, сорго. Після цих попередників урожайність кукурудзи знижується на 4-8 ц/га [6, 202].

Не варто сіяти кукурудзу після проса, щоб запобігти поширенню спільного шкідника – кукурудзяного метелика [3, 83].

Забезпеченість кукурудзи необхідними елементами живлення також залежить від попередніх культур. Кукурудза краще забезпечена нітратним азотом за розміщення її після зернобобових й озимої пшениці, гірше – після суданської трави, соняшника та ячменю. Щодо впливу попередників кукурудзи на вміст легкозасвоюваних форм фосфору в агрономічній літературі єдиної думки немає. Вміст рухомих форм калію не змінювався не залежно від попередників [3, 212].

Невибагливість кукурудзи до попередників, у порівнянні з іншими культурами, пояснюється наступними чинниками: відсутністю широкого спектру специфічних хвороб і шкідників, що так характерно для інших культур; меншою вибагливістю щодо умов зволоження; високою здатністю освоювати ґрунтовий профіль, засвоювати елементи живлення й вологу [73].

На території України кукурудза в монокультурі не вирощується, а насиченість нею посівів у різних зонах коливається в межах 10-40% і зрідка на зрошенні досягає 80%, з висівом її на одному й тому ж полі 3-4 роки поспіль [46]. У монокультурі, порівняно зі сівозміною, значно зменшується видова різновидність мікроорганізмів ґрунту, що гальмує мінералізацію й гуміфікацію органічних речовин [3, 46, 83].

На чорноземних ґрунтах беззмінне вирощування за умови щорічного внесення добрив можливе протягом 6-10 років, а на менш родючих ґрунтах – 3-5 років. У районах достатнього зволоження Лісостепової та Поліської зони кукурудза на силос більше реагує на добрива, ніж на попередники [6, 67]. За беззмінного вирощування кукурудзи протягом тривалого періоду (більше 10 років) урожайність її значно знижується, порівняно з вирощуванням після пшениці, соняшнику, цукрового буряку, картоплі [237, 316].

Розміщення кукурудзи по кукурудзі, а також після ячменю призводить до найбільшого ураження пухирчастою сажкою. Найменше уражуються рослини кукурудзи, які вирощуються після озимої пшениці, що зумовлено кращою фітосанітарною дією озимої пшениці на ґрунт з точки зору очищення від патогенів [372-374].

Періодичність чергування кукурудзи в сівозміні не може бути однаковою в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Загалом кукурудза на зерно в сівозміні не повинна перевищувати 25-30% площі, що практично не впливає як на її урожайність, так і на стійкість до метелика [353, 367, 369, 375].

Довготривалість беззмінного вирощування кукурудзи залежить від родючості ґрунту, кліматичних умов, гібридного складу й культури землеробства. Повторні посіви кукурудзи безперечно призводять до помітного погіршення фітосанітарного стану через нагромадження специфічних збудників хвороб, а також шкідників. Проте у виробництві трапляються посіви кукурудзи два і більше років підряд на одному полі. На таких посівах особливу увагу необхідно звернути на дотримання всього комплексу заходів захисту культури від шкідливих організмів, оскільки вирощування кукурудзи на зерно протягом трьох-чотирьох років підряд практично не знижує її продуктивність, але сприяє накопиченню стеблового метелика в зоні їх поширення [67, 237, 353, 376, 377].

О. В. Климчук [378] стверджує, що кукурудза добре переносить вирощування на одному й тому місці тривалий час через незначну можливість нагромадження в ґрунті інфекції хвороб і шкідників. У беззмінних посівах рослини вже через місяць після появи сходів були на 25-30% вищими, ніж після цукрових буряків, а після гороху й озимої пшениці займали проміжне місце.

Можливі також і такі сівозміни:

• 1,2,3 - кукурудза на зерно; 4 - соя; 5 - ярий ячмінь (пшениця);

• 1,2,3 - кукурудза на зерно; 4 - кукурудза на силос; озима пшениця або ячмінь;

• 1,2,3 - кукурудза на зерно; 4 - горох; 5 - озима пшениця;

• 1,2,3 - кукурудза на зерно; 4 - ярий ячмінь з підсівом люцерни; 5 - люцерна;

• 6 - люцерна; 7 - озима пшениця.

Різкий вплив попередників на розвиток збудників сажок кукурудзи обумовлено зміною фунгістазису ґрунту під впливом кореневих виділень і пожнивних решток рослин. Кореневі виділення озимої пшениці, ймовірно, виводять патогенів зі стану спокою. Тобто кореневі виділення з озимини можуть викликати загибель патогена й природну дезинфекцію ґрунту [273]. Фітотоксичні речовини мікроорганізмів, накопичені в ґрунті, зумовлюють необхідність чергування рослин у сівозміні, яка усуває інфекцію й оздоровлює грунт. Властивості алелопатичної активності або толерантності можуть бути посилені чи послаблені мікрофлорою ґрунту [3, 83].

У степових і деяких інших зонах України можна висівати кукурудзу по кукурудзі на товарне зерно й силос, але водночас слід вдаватися до додаткових заходів боротьби з хворобами й шкідниками [273].

5.4. Система обробітку грунту для кукурудзи

Вирощування кукурудзи – енергоємний процес, а тому питання зменшення витрат енергоресурсів за різних технологій вирощування є особливо актуальним. Найбільш енергоємним у технологічному процесі вирощування кукурудзи є спосіб основного обробітку ґрунту, який істотно впливає на врожайність та якість зерна кукурудзи [29, 379], оптимізацію агрофону вирощування й вибір гібрида [29].

Одним із важливих елементів технології вирощування є основний обробіток ґрунту, адже кукурудза має мичкувату кореневу систему, яка здатна поширюватися на 1,2-1,5 м у глибину ґрунту, тому є дуже чутливою до наявності ущільнень ґрунту, підплужної підошви, які будуть погіршувати й обмежувати її розвиток. Основний обробіток ґрунту необхідно направити на оптимізацію структури ґрунту за рахунок руйнування ущільнень ґрунту та підплужної підошви [49, 361].

Основний обробіток ґрунту проводять з урахуванням попередника, типу ґрунту, рельєфу й характеру засміченості поля. Після ранніх попередників (зернових і зернобобових культур суцільної сівби) проводять

лущення стерні на глибину 7-8 см лущильниками ЛДГ-10А, ЛДГ-15А та ін. На полях, засмічених кореневищними й коренепаростковими бур'янами, додатково застосовують лемішне лущення на глибину 12-14 см плугами-лущильниками ППЛ-10-25 або широкозахватними культиваторами-плоскорізами КПШ-5, КШН-6, КПШ-9 та ін. [3, 59, 83].

Урожайність кукурудзи на зерно більшою мірою, ніж озимої пшениці, залежить від способів обробітку ґрунту. За вирощування кукурудзи найбільшу частку впливу на формування продуктивності – 46-60% має система обробітку ґрунту в сівозміні, а частка впливу попередників коливається в межах від 11-16 до 24% [46, 148].

Силосна кукурудза вимагає ретельної підготовки ґрунту та його оптимальної структури для розвитку мичкуватої кореневої системи, яка проникає на 1-1,5 м вглиб. Дуже чутлива до різного роду ущільнень чи плужної підошви, які фактично обмежуватимуть рослини у волозі та поживних речовинах із більш глибоких шарів ґрунту [3, 45, 46].

Кукурудза любить добре аеровані ґрунти, позитивно реагує на глибоку оранку – 25-28 см. Після збирання попередників із добре розвиненою кореневою системою (кукурудза на зерно, стерня багаторічних трав) стеблові й кореневі рештки ретельно подрібнюють важкими дисковими боронами БДТ-10, БДТ-3,0, John Deere 630, МФ-248 та ін. Обробіток проводять на глибину 10-2 см у двох напрямках. Після цього вносять добрива й виконують оранку. Для оранки використовують лемішні плуги ПЛН-3-35, ПЛН-5-35, ПЛН-8-40, оборотні ППО-4-40, ППО-6-40, ПНО-4-40 та ін. [50].

Якщо з осені з'являються бур'яни, то проводять одну-дві культивації з одночасним боронуванням. Після випадання опадів для збереження вологи в ґрунті й руйнування кірки поле знову боронують [49, 112].

Основний обробіток ґрунту починається з дискування стерні обов'язково в день збирання озимої пшениці, щоб уникнути зайвого випаровування вологи через стерню й нераціональне використання поживних речовин, адже коренева система попередника ще продовжує функціонувати. Друге дискування слід розпочинати тоді, коли однорічні бур'яни матимуть 2-3 листки, а багаторічні дводольні – розетку. Перед проведенням основного обробітку ґрунту треба обов'язково внести добрива [230, 380].

За допомогою основного обробітку ґрунту регулюється водний, температурний, підживлювальний, повітряний режими, вологоємкість ґрунту, що має особливе значення в посушливих умовах вирощування [6, 83].

Завдяки добре розвиненій кореневій системі гібриди кукурудзи можна вирощувати за різних систем землеробства (обробітку ґрунту): No-till, Mini-till, Strip-till або традиційній [58, 231, 380]. Різні види основного обробітку створюють неоднакові умови розкладання й розподілу по глибині рослинних решток попередньої культури, впливаючи на мікробіологічну активність в орному шарі й динаміку рівноваги процесів гуміфікації-мінералізації [259].

Щодо вибору основного обробітку ґрунту нині немає єдиної думки: одні науковці стверджують, що кукурудзу потрібно вирощувати, застосовуючи оранки; інші прихильники дотримуються безполицевого (безвідвального)

обробітку ґрунту. Застосування тільки безполицевих обробітків зумовлює істотне зниження врожайності, вищий рівень забур'яненості [28, 259] й погіршення фізичних властивостей ґрунту [259].

Зменшення глибини основного обробітку ґрунту під ярі до 10-15 см сприяють погіршенню умов накопичення вологи на 10-15%, і нерідко відповідної ж втрати врожаю, особливо просапних культур [262].

Для інтенсивних технологій вирощування кукурудзи безполицевий обробіток є неприйнятним, оскільки збільшує забур'яненість, знижує запаси продуктивної вологи й призводить до збільшення кількості хворих рослин та зменшення врожайності. Найсприятливіші умови для росту й розвитку кукурудзи створюються при застосуванні полицево-чизельного основного обробітку з використанням гербіцидів. У результаті врожайність зеленої маси кукурудзи зростає на 0,18 т/га, а зерна – на 0,56 т/га [259].

Більшість прийомів обробітку ґрунту спрямовані на те, щоб щільність ґрунту довести до оптимальної її величини в межах 1,12-1,27 г/см^3. Від величини цього показника залежать майже всі водно-фізичні властивості ґрунту – водопроникність, вологоємність, запаси вологи, стійкість ґрунту до ерозійних процесів тощо [381].

Глибокий основний обробіток ґрунту (полицева оранка) під кукурудзу (25-27 см) у короткоротаційних соєво-кукурудзяних сівозмінах зменшує щільність ґрунту в орному шарі від 1,32-1,35 до 1,24 г/см^3, підвищує запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-40 см на 4-9%, що забезпечує збільшення врожайності зерна кукурудзи на 11-12% порівняно з безполицевим обробітком [6, 243, 381]. Проведення глибокого обробітку ґрунту збільшує масу зерна з одного качана та кількість продуктивних качанів на 100 рослинах на 2-3 шт. [382].

Виключення з технології вирощування кукурудзи зяблевого обробітку призводить до зменшення кількості нітратного азоту в ґрунті. За рахунок зниження біологічної активності чорнозему на ділянках прямої сівби внаслідок формування ущільненої будови ґрунту, а також іммобілізації мінерального азоту при розкладі великої кількості післяжнивних решток (солома) з широким співвідношенням N:C [3, 383].

На ґрунтах, схильних до пересихання, в умовах посушливого літа, рекомендується відмовлятися від обробітку ґрунту з повним оборотом пласта. Для вирощування кукурудзи можна також застосовувати полосовий обробіток ґрунту (strip-till), що забезпечує збереження вологи за рахунок наявності на поверхні ґрунту рослинних решток [342].

Чисельний обробіток ґрунту не поступається перед оранкою, заощаджує витрати пального на 10-20%, витрати праці на 30% [230].

Вирощуючи кукурудзу й застосовуючи нульовий обробіток, внесення комплексних мінеральних добрив проводиться під час сівби за результатами ґрунтового обстеження [383]. Рослинні рештки попередників (за ноу-тілл) захищають поверхню ґрунту від термічного перегрівання й сприяють зменшенню непродуктивного випаровування ґрунтової вологи. При ноу-тілл ґрунт повільно прогрівається у весняний період у порівнянні з традиційною системою землеробства, що зумовлюється наявністю на поверхні ґрунту шару

рослинних решток – мульчі [247].

Вирощування кукурудзи за технологією ноу-тілл упродовж вегетації культури не вимагає потреби в міжрядних механізованих обробітках, що зумовлює можливість застосування способу сівби культури зі звуженими міжряддями до 45 см. Такий спосіб сівби за одночасного збільшення густоти стояння гібридів кукурудзи на 10-15% забезпечує кращу фітоценотичну спроможність рослин культури до біологічного пригнічення бур'янів і сприяє підвищенню врожайності зерна на 0,3-0,5 т/га. Сіяти кукурудзу зі звуженими міжряддями за відсутності спеціальних сівалок можна широкозахватними посівними комплексами для суцільної сівби [3, 46, 247].

Мінімалізація основного обробітку ґрунту за вирощування кукурудзи призводить до збільшення засміченості посівів бур'янами [384].

Восени після внесення мінеральних добрив й основного обробітку ґрунту слід провести культивацію, яка дозволить частково вирівняти поверхню ґрунту, а головне – буде збережено вологу у верхньому шарі й навесні можна буде обмежитися лише раннім боронуванням. Культивація – це останній осінній агроприйом, і завершити його потрібно до другої декади листопада, коли припиняється активна вегетація бур'янів [230].

Передпосівний обробіток. За сумарними технологічними витратами на долю передпосівного обробітку припадає не більше 3-5% затрат на вирощування, проте ціна кожного відсотка в результаті може бути значно вищою, ніж усіх витрат на добрива, засоби захисту й насіння [385].

Передпосівній підготовці ґрунту передує закриття вологи, очищення від бур'янів, створення сприятливих умов для проростання насіння й сходів і вирівнювання мікропонижень площі (борозни, впадини). Своєчасність проведення цього заходу особливо важлива для ґрунтів, схильних до утворення грудок, і в зонах недостатнього й нестійкого зволоження [6, 247, 385].

У весняний період відбувається прогрівання ґрунту до 4-5°С, дуже активізується його мікрофлора й відбувається стікання та випаровування надлишкової вологи, як результат відбувається формування нової капілярно-пористої структури ґрунту, яку ми зруйнували основним обробітком ґрунту. Від якості підготовленого насіннєвого ложе й рівномірного висіву насіння буде залежати схожість насіння та розвиток молодих рослин [49, 361].

Весняне боронування або вирівнювання поля, яке проводиться під кутом 45° до напрямку оранки, прискорює прогрівання ґрунту й проростання бур'янів, створює оптимальні умови для високоякісного виконання всіх наступних технологічних операцій [46, 247].

Весняний обробіток ґрунту під кукурудзу включає також проведення двох-трьох культивацій: перший раз на глибину 10-12 см, другий – під час появи бур'янів і третій – перед сівбою на глибину загортання насіння [50]. Якщо строки сівби пізніші, проводять 2-3 культивації для знищення нової хвилі проростих бур`янів. Розрив у часі між передпосівним обробітком і сівбою повинен бути мінімальним – не більше півгодини, щоб не пересушити грунт [202, 237].

Проведення весняного боронування у вирощуванні кукурудзи сприяє

зменшенню чисельності стеблового кукурудзяного метелика [386]. Передпосівну культивацію проводять на глибину загортання насіння (5-7 см) комбінованими ґрунтообробними агрегатами або культиваторами. У разі високого рівня засміченості полів бур'янами, особливо коренепаростковими, доцільно провести дві культивації: першу – на глибину 8-10 см, другу – на глибину загортання насіння [46, 112, 247].

Відстань між насіннєвим ложе й підорним горизонтом ґрунту повинна бути достатньою, так як відділення проростка (перехід від автотрофного до гетеротрофного живлення внаслідок розвитку кореневої системи у фазі 4-5 листків) є дуже важливим для молодої рослини. Шар ґрунту, ущільнений сільськогосподарськими машинами (плужна підошва), сповільнює проникання основних коренів на глибину, обмежує доступ до запасів вологи в ґрунті. Тому підготовку насіннєвого ложе необхідно проводити з мінімальною кількістю проходів сільськогосподарської техніки [387].

Головна причина отримання нерівномірних сходів - це неякісний передпосівний обробіток ґрунту навесні і, як наслідок, неякісний посів із різноглибиним загортанням насіння, відсутністю контакту насіння з ґрунтом, розміщенням насіння в сухому ґрунті [46, 112, 385, 387].

Невирівняність за глибиною руху робочих органів ґрунтообробних агрегатів або неправильно обраний напрямок руху створює передумови різноглибинного загортання або «підвисання» насіння в ґрунті і, як наслідок, отримання нерівномірних сходів. Особливо це помітно на ґрунтах важкого механічного складу та в разі збільшення глибини загортання понад 7-8 см, де кожен зайвий сантиметр проростання паростка може відігравати суттєву роль. Між такими рослинами на ранніх етапах онтогенезу конкуренція є неявною, проте в подальшому на момент формування та закладки генеративних органів (фаза 5-9 листків) будь-яке відхилення від нормального розвитку може позначатися на загальній продуктивності рослини [385].

Проведення прямої сівби для кукурудзи набуває сенсу, коли сівба проводиться на рівному полі з ґрунтами, що швидко прогріваються, за відсутності накатаних машинами колій. Під час сівби в холодних і схильних до висихання умовах вирішальним для розвитку рослин стає висока частка подрібненого ґрунту [9].

5.5. Строки сівби кукурудзи

Формування агроценозу розпочинається в так званий стартовий період розвитку рослин (проростання насіння-поява сходів). Інтенсивність проходження фізіологічних процесів, пов'язаних із проростанням насіння головним чином визначається гідротермічним режимом, який можна змінювати за різних строків сівби [35].

Строк сівби – це генотиповий чинник впливу на врожайність кукурудзи й залежить конкретно від гібрида [259]. Наукове обґрунтування строків сівби та густоти стояння гібридів кукурудзи різних груп стиглості набуває особливого

значення під час розробки інтенсивної технології вирощування культури [19].

Сівба – першочергова операція вирощування зернової кукурудзи Від того, наскільки правильно визначені терміни сівби, встановлена й витримана норма висіву, глибина загортання насіння, рівномірність його розміщення по довжині й глибині рядка, у значній мірі залежатиме майбутня продуктивна конструкція посіву й кінцевий результат [1, 43, 73].

Успіх сівби в значній мірі залежить від того, наскільки якісно проведений основний і передпосівний обробіток ґрунту, посівних якостей насіння, а також наскільки витримано регламенти сівби й оперативність її виконання [73].

Сівбу на вирівняних площах проводять впоперек основного обробітку ґрунту з обсіву розворотних смуг у 3-4 сівалки, за 2-3 дні, не пізніше. На великих площах повинні працювати два агрегати, які засівають поле від середини [46, 73].

Строк сівби визначає такі складові агроекології, як тепло- та вологозабезпеченість, фотоперіод, фітосанітарні умови тощо у фазі проростання [43, 259]. Для одержання гарантованих дружних сходів кукурудзи надзвичайно важливим є наявність продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту. Запаси продуктивної вологи під час сівби кукурудзи в шарі 0-10 см вважаються недостатніми за її вмісту в кількості 7-8 мм, задовільними – 9-13 мм, добрими – 14-15 мм і більше [3, 83].

За достатнього зволоження ґрунту (більше 15 мм продуктивної вологи в шарі 0-10 см) темпи проростання насіння кукурудзи в основному визначаються температурою ґрунту. За температури +7…+8°С помітного проростання не відбувається; за – +11…+12°С воно починається через 7-9 днів; за +18…+22ºС – через 2-3 дні. За вологозабезпечення менше 15 мм в шарі 0-10 см зв’язок між темпами розвитку і температурним режимом порушується й проростання насіння уповільнюється [3, 388].

За оптимальних умов сходи з’являються за 7-8 днів, за холодної погоди кукурудза може зійти через 3 тижні. Інкрустоване насіння може знаходитись у ґрунті один місяць і після цього дати сходи. Кукурудзу на зерно й силос сіють, коли температура ґрунту на глибині 10 см становить 10-12°С. Холодостійкі гібриди можна висівати раніше, за температури ґрунту 8-10°С упродовж трьох днів. У недостатньо прогрітий ґрунт сіяти ризиковано. Швидше на 6-10 днів можна висівати інкрустоване насіння [3, 46, 83].

Вплив температури на розвиток підземної та надземної частин рослин дещо різний. За низької температури коренева система розвивається краще, ніж надземна частина**. Ранньою сівбою** можна досягти доброго розвитку кореневої системи, що особливо важливо для забезпечення підвищеної посухостійкості в умовах нестачі вологи. **Пізня сівба**, навпаки, призводить до відносно інтенсивного розвитку надземної частини, що важливо для боротьби з бур’янами у зв’язку з вищою конкурентною здатністю культурних рослин і наявністю резерву часу для передпосівного знищення бур’янів [45, 46, 112].

Ранні посіви кукурудзи значно пошкоджуються дротяниками й більш схильні до пліснявіння, пізні – уражуються летючою та пухирчастою сажками, гельмінтоспоріозом, шведською мухою, озимою й бавовниковою совками. Недозріле зерно легко уражується плісенню на полі і за зберігання [3, 83].

Кукурудза, посіяна в ранні оптимальні та стислі (протягом 5-7 днів) строки, менше пошкоджується озимою совкою, цикадками, смугастою хлібною блішкою. Надто ранні строки сівби сприяють пошкодженню рослин стебловим метеликом, дротяниками, вовчком звичайним, а пізні – шведською мухою, підгризаючими совками [4]. Окрім того, такі посіви дають урожай на 3-5 ц/га більший порівняно з більш ранніми строками посіву за рахунок дружніх сходів, меншої зрідженості посівів і забур'яненості [3, 83].

Від строків сівби залежать умови життя й розвитку рослин кукурудзи, повнота, дружність і своєчасність сходів, темпи росту, а також рівень урожаю. За вибору строків необхідно врахувати насамперед ґрунтово-кліматичні умови, зокрема характерні в більшості років весняного періоду: темпи наростання температур повітря й ґрунту (на глибині загортання насіння), їх рівномірність, строки й частоту заморозків (весняних і осінніх), загальну тривалість безморозного періоду, а також біологічні властивості гібридів тощо [73, 259, 389].

Слід відзначити, що вплив строків сівби на врожайність кукурудзи тісно пов'язаний із погодними умовами в період проростання насіння і на початку розвитку рослин. Ранній строк сівби може бути ефективнішим від оптимального, а за сівби в холодний і непрогрітий ґрунт і поверненні холодів – поступається йому [44, 75].

Нестача тепла ослаблює молоді рослини й знижує їх стійкість проти пошкодження фітофагами. За ранніх строків сівби у непрогрітий ґрунт період до появи сходів більш тривалий (до 24-28 днів і більше), тому насіння більше пошкоджується шкідниками (дротяниками, несправжніми дротяниками, шведськими мухами) і хворобами (пліснявінням, кореневими й стебловими гнилями), втрачається токсичність препаратів на насінні, а посіви засмічуються бур'янами [89, 90, 377, 390], пізні строки сівби – від пухирчастої та летючої сажки, гельмінтоспоріозу та нігроспоріозу, пліснявіння качанів у полі і за зберігання, а також більше пошкоджуються смугастою хлібною, совками, що підгризають [339, 374, 376, 388, 391] та стебловим кукурудзяним метеликом [392, 393].

Низька температура ґрунту під час проростання насінин є несприятливою для сажкових грибів, а підвищена, навпаки, сприяє ураженню проростків [374].

У зв'язку з районуванням нових гібридів і впровадженням їх у виробництво строки сівби необхідно уточнювати. Гібриди з різними морфо-біологічними ознаками й властивостями неоднаково реагують на строки сівби [29].

У технології вирощування кукурудзи виключно важливе значення мають строки сівби, притаманні конкретному біотипу. Від них залежать умови росту й розвитку рослин кукурудзи, повнота, дружність і своєчасність сходів, рівень урожаю, а також достигання зернової кукурудзи [28, 29, 54, 394].

Строк сівби впливає не тільки на формування рівня продуктивності кукурудзи, а й на економіко-енергетичну ефективність її виробництва. Якщо врахувати, що сівба кукурудзи в різні строки здійснюється за однакових затратах праці й коштів, то вартість одержаного приросту врожаю в оптимальні строки

достатньою мірою підкреслює високу ефективність даного агрозаходу [17, 81, 148, 331].

Вибрати правильний термін посіву для кукурудзи – це практично один із найважливіших моментів у технології вирощування кукурудзи. До цього часу тривають дискусії стосовно строків сівби кукурудзи. Наукою й практикою рекомендуються як більш ранні, у порівняні з оптимальними, так і більш пізні строки сівби. Останні сприяють кращому очищенню полів від пізніх бур'янів [105, 395].

Вибір строку сівби – завжди складне питання. Потрібно зважити, чи: посіяти насіння у вологий, але не досить прогрітий ґрунт і сподіватися на підвищення температури, аби отримати сходи, чи в прогрітий, але пересушений ґрунт, і покладатися на те, що пройдуть дощі і все насіння проросте [69, 390].

Сівба насіння гібридів у прогрітий, але пересушений ґрунт тягне за собою ризик отримання нерівномірних сходів. Особливо це помітно на полях, де неякісно проведено основний і передпосівний обробіток ґрунту. Ті рослини, які будуть сходити пізніше, ніколи не зможуть розкрити свій генетичний потенціал. Вони відставатимуть у розвитку, уражатимуться хворобами (зокрема, пухирчастою сажкою) і сформують неповноцінний початок. Хоча кінцева густота стояння може бути оптимальною для того чи іншого гібриду [390].

Кукурудза належить до пізніх ярих культур, сіють її пізніше, ніж ранні ярі, через це для нормального проростання вона потребує вищих температур, ніж ранні ярі культури – пшениця, ячмінь й овес [239, 259].

Ярі культури, у тому числі і кукурудза, на відміну від озимих, не мають календарних строків сівби, оскільки в різні роки оптимальні для цього умови настають у різний час. Ці культури висівають в агротехнічний час [46, 112].

Питання про календарні строки сівби вирішується в кожному господарстві конкретно з урахуванням погодних (підвищення суми ефективних температур вище +10°С), ґрунтових, агротехнічних умов, що склалися, а також типів гібридів [57, 202, 217, 396]. У виробничій практиці в різних агрокліматичних зонах склались багаторічні середньо-календарні строки сівби кукурудзи [29].

У всіх агрокліматичних зонах України сівбу кукурудзи бажано проводити в середині квітня – на початку травня: в **Степу** – наприкінці першої декади квітня; у **Лісостепу** – у другій декаді квітня; у **Поліссі** – наприкінці третьої декади квітня. Цей агрозахід слід проводити у стислі строки протягом 4-7 днів [29, 73, 202, 362, 394]. В умовах Західного Лісостепу й Полісся календарні строки сівби кукурудзи припадають на період з 1 по 15 травня, у тепліших регіонах України – з 20 по 30 квітня [44, 67].

Особливу увагу, вибираючи строки сівби, потрібно приділяти групі стиглості гібридів, так, під час посіву середньостиглих і середньопізніх гібридів кукурудзи перевагу надають раннім строкам сівби, а скоростиглі гібриди можна висівати як у ранні, так і пізніші терміни [81, 259,331].

В ультраранньостиглих і ранньостиглих гібридів кукурудзи інтервал оптимальних строків сівби ширший порівняно з гібридами, що мають тривалий вегетаційний період [43]. Середньостиглі й пізньостиглі гібриди зубовидної форми слід висівати в пізніші строки [2, 3, 83].

У межах навіть однієї групи стиглості гібриди не однаково реагують на строки сівби та густоту стояння рослин [89, 388].

Варто сівбу розпочати з ранньостиглих гібридів і засівати ними половину посівної площі. Після цього доцільно продовжити сівбу пізньостиглих гібридів, потім – середньостиглих, ще пізніше – насінням залишеної половини ранньостиглих гібридів. Проте слід враховувати ступінь прогрівання ґрунту на ділянці та її засміченість бур'янами. Виробничі й організаційні фактори також можуть змінити рекомендовану черговість сівби [43].

Ранньостиглі й середньоранні форми, як правило, несуттєво змінюють урожайність у разі запізнення з сівбою, а пізньостиглі гібриди краще реалізують свій генетичний потенціал у разі сівби, коли ґрунт досягає температури +8-10°С. За сприятливих умов проростання насіння (стійке прогрівання ґрунту до +8-10°С) і відсутності бур'янів рання сівба кукурудзи має суттєву перевагу над пізньою [6, 79, 395].

Вирощування гібридів кукурудзи, які мають тривалий період вегетації, лімітується водним стресом, що призводить до значного зниження врожайності зерна. Зокрема це спостерігається і в разі зміщення строків сівби на більш пізні [35]. Сівбу слід розпочинати з більш холодостійких гібридів, а закінчувати – теплолюбними [3, 83]. Холодостійкі гібриди можна висівати на 3-4 дні раніше встановлених строків [54, 362].

За загальноприйнятим, звичайним принципом строк сівби визначають не за календарем, а на підставі температури ґрунту. Поки культурний стан верхнього шару ґрунту є непридатним до загортання зерна на потрібну глибину, сівбу починати не можна. Оптимальна температура ґрунту +10-12°С і дозрівший його шар на глибині ложа (10 см) для зернівок гарантує рівномірні й добрі сходи [43, 46, 57, 90].

Нове покоління гібридів, північного екотипу (переважно кременистого підвиду), сформованих завдяки тривалій адаптації до умов помірного клімату, характеризуються кращою холодостійкістю й здатні проростати за температури +5-6°С на глибині 5 см, або +8-10°С на глибині 10 см, тому їх можна висівати за температури ґрунту +7-8°С на глибині 5 см впродовж трьох днів, без ризиків зменшення врожайності. За рахунок створення комфортних умов для вегетації рослин сівба за такої температури сприяє підвищенню врожайності, одержанню дружніх та толерантних до шкідливих організмів сходів, і цвітіння кукурудзи до настання спеки [13, 43, 69, 90, 390].

Холодостійкі гібриди кукурудзи в межах одного строку сівби за однакових значень температури ґрунту за період проростають швидше, ніж не холодостійкі [388].

Висів в оптимальні строки насіння холодостійких ранньостиглих гібридів, яке здатне проростати за температури +6…+8°С, дає можливість одержувати високий урожай зерна (10,5 т/га) [42, 46, 397]. Рослини кукурудзи ранніх строків сівби (за температури ґрунту +6-8ºС) формують на 15-18% вищу врожайність за рахунок поліпшення водного режиму ґрунту, особливо, у період викидання – цвітіння волотей (тридцяти денний критичний період) [3, 395].

Посів холодостійких гібридів можна проводити на 10-15 днів раніше

оптимальних строків за температури ґрунту +6-8°С. Це дає змогу отримати сходи на 5-7 днів раніше, ніж в не холодостійких гібридів, навіть у роки з недостатньою сумою активних температур. Таким чином з'являється можливість збільшити активну фазу фотосинтезу, за якої в рослині інтенсивно накопичується суха речовина. Холодостійкі гібриди мають давати дружні сходи за ранніх термінів сівби, забезпечувати високі темпи початкового росту, а також швидке відростання та менше зниження продуктивності рослин після дії заморозків [3, 62]. Середньостиглим гібридам, за рахунок подовженого вегетаційного періоду, потрібно набрати більшу суму ефективних температур (1101-1170°С) [259].

Оптимальною вважається сівба культури в третю декаду квітня, коли температура ґрунту на глибині загортання насіння протягом 3-5 днів тримається на рівні +10-12°С. За значних площ сівби й обмеженій кількості сільгосптехніки важливим є вивчення реакції гібридів на сівбу не лише в оптимальні, а й у ранні та відносно пізні строки, що впливає на вологість зерна під час збирання [19].

Однак за таких строків сівби, особливо в зоні південного Степу України, можливе різке підвищення середньодобової температури, яке супроводжується зменшенням запасів продуктивної вологи в ґрунті, унаслідок чого посіви формуються зрідженими [35].

Останнім часом прослідковується позитивна динаміка середньодобових температур у весняний період. Тобто сприятлива для сівби температура ґрунту +8-10ºС у всіх зонах кукурудзосіяння настає дедалі раніше (у середньому за останні 25 років у II-III декади квітня). Фактор перенесення термінів сівби кукурудзи на більш ранні потрібно використати, оскільки запізнення сівби на 15-20 діб призводить до зниження врожайності зерна на 12-21 ц/га (або 9-30%) [9, 21, 27, 43, 230]. Силосна кукурудза належить до підвидів більш теплолюбивих, тож її варто сіяти, коли ґрунт на глибині 6-8 см досягне температури 10-12 °С. За умови обробки насіннєвого матеріалу захисними, поживними й стимулюючими речовинами (інкрустованого насіння), сівбу можна провести на 5-7 днів раніше, ніж для зернової кукурудзи, але за умови відповідної температури [49, 50

Через глобальні зміни температурного режиму спостерігається посилення неоднорідності погодних умов насамперед у весняний період, що зумовлює необхідність пошуку нетрадиційних строків сівби кукурудзи та визначення можливості здійснення її в більш ранні [43].

У зв'язку з глобальним потеплінням настання дат стійкого весняного прогрівання повітря до +10°С очікують раніше за норму на чотири-дев'ять днів в зоні Степу (на 4...6), у Лісостепу (на 5...8), у Поліссі (на 6...9), як і в цілому по Україні [55].

Інші науковці й практики визначали строки початку посівної, покладаючись на старі, селянські спостереження, наприклад, «кукурудзу треба висівати, коли квітне терен» [3, 43], або за народною прикметою, фенологічною ознакою настання строків сівби є цвітіння черемхи, черешні [44].

За вибору строків сівби в усіх зонах треба враховувати зональні особливості, темпи наростання температур повітря й ґрунту навесні, їх рівномірність, строки й частоту заморозків, загальну тривалість безморозного

періоду, а також біологічні властивості вирощуваних гібридів та інші фактори [29].

За багаторічними метеорологічними даними, активізація процесів потепління клімату простежується з початку 90-х років минулого століття, але з особливою інтенсивністю це проявляється в останні п'ять років. Так, у степовій зоні середньорічна температура повітря за 2007-2011 рр. становила +9,8°С, що на 1,6°С вище за кліматичну норму (8,2°С). Найбільше підвищення температурних показників (на 2,5°С) спостерігається в літній період, тоді як в осінньо-зимовий - на 1,4°С , а у весняний – на 1,2 °С [21, 155].

Підвищення температури повітря призвело до зміни розвитку природних процесів і тривалості сезонів року, відповідно – й розвитку сільськогосподарських культур, шкідників і хвороб [257].

Оптимальні строки сівби культури завжди збігаються з оптимальними умовами розвитку фітофагів. Тому потрібно так маневрувати строками сівби, щоб забезпечити одержання дружних сходів й обмежити дію шкідливих організмів. Недотримання строків сівби та глибини загортання насіння кукурудзи збільшує ризик загибелі рослин від ґрунтових шкідників [316, 398].

В останні два десятиріччя в багатьох регіонах світу зниження врожайності за рахунок наслідків зміни клімату було пропорційним його росту за рахунок підвищення технології виробництва [257].

У літній період помітно збільшилася повторюваність і тривалість дії високих температур повітря (вище +25…+30 та +35С). Часом погодні умови Лісостепу відповідали умовам південного сходу. Підвищення середньої річної температури повітря на 1ºС призводить до подовження вегетаційного періоду до 10 днів і збільшення теплозабезпечення території. Наявні сценарії зміни клімату й розвитку екологічної ситуації в агросфері розподілилися від апокаліпсичних (опустелення південних регіонів України) до оптимістичних (підвищення врожайності основних с.-г. культур). Світові експерти зі зміни клімату передбачають, що за умов збереження означених тенденцій зміни клімату вже у перші два десятиліття XXI ст. підвищення температури повітря може відбутися в усі місяці й сезони року [267].

Південна частина території України внаслідок температурного та водного дисбалансу виявилася в зоні загострення дефіциту вологи, що в цілому знизило гідротермічний коефіцієнт до 0,43-0,69 і погіршило умови для росту та розвитку сільськогосподарських культур [21, 267].

Північна частина, навпаки, завдяки потеплінню й збереженню достатньої кількості опадів стала більш сприятливою для формування вищих урожаїв. За такої гідротермічної ситуації рівень забезпеченості вологою стає домінантним над показниками родючості ґрунтів, оскільки для підняття з ґрунту 1 кг/га діючої речовини основних елементів живлення на транспірацію потрібно витратити 10 т води з гектара [21, 83, 267].

Останнім часом погодні умови в Україні складаються таким чином, що немає поступового переходу зими у весну. Зараз після зими відразу настає літо. Йде різке накопичення суми активних температур і ґрунт швидко висихає. Затримка із сівбою на кілька днів може дуже суттєво вплинути на зменшення

урожайності [390].

В умовах подвоєного вмісту СО та збільшення CO_2 на 30% температурний режим ранньовесняних місяців (прогрівання повітря й ґрунту), дозволяє сіяти кукурудзу вже в середині березня, а сходи можна отримати наприкінці цього ж місяця. Значно змістяться й дати початку фенологічних фаз розвитку кукурудзи в більш ранній строк. Вегетаційний період скоротиться на 10-20 днів для ранніх і на 30-40 днів для середньопізніх і пізніх гібридів [118, 257].

За глибини загортання насіння 5-6 см точка росту (конус наростання) у кукурудзи знаходиться на 2 см нижче поверхні ґрунту, тому немає загрози пошкодження весняними заморозками [61].

Кожен день запізнення із сівбою веде до зниження врожайності на 1%, долі качанів в масі рослин – на 0,5%, зменшення сухої речовини – на 0,3-0,5% [43, 73].

Запізнення із сівбою навіть на день може потім, коли з'являться сходи, призвести до розриву контакту первинної кореневої системи з доступною ґрунтовою вологою. А волога з верхніх шарів ґрунту випаровується набагато швидше, ніж розвивається коренева система рослин кукурудзи [230].

Затримка із сівбою кукурудзи лише на день після кращих строків призводить до недобору суми активного тепла, в середньому, на 15°С та до зменшення запасів вологи в ґрунті. Доведено, що в разі запізнення з висівом цвітіння кукурудзи здебільшого збігається із настанням липневої спекотної погоди, пересиханням орного шару ґрунту та різким зниженням відносної вологості повітря, що спричиняє загибель значної кількості квіткового пилку, погіршення запліднення жіночих суцвіть, утворення череззерниці та зниження врожаю [54, 148].

В умовах Лісостепу (Вінницької області) і Полісся України, де обмежені теплові ресурси вегетаційного періоду, заморозки можуть настати порівняно рано (в середині вересня), тому кукурудзу потрібно висівати за нижчих температур, у більш ранні строки. У разі сівби в пізні строки врожай може бути меншим, унаслідок неповного використання ґрунтової вологи. Але в разі ранньої сівби, незважаючи на підвищення врожайності й більш раннє дозрівання початків, на початкових етапах органогенезу в рослин спостерігається пригнічення, що зникає з підвищенням температури [3, 46].

У роки з холодною й дощовою весною фізична стиглість ґрунту настає пізніше, тому розтягуються строки посіву кукурудзи в бік пізніх. За таких умов після сівби на важких суглинистих ґрунтах спостерігається поява ґрунтової кірки, що призводить до порушення повітряного, водного й температурного режимів. Як наслідок, запізнюється поява сходів культури, а частина насінин взагалі не сходить. Достигання й збирання таких посівів затягується до пізньої осені, що призводить до зниження продуктивності збиральних агрегатів, збільшення втрат і погіршення якості зібраного врожаю [279, 395, 399].

Згідно даних ряду науковців [44, 395, 400], частка впливу строку сівби на величину врожайності становить 18-20%, а в окремі роки, коли ГТК < 0,8, вплив цього елемента технології зростає до 25-27%. Окрім того, строк сівби – це єдиний агротехнологічний захід, який не потребує додаткових виробничих витрат.

За допомогою гребеневого способу сівби кукурудзу можна висівати в

більш ранні строки. Він поліпшує тепловий і повітряний режими ґрунту, створює сприятливіші умови для рослин, підвищуючи їх урожайність, а витрати скорочуються в 1,5-2 рази порівняно з традиційними технологіями [401].

За ранніх строків сівби кукурудзу можна висівати в пухкі ґрунти, що легко прогріваються, а також у теплих регіонах країни. Сівбу в ранні строки також слід починати, якщо в сівозміні кукурудза є попередником озимої пшениці; і, навпаки, сівбу відтерміновують, якщо за прогнозом існує небезпека пошкодження посівів шкідниками й хворобами або ґрунт засмічений насінням бур'янів [6, 43].

Коткування збільшує контакт між насінням і ґрунтом, прискорює біологічні процеси. Але висівати треба тільки холодостійкі гібриди на глибину 5-7 см. Якщо вологи в посівному шарі недостатньо, глибина загортання насіння збільшується до 8-10 см [230].

Досвід показує, що за сівби у відносно ранні строки повніше використовуються теплові ресурси. Для ранніх строків підбирають більш холодостійкі гібриди з високими посівними кондиціями [35].

Для кукурудзи найважливіший період починається із запилення. І якщо температура в цей час піднімається вище +28°С, а то і за +30°С, то навіть при хорошому загальному розвитку рослини, пилок стає стерильним, утворюється черезzерниця або спостерігається недоозерненість качанів, що суттєво знижує врожайність. Цієї небезпеки частково можна уникнути завдяки більш ранньому посіву. Але в цьому разі потрібно враховувати біологічний мінімум для проростання кукурудзи +8-10°С на глибині загортання насіння (6 см). Інакше зерно буде лежати й чекати потепління [259].

Тому, щоб ухвалити рішення щодо термінів сівби кукурудзи, треба врахувати ймовірність повертання холодів і настання приморозків на початкових фазах розвитку рослин. Ці явища можуть спричинити суттєві пошкодження надземної вегетативної маси або й призвести до повної загибелі рослин [6, 57, 395].

Зміщення сівби в більш пізній строк підвищує польову схожість насіння кукурудзи, перш за все, під дією температурного режиму ґрунту, а також умов зволоження верхнього шару [89, 388].

Для встановлення строків сівби кукурудзи використовують температуру ґрунту на глибині 5-10 см, найсприятливішою для середньо суглинкового ґрунту є +10°С о 7-8-9-й годині ранку. На глинистих ґрунтах ця величина може бути на 1-2°С вищою, а на піщаних – на 1-2°С нижчою. Температуру ґрунту можна вимірювати і о 16-й годині, але це не настільки надійно, як вимірювання в ранішній час, після ночі [43]. Це ті рекомендації, які були написані ще років 50 тому. За цей час селекція не стояла на місці, тому вимоги до тепла в сучасних гібридів дещо інші [390].

Питання визначення оптимальних строків сівби вивчалося давно, але щороку в Державному реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні, з'являються нові гібриди кукурудзи, які різняться не тільки скоростиглістю й рядом морфологічних ознак, а й по-різному реагують на тривалість дня, якість

сонячного освітлення, ступінь зволоження, температурний режим повітря та інші умови зовнішнього середовища [402].

За ранніх строків сівби запаси продуктивної вологи у фазі викидання волоті й воскової стиглості зерна більші, ніж за пізніх. Якщо запізнитись із сівбою, рослини кукурудзи часто не набирають необхідної кількості активних температур, не досягають потрібної стиглості, і врожайність знижується на 0,12-0,36 т/га [46]. Висівання в ранні строки (температура ґрунту на глибині 10 см становить +6-8°С) сприяє збільшенню листкової поверхні в рослин, вмісту сухої речовини у вегетативній масі та підвищує масу тисячі насінин [279, 399].

Складаючи черговість строки сівби кукурудзи, слід брати до уваги, що у 3- і 4-лінійних гібридів сила росту й стійкість до раннього весняного похолодання є вищими, ніж у дволінійних, отже, можна зменшити ризик ранньої сівби належним добором гібрида [43].

У літературі існують дані про перевагу ранніх строків сівби гібридів кукурудзи, за яких зростає роль біологічного потенціалу гібридів, особливо холодостійких форм, які можна висівати при середньодобовій температурі ґрунту +8-10°С [69].

Останнім часом у зв'язку з поширенням кукурудзи в північних регіонах створено нові ранньостиглі гібриди з високою холодостійкістю. За оптимальних умов сходи з'являються через 7-8 днів, а за зниження температури інкрустоване насіння може лежати в ґрунті 25-30 (до 35) днів і здатне прорости після потепління [6, 44, 67, 390].

Протягом цього часу (30-35 днів або 5 тижнів) насіння та сходи рослин чутливі до ураження шкідниками й хворобами, їх ріст і розвиток підпадають під вплив можливих несприятливих умов поля – кірка, перезволожений або затоплений ґрунт, також підвищується ризик впливу низьких температур і повернення холодів [3, 67].

За раннього терміну сівби під впливом низьких температур на рослинах кукурудзи з'являються ознаки тимчасової нестачі макро- та мікроелементів, але після потепління вони зникають майже безслідно [390].

Згідно даних Ю.М. Пащенка, О.І. Кордіна (2005) та О.І. Кордіна (2008), на тривалість появи сходів суттєво впливає температурний режим ґрунту, але використання інкрустованого насіння забезпечує прискорення появи сходів на 0,5-1 день [81, 388].

Інкрустоване та гідрофобізоване насіння, оброблене інсектофунгіцидами, мікроелементами, стимуляторами росту й іншими біологічно активними речовинами, можна висівати на 5-10 днів раніше оптимального строку, що дозволяє уникати дії осінніх приморозків і раніше приступити до збирання [44, 46, 67, 80, 81].

Гідрофобізація насіння – покриття насіння плівками з речовин, які розчиняються в ґрунті за умови достатнього зволоження і лише за температури, сприятливої для проростання насіння даної культури [46]. У разі більш ранніх строків сівби гідрофобізованим насінням урожай зерна кукурудзи не підвищується порівняно з урожаєм за оптимальних строків [3, 45, 46, 83].

Значний позитивний вплив на підвищення врожайності кукурудзи мають

раціонально ранні строки сівби. Затримка з висіванням кукурудзи лише на десять днів призводить до недобору врожаю зерна кукурудзи на 16%. З досвіду можна зробити висновок, що в нашій країні кращі результати у вирощуванні зернової кукурудзи мають ті господарства, які закінчують її висівання до кінця квітня [55].

Від мінливості гідротермічних умов за різних термінів сівби залежить тривалість періоду проростання насіння й появи проростків на поверхні ґрунту [239, 403]. Зміщуючи строки сівби насіння кукурудзи на більш пізні, порівняно з оптимальними, скорочується термін проростання насіння, унаслідок чого насіння й проростки менше уражуються хворобами, пошкоджуються шкідниками, а також покращується тепловий режим ґрунту, що послаблює вплив механізмів попередників на процес проростання, у результаті чого можливе зниження рівня пошкодженості насіння та підвищення його польової схожості [43, 389].

Насіння кукурудзи має досить щільну насіннєву оболонку (перикарпій), яка захищає внутрішній вміст (ендосперм і зародок) від руйнування до 30 діб і більше. У кременистих і кремнистоподібних гібридів перикарпій більш щільний, завдяки чому вони можуть довше зберігати життєздатність. У зубовидних гібридів він не такий щільний і швидше руйнується, але все ж життєздатність насіння зберігається до 25-30 діб за таких умов [390].

Існує твердження, що ранньостиглі (ФАО 150-199) та середньоранні (ФАО 200-299) кременистоподібні гібриди є більш холодостійкими - їх можна висівати в ранні строки (за температури ґрунту 6-8°С), ніж середньостиглі (ФАО 300-399) зубоподібні (8-10°С). Це пов’язують, перш за все, з тим, що вони мають північне походження й акліматизувалися в процесі їх вирощування в даних регіонах [44, 46, 67, 202, 388, 390].

Але наукові дослідження С. Красновського (2014) [390] свідчать, що немає чіткої закономірності вищої холодостійкості ранньостиглих і середньоранніх кременистоподібних гібридів. На холодостійкість в більшій мірі впливають генетичні особливості гібриду, а в меншій мірі підвид кукурудзи та ФАО.

Висів насіння гібридів у більш ранній строк сприяє зниженню польової схожості за рахунок потрапляння сходів кукурудзи в останні весняні заморозки, які можуть зашкодити нормальному росту й розвитку рослин, що призводить до зниження рівня врожайності [29, 90].

У разі затягнення строків сівби подовжується вегетаційний період, і є вірогідність того, що рослини можуть потрапити в перші осінні заморозки і матимуть високу вологість зерна, що потребуватиме додаткових витрат коштів на досушування зерна [29, 46, 83, 259, 331].

Потрапляння вологого зерна під заморозки призводить до втрати якості під час зберігання, ураження шкідниками та хворобами [404].

Зазвичай багато аграріїв переносять посів на більш ранні строки, а в деяких випадках і на надранні, щоб уникнути затримки з посівом і, як результат, зменшення врожаю. Сходи окремих гібридів можуть витримувати заморозки до -4°С [13].

Висіваючи кукурудзу в холодний (до +8°С) і деколи перезволожений ґрунт, спостерігаємо, що насіння проростає дуже повільно (подовжується період

сівба-сходи), набубнявіле насіння не сходить, різко знижується польова схожість і згодом - зрідження посівів [6, 29, 44, 46, 79].

Навіть за сівби гібридів кукурудзи в «холодний ґрунт» у холодну погоду протягом 5-7 днів зерно кукурудзи може почати проростати, формуючи зародковий корінець, первинну кореневу систему, колеоптиль і листки [57, 405].

Найбільша небезпека чекає на виробників за надраннього терміну сівби або за повернення тривалого похолодання після короткочасного теплого періоду. Зерно кукурудзи може почати проростати, формуючи зародковий корінець, первинну кореневу систему, колеоптиль і листки. Воно нормально споживає воду, навіть якщо температура ґрунту менша +10°С протягом кількох діб; але за такої температури не можуть нормально функціонувати ферментні системи, які регулюють поділ клітин і контролюють напрямок росту. Унаслідок такого феномену колеоптиль може розкриватися, оголюючи зародкові листочки. Такий проросток не зможе «пробити» посівний шар ґрунту – він скручується і може загинути, а господар спостерігає в полі наслідки, так званого, «температурного паралічу» [57, 83, 405].

Мінімальною температурою появи сходів кукурудзи є температура в межах +10…+11°С для кременистого підвиду та +11…+12°С для зубовидного підвиду, за такої температури сходи з'являються на 10 день [29, 73, 259].

Ранні строки сівби можуть призводити до зниження врожайності зерна кукурудзи порівняно з оптимальними (+10…+12ºС на глибині загортання насіння), на 7-10 ц/га. Чим коротший період сівба-сходи, тим вища продуктивність кукурудзи, а ранні строки – подовжують цей період і відповідно забезпечують формування нижчої врожайності зерна [28, 29, 400].

Ранньою сівбою можна суттєво зменшити вміст вологи в зерні на час збирання. Для ранніх строків сівби придатні гібриди, які, проростаючи, мають підвищену стійкість до понижених температур. Кожний день запізнення із сівбою порівняно з оптимальним його строком призводить до збільшення вологості зібраного зерна на 0,3-0,8% [13, 43].

На перевагу ранніх строків сівби також вказують Л. А. Анішин, О. В. Князюк, М. М. Афонін. Так, Л. А. Анішиним (2007) [54] була розроблена комплексна технологія вирощування кукурудзи на зерно для регіонів з обмеженими тепловими ресурсами, в основу якої покладена рання сівба за температури ґрунту 6-8ºС [400].

У кукурудзи, висіяної в ранні строки, формується коренева система більшої маси, що покращує поглинання води й поживних речовин, також зменшується тривалість вегетаційного періоду, отже, є можливість одержати більший урожай [43].

Запізнення зі строками сівби відносно оптимальних на 10 днів спричинює зниження врожаю зерна на 6-8 ц/га, значно підвищує вміст вологи в ньому. Не повинно бути значної (більш ніж тиждень) різниці між строками сівби кукурудзи [44, 46, 67].

Запізнення із сівбою, коли на глибині загортання насіння вологи недостатньо, поява сходів затримується на 5-7 днів, і це сприяє зрідженню посівів. Рослини пізніх посівів, як правило, більше страждають від посухи в

період формування й наливу зерна [3, 233, 242].

Товаровиробники свідомо йдуть на проведення сівби в ранні строки, тому що це дає можливість пройти критичні періоди росту й розвитку культури (викидання волоті, цвітіння, наливу зерна) за кращого вологозабезпечення. У посушливі роки насіння за такої сівбіи лягає в напівсухий ґрунт, тривалий час не проростає і під впливом патогенної мікрофлори знову ж таки пліснявіє, що врешті негативно впливає на енергію проростання [406]. Для рослин кукурудзи найчутливішим щодо температурного оптимуму є тривалий період між фазами «посів-сходи» та «цвітіння-достигання» [43].

Терміни сівби гібридів кукурудзи також впливають на кількість поглиненої світлової енергії. Гібриди кукурудзи, які утворюють рильця качана 1 липня поглинають на 3820 більше одиниць сонячної енергії (11,5%), ніж ті, які викидають рильця 1 серпня. Це відбувається тому, що світловий день в цей період росту і розвитку кукурудзи довший, і сонце довше знаходиться в зеніті [272].

За раннього строку сівби є можливість отримувати качани молочної стиглості раніше, однак у результаті врожайність знижується порівняно з оптимальним строком на 10-12% [407].

Зокрема, якщо температура повітря в червні-липні біля + 18°С, урожайність зерна кукурудзи суттєво знижується, а якщо нижче +16°С - вона перестає вегетувати й не дає врожаю [79].

За раннього строку сівби за температури ґрунту +7…+8°С на глибині загортання, насіння потрапляє у зволожений ґрунт і в разі стабільного зростання температури швидко проростає. Найголовніше те, що за таких умов будуть отримані рівномірні сходи. Важливо знати, що температура ґрунту навесні піднімається поступово і невпинно, незалежно від коливання температури повітря [273, 390].

За оптимальних строків сівби друга половина вегетації (від цвітіння волоті до повної стиглості) скорочується, а за пізніх помітно подовжується, у результаті зерно формується в менш сприятливих умовах, ніж за ранніх строків. У другій половині вегетації середньодобова температура різко знижується, інтенсивність сонячної радіації зменшується, підвищується відносна вологість повітря, а отже, порушується переміщення пластичних речовин із зелених органів у зерно, послаблюється процес його формування [46, 83].

За оптимальної вологості поверхневого шару ґрунту і середньодобової температури повітря +18…+20°С сходи кукурудзи з'являються через 8-10 днів, за +14…+15°С – через 20 днів, а за +10…+13°С – через місяць. Значне подовження періоду посів-сходи призводить до зниження польової схожості насіння, густоти й рівномірності стояння рослин на площі [9, 43, 57, 89, 230, 388].

На зв'язок між строком сівби й врожаєм великою мірою впливає розподіл опадів у вегетаційний період. У багатьох регіонах критичний період розвитку припадає на липень: мало опадів, висока температура, низька вологість повітря. За таких умов культура відчуває дефіцит вологи, пилок частково пересихає - і порушується запилення. Усе це призводить до утворення малої кількості зерен у качанах (або вони взагалі не озернюються), у результаті чого різко знижується

врожайність. Тому чітке дотримання строків сівби вкрай важливе [28, 43, 46].

Умови недостатнього зволоження Лісостепової зони вимагають особливо чіткого дотримання оптимальних строків сівби, оскільки верхній шар ґрунту тут швидко прогрівається й підсихає. У разі запізнілої сівби насіння часто потрапляє в недостатньо вологий шар ґрунту, повільно вбирає воду і проростає неповністю, унаслідок чого сходи бувають зрідженими і ще більше пригнічуються бур'янами. До того ж пізно посіяні середньостиглі гібриди не завжди досягають повної стиглості через зниження температури восени [242]. Ранні строки сівби й занадто мала глибина загортання насіння є несприятливими, тому що ґрунти не проявляють себе як акумулятори тепла. Окрім того, чим сухішими є погодні умови, тим пізніше слід сіяти [9].

Рання сівба протруєного насіння дає можливість ефективніше використовувати ґрунтово-кліматичні ресурси й одержувати високий урожай зерна зі зниженою (на 5-8%) збиральною вологістю, що дозволяє скоротити витрати на його досушування. Водночас отримуються повноцінні сходи кукурудзи в умовах відносно низького термічного режиму та нестабільного зволоження посівного шару ґрунту [43, 81, 388, 391]. Якщо насіння не протруєне препаратами фунгіцидної й інсектицидної дії, то в холодних умовах посіви часто пошкоджуються хворобами та шкідниками, що сприяє зниженню його схожості [13, 43].

Відхилення у фазі «посів-сходи» температури від оптимальної на 1°С призводить до зміни тривалості фази на 1-2 дні. У період «викидання волоті-дозрівання зерна» найсприятливішою температурою є 24-26°С. Температура, що відрізняється від оптимальної, спричиняє зміну тривалості фази, проте на величину врожаю суттєво не впливає [43].

Період «сівба-сходи» не залежить від морфологічного біотипу гібриду, проте він істотно змінювався за строками сівби, у разі застосування пізніх строків сівби він скорочується на 4-6 днів, порівняно з ранніми, що зумовлюється термічним режимом ґрунту в період проростання насіння, а також біологічними властивостями гібридів [90, 388].

Низькі позитивні температури в період сходів і початкового розвитку паростків спричиняють пожовтіння рослин кукурудзи, що призводить до сповільнення її розвитку (період «сівба-сходи» затягується, а в окремі роки досягає 24-28, а то і більше днів), затримки цвітіння, запліднення і врешті-решт – до затягування стадії достигання качанів [43].

Ранні строки посіву сприяють подовженню другої половини вегетації (від цвітіння до воскової стиглості) кукурудзи на 5-7 днів і дозволяють ефективно використовувати рослинам кукурудзи запаси ґрунтової вологи [408].

Пізні строки сівби небезпечні послабленням росту рослин на ранніх етапах за нестачі вологи сприяють розвиткові хвороб. Проте в зоні поширення західного кукурудзяного жука (Закарпатська область) зменшують небезпеку пошкодження кореневої системи личинкою діабротика [148, 370].

Нестача вологи в період сівба-сходи знижує врожай зерна й вегетативної маси на 13-18%, що обумовлюється нерівномірністю сходів, підвищеним витрачанням сухої речовини на дихання й інші біохімічні процеси [400].

Застосовуючи пізні строки сівби, спостерігаємо втрати врожаю через скорочення періоду вегетації й основних фенологічних фаз і скорочення періоду засвоєння добрив [32, 130]. За пізніх строків сівби кукурудзи змінюється тривалість світлового дня під час цвітіння кукурудзи [354].

Понижена температура (перший строк сівби) і засуха (третій строк сівби) негативно впливають на формування загальної асиміляційної поверхні на рослині. Найбільша листкова поверхня сформується за другого строку сівби – в умовах великої кількості опадів і достатньо високої температури (+22…+26°С).

За пізнього строку сівби тривалість періоду сходи-цвітіння качанів стабільно зменшується на один-два дні залежно від генетичного походження зразка. Більш ранньостиглі генотипи північного екотипу реагують на строки сівби активніше (до п’яти днів), ніж середньостиглі й середньопізні (0-2). Зменшення тривалості періоду сходи-цвітіння пов’язано і з неоднотиповою фотоперіодичною реакцією різних генотипів [13].

За пізніх строків сівби кукурудзи відбувається скорочення витрат коштів на вирощування за рахунок зменшення норм висіву насіння гібридів, внаслідок покращення гідротермічних умов його проростання й підвищення показників польової схожості [17].

У разі зміщення строків сівби насіння кукурудзи на більш пізні, порівняно з оптимальними, скорочується термін проростання насіння. Так, зокрема, з 16-17 діб за раннього і до 8-10 діб за пізнього строку сівби [43, 389].

Згідно з динамікою росту й розвитку гібридів кукурудзи, рання сівба сприяє репродуктивним фазам, а пізня – інтенсивному росту на початку вегетації. Між строками сівби й настанням фази цвітіння качана зберігається співвідношення 3:1, тобто, тритижневе запізнення із сівбою відтерміновує на тиждень фазу цвітіння качана. Сівба кукурудзи, проведена із запізненням на один місяць, призводить до затримки стадії повної стиглості зерна на 14 діб [43].

На фоні вирощування кукурудзи в оптимальні строки на кожний центнер зерна за вирощування ранньостиглих гібридів витрачається по 1,3 л палива, ранніх – 1,4, середньостиглих – 1,8 та середньопізніх – 3,1 л, в неоптимальні строки – відповідно по 1,4; 1,7; 3,3 і 3,8 л, що в розрахунку на 1 га площі становить 102, 165, 224 і 240 л, або в 1,5 рази більше порівняно з оптимальними строками сівби [331].

Максимальна площа асиміляційної поверхні утворюється за посіву кукурудзи при температурі ґрунту на глибині загортання насіння +8-10°С і повного забезпечення факторами життєдіяльності насамперед теплом і вологою [407, 409].

За наявності великої кількості рослинних решток, особливо коли проекційне покриття ними поверхні ґрунту складає 50% і більше, прогрівання верхнього шару у весняний період може затримуватись і на 0,5-1,0ºС буде нижчим, ніж на чистих від пожнивних залишків полях. У зв’язку з цим сівбу кукурудзи краще розпочинати на площах з мінімальною кількістю рослинних решток на поверхні, а закінчувати – на полях із максимальним їх накопиченням [46].

Якщо протягом травня й червня в усіх регіонах середньодобові

температури повітря будуть нижчими за норму, то це може призвести до істотного недобору сум активних температур і відставання в рості й розвитку кукурудзи [54, 79].

Строки сівби кукурудзи залежать від механічного складу ґрунту. Починати сівбу кукурудзи слід після стійкого підвищення середньодобової температури повітря до +10°С, доцільніше в полях із ґрунтами з легким механічним складом (супіщаних і легкосуглинкових ґрунтах) і найменшою кількістю рослинних решток на поверхні, що зумовлює швидке прогрівання посівного шару. У полях зі значною кількістю рослинних решток для пришвидшення прогрівання ґрунту доцільно застосовувати спеціальні пристосування на сівалках, що зміщують рослинні рештки із зони рядка й зумовлюють як зменшення періоду сівба-сходи кукурудзи, так і певну затримку появи сходів бур'янів у міжряддях [54, 247].

На визначення строків сівби впливає застосування зрошення. Так, оптимальний строк посіву кукурудзи на зрошенні настає на 5-6 днів пізніше, ніж без зрошення [3].

Кукурудза неефективно використовує запаси сонячної енергії, тепла й вологи в першій половині вегетації протягом двох місяців після сівби (третя декада квітня-середина червня) – росте повільно, а в другу половину вегетації, коли площа листків досягає максимуму, притік радіації вже йде на спад, зменшується температура повітря й запаси вологи. Поліпшити ефективність використання кукурудзою агроекологічних ресурсів можливо варіюванням строками сівби, а відповідно й часом проходження фенологічних фаз розвитку рослин, а також добором гібридів із різними періодами вегетації. На користь ранньої сівби свідчить й те, що зерно достигає раніше і майже без виробничих втрат [43].

Надійність одержання високих урожаїв підвищується, якщо для вирощування кукурудзи використовують високопродуктивні гібриди з нетривалим вегетаційним періодом *(ФАО* 300), сівбу яких проводять на 10-15 днів раніше порівняно з визначеними перед тим оптимальними строками [3, 43].

Успішна реалізація ранніх термінів сівби кукурудзи можлива за таких умов: використання холодостійких із хорошим ювенільним розвитком гібридів; висіву добре відкаліброваного, інкрустованого насіння, енергія проростання якого за методом холодного тесту становить 80-85%; високої імовірності відчутності заморозків нижче 4-5°С в період, коли в кукурудзи сформується 5-6 листків; можливості зменшення глибини загортання насіння до 3-4 см та проведення інших додаткових заходів (прикочування ґрунту, розміщення на південних схилах, тощо) з метою оптимізації теплозабезпеченості насіння; наявності якісно виораних і вирівняних восени площ; можливості застосування ефективних програм захисту від бур'янів за подальшого догляду за посівами [73].

У літературі є неоднозначні дані про вплив строків сівби на урожайність зернової кукурудзи. Так, зокрема В. А. Мокрієнко [105], казує на збільшення врожайності зерна в гібридів кукурудзи за рахунок використання першого й другого строків сівби – до 8,32 і 8,36 т/га відповідно. За третього строку сівби урожайність зерна зменшується на 0,67 т/га. Янош Надь [43] стверджує, що збільшення врожаю кукурудзи, висіяної в середині квітня порівняно із сівбою,

здійсненою в середині травня, становить у середньому 7%.

Встановлено, що застосування різних строків сівби, розмірів фракції насіння та глибини його загортання, проведення позакореневих підживлень може істотно змінювати параметри елементів структури врожаю досліджуваних гібридів кукурудзи. У зв'язку з цим строки сівби гібридів кукурудзи можуть бути головним коригуючим чинником формування кількісних параметрів качанів та елементів продуктивності.

Виявлено, що кількість рядів зерен, кількість зерен у ряді, маса 1000 насінин та продуктивність гібридів кукурудзи залежала від груп стиглості гібридів, їх сортових особливостей та строків сівби (табл. 55).

Залежно від груп стиглості кількості рядів зерен, кількість зерен у ряді, маса 1000 насінин й урожайність зерна збільшувалися від гібридів ранньостиглої групи до середньостиглих. Так у групі ранньостиглих гібридів, у середньому за три роки досліджень, кількість рядів зерен становила 13,9 шт., у групі середньоранніх – 14,8 шт., у групі середньостиглих гібридів – 16,0 шт. ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,22 шт.), а кількість зерен у ряді – 38,0 шт., 37,7 шт. та 40,5 шт., відповідно ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,45 шт.).

55. Елементи структури врожаю та продуктивність гібридів кукурудзи залежно від строку сівби (середнє за 2011-2013 рр.)

Група стиглості (А)	Гібрид (В)	Строки сівби (С)	КРЗ**, шт.	КЗР***, шт.	Маса 1000 насінин, г	Урожайність т/га
1	2	3	4	5	6	7
Ранньостигла група	Харківський 195МВ	Ранній (РТГ* t=+8°С)	13,7	40,9	260,9	8,7
		Середній (РТГ t=+10°С)	13,8	40,4	246,7	8,2
		Пізній (РТГ t=+12°С)	14,1	35,7	227,2	6,8
	DKC 2870	Ранній (РТГ* t=+8°С)	12,6	41,5	285,5	8,9
		Середній (РТГ t=+10°С)	12,6	39,8	267,3	8,0
		Пізній (РТГ t=+12°С)	12,4	38,8	231,1	6,6
	DKC 2960	Ранній (РТГ* t=+8°С)	15,2	38,5	272,0	9,4
		Середній (РТГ t=+10°С)	15,3	37,8	245,3	8,4
		Пізній (РТГ t=+12°С)	15,3	36,4	221,8	7,4
	DKC 2949	Ранній (РТГ* t=+8°С)	14,0	36,5	273,1	8,3
		Середній (РТГ t=+10°С)	13,9	35,2	244,2	7,2
		Пізній (РТГ t=+12°С)	14,0	33,2	228,3	6,4
	DKC 2787	Ранній (РТГ* t=+8°С)	14,8	36,6	279,1	9,0
		Середній (РТГ t=+10°С)	14,7	35,7	265,4	8,3
		Пізній (РТГ t=+12°С)	14,8	34,5	243,9	7,4
	DKC 2971 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°С)	12,8	41,9	278,8	8,9
		Середній (РТГ t=+10°С)	13,1	41,4	269,8	8,8
		Пізній (РТГ t=+12°С)	13,3	39,9	241,2	7,7
Середньоранняя група	DKC 3476	Ранній (РТГ* t=+8°С)	16,0	38,1	267,9	9,7
		Середній (РТГ t=+10°С)	16,3	36,5	258,5	9,2
		Пізній (РТГ t=+12°С)	15,7	34,8	236,0	7,8
	DKC 3795	Ранній (РТГ* t=+8°С)	14,0	40,9	299,5	10,3
		Середній (РТГ t=+10°С)	14,3	38,3	269,9	8,9

Продовження таблиці 55

1	2	3	4	5	6	7
Середньорання група	DKC 3795	Пізній (РТГ t=+12°C)	13,8	33,8	256,6	7,2
	DKC 3472	Ранній (РТГ* t=+8°C)	15,5	39,8	297,1	10,9
		Середній (РТГ t=+10°C)	15,5	38,4	281,3	10,0
		Пізній (РТГ t=+12°C)	15,2	36,8	256,7	8,6
	DKC 3420	Ранній (РТГ* t=+8°C)	14,1	38,8	315,3	10,3
		Середній (РТГ t=+10°C)	13,7	36,6	290,5	8,7
		Пізній (РТГ t=+12°C)	14,6	35,9	246,6	7,7
	Переяславський 230СВ	Ранній (РТГ* t=+8°C)	15,3	39,5	270,4	9,8
		Середній (РТГ t=+10°C)	15,8	37,6	246,8	8,8
		Пізній (РТГ t=+12°C)	15,1	35,2	234,2	7,5
	DKC 3871 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°C)	14,3	40,3	285,9	9,8
		Середній (РТГ t=+10°C)	14,0	39,2	271,1	8,9
		Пізній (РТГ t=+12°C)	14,2	38,0	245,6	7,9
Середньостигла група	DK 391	Ранній (РТГ* t=+8°C)	15,5	42,0	290,4	11,3
		Середній (РТГ t=+10°C)	15,4	39,8	263,1	9,7
		Пізній (РТГ t=+12°C)	15,8	39,0	246,6	9,1
	DKC 3511	Ранній (РТГ* t=+8°C)	15,5	41,7	273,4	10,6
		Середній (РТГ t=+10°C)	15,8	41,4	254,3	10,0
		Пізній (РТГ t=+12°C)	15,3	39,1	238,9	8,6
	DK 440	Ранній (РТГ* t=+8°C)	15,7	43,6	279,2	11,5
		Середній (РТГ t=+10°C)	15,8	42,1	255,9	10,2
		Пізній (РТГ t=+12°C)	15,6	41,2	240,9	9,3
	DKC 4964	Ранній (РТГ* t=+8°C)	16,6	40,8	291,5	11,8
		Середній (РТГ t=+10°C)	16,9	40,3	266,1	10,9
		Пізній (РТГ t=+12°C)	16,7	38,3	245,0	9,4
	DKC 4626	Ранній (РТГ* t=+8°C)	16,3	41,6	291,8	11,9
		Середній (РТГ t=+10°C)	16,0	40,1	271,2	10,4
		Пізній (РТГ t=+12°C)	16,2	38,8	254,4	9,5
	DK 315 **(st)**	Ранній (РТГ* t=+8°C)	16,1	41,2	301,4	12,1
		Середній (РТГ t=+10°C)	16,0	39,4	269,0	10,2
		Пізній (РТГ t=+12°C)	15,8	38,7	255,7	9,4
$НІР_{05}$ група стиглості			0,22	0,45	5,37	0,22
$НІР_{05}$ гібрид			0,31	0,63	7,59	0,31
$НІР_{05}$ строк сівби			0,22	0,45	5,37	0,22

***Примітка**: *РТГ – рівень температурного режиму ґрунту на глибині загортання насіння; **КРЗ – кількість рядів зерен; ***КЗР – кількість зерен у ряді, шт.*

Маса 1000 насінин у групі ранньостиглих гібридів склала 254,5 г, середньоранніх – 268,3 г і середньостиглих – 266,0 г ($НІР_{05}$ група стиглості = 5,37 г), тобто подовження тривалості вегетаційного періоду забезпечує зростання маси 1000 насінин на 12,5-14,8 г порівняно з ранньостиглими формами.

Залежно від строку сівби маса 1000 насінин гібридів ранньостиглих гібридів змінювалася. За раннього строку сівби маса 1000 насінин становила в межах – 217,7-343,0 г, за середнього – 198,2-316,4 г, за пізнього – 185,4-283,0 г.

Подовження тривалості вегетаційного періоду забезпечує зростання кількості рядів зерен на 0,9-2,1 шт., кількості зерен у ряді на 2,5-2,8 шт. порівняно із скоростиглими формами.

Результатами проведених досліджень встановлено, що на кількість рядів зерен істотний вплив мали біологічні особливості гібридів. Навіть в одній групі стиглості, залежно від сортових особливостей гібридів, цей показник істотно змінювався. Найбільша кількість рядів зерен була в гібридів ранньостиглої групи: DKC 2960 – 15,3 шт., DKC 2787 – 14,7 шт. та DKC 2949 – 14,0 шт., у середньоранніх – DKC 3476 – 16,0 шт., DKC 3472 та Переяславський 230 СВ – 15,4 шт., середньостиглих – DKC 4964 – 16,8 шт., DKC 4626 – 16,2 шт. та DK 315 – 16,0 шт. ($НІР_{05\ гібрид}$ =0,31 шт.).

Аналогічні результати одержані з кількості зерен у ряді. Найбільшу кількість зерен у ряді серед ранньостиглих гібридів відмічено у DKC 2971 – 41,0 шт. та DKC 2870 – 40,0 шт., середньоранніх – DKC 3871 – 39,2 шт. та DKC 3472 – 38,3 шт., середньостиглих – DK 440 – 42,3 шт., DKC 3511 – 40,7 шт., DK 391 – 40,3 шт. та DKC 4626 – 40,1 шт. ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,63 шт.), масу 1000 насінин зазначено в ранньостиглих гібридів DKC 2971 – 263,3 г, DKC 2787 – 262,8 г та DKC 2870 – 261,3 г, середньоранніх – DKC 3420 – 284,1 г, DKC 3472 – 278,4 та DKC 3795 – 275,4 г, та у середньостиглих – DK 315 – 275,3 г та DKC 4626 – 272,5 г ($НІР_{05\ гібрид}$ = 7,59 г).

Встановлено, що зменшення кількості рядів зерен відбувалося за рахунок запізнення строків сівби. У середньому за три роки кількість рядів зерен у гібридів кукурудзи за раннього строку сівби становила 14,90 шт., за середнього – 14,93 шт. та пізнього – 14,87 шт. Тобто за раннього строку сівби кількість рядів зерен становила у групі ранньостиглих гібридів – 13,8 шт., середньоранніх – 14,9 шт. та середньостиглих – 16,0 шт., за середнього строку сівби – 13,9 шт., 14,9 та 16,0 шт. та запізньої сівби – 14,0 шт., 14,7 та 15,9 шт., відповідно для ранньостиглої, середньоранньої та середньостиглої групи стиглості ($НІР_{05\ строки\ сівби}$ = 0,22 шт.).

Застосування раннього строку сівби, у середньому за три роки забезпечувало формування кількості зерен у ряді на рівні 40,2 шт., середнього – 38,9 шт. та пізнього – 37,1 шт. ($НІР_{05\ строки\ сівби}$ = 0,45 шт.). Запізнення із сівбою гібридів кукурудзи призводило до зменшення кількості зерен в ряді на 1,8-3,1 шт. порівняно з раннім строком сівби.

За раннього строку сівби маса 1000 насінин у досліджуваних гібридів кукурудзи становила 284,1 г, за середнього – 263,1 г та за пізнього – 241,7 г ($НІР_{05\ строки\ сівби}$ = 5,37 г). Найбільш істотне зниження маси 1000 зерен за рахунок запізнення строків сівби спостерігалося в таких гібридів, як DKC 2960, DKC 2949 та DKC 2971. У даних гібридів різниця маси 1000 зерен між раннім і пізнім строком сівби становила 27-81 г.

Кількість рядів зерен, кількість зерен у ряді та маса 1000 насінин істотно залежить від умов року та строків сівби. Так, кількість рядів зерен змінювалася залежно від умов року, зокрема в 2011 році кількість рядів зерен у досліджуваних гібридів у середньому становила 14,70 шт., в 2012 році – 15,04 шт. та 2013 році – 14,96 шт. Найбільшу кількість зерен в ряді (40,0 шт.) сформували досліджувані гібриди кукурудзи в 2013 році, тоді як в 2011 році вона становила 37,6 шт., а в 2012 році – 38,5 шт. Окрім того, у 2012 році за рахунок стресових умов за вологозабезпеченням у період вегетації спостерігалося різке зменшення маси

1000 насінин (233,2 г) порівняно з 2011 (294,9 г) та 2013 (260,8 г) роками, які виявилися більш сприятливим для рослин кукурудзи.

На дану залежність в своїх дослідженнях вказують В. Черчель, В. Дзюбецький, В. Марочко [13]. Було встановлено, що посуха негативно впливає на елементи структури врожаю (зменшується кількість качанів на рослині, розмір качана та вихід зерна з нього), висоту рослин, розмір міжвузля, листя та ін.

Дані літературних джерел [89, 111, 163] вказують на те, що позакореневі підживлення макро- і мікроелементами за вирощування зернової кукурудзи сприяє збільшення маси 1000 зерен на 17,2-28,9 г (або на 2,7-3,6 %), порівняно з контролем (без підживлень). В. Нагорний, В. Кірічек [215] та В.Д. Паламарчук [205] вказують, що застосування бактеріальних препаратів збільшує масу 1000 насінин на 54,4 г відносно контролю.

Встановлено, що врожайність одного й того ж гібриду може змінюватися за роками, найменш сприятливим для формування продуктивності гібридів кукурудзи виявився 2012 рік (8,16 т/га), який характеризувався підвищеними позитивними температурами та відсутністю достатньої кількості вологи для кукурудзи, тоді як в 2011 році врожайність зерна в досліджуваних гібридів складала – 9,81 т/га, а в 2013 році – 9,38 т/га.

Варто відмітити зростання рівня врожайності на 1,0-2,3 т/га зерна гібридів кукурудзи з тривалим вегетаційним періодом порівняно із скоростиглими формами. Урожайність ранньостиглих гібридів кукурудзи складала 8,0 т/га, середньоранніх – 9,0 т/га та середньостиглих – 10,3 т/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,22 т/га).

Найвищу урожайність зерна, в середньому за три роки досліджень сформували гібриди ранньостиглої групи – DKC 2971 – 8,5 т/га, DKC 2960 – 8,4 т/га та DKC 2787 – 8,3 т/га, середньоранньої – DKC 3472 – 9,9 т/га, DKC 3871, DKC 3476 та DKC 3420 – по 8,9 т/га, середньостиглої – DKC 4964 – 10,7 т/га, DKC 4626 – 10,6 т/га та DK 315 – 10,5 т/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,31 т/га).

За раннього строку сівби врожайність досліджуваних гібридів кукурудзи ранньостиглої групи становила 8,9 т/га, середньоранньої – 10,1 т/га, середньостиглої – 11,5 т/га, за середнього строку сівби – 8,2 т/га, 9,1 та 10,2 т/га, а за пізнього строку сівби – 7,0 т/га, 7,8 та 9,2 т/га ($НІР_{05\ строки\ сівби}$ = 0,22 т/га), відповідно.

У групі ранньостиглих гібридів за раннього строку сівби рівень урожайності, у середньому за три роки досліджень, коливався в межах 8,4-9,4 т/га, за середнього – 7,2-8,7 т/га, за пізнього – 6,4-7,7 т/га. Середньоранніх гібридів за раннього строку сівби урожайність була в межах 9,7-10,9 т/га, за середнього – 8,7-10,0 т/га, за пізнього – 7,2-8,6 т/га.

Встановлено максимальний рівень продуктивності середньостиглих гібридів порівняно з ранньостиглими та середньостиглими. Збільшення продуктивності пізньостиглих форм кукурудзи пояснюється максимальним використанням агрокліматичного потенціалу регіону, формуванням більшої площі листків, та тривалим часом її функціонування. На дану залежність вказують в своїх дослідженнях, також, І. М. Сметанська [107] та Г .Л. Філіпов,

В. Ю. Черчель, Л. О. Максимова [108].

5.6. Способи сівби кукурудзи

У практиці існує декілька способів посіву кукурудзи: квадратно-гніздовий, прямокутно-гніздовий, рядковий гніздовий, пунктирний. Кожен із них має свої переваги й особливості застосування в різні роки залежно від технологічних та агротехнічних можливостей вирощування культури [3, 45, 83].

Найбільш поширеним серед них є пунктирний із міжряддям 70 см, через те що він найбільш простий і переважає інші за економічними показниками [44, 67].

Важливою перевагою пунктирного посіву є рівномірне розміщення заданої кількості рослин на площі. Сівалки з пневматичними висівними апаратами можуть висівати некалібровані насінини приблизно з такою ж точністю, як і калібровані, їх висівний апарат має просту будову, легко регулюється і не травмує насіння під час посіву [3, 83].

Сіють кукурудзу пунктирним способом з міжряддями 70 см з допомогою сівалок СУПН-8 та 12А, СПЧ-6М, СУПН-12, УПС-8 та 12, СУ-12, СУПН-8А або зарубіжними John Deere 1760, МФ-543-8, МФ-543-6, Оптіма, Мультікорн, Моносем, Максіма, Амазоне та ін. з шириною міжрядь 70 см. За збільшення норми висіву в умовах достатнього зволоження, вирощуючи кукурудзу на силос, ширину міжрядь можна зменшити до 50 чи 45 см, що забезпечує рівномірніше розміщення рослин на площі. У надмірно загущених посівах пригнічується ріст і розвиток качанів [44, 50].

Для компенсації зниження польової схожості насіння та природної загибелі рослин кукурудзи протягом вегетації, норма висіву повинна бути вищою. Для одержання рекомендованої густоти рослин перед збиранням врожаю, за сівби норму висіву насіння збільшують: у степовій зоні на 10-15%, лісостеповій зоні – 15-20%, а в поліській – на 20-25% [46].

Повнота й одночасність появи сходів кукурудзи формується під дією умов зовнішнього середовища, морфобіологічних ознак, властивостей біотипів культури та показників якості насіння [89].

Забезпечення контакту насіння з вирівняним й ущільненим насіннєвим ложем і створення оптимального водно-повітряного режиму для його проростання. Запаси поживних речовин ендосперму зернівки кукурудзи дозволяють проростати йому з глибини 10 см і більше та досить тривалий час зберігати життєздатність, перебуваючи в сухому ґрунті. Тому питання повноти сходів (польової схожості) для кукурудзи не є таким актуальним, як рівномірність їх появи та розміщення в рядку. Адже різниця в межах посіву між рослинами хоча б на один листок може призводити як до зниження абсолютних показників елементів структури врожаю (озерненість качанів та вихід зерна з качана), так і збільшення вологості зерна на момент збирання [83, 385].

Основна причина нерівномірного розташування рослин (насінин) і присутність у рядку «двійників» зумовлена технологічними причинами, зокрема конструктивними особливостями висівних пристроїв (механічних

пневмомеханічних), швидкістю руху посівних агрегатів, вирівняністю насіння за фракційним складом. Допустимим значенням варіювання відхилення від показника середнього інтервалу між насінинами в рядку, яке впливає на продуктивність посівів, вважається 30-35% [3, 385].

5.7. Підготовка насіння до сівби та фракції насіння кукурудзи

Насіння кукурудзи до сівби найбільш якісно готують на насіннєвих заводах. Воно повинно мати високу схожість – 95% й енергію проростання 90%, що особливо важливо для одержання дружних сходів, формування вирівняних посівів. Його висушують до вологості 13-14%, калібрують, протруюють препаратами фунгіцидної й інсектицидної дії [46, 112].

Для стимулювання схожості й енергії проростання, збільшення стійкості рослин проти хвороб і до несприятливих погодних умов у початкові фази росту необхідно провести передпосівну обробку насіння кукурудзи мікродобривами, елементи живлення яких знаходяться в легкодоступній для рослин хелатній формі [50].

Після багатьох тисяч років землеробства ми отримали окультурені нашими предками рослини, потенціал яких за останні 100 років вдалось суттєво підняти. Але основний принцип відбору насіння для посіву залишився незмінним [410].

Генетичний потенціал гібридів кукурудзи закладено в насінні, але його реалізація значною мірою залежить від прийняття правильних рішень щодо позиціонування й ефективного технологічного супроводу [3, 83, 112].

Застосовуючи спрощену технологію вирощування, немає доцільності закуповувати дорогий гібрид, оскільки така технологія може не розкрити його генетичний потенціал А ось високі посівні якості насіння того або іншого гібриду – обов’язкова умова для будь-якої технології вирощування [411].

Питання логістики посіву з урахуванням таких категорій, як холодостійкість гібриду, початкова енергія росту, маса 1000 насінин і належність зерна до певного підвиду створює додатковий резерв реалізації потенціалу гібридів кукурудзи. Якщо сюди ж додати решту господарсько-біологічних факторів гібридів кукурудзи, які визначатимуть не лише географічне позиціонування, а й розміщення кожної окремої партії на конкретному полі, то креативність рішення агронома зростає до рівня мистецтва.

Зерно є своєрідним концентратом сонячної енергії, яку створили рослини для свого відтворення. У кукурудзи воно набагато крупніше інших злакових культур [3, 236].

Ґрунтово-кліматичні умови вирощування й способи допосівної підготовки насіння кукурудзи значною мірою впливають на його посівні та урожайні властивості [152]. Насіння кукурудзи до сівби найбільш якісно готують на насіннєвих заводах. Воно повинно мати високу схожість – не менше 92% і енергію проростання 90%, вологість 13-14%, що особливо важливо для одержання дружних сходів, формування рівномірних посівів. Його калібрують,

протруюють препаратами фунгіцидної й інсектицидної дії [46, 67].

Показник початкової енергії росту гібридів кукурудзи є компонентою більше біологічною, аніж насіннєвою, оскільки здебільшого визначається генетичною характеристикою гібриду. Отримана в лабораторних умовах енергія проростання насіння та схожість дає лише інструментарій для точнішого розрахунку кінцевої густоти стояння рослин [412].

Якість насіння – найважливіший фактор урожайності, бо насіння є носієм біологічних і господарських властивостей рослини. Насіння будь-якої рослини завжди різноякісне. Тонке, видовжене зерно, яке за масою не поступається перед зерном вирівняним і ваговитим, забезпечує меншу врожайність [46, 412].

Сучасна інтенсивна технологія вирощування продукції рослинництва, у тому числі й зерна, неможливе без використання якісного насіння. Обираючи найкраще насіння, засоби захисту й мікродобрива, що дають змогу повністю розкрити потенціал, генетично закладений у насіння, виробники отримують стабільні врожаї кукурудзи понад 11 тонн [112, 236, 412-415].

Вартість посівного матеріалу кукурудзи становить 5-20%, залежно від гібрида, а от прибавка, яку ми можемо отримати від правильно підібраного гібриду та якісного насіння може складати 20-80% [46].

Потреба в зниженні витрат на виробництво сільськогосподарської продукції стимулює підвищення культури землеробства, складовою якої є висока якість насіння [416]. Висівання якісного насіння, по-перше, забезпечує максимально можливу продуктивність рослин; по-друге, сприяє зростанню економічних показників від застосування добрив, засобів захисту рослин, механічного догляду за посівами [412, 417, 418].

Одним із способів покращення якості насіння кукурудзи є його калібрування, або поділ на фракції за розмірами (довжиною, товщиною, шириною) [45, 46, 419]. За розміром і формою калібрування здійснюють на круглих решетах різного діаметра, за вагою – на пневматичному столі [156].

Відбірні зерна – частина точної агротехнології [420, 421]. Доведено, що за рахунок використання для сівби більш якісного насіння, приріст урожаю може збільшуватись на 18-30% [411, 418, 422, 423].

У групі показників, що характеризують якість насіння, особливе місце займає його крупність. Вона має важливе значення в процесах післязбиральної обробки й зберігання насіннєвого матеріалу та підготовки його до сівби. Вплив крупності на якість оцінюється на основі: збільшення крупності, що призводить до поліпшення посівних і врожайних властивостей насіння; існує певна градація крупності, у межах якої покращується якість; крупність не має вирішального впливу на якість насіння, особливо на його врожайність [424].

У насіннєзнавстві «крупність» прийнято визначати лінійними розмірами та масою зернівки. Проте між цими показниками однозначної кореляції може не існувати, тобто крупне за лінійністю насіння не завжди є важким у силу різних факторів: виповненості й щільності зернівки, її хімічного складу [83, 424].

Висів неякісного посівного матеріалу, навіть на високому агрофоні, за дотримання умов технології вирощування не дає ні високого врожаю, ні якісного зерна, водночас рентабельність культури значно знижується [7, 46].

Особливого значення якість набуває для культур з відносно невеликою нормою висіву та більш крупним насінням, наприклад, кукурудзи, соняшнику. Їх невідповідна якість і навіть деяке зменшення кількості схожих насінин призводить до суттєвого зрідження посівів та зниження рівня врожаю [416, 422, 423].

Початок росту рослин за відсутності кореневої системи відбувається тільки за рахунок використання поживних речовин, що знаходяться в ендоспермі, які розкладаються ферментами до простих форм і в рідкій фазі через щиток поступають у зародок для розвитку первинної кореневої системи й зародкового стебельця. Через це важливу роль відіграє кількість поживних речовин, тобто величина й щільність ендосперму зернівки [410, 421]. Звідси й високі вимоги до насіння та до умов їх проростання: здорові не травмовані, однакові за масою, виповненні насінини; посів в оптимальні строки [200].

Активність формування листової поверхні та вторинної (вузлової) кореневої системи в меншій мірі залежала від фракції насіння. Більшою мірою різниця в швидкості формування листкової поверхні та вузлової кореневої системи визначалася глибиною посіву та біологічними характеристиками самих гібридів. Збільшення глибини посіву до 10 см призводило до відставання в розвитку листкової поверхні та формування вузлових коренів. Тому маса гібридного насіння є категорією технологічною й вимагає відповідних технологічних рішень. Як збільшення глибини посіву, так і її зменшення може мати негативні наслідки на показники польової схожості насіння [3, 412].

У крупних насінинах значно більше поживних речовин, а початок росту рослин відбувається тільки за рахунок використання поживних речовин, які знаходяться в ендоспермі [421].

Енергія початкового росту гібридів характеризує їх здатність у польових умовах формувати дружні й вирівняні сходи і створювати додаткову перевагу відносно повільно-ростучих гібридів на початкових стадіях розвитку. Темпи початкового росту гібридів за однакових умов можуть істотно відрізнятися навіть за умови використання насіння однакових параметрів (маса, фракція). Відставання розвитку рослин навіть в 1 листок у межах одного гібриду може за певних обставин істотно вплинути на весь процес формування та розвитку генеративних органів і врожайність загалом [3, 83, 412].

Окрім того, у великого насіння великий і зародок. Велике насіння дає вирівняні та дружні сходи, оскільки первинні (зародкові) корені й перший листок формуються, практично, тільки за рахунок поживних речовин зернівки. Потужність зародкових корінців і площа першого листка напряму залежать від розмірів зернівки [65, 410, 421].

Маса 1000 насінин, використовуваних для сівби гібридів кукурудзи, може коливатися в значному діапазоні – від 180 до 350 грамів. Повне відтворення всіх морфо-фізіологічних характеристик гібридних рослин відбувається не лише власне зародком, а й залежить від його енергетичного запасу – ендосперм-впливатиме на темпи початкового росту й розвитку. Саме створення оптимальних умов стартового росту за будь-яких обставин формує надійне підґрунтя майбутнього врожаю [167, 323].

Вибір оптимальних термінів сівби та глибини посіву може бути вирішальним у процесі формування максимально продуктивних параметрів агроценозу [3, 83]. Після використання поживних речовин зерна подальший розвиток рослини відбувається за рахунок зародкових корінців, оскільки розвиток бічних коренів у сприятливі роки починається через 18 днів після сходів, а в посушливі – через 28 днів.

Використання крупної фракції насіння кукурудзи є найбільш позитивним елементом для підвищення врожайності зерна [45, 416].

Зародкові корінці швидко ростуть в глибину і за досягненні глибини 71-100 см знаходяться глибше бічних в два рази, окрім того, вони не відмирають за появи й розвитку вторинної кореневої системи і супроводжують всі основні фази розвитку рослин аж до молочно-воскової стиглості зерна, яке сформувалось [421].

Різниця між лабораторною й польовою схожістю насіння кукурудзи становить 20-30% і залежить від його сортових особливостей та умов вирощування [416, 425].

Схожість насіння кукурудзи залежить від його якості. Дослідженнями М. Я. Кирпи, Н. О. Пащенка (2003) [426] встановлено, що різні кондиції насіння кукурудзи здатні по-різному проростати й забезпечувати неоднакові врожаї.

Польова схожість травмованих зерен різко знижується за несприятливих умов у період посіву й сходів [427].

Біологічна різноякісність (гетероспермія) виникає внаслідок взаємодії такої системи, як «рослина – насіння – навколишнє середовище», тому й розрізняють генетичну, матрикальну й екологічну різноякісність [45, 46].

Різноякісність насіннєвого матеріалу пов’язана з розміщенням зерна у качані (матрикульна). Зерно на качанах формується нерівномірно, усе починається з середини качана, крупності зерен іде по висхідній знизу вверх. Найбільш якісне насіння формується в середині качана, тобто величина насіння йде по низхідній знизу вгору. Зернівки в середній частині качана кукурудзи мають у своєму складі більше ферментів й таке насіння швидше запускає процес проростання, тим більше, що для набухання насіння кукурудзи перед початком процесу проростання потрібно води менше за 40% маси зернівки [46, 420, 428].

Виявлено, що зернини з середньої частини качана кукурудзи мають в своєму складі більше ферментів [429], а це значить, що швидко запускають процес проростання [420]. Насіння з верхньої частини дрібніше й менш продуктивне, зернівки з основи качана, як правило, мають неправильну форму, у них порушене співвідношення між масою зародка й ендоспермом [415, 420, 428]. У разі використання для сівби насіння з верхньої та нижньої частин качана розвиваються рослини, урожай яких на 10-20% нижчий від того, що дає насіння із середньої частини качана [83, 415, 428].

Геометрію будови зернівки визначається співвідношенням між її довжиною, шириною і товщиною. Виявлено, що в зерна з правильною геометрією спостерігається вища якість порівняно з надто крупним або дрібним [424].

Генетична різноякісність – це сортові особливості певного генотипу, за

рахунок чого він відрізняється від інших форм в однакових умовах вирощування; екологічна – наслідок впливу факторів навколишнього середовища, наприклад, температури, вологості, освітлення тощо [45, 46].

Технологічна різноякісності, на відміну від біологічної, означає активне формування якості за допомогою антропогенних чинників. До них належать: агротехнічні умови вирощування насіння, способи й режими його збирання, обробки та зберігання. За рахунок цих чинників можна впливати на якість насіння навіть більшою мірою, ніж біологічними факторами [3, 46, 83].

Техніко-технологічна різноякісність. Різні за розмірами фракції під час збирання можуть отримувати неоднакову ступінь пошкодження залежно від технології збирання й післязбиральної доробки. В одних випадках в значній мірі можуть травмуватися крупні фракції, в інших – мілкі, від чого їх якість змінюється по-різному. Механічна травмованість і теплова тріщинуватість насіння може досягати 75-85% [46, 424].

Крупна та середня фракції насіння мають близькі посівні та врожайні властивості, а дрібна призводить до значного зниження якості. Водночас слід зазначити, що такі результати можливі під час сепарування насіння за ознакою «ширина зернівки» [424]. ***Каліброване насіння*** висівають сівалками точного висіву, що забезпечує рівномірний розподіл насіння по площі [46].

Найбільшу урожайність зерна кукурудзи отримують за сівби великої й середньої фракцій, на силос – середню, на зелений корм – дрібну. Ці рекомендації дані для старих 3-4-лінійних гібридів [83, 89].

Маса 1000 зерен в найбільшій мірі корелює з «ширина зернівки». Для того, щоб виділити крупне насіння за цією ознакою, його слід просепарувати на решетах з круглими отворами. Якщо ж застосовувати різні решета (з круглими і продовгуватими отворами), то можна одержати неоднакові фракції за крупністю, розмірами, масою, а отже і якістю [167, 323, 424]. Зазвичай у виробничих умовах мінімальна межа маси насіння для посіву рідко буває нижчою 200 грамів і у випадку використання насіння меншої маси завжди виникає суперечка щодо його придатності для формування продуктивного посіву [277].

Янош Надь [43] у своїх дослідженнях зазначає, що збільшення глибини загортання насіння із 4-6 до 8-10 см призводить до зменшення величини маси 1000 насінин.

Значні запаси поживних речовин ендосперму зернівки кукурудзи й крупний зародок дозволяють проростати йому з глибини 10 см і більше та досить тривалий час зберігати життєздатність, перебуваючи в сухому ґрунті. Результатами проведених досліджень встановлено вплив розмірів і глибини загортання насіння на елементи структури врожаю (табл. 56).

Встановлено, що кількість рядів зерен, кількість зерен у ряді істотно залежали від групи стиглості гібридів. Кількість рядів зерен і зерен у ряді збільшується із подовженням вегетаційного періоду, у середньому за три роки в гібридів середньоранніх і середньостиглих групах кількість рядів зерен достовірно збільшувалася, відповідно – на 1,2 та 2,0 шт. ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,09 шт.), порівняно з ранньостиглою групою. У гібридів ранньостиглої групи кількість зерен у ряду в середньому за три роки було

39,6 шт., середньоранньої групи – 38,2 шт., а у середньостиглої – 41,1 шт. ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,16 шт.).

56. Структура врожаю в гібридів кукурудзи залежно від глибини загортання та розмірів насіння (середнє за 2014-2016 рр.)

Група стиглості (A)	Гібрид (B)	Фракція насіння (C)	Глибина загортання насіння (D)	Кількість рядів зерен, шт.	Кількість зерен у ряді, шт.	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
1	2	3	4	5	6	7	8
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M (187 г)	4-5 см	14,6	37,7	234,4	7,7
			7-8 см	14,8	36,9	236,7	7,7
			10-11 см	14,7	35,9	227,5	7,2
		S (238 г)	4-5 см	15,4	38,2	240,3	8,5
			7-8 см	15,1	37,6	249,3	8,5
			10-11 см	15,2	38,6	238,1	8,4
		V (277 г)	4-5 см	14,7	39,1	248,3	8,6
			7-8 см	15,0	38,6	244,6	8,5
			10-11 см	15,0	38,7	248,9	8,7
	DKC 2971	M (194 г)	4-5 см	12,9	41,6	241,8	7,8
			7-8 см	12,9	40,6	241,9	7,6
			10-11 см	12,9	40,4	227,2	7,1
		S (256 г)	4-5 см	13,2	41,8	249,9	8,3
			7-8 см	13,1	42,0	250,6	8,3
			10-11 см	13,2	41,6	248,6	8,2
		V (279 г)	4-5 см	13,1	42,3	254,8	8,5
			7-8 см	13,6	41,0	251,1	8,4
			10-11 см	13,6	40,7	250,9	8,3
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M (249 г)	4-5 см	15,8	37,7	253,1	9,1
			7-8 см	15,8	37,6	249,7	8,9
			10-11 см	15,7	37,7	242,8	8,6
		S (326 г)	4-5 см	16,1	38,5	263,3	9,8
			7-8 см	16,3	38,3	257,0	9,6
			10-11 см	15,9	38,7	262,5	9,7
		V (385 г)	4-5 см	15,7	38,5	267,3	9,7
			7-8 см	15,8	38,6	265,4	9,7
			10-11 см	16,0	38,5	259,4	9,6
	DKC 3795	M (166 г)	4-5 см	14,7	37,5	252,6	8,4
			7-8 см	14,6	37,5	249,3	8,2
			10-11 см	14,3	37,7	243,0	7,9
		S (207 г)	4-5 см	14,5	39,2	270,5	9,2
			7-8 см	15,0	37,5	258,5	8,7
			10-11 см	14,8	38,5	257,7	8,8
		V (287 г)	4-5 см	14,7	38,9	270,6	9,3
			7-8 см	14,7	38,1	266,2	8,9
			10-11 см	14,7	38,1	270,7	9,1
	DK 315	M (223 г)	4-5 см	16,1	38,4	256,6	9,5
			7-8 см	15,5	39,4	257,6	9,5
			10-11 см	15,9	39,0	244,2	9,1
		S (294 г)	4-5 см	15,4	41,3	263,0	10,0

Продовження 56

1	2	3	4	5	6	7	8
Середньостиглі гібриди	DK 315	S (294 г)	7-8 см	16,0	40,1	264,8	10,2
			10-11 см	16,2	40,7	257,1	10,2
		V (327 г)	4-5 см	16,1	41,0	261,0	10,3
			7-8 см	15,8	41,1	269,7	10,5
			10-11 см	15,6	41,3	266,3	10,3
	DKC 4082	M (172 г)	4-5 см	15,9	42,0	236,9	9,5
			7-8 см	16,3	40,1	238,2	9,4
			10-11 см	16,2	40,9	228,7	9,1
		S (227 г)	4-5 см	16,3	41,3	248,3	10,1
			7-8 см	16,7	42,2	249,5	10,6
			10-11 см	16,8	43,0	244,5	10,6
		V (278 г)	4-5 см	16,6	42,2	240,6	10,1
			7-8 см	16,7	42,1	249,2	10,5
			10-11 см	16,4	42,9	248,3	10,5
НІР $_{05\ \text{група стиглості}}$				0,09	0,16	20,0	0,388
НІР $_{05\ \text{гібрид}}$				0,13	0,22	16,1	0,347
НІР $_{05\ \text{фракція насіння}}$				0,09	0,16	2,5	0,734
НІР $_{05\ \text{глибина загортання}}$				0,09	0,16	5,6	0,107

***Примітка**: M – дрібна фракція, S – середня фракція та V – велика фракція насіння*

Маса 1000 насінин ($НІР_{05\ \text{група стиглості}}$ = 20 г), в середньому за три роки склала у групі ранньостиглих гібридів кукурудзи 243,60 грам, середньоранніх 258,86 грам, а в групі середньостиглих – 251,36 грам. Вона у групі ранньостиглих гібридів коливалася в межах від 219,2 до 264,3 грам, середньоранніх – 222,1-294,4 грам та у середньостиглих гібридів – 208,8 до 281,4 г.

Відзначено залежність біологічних особливостей гібриду та величини елементів структури врожаю, у середньому за три роки, що у ранньостиглій групі достовірно більшу кількість рядів мав DKC 2960 – 14,9 шт., у середньоранній DKC 3472 – 15,9 шт. та у середньостиглій DKC 4082 – 16,4 шт. ($НІР_{05\ \text{гібрид}}$ = 0,13 шт.).

У гібриду ранньостиглої групи DKC 2971 кількість зерен у ряді становила 41,3 шт. і була достовірно більшою, ніж у гібрида DKC 2960, у середньостиглій групі достовірно більше зерен у ряду мав гібрид DKC 4082. У гібридів середньоранньої групи кількість зерен у ряду була майже однаковою й становила 38,1 та 38,2 шт. ($НІР_{05\ \text{гібрид}}$ = 0,22 шт.), істотної різниці не виявлено.

Окрім того, необхідно відзначити суттєву залежність ($НІР_{05\ \text{гібрид}}$ = 16,1 г) маси 1000 насінин і біологічних особливостей гібридів середньостиглої групи – DK 315 – 260,04 г та DKC 4082 – 242,69 г, в інших групах стиглості дана залежність виявилась неістотною: ранньостигла DKC 2960 – 240,9 г, DKC 2971 – 246,3 г, середньорання – DKC 3472 – 257,8 г, DKC 3795 – 259,89 г.

Необхідно відзначити, що за сівби насінням середньої й крупної фракції гібридів усіх груп стиглості кількість рядів була достовірно ($НІР_{05\ \text{фракція насіння}}$ = 0,09 шт.) більшою порівняно із сівбою дрібним насінням. Найбільша кількість рядів на качані DKC 2960 ранньостиглої групи, за сівби

насінням середньої фракції – 15,3 шт., у гібрида DKC 3472, середньоранньої групи, – 16,1 шт. за використання середньої фракції та 16,6 шт., у гібрида DKC 4082 середньостиглої групи за сівби насінням середньої й великої фракції.

Використання для сівби насіння середньої та великої фракцій незалежно від груп стиглості й генотипу кількість зерен в ряду ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 0,16 шт.) та рядів зерен, була достовірно більшою, ніж за сівби насінням дрібної фракції. Маса 1000 насінин у досліджуваних гібридів, у середньому за три роки, за використання дрібної фракції склала 242,4 г, середньої – 254,1 г та великої – 257,4 г ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 2,5 г).

Зміна глибини загортання насіння неоднозначно впливала на кількість рядів зерен. Зокрема найбільш істотне збільшення ($НІР_{05\ глибина\ загортання}$ = 0,09 шт.) кількості рядів зерен, у середньому за три роки, відзначено в гібрида середньостиглої групи DKC 4082 за рахунок застосування глибини загортання насіння – 7-8 см (16,6 шт.) та 10-11 см (16,5 шт.), порівняно з мілким загортанням 4-5 см (16,3 шт.). У інших гібридів, незалежно від групи стиглості, достовірної різниці кількості рядів зерен залежно від глибини загортання насіння не виявлено. За зміни глибини загортання насіння ($НІР_{05\ глибина\ загортання}$ = 0,16 шт.) кількість зерен у ряді змінювалась неоднозначно. Закономірного збільшення або зменшення кількості зерен у ряду залежно від глибини загортання насіння не виявлено.

Збільшення глибини загортання насіння до 10-11 см призводить до зменшення ($НІР_{05\ глибина\ загортання}$ = 5,6 г) на 1,43-6,61 г маси 1000 насінин досліджуваних гібридів кукурудзи порівняно із загортанням його на глибину 4-5 та 7-8 см.

Встановлено, що характеристика закладання рядів зерен на качані пов’язана з кліматичними умовами, зокрема сприятливі умови за вологозабезпеченням 2014 та 2016 років сприяли збільшенню кількості рядів зерен, у середньому на 0,1-3,3 шт., порівняно з більш посушливим 2015 роком. У 2015 році за рахунок дефіциту вологи в період формування та наливу зерна спостерігалося різке зниження величини маси 1000 насінин (239,5 г) порівняно з 2014 (249,7 г) та 2016 роком (264,6 г), які були більш сприятливі за вологозабезпеченням.

Згідно проведеного факторного аналізу, частка впливу фактору «група стиглості» на кількість рядів зерен становить 33,1%, фактору «гібрид» – 14,7%, фактору «фракція насіння» – 4,4%, фактору «глибина загортання» – 0,04%, взаємодія між факторами – 47,9%. Частка впливу фактору «група стиглості» на кількість зерен у ряді становить 22,1%, фактору «гібрид» – 0,59%, фактору «фракція насіння» – 6,5%, фактору «глибина загортання» – 0,52%, взаємодія між факторами – 70,4%.

Узагальнена похибка всього досліду (Е) для кількості рядів зерен становить 0,23 а для кількості зерен в ряді 0,41, а відносна похибка всього досліду (S_x) – 1,53% та (S_x) – 2,68%. Оскільки відносна похибка не перевищує 3%, то точність усього досліду висока.

Отже, кількість рядів зерен - це ознака, яка в більшій мірі

детермінується генетичними особливостями конкретного гібрида і в меншій мірі залежить від глибини загортання й фракції насіння.

На залежність урожайності і розмірів фракції насіння вказує в своїх дослідженнях А. Капустін, М. Ковтун та С. Капустіна [89]. Так, зокрема урожайність зерна кукурудзи крупної, фракції були в межах 4,45-5,05, а у дрібної фракції – 3,93-4,42 т/га. Крім того, у посушливих умовах другої половини травня та в червні дещо кращі урожайні показники отримують, загортаючи насіння на глибину 9 см, порівняно з 6 та 12 см.

Подібну ситуацію ми спостерігали у 2015 році, який характеризувався дефіцитом вологи в період вегетації кукурудзи, що призвело до зниження врожайності, у середньому в досліджуваних гібридів на 0,5-1,4 т/га порівняно з 2014 та 2016 роками.

Урожайність зерна в гібридів кукурудзи істотно залежала від групи стиглості гібридів. У середньому за три роки в гібридів середньоранніх і середньостиглих групах урожайність достовірно збільшувалась, відповідно на – 0,95 та 1,88 т/га, порівняно з ранньостиглою групою ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,388 т/га). Так, урожайність зерна в гібридів ранньостиглої групи становила 8,12 т/га, середньоранньої – 9,07 т/га та середньостиглої – 10,00 т/га. Отже, тенденція подовження тривалості вегетаційного періоду призводить до збільшення врожайності зерна, що наочно зображено на рисунку 10.

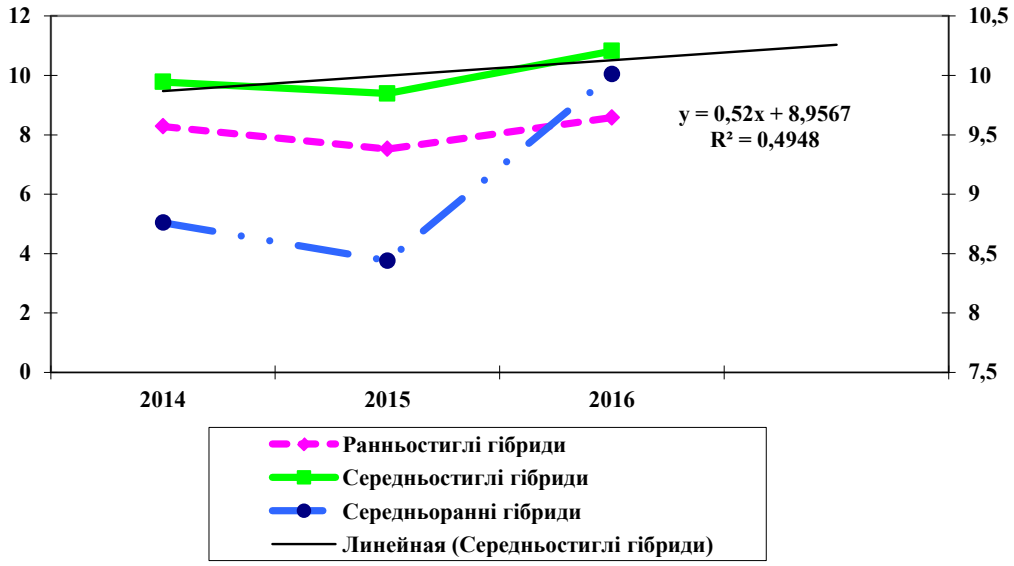


Рис. 10 **Урожайність гібридів кукурудзи залежно від глибини загортання та розмірів насіння**, т/га (середнє за за 2014-2016 рр.)

Урожайність зерна також залежала від біологічних особливостей гібрида. У гібрида DKC 2960 урожайність зерна, у середньому за три роки становила ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,347 т/га) – 8,19 т/га, DKC 2971 – 8,05 т/га, DKC 3472 – 9,41 т/га, DKC 3795 – 8,72 т/га, DK 315 – 9,96 т/га та DKC 4082 – 10,03 т/га. Тобто, навіть у межах однієї групи стиглості прослідковується суттєва відмінність продуктивності досліджуваних гібридів.

Сівба дрібною фракцією насіння ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 0,734 т/га), забезпечує врожайність досліджуваних гібридів, у середньому за три роки, 7,49-9,36 т/га, середньою – 8,26-10,41 т/га, крупною – 8,4-10,38 т/га. Тобто зростання врожайності за рахунок застосування середньої та крупної фракції насіння становило 0,91-1,05 т/га, порівняно з використанням дрібної фракції насіння.

Здійснення сівби на глибину 4-5 см забезпечує продуктивність рослин досліджуваних гібридів кукурудзи ($НІР_{05\ глибина\ загортання\ насіння}$ = 0,107 т/га), у середньому за три роки досліджень, 9,128 т/га, за сівби насіння на глибину 7-8 см – 9,093 т/га, а за сівби на глибину 10-11 см – 8,961 т/га.

Лише в гібрида DKC 4082 результатами проведених досліджень встановлено зростання врожайності за рахунок застосування великої глибини загортання (10-11 см) насіння. Зокрема за глибини загортання насіння 4-5 см, урожайність даного гібрида становила 9,89 т/га.

5.8. Глибина загортання насіння

Важливе значення для одержання дружних, вирівняних сходів має дотримання рівномірної глибини загортання насіння, що забезпечується ретельним вирівнюванням ґрунту й правильним регулюванням сівалки на задану глибину. ***Глибина загортання насіння*** варіює від 4 до 7 см залежно від регіону та ґрунтово-кліматичних умов, з яких 1,5-2,0 см в вологий грунт і суттєво впливає на появу дружних сходів, а також на ріст і розвиток рослин [49, 361].

У Степу оптимальна глибина висіву 5-7 см, у Лісостепу – 5-6, на Поліссі – 4-5 см [50]. Нерівномірне розміщення рослин в рядку посилює конкурентні відносини за фактори життя, обумовлює недобір урожаю й погіршення його якості. Під час сівби сівалка рухається під гострим кутом до напрямку передпосівного обробітку ґрунту [73, 112]. Для отримання дружних і повноцінних сходів насіння висівають на таку глибину, щоб воно було забезпечено достатньою кількістю вологи, повітря й тепла [46, 83]. Інкрустація насіння сприяє зменшенню глибини його загортання до 4-5 см у Лісостепу [3].

Важливо правильно обрати параметри оптимальної глибини посіву залежно від фракції насіння, біологічних властивостей гібрида, вологозабезпеченості посівного горизонту, механічного складу ґрунту, енергії стартового росту гібриду, для того щоб отримати дружні та вирівняні сходи з високою польовою схожістю насіння [3, 83]. Нормальне набухання й проростання насіння відбувається за вологості ґрунту не нижче 18-20%, що потрібно враховувати, встановлюючи глибини посіву, особливо в районах недостатнього зволоження [45, 46].

Як дуже мілке, так і глибоке загортання насіння негативно впливає на польову схожість, повноту й рівномірність сходів, інтенсивність росту рослин кукурудзи в початковий період вегетації. Велика глибина загортання насіння сприяє тому, що молодим проросткам приходиться витрачати надмірну кількість

пластичних речовин на подолання посівного шару ґрунту, у результаті чого вони стають виснаженими. Окрім того, чим глибше посіяне насіння, тим більше на своєму шляху проростки контактують із хвороботворними мікроорганізмами, тому сильніше уражуються ними, особливо на ґрунтах із важким механічним складом [3, 83].

Збільшення глибини загортання насіння, яке має мікро- та мікротравми, знижуєть його схожість на 20-21% [430]. Із збільшенням глибини загортання погіршуються температурні умови для проростання насіння і тому сходи можуть бути недружні й зріджені [44, 67].

На разі існує гребенева технологія вирощування кукурудзи, яка дає можливість за рахунок раннього посіву в гребінь підвищити врожайність на 15-20 % [399]. Однак така технологія не набула розповсюдження в Україні через недостатність вологи у верхньому шарі ґрунту протягом всього періоду вегетації та її високу енергоємність [279, 399].

Мілке загортання кукурудзи з нагортанням гребня вологого ґрунту над насінням створює сприятливі умови для його проростання. Для нагортання гребня за прикотковувальними колесами посівних секцій встановлюють поличкові або дискові загортачі, які нагортають шар ґрунту заввишки 4-5 см [399]. За мілкого загортання насіння (на глибину 2 см) та пересихання ґрунту знижується схожість насіння кукурудзи (до 30% насінин знаходиться на поверхні), яка може становити 50% висіяних насінин. Це призводить до неефективної витрати поживних речовин у період проростання, появи зріджених, ослаблених і недружніх сходів. Водночас розвиток рослин уповільнюється, затримується дозрівання зерна порівняно з оптимальним посівом у середньому на 5-6 і навіть до 10 днів [279, 399].

Мілке загортання насіння у вологий ґрунт створює кращі температурні умови для його проростання і значно більша частина поживних речовин ендосперму використовується для прискорення росту й розвитку сходів кукурудзи в ранньовесняний період [202].

Низька надійність технологічного процесу мілкого загортання насіння серійними сівалками, а також можливе пересихання верхнього шару ґрунту після сівби, стримують впровадження технології мілкого посіву кукурудзи у виробництво [399].

Насінина кукурудзи, порівняно з насінням інших злаків, має значно більший запас акумульованих пластичних речовин і здатна проростати навіть з глибини 15 см, тривалий час зберігаючи життєздатність за умови потрапляння в сухий ґрунт. Максимальна господарська глибина загортання насіння складає 15 см, а біологічна – 37 см [3, 83, 412]. Можливо, саме тому широкий діапазон глибини посіву кукурудзи (4-10 см) майже не викликає серйозної дискусії [45, 46, 112].

Існує взаємозв’язок між енергією росту й глибиною загортання насіння, як фактору отримання дружних і рівномірних сходів.

Глибина загортання насіння кукурудзи суттєво залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, його вологості й температурного режиму. Оптимальна глибина загортання насіння кукурудзи за сівби на важких

суглинкових ґрунтах становить 4-5 см, на середньосуглинкових ґрунтах - 8-10 см, на легких суглинкових - 5-6 см, на чорноземних – 5-7 см на супіщаних – 6-8 см. У разі пересихання верхнього шару глибину загортання насіння збільшують на 1-2 см (до 6-8 см і навіть до 10 см), на вологих ґрунтах глибину сівби зменшують до 3-4 см [43, 44, 46, 67, 202]. Дружні сходи забезпечує добре виповнене насіння, яке менш сприйнятливе, ніж недозріле (щупле), до ураження ґрунтовими грибами [273].

Глибина загортання насіння кукурудзи залежить також від строків сівби. Так, зокрема за сівби насіння в ранні строки, з метою кращого теплозабезпечення, глибину загортання зменшують до 3-4 см [43, 73, 80]. За умов достатнього зволоження верхнього шару ґрунту (0-5 см), глибину загортання за ранніх строків сівби можна зменшувати до 2-3 см [279, 399]. Для захисту насіння від пліснявіння, за ранніх строків сівби, його слід загортати мілкіше (4-6 см), а пізніх – на 6-8 см [237, 431].

Сівба, що проведена в холодний час на велику глибину, негативно впливатиме на появу сходів. У разі посіву насіння кукурудзи в погано оброблений холодний ґрунт сходи за глибини загортання 6 см, з'являються через 17 днів, у разі загортання насіння на 10 см – через 22 дні, а, сіючи на глибину 12 см, через 33 дні [43, 79, 395].

Сівба насіння кукурудзи на глибину більше 7 см призводить до зниження польової схожості на 5,5 %, а врожаю зерна на 3,7-12,8 % [43]. Чим більша маса 1000 зерен, тим глибша заробка насіння у грунт, особливо чотирьохлінійних гібридів [46].

Велике значення має рівномірність глибини загортання насіння, що забезпечується ретельним досходовим вирівнюванням ґрунту, тому що нерівномірне загортання насіннєвого матеріалу призводить до неодночасної появи сходів, розвитку рослин, продуктивного цвітіння, дозрівання - й погіршує збирання врожаю [43, 44, 46, 67, 112].

За оптимальної глибини посіву знижується пліснявіння насіння й проростків кукурудзи. Збільшення глибини загортання насіння збільшує небезпеку ураження проростків ґрунтовими патогенами – збудниками пліснявих і кореневих гнилей, а також сажкових хвороб і пошкодженість дротяниками [46, 273].

Повні дружні сходи кукурудзи можливо отримати за посіву насіння на таку глибину, де воно буде отримувати достатню кількість вологи, повітря і тепла. У разі підсихання верхнього шару ґрунту насіння загортають глибше, щоб воно мало більше вологи [3, 46, 83, 112]. За близького залягання ґрунтових вод глибина загортання насіння зменшується до 5-6 см, а на легких ґрунтах, схильних до швидкого висушування, може бути збільшена до 10-12 см [45, 46].

У холодні затяжні дощові весни глибину загортання кукурудзи обмежують до 3-4 см. Насіння кукурудзи здатне проростати і за глибокого загортання, але через недостачу тепла сходи будуть ослабленими й зрідженими [44].

У районах недостатнього зволоження після сівби кукурудзи рекомендується провадити коткування, що поліпшує умови проростання насіння, зменшує його пліснявіння й ураженість стебловими та кореневими

гнилями [3, 83].

5.9. Густота стояння рослин

Кукурудза сильніше, ніж інші культури, відгукується на зміну площі живлення, тому відповідним підбором ширини міжрядь і кількості рослин у ряду можна досягти істотного збільшення врожаю й покращення його якості [45, 46].

Величина площі живлення рослин, окрім об'єму ґрунту, який охоплює коренева система рослин включає також певний наземний простір, що забезпечує рослини чинниками фотосинтетичної діяльності. У посіві рослини розміщені на такій відстані, що їхні корені й надземні органи проникають під сусідні рослини. У зв'язку з цим їх розвиток залежить не лише від забезпечення життєвонеобхідними екологічними чинниками (елементи живлення, світло, повітря тощо), а й від сусідніх із ними рослин [46, 83].

Ступінь взаємодії та взаємовідносин рослин у посіві визначається їх кількістю на одиниці площі. Густота рослин, за якої забезпечуються найбільш сприятливі умови для формування врожаю кукурудзи, змінюється залежно від морфобіологічних особливостей гібридів і ґрунтово-кліматичних умов зони [35].

Стійкі до загущення форми кукурудзи мають відповідний габітус рослин: ***еректоїдне розміщення листя***, міцне стійке стебло, середній за розміром качан, вузький лист та ін. Рослини такого типу характеризуються порівняно низькою індивідуальною продуктивністю, але високою функціональною організацією агроценозу [13, 106, 108]. Загущенні посіви повинні мати оптимальну структуру, яка забезпечує добре їх вентилювання й освітленість [106, 108]. Загущення посіву кукурудзи на 20 тис. рослин/га сприяє збільшенню площі листкової поверхні гібридів у перерахунку на 1 га 38,7-59,3% [194].

Формування продуктивного стеблостою є першою сходинкою реалізації врожаю та значною мірою визначається густотою рослин і сортовими особливостями [163, 239]. Густота стояння рослин виступає одним із чинників формування зернової продуктивності кукурудзи, безпосередньо впливає на ростові процеси рослин культури, проходження фенологічних фаз і тривалість вегетаційного періоду [19].

Збільшення густоти стояння рослин кукурудзи, порівняно з оптимальною, впливає на рівень урожайності, стійкість рослин до ураження стебловими та кореневими гнилями: у загущених посівах підвищується висота рослин, зменшується товщина стебла, що є причиною вилягання [3, 83].

Густоту сівби визначають залежно від особливостей гібридів кукурудзи. Рекомендована густота посіву гібридів кукурудзи для умов України коливається в значних межах 25-80 тис. рослин на1 га перед збиранням. Для ранньостиглих сортів і гібридів густота рослин може зростати до 85-90 тис./га і більше. Для силосної кукурудзи надзвичайно важлива менша густота стеблостою. Так, наприклад, силосні гібриди типів Leafy і Floury-Leafy потрібно висівати з урахуванням того, щоб на момент збирання залежно від умов вологозабезпечення (у посушливих умовах,

нестійкого та достатнього зволоження) було 50-80 тис. рослин/га. У деяких господарствах для отримання найбільшої врожайності силосної маси використовують густоту – 100 тис. рослин на один гектар [49, 50].

Якість посіву визначає, яку масу ми сформуємо і який вміст зерна в ній буде, а відповідно, яка буде її поживність у цілому. Тому всі зернові компанії, що спеціалізуються на зернових гібридах, рекомендують збільшувати густоту посіву кукурудзи на 10-15 тис./га схожих насінних від рекомендованих норм для вирощування їх на зерно. Водночас ми збільшуємо вихід зеленої маси, але не завжди частку зерна в ній. Гібриди Leafy і Floury-Leafy типу потрібно висівати, враховуючи якісні показники насіння, щоб на момент збирання було 69-74 тис. рослин/га, що забезпечує високий вміст зерна в зеленій масі й високу якість і поживність отриманого силосу [361].

З урахуванням польової схожості, яка на 10-15% нижча від лабораторної, і втрат частини рослин з різних причин норму висіву насіння збільшують на 25-30% порівняно з вказаною вище густотою. [50]. У Лісостепу й Поліссі страхові надбавки насіння до передзбиральної густоти можуть становити 30-40%. Вагова норма висіву насіння силосної кукурудзи може зростати до 30-40 кг/га.

Важливо розуміти, що завдяки загущенню посівів і потужній системі живлення, кількість зеленої маси кукурудзи може збільшуватися, проте одночасно може ставати менше качанів, що негативно позначиться на поживності й перетравності силосу. Тому планувати густоту посівів силосної кукурудзи необхідно з урахуванням виходу як зеленої маси, так і самих качанів [49].

Внаслідок великої конкуренції між рослинами за світло й вологу, загущення посівів призводить до зменшення механічної міцності стебла [432].

Рослини реагують на зміну їх **густоти** двома **способами**: випадають з посівів або пластично змінюють свої ріст і розвиток. Неоднаковий характер розвитку різних органів і частин рослин в органогенезі під впливом різної густоти є наслідком конкуренції між ними. Отже, **зміною густоти** посіву можна впливати на темпи розвитку рослин, їх морфологію, час закладання генеративних органів, цвітіння і, залежно від біологічних властивостей рослин, прискорювати чи сповільнювати їх розвиток [46].

Необхідно розрізняти два терміни: кількість насінин для висіву на одиниці площі, кількість рослин перед збиранням на одиниці площі. Рекомендована густота для умов України коливається в значних межах 40-80 тис. рослин на 1 га перед збиранням. Для ранньостиглих гібридів густота рослин може зростати до 85-90 тис./га і більше [44, 46, 67].

Кількість насінин, що висіваються на одиницю площі, включає резерв на зменшення рослин під час сходів (різниця між лабораторною й польовою схожістю) і випадання впродовж вегетації [44, 67]. Щоб забезпечити передзбиральну густоту рослин, встановлюють страхові надбавки насіння. Вони можуть становити від 5-10% до 30-40% залежно від рівня технології, зокрема, якості насіння, підготовки ґрунту, класу сівалки. Вагова норма висіву насіння становить 10-25 кг/га [3, 44, 67, 83].

Нині через посушливі періоди, що почастішали, а також внаслідок зменшення рівня забезпеченості рослин поживними речовинами щільність посіву, залежно від гібрида, у середньому сягає 60-70 тис. стебел/га. Один із прийомів зменшення шкоди від посухи полягає в скороченні кількості рослин на гектарі посіву й водночас використанні потенційних можливостей кожної рослини, що сприяють збільшенню їх продуктивності. Другий - це вирощування гібридів з коротшим вегетаційним періодом, що дає можливість уникнути впливу несприятливих умов середовища в генеративний період розвитку рослин – критичний до нестачі вологи. Окрім того, у посушливі роки слід брати до уваги збільшення частки рослин з ламким стеблом [43]. Загущення посівів призведе до зменшення запасів вологи в метровому шарі ґрунту [194].

Суттєві втрати врожаю трапляться, якщо не вдалось досягти рівномірного розміщення рослин за площею (просіви, двійники, пошкоджені проростки тощо) або ж у разі появи нерівномірних сходів і відставанні рослин у рості [67].

Густоту стояння кукурудзи можливо збільшувати за умов: вирощування кукурудзи на силос; використання геліотропних, короткостебельних і посухостійких гібридів; за ранніх термінів сівби і за перспективи доброї вологозабезпеченості - випадання 200 мм опадів у період липня-серпня; розміщенні на площах із високою родючістю ґрунтів та добре заправлених добривами, збалансованих за вмістом поживних речовин (навпаки, на бідних ґрунтах із низькою забезпеченістю вологою – густоту відповідно зменшують) [3, 73]. Нижче наведена орієнтовна щільність посівів кукурудзи різних груп стиглості з урахуванням умов вирощування та головні фактори, які слід враховувати, визначаючи норми висіву в конкретних умовах [73].

57. Орієнтовна густота стояння кукурудзи на зерно на період збирання

Група стиглості	Сприятливі умови для вирощування, шт. /м^2	Менш сприятливі умови для вирощування, шт. /м^2
ФАО до 220	10-12	7-9
ФАО 230-299	8-10	6-7
ФАО 300-399	6-8	4-5
ФАО 400-499	5-6	3-4

Діапазон оптимальної густоти залежно від зон, біотипів, гібридів і фону мінерального живлення коливається в межах від 30-40 до 90-120 тис. рослин на 1 га [3, 46, 83, 112].

Із зростанням площі живлення збільшувалася також продуктивність рослини. Однак динаміка підвищення продуктивності рослини відповідно до зростання площі її живлення мала певну межу, що визначалася так званим «станом пересиченості», коли збільшення площі живлення вже не сприяє підвищенню продуктивності окремої рослини [43].

В інтенсивній технології вирощування кукурудзи важливе місце займає передзбиральна густота стояння рослин. Особливо важливо створити оптимальну щільність стеблестою. Недостатня щільність є однією з причин неповної реалізації потенціалу продуктивності гібриду. Правильний вибір

густоти посіву дозволяє підвищити врожайність кукурудзи на 20-30% і більше [112, 130, 385].

Оскільки врожай на одиницю площі можна точно розрахувати множенням середньої продуктивності окремої рослини на кількість стебел, вищевказаний зв'язок суттєво допомагає визначити оптимальну кількість стебел і водночас досягти великого врожаю [43]. Оптимальна густота стояння гібридів кукурудзи повинна забезпечувати хорошу архітектоніку рослин, гарну вентиляцію ценозу, достатню освітленість, більш повне використання обмежених запасів вологи та поживних речовин ґрунту [108, 130].

На думку Яноша Надь (2012) [43], оптимальна відстань між стеблами рослин кукурудзи в рядку становить 21,28 сантиметрів.

Водночас із даними зональних науково-дослідних закладів, густота посівів залежно від ґрунтово-кліматичних умов, морфо-біологічних властивостей вирощуваних гібридів й агрофону має бути від 25-30 до 70-80 тис./га [3, 83].

Реалізація повного генетичного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи вимагає надзвичайно зваженого підходу до формування агроценозу посіву. Враховуючи класичні чинники (ґрунтово-кліматичні умови, сортові особливості, рівень інтенсифікації технологій), важливо спрогнозувати оптимальні параметри для реалізації максимального потенціалу кожної індивідуальної рослини, адже, на відміну від більшості культур, кукурудза не має високих компенсаційних можливостей [112, 385].

Гібриди по-різному реагують на кількість рослин на одиницю площі посіву. Урожайні сорти й гібриди вирізняються широким діапазоном оптимальної кількості рослин на одиницю площі, а менш урожайні - вузьким. Причина цього полягає в різному ступені пристосування сортів і гібридів до стресової дії близького середовища, а також у зростаючій схильності до безпліддя та до часткового запліднення [43]. Кожний біотип гібрида забезпечує найбільший урожай за оптимальної густоти посіву на час збирання. Як загущення, так і зрідженість посівів призводять до зменшення врожаю кукурудзи. Водночас відзначається така закономірність: з підвищенням режиму живлення всі біотипи гібридів більше реагують на зрідженість посівів, ніж загущеність, а із зниженням його – навпаки [46, 83, 112].

Пізніше створені гібриди краще витримували стрес, заподіяний великою кількістю рослин навколо. Причина цього криється в кращому використанні світла. Щодо фенологічного розвитку нових і старих гібридів, то різниця існувала лише в настанні фази цвітіння качана і цвітіння волоті, проте і вона була суттєво нівельована. У нових гібридів накопичення сухої речовини в період наливу зерна пришвидшується, а фотосинтетична активність старих гібридів під час достигання зерна зменшується [43].

Між фотосинтетичним потенціалом, шириною міжрядь і густотою рослин спостерігається сильний позитивний зв'язок. Коефіцієнт множинної кореляції складає 0,93 [38, 46].

Найважливіші складові формування оптимальних параметрів густоти стояння рослин: енергія проростання насіння (польова схожість); ступінь зрідженості посівів унаслідок дії ґрунтових патогенів і шкідників; фізико-хімічні

параметри посівного шару ґрунту. Якщо врахувати, що енергія проростання насіння гібридів кукурудзи зазвичай не нижча 90%, а ступінь захисту від ґрунтових шкодочинних об'єктів є досить ефективним, за умови обробки насіння протруйниками фунгіцидної та інсектицидної дії, то на перший план виходить агротехнічна складова передпосівної підготовки ґрунту, яка й буде визначати якість сходів кукурудзи. Параметрами оцінки якості отриманих сходів кукурудзи є їх повнота (польова схожість), рівномірність появи сходів, рівномірність розташування рослин [385].

Формування оптимальної густоти посіву досягається встановленням висіву насіння з урахуванням страхової надбавки, яка може компенсувати зменшення польової схожості, природну загибель рослин і зрідження посівів під час механізованого догляду [45, 46].

Густота стояння визначає умови вирощування гібридів кукурудзи та впливає на ростові процеси й індивідуальний розвиток рослин. Зріджені посіви забезпечують високу індивідуальну продуктивність рослин, але за недостатньої їх кількості на одиниці площі спостерігається зниження врожаю. У загущених посівах сповільнюються й послаблюються процеси утворення генеративних органів, у зачатках майбутніх волотей і качанів закладається менша кількість квіток, що негативно позначається на індивідуальній продуктивності рослин і врожайності [44, 130].

Необхідно враховувати, що надмірне загущення посівів спричинить конкуренцію рослин за вологу, поживні речовини й світло, що призведе до слабшого наливання зерна, збільшення кількості дрібних качанів, запізнення зі строками збирання врожаю, до того ж, життєвий простір рослин обмежений також у верхній частині стебел. Ранньостиглі гібриди можна сіяти густіше, ніж пізні, оскільки вони формують менші рослини [43, 44, 67, 348]. У зв'язку з невеликим габітусом рослин ранньостиглі форми кукурудзи можна дещо загущувати, водночас вони характеризуються високою стійкістю до вилягання, ураження хворобами, посухи.

Зниження врожайності гібридів кукурудзи в умовах загущення, на думку Орлянского Н. А. та Орлянскої Н. А. [433], визначається не абсолютним показником стійкості до вилягання, а рівнем адаптивності гібридів, різною нормою реакції або наявністю механізму перенесення стресової ситуації.

Встановлено тісний зв'язок між толерантністю рослин до великої їх кількості та ***протерандрією*** (дозрівання пиляків раніше за приймочку маточки, що перешкоджає самозапиленню). Гібриди, у яких цвітіння качанів у загущеному посіві значно затримується, зазвичай, не витримують великої щільності розташування рослин [43].

Загущення посівів кукурудзи зумовлює незначне підвищення вологості зерна, але в цілому цей показник знаходився на оптимальному рівні (18-22%), що відповідає групі стиглості досліджуваних гібридів [163]. Гібриди інтенсивного типу потрібно забезпечувати оптимальною густотою рослин, не загущуючи посіви [28]. Гібрид, його адаптація до стресів, хвороб і шкідників визначають потенційну врожайність кукурудзи в даних кліматичних умовах (потенціал урожайності, групу стиглості). Сучасні гібриди демонструють витривалість як на

ранніх етапах життєвого циклу рослин (добра енергія проростання, стійкість до понижених температур), так і на кінцевих фазах (потужне стебло, швидка вологовіддача). За рахунок генетичних особливостей гібридів кукурудзи досягається щорічний приріст урожайності зерна на рівні 1,0-1,2% на гектар [387].

Сучасні гібриди різних груп стиглості мають неоднакову реакцію на густоту рослин, яка обумовлена погодними умовами, забезпеченістю ґрунту елементами мінерального живлення, вологою, засміченістю бур'янами та іншими факторами. У зв'язку з правильним вибором густоти рослин, залежно від біологічних особливостей гібридів та агроекологічних умов вирощування, є відповідальним компонентом сучасної технології вирощування кукурудзи [6, 29, 91, 163].

Густота стояння рослин, тобто форма й об'єм повітряно-ґрунтового простору, істотно впливають на структуру врожаю зерна [63] та морфологічні ознаки рослини й качана в гібридів кукурудзи [434]. У широких міжряддях навіть невелике загущення в рядках призводить до погіршення світлового режиму, повітряного та кореневого живлення, загострюється дефіцит води поблизу рядків. Водночас збільшується кількість безкачанових і полеглих рослин, втрати під час збирання.

За підвищення густоти стеблостою вміст рухомого фосфору знижувався на 15%, обмінного калію - на 11% [250].

Міцність стебла кукурудзи збільшує середній приріст урожаю зерна на 0,6% у рік. Нині більшість гібридів цієї культури стійкі до вилягання на час збирання врожаю. Головним визначальним фактором щільності посіву є вологозабезпеченість вегетаційного періоду, особливо в липні-серпні, коли формуються генеративні органи в кукурудзи. [73].

В. О. Азуркін, І. С. Поліщук та В. А. Мазур (2011) [63] вказують, що за густоти стояння рослин понад 90 тис. шт./га спостерігається істотне зниження індивідуальної продуктивності гібридів ранньостиглої групи. Для гібридів інших груп стиглості зниження індивідуальної продуктивності спостерігається за густоти 80 тис. шт./га.

Збільшення густоти стояння рослин зумовлює зростання лінійних розмірів рослин і висоти прикріплення качана у середньому на 15%. Схильність до витягування рослин під впливом великої густоти стояння краще проявляється у вологі роки, і навпаки, у посушливих умовах можливе зменшення лінійних розмірів рослин у результаті загущення [435, 436]. Із зменшенням площі живлення змінюється морфологія рослин, збільшується висота та зменшуються товщина стебла, довжина й ширина листкових пластинок [437].

Підвищення густоти стояння рослин з 30 до 60 тис./га сприяє зменшенню площі листкової поверхні однієї рослини у всі строки визначення (фази 11-12 листків, викидання волотей, воскової стиглості зерна), більш помітно в середньостиглого й середньопізнього гібридів. У розрахунку на 1 га площа листкової поверхні за підвищення густоти стеблостою збільшувалась. Загущення посіву з 30 до 60 тис./га негативно впливало на чисту продуктивність фотосинтезу, а внесення мінеральних добрив сприяло її підвищенню на 6-8% [91,

250, 272].

В умовах недостатнього й нестійкого зволоження для одержання високого врожаю важливо забезпечити оптимальну густоту рослин. Загущені посіви, як правило, приречені на «водне голодування», особливо в посушливі роки. Вони дуже чутливі до впливу повітряної й ґрунтової посухи, водночас різко зменшуються темпи лінійного приросту рослин, наростання площі листкової поверхні та інших біометричних показників. У таких посівах спостерігається раннє відмирання нижніх листків, порушуються процеси фотосинтезу та запліднення і, зрештою, їх скошують на зелений корм або силос [202].

Фактична норма висіву інкрустованого насіння збільшується на 10-15%, а в інших випадках – на 20-25% по відношенню до оптимальної густоти рослин [202, 237].

Сучасні гібриди мають потужну кореневу систему, генетичне обумовлений один качан на рослині, компактну форму рослин із листками під гострим кутом. Такі властивості дозволяють сіяти з більшою густотою [44].

58. Орієнтовна густота рослин різних за скоростиглістю гібридів під час збирання, тис. шт./га

Група стиглості (ФАО)	Степ	Лісостеп	Полісся
100-199	65-70	80-85	90-95
200-299	60-65	75-80	85-90
300-399	55-60	70-75	80-85
400-499	50-55		

Аналізуючи способи сівби, починаючи з 1910 р., ми бачимо, що із значним підвищенням культури землеробства, масовим застосуванням ефективних гербіцидів відбувалась поступова зміна як способу сівби, так і ширини міжрядь: перехід від 120 см за квадратно-гніздового методу до 70 см – за пунктирного широкорядного висіву [438].

Використання загущення й широкорядної схеми посіву зменшує площу живлення із зростанням кількості рослин на погонний метр, порівняно з квадратно-гніздовим способом посіву рослина формує стислу практично прямокутну проєкцію кореневої маси, яка використовується менш ефективно. Тому реалізація переваги загущених посівів краща внаслідок звуження міжрядь (до 45-60 см) [108].

Традиційно для вирощування кукурудзи й соняшнику використовують відстань між рядками 70 см (пунктирним способом), для вирощування буряку – 45 сантиметрів. У зв’язку з цим зона росту рослини - це витягнутий прямокутник із розмірами, наприклад, для кукурудзи від 25х70 см (за вирощування на зерно) до 15х70 см (за вирощування на зелену масу). Розміри 15 і 25 см – це відстані між рослинами в рядку, а 70 см – відстань між рослинами в суміжних рядках (між рядками) [80, 202, 401, 434, 439]. За посіву із шириною міжрядь 70 см на кожний гектар висівають 70 тисяч насінин, 60 см – 95 тис. і на 45 см – 112 тисяч [401].

Посіви пунктирним способом через уповільнений ріст і розвиток культури на перших етапах онтогенезу (до змикання листового апарату в міжряддях) визначаються підвищеною енергоємністю освітленості (0,45-0,50 кал/см^2) нижнього ярусу стеблостою – основного місця перебування бур'янів, що забезпечує їм сприятливі умови для розвитку [31, 440].

Навіть за оптимального освітлення верхні листки рослин мають переваги, порівняно із середніми й нижніми, у використанні ФАР. Тому внаслідок загущення відбувається випадання рослин, вони витягуються у висоту і часто вилягають. У разі зрідження посівів значна частина площі залишається вільною - і на ній швидко розвиваються бур'яни [46].

Проте наразі ширина міжрядь 70 см також має низку суттєвих недоліків: скупчення рослин у рядках, посилення конкуренції між ними за вологу, світло, поживні речовини вже на початку вегетації. Це обмежує можливості підвищення врожайності за повного використання вологи, поживних речовин і максимального засвоєння сонячної радіації за збільшення площі листя внаслідок підвищення густоти стояння рослин [438].

Зменшення ширини міжрядь (зменшення більшої сторони прямокутника зони живлення) із 70 см до 45 см призведе до суттєвого збільшення врожайності кукурудзи: на зерно - на 14%, на зелену масу – на 24%. Подальше зменшення ширини міжрядь із 45 см до 35 см також сприяє підвищенню врожайності, але приріст уже незначний (на 3% і 4% відповідно) [434, 438].

Зменшення ширини міжрядь понад 70 см за вирощування кукурудзи на зерно призводить до рівномірного стояння рослин, але негативно впливає на ріст качанів й особливо на формування зерна в них після цвітіння. Тому необхідно рівномірно, на однаковій відстані розміщувати насіння (рослини) в рядку [44, 67].

У посівах зі звуженими міжряддями оптимізується індивідуальна площа живлення рослин, поліпшуються умови освітленості й водний режим, збільшена листова поверхня повніше використовує сонячну радіацію, внаслідок раннього змикання рядків послаблюється ріст бур'янів, зменшується інтенсивність евапорації (випарування з поверхні ґрунту); у результаті збільшення проєктивного покриття ґрунт менше пересихає [106, 108].

59. Відстань між насінням у рядку залежно від ширини міжряддя та різної кількості насіння

Показники	Ширина міжрядь, см	Кількість насіння, що висівається на 1 м^2, шт.				
		7	8	9	10	11
Відстань між насінням у рядку, см	75	18,9	16,7	14,8	13,3	12,1
	70	20,02	17,9	15,9	14,3	13,0
	62,5	22,7	20,0	17,8	16,0	14,5
Кількість висіяних насінин на 1 м довжини рядка, шт.	75	5,3	6,0	6,8	7,6	8,3
	70	5,0	5,6	6,3	7,0	7,7
	62,5	4,4	5,0	5,6	6,3	6,9

На 1 м довжини рядка за ширини міжрядь 70 см повинно висіватись орієнтовно 5,6 насінин, що забезпечує густоту 80 тис./га, 6,3 насінин (90 тис./га), 7 насінин (100 тис./га) [44, 46, 67].

Водночас збільшення ширини міжрядь із 70 см до 90 см призведе до зменшення врожайності кукурудзи: на зерно - на 6%, а на зелену масу – на 9% [434, 438]. Для висіву 80 тис. насінин на 1 га відстань між насінинами повинна становити 17,9 см. Знаючи оптимальну густоту стояння рослин для гібриду, лабораторну й польову схожість, визначають також необхідну кількість насінин на 1 м рядка [67]. Для встановлення кількості висіяних насінин на 1 га чи густоти рослин на 1 га під час вегетації підраховують кількість насінин або рослин на відрізку рядка 14,3 м при міжрядді 70 см і множать на 1000 [44].

Для рослин кукурудзи кращою формою живлення є кругла або квадратна, які досконаліше створюються за ширини міжрядь 45 см. Розповсюджена тепер ширина міжрядь 70 см, а також пропонована 30 см забезпечують більш прямокутну форму площі живлення рослин [89].

Зміною густоти рослин можна регулювати величину й темпи наростання асиміляційної поверхні. Протягом вегетаційного періоду кукурудзи асиміляційна поверхня рослин швидше наростала в більш загущених посівах. Внаслідок збільшення густоти від 40 до 70 тис./га площа листкової поверхні у фазі молочної стиглості збільшується на 4,0-5,1 тис.м^2/га [38].

У разі загущення посівів асиміляційна поверхня окремих рослин зменшується на 7,8-12,9 %. Однак зниження значень цього показника було непропорційним збільшенню їх кількості на одиниці площі, що сприяло зростанню величини загальної асиміляційної поверхні на 31,3-45,5 % [35].

Водночас із перевагами, такий спосіб сівби (за ширини міжрядь 45-60 см) має й свої недоліки. У технічному плані він не відповідає прийнятій системі машин (сівалок, культиваторів, комбайнів), які розраховані на міжряддя 70 см, що ускладнює догляд за посівами, зокрема збирання врожаю [108].

У літературі існують думки щодо вирощування кукурудзи на зерно із шириною міжрядь 50 см, внаслідок чого змикання рядків настає значно раніше, обмежується можливість проведення культивації й обприскування. Фермери знайшли вихід: обробляти посіви гербіцидом слід до змикання рядків і застосовувати вузькорядні культиватори. Для обробки такого поля потрібно застосовувати вузькі шини, та й обладнання для обробки такого посіву створює більший тиск на грунт унаслідок більшої маси [441].

За вузькорядного способу сівби врожайність кукурудзи підвищується на 4% [442]. На відміну від звичайного рядкового посіву, у разі звужених рядків відстань між рослинами майже однакова. Поле, засіяне таким чином, здається ніби вкритим правильними трикутниками, що прилягають один до одного, а у вершинах таких трикутників перебувають рослини [441, 442]. Водночас витрати гербіцидів знижуються на 25%, а темп фотосинтезу під час вегетації рослин підвищується [3, 442].

Порівнюючи звичайний (70 см) і вузькорядний (50 см) посіви кукурудзи, встановлено, що більший вміст сухої речовини в качанах був там, де застосовували вузькорядний посів, оскільки саме він дає перевагу під час

розвитку культури: темп фотосинтезу під час вегетації був вищим, сонячна енергія використовувалась ефективніше - качани дозрівають раніше, вони на 8% важчі порівняно зі звичайним посівом та у зерні вищий вміст білка [441].

У вузькорядних посівах не застосовуються міжрядні обробітки ґрунту. Зменшення механічного впливу дає можливість уникнути негативної дії таких чинників, як ущільнення, руйнування структури, порушення водного режиму ґрунту. Окрім того, постійний механічний вплив провокує виникнення ерозійних процесів ґрунту. Відсутність міжрядних обробітків заощаджує 12-18 л/га пального. Отже, за наявності технологічних можливостей посіви кукурудзи зі звуженими міжряддями мають перспективу [443].

Густота стояння також впливає на ураження рослин хворобами: загущені посіви посилюють вилягання рослин, що спричиняє розвиток кореневих і стеблових гнилей, менше закладаються генеративні органи, а в посушливі роки передчасному закінченню вегетації, а також зумовлюють гірше визрівання зернин у качанах, що призводить до їхнього зараження пліснявою [391, 444, 445], зріджені посіви – значно швидше заростають бур’янами [391]. Загущення посівів кукурудзи сприяє більш інтенсивному прояву пухирчастої сажки [374].

Слід зазначити, що звуження міжрядь до 35 см у виробничих умовах практично неможливе, бо конструктивна ширина посівних секцій просапних сівалок вітчизняного виробництва знаходиться у вказаному інтервалі (32-33 см) і секції практично наштовхуються одна на іншу [434].

У разі розміщення кукурудзи після кращих попередників слід орієнтуватися на верхню межу рекомендованої густоти, а після інших – на нижню. Для компенсації зниження польової схожості насіння та рослин унаслідок природної загибелі норма висіву насіння в зонах Степу, Лісостепу й Полісся має перевищувати оптимальну густоту рослин відповідно на 15, 20 і 25%, а в полях із механізованим доглядом за посівами (за безгербіцидною технологією) норму висіву варто збільшувати на 4-6% у розрахунку на кожне боронування та міжрядний обробіток [247].

Помітніші темпи падіння індивідуальної продуктивності за загущення рослин середньостиглих гібридів, очевидно, слід пов’язувати з більшою потребою даних гібридів у ресурсах вологи й елементів живлення [63, 435, 436]. Ранньостиглі гібриди можна сіяти густіше на відміну від пізньостиглих. Зміна густоти стояння рослин на 10% змінює частку зерна в урожаї на 1%. Оптимальну густоту стояння, за якої досягається максимальний урожай і його якість, визначається практичним шляхом [28, 83, 112].

Існує зв’язок між густотою посіву та масою зерна кожного качана, масою тисячі зерен і довжиною качана. Внаслідок збільшення у два рази кількості рослин на гектар посіву, наприклад, за скорочення площі живлення з 0,48 до 0,24 м^2 маса качана зменшується на 10-25%, маса тисячі зерен - на 12%, а довжина качана - на 11% [43]. Із збільшенням густоти всі структурні елементи продуктивності – кількість качанів на 100 рослин, довжина качана, маса качана, кількість зерен на качані та маса 1000 зерен – знижуються [89, 91, 163, 283].

Густота посіву в більшій мірі залежить від фону живлення: чим він вищий, тим більше може бути густота й вища врожайність зерна. У разі кожного

збільшення кількості рослин на 10 тис./га маса тисячі зерен лінійно зменшувалася на 8 г; в інтервалі щільності посіву 40-60 тис. стебел/га зменшення маси тисячі зерен становило 9,0 г, 60-80 тис. стебел/га – лише 4,0 грами. Водночас маса тисячі зерен змінюється під впливом рослинного оточення менш помітно порівняно з іншими елементами [43]. Із збільшенням густоти стояння рослин зростає й кількість пошкоджених рослин і качанів кукурудзяним стебловим метеликом [446].

Вимоги рослин кукурудзи до умов зовнішнього середовища, як відомо, непостійні: вони змінюються в процесі розвитку самих рослин. На початку вегетації, коли в кукурудзи ще малорозвинуті коренева система й листкова поверхня, рослини не потребують великої площі живлення. З ростом рослини площа її листкової поверхні використовується все повніше, тож за недостатнього поживного середовища може настати момент, коли одні рослини починають пригнічувати інших, що призводить до зниження їхньої продуктивності й вимушеної «боротьби за виживання». З іншого боку, одна й та сама кількість рослин на площі може бути розміщена в різний спосіб, у зв'язку з чим їхній взаємовплив може посилюватися або, навпаки, послаблюватися [438].

У зв'язку з цим для кожної ґрунтово-кліматичної зони України розроблені рекомендації щодо оптимальної густоти стояння гібридів кукурудзи різних груп стиглості [435, 436]. Зокрема у зоні Степу 60-70 тис., Лісостепу - 80-90, Полісся - 90-100 (більші норми для північніших районів кожної зони й ранньостиглих гібридів). Страхова надбавка насіння щодо передзбиральної густоти рослин становить 10% [394, 435, 436].

Визначаючи густоту рослин, необхідно враховувати, перш за все, гібридну специфіку реакції на густоту, залежно від умов вирощування [29]. Оптимальна передзбиральна кількість рослин має становити для середньопізніх гібридів – 60, середньоранніх – 80 тис./га [3, 83].

За збільшення площі листя та фотосинтетичного потенціалу в міру загущення посівів кукурудзи показники чистої продуктивності фотосинтезу знижувались. Рівень урожайності зерна кукурудзи, як і інших культур, визначається кількісним виявленням елементів біометричної структури та їх поєднанням як між собою, так і з іншими ознаками рослин [38].

Вирощування кукурудзи з міжряддям 45 см (замість міжряддя 70 см) сприяє збільшенню врожайності кукурудзи: на зерно на 10-15%, а зеленої маси – на 20-25%. Цей перехід не потребує додаткових затрат, адже практично всі просапні сівалки вітчизняного виробництва (наприклад, СУПН–8(12), УПС–8(12) випускаються для роботи з міжряддям 70 або 45 сантиметрів [434].

За інтенсивної технології при повному виключенні механізованих заходів догляду за посівами висів звичайного насіння треба збільшувати на 15-20, гідрофобізованого або інкрустованого – на 10-15% [3, 112].

5.10. Догляд за посівами кукурудзи

Догляд за посівами створює сприятливі умови для одержання дружних

сходів кукурудзи, дозволяє утримувати посіви в чистому від бур'янів стані, а також зберегти вологу в посівному й орному шарі ґрунту [46].

Для підвищення польової схожості насіння та зниження його пліснявіння, ураженості кореневими й стебловими гнилями проводять коткування ґрунту, особливо за недостатньої вологості. Використовуючи сівалки, які одночасно ущільнюють ґрунт над насіниною, коткування посівів не проводять [202]. На легких ґрунтах, особливо в посушливу погоду посіви обов'язково прикочують, причому в один прохід комбінованого агрегату. На важких ґрунтах і за підвищеної вологості поле не прикочують [45, 112].

Вирощуючи кукурудзу за інтенсивною технологією, важливо поєднувати механічний обробіток ґрунту (боронування та розпушування міжрядь) з поверхневим внесенням гербіцидів вибіркової дії [202].

Зразу ж після сівби поле необхідно закоткувати. Це покращує контакт насіння з ґрунтом, підвищує польову схожість кукурудзи й забезпечує дружне проростання насіння бур'янів. Досходове боронування проводять через 5-6 днів після сівби, коли бур`яни проросли і знаходяться у фазі «білої ниточки». Боронують впоперек рядків легкими (ЗБП-0,6) або середніми боронами (БЗСС-1). За проведення 2-3 досходових боронувань можна знищити 70-80% проростків бур`янів. Післясходове боронування проводять у фазах 2-3-х і 4-5 листків у кукурудзи. Швидкість руху агрегату 4,5-5,5 км/год.

Боронування сприяють зменшенню випаровування вологи з ґрунту, очищають поле від бур'янів, поліпшують фізичні властивості ґрунту. Такі обробітки рекомендується проводити зранку, коли сходи менш крихкі [49].

На чистих від бур'янів посівах кукурудзи на силос протягом вегетації проводять лише міжрядні розпушення просапними культиваторами КРН-4,2Б, КРН-5,6Б, КРН-8,4, John Deere 886К, John Deere 856. Міжрядні обробітки виконують орієнтовно з інтервалом 15-20 днів, а глибина розпушення варіює від 6-8 до 10-12 см [49, 83, 112]. Інтенсивне боронування (3-4 рази) на чистих мало забур'янених полях дає змогу обійтись без внесення гербіцидів [50].

З метою максимального очищення поля від бур'янів проводять до- і післясходове боронування середніми й легкими боронами. В умовах теплої весни обмежуються одноразовим досходовим боронуванням середніми боронами, яке проводять через 4-5 днів після сівби. Два досходових боронування проводять в умовах прохолодної весни, коли сходи не з'являються більш ніж 20-22 днів: перше – через 4-5 днів після сівби; друге – за 3-4 дні до появи сходів кукурудзи (коли проростки культури знаходяться за 3-4 см від поверхні ґрунту й недосяжні для зубів борін) [46, 202].

Проведення до- і після сходових боронувань і культивацій забезпечує покращення розвитку рослин кукурудзи й підвищує їх стійкість проти хвороб. Окрім того, покращує повітряний і водний режим ґрунту та знищує бур'яни [446-448].

Для першого міжрядного розпушування використовують лапи-бритви й стрілчасту лапу. Глибина першого міжрядного обробітку становить 4-5 см. Друге й третє розпушування (6-8 см) проводять із лапами-підгортальниками

для присипання бур'янів у рядках, причому швидкість руху агрегату має бути не менша 8-9 км/год., інакше не буде присипання бур'янів у рядках ґрунтом. Підгортання стимулює утворення додаткових коренів, знищує бур'яни в захисній зоні рядка. За необхідності кукурудзу підживлюють азотними добривами, коли висота рослин не більше 30-40 см [43, 45, 46].

Негативно впливають на продуктивність кукурудзи глибокі міжрядні культивації, які іноді помилково здійснюють не тільки для знищення бур'янів, а й для посилення доступу повітря до кореневої системи, хоча відомо, що, на відміну від інших культур, у кореневій системі кукурудзи утворюються повітроводи, за допомогою яких атмосферне повітря може проникати аж до кореневих волосків [449].

З огляду на недостатню ефективність механічних засобів боротьби з бур'янами, більшість високорозвинутих зарубіжних країн, у т. ч. США, Іспанія, Франція, повністю перейшли на їхнє знищення за допомогою ґрунтових і страхових гербіцидів, витрати на які компенсуються приростом урожаїв не менше ніж удесятеро [46, 112, 449].

Найбільш надійний спосіб боротьби з бур'янами – внесення ефективних гербіцидів. Проте навіть на чистих посівах рекомендується провести один міжрядний обробіток на глибину 4-6 см у фазі 6-8 листків [202].

На відміну від вітчизняної, техніка провідних країн світу може сіяти просапні культури не лише за традиційною, а й мінімальною технологією, або в не необроблений ґрунт (No till) [58].

За нульової технології (No till), ґрунт залишається недоторканим від жнив до початку весняно-польових робіт. Перед сівбою кукурудзи по вегетуючих сходах бур'янів вносять гербіцид суцільної дії [46].

Залежно від способу основного обробітку ґрунту відмічено різну пошкодженість качанів кукурудзяним метеликом і бавовниковою совкою. Найвищою вона була за мінімального обробітку ґрунту – 37,3 і 70,8, а після загортання рослинних решток – нижчою на 2,0-5,2 і 4,3-13,2. Ці пошкодження сприяли проникненню до зернівок повітряної інфекції інших хвороб, що призводило до збільшення врожайності мікрофлорою (гриби з родів *Fusarium, Rhizopus, Nigrospora, Trichoderma, Penicillium, Aspergillus, Cladosporium* [450].

На не зораних з осені площах навесні слід проводити обробіток ґрунту важкими дисковими знаряддями або протиерозійними культиваторами на глибину 12-14 см [6].

Українські й іноземні дослідники проаналізували різні варіанти обробітку ґрунту, на підставі чого дійшли таких висновків [259]**:**

- нульовий обробіток ґрунту стабільно забезпечує засвоєння літньо-осінніх опадів на 25-35 мм більше в 1,5 м шарі ґрунту, якщо порівнювати із системою відвальної обробки;
- безвідвальний обробіток ґрунту сприяє ліпшому накопиченню вологи в осінньо-зимовий період, а оранка – у другій половині літа. Коливання щільності орного шару за різних способів і глибини обробітку ґрунту неістотні й перебувають у межах, що оптимальні для росту й розвитку рослин;

- установлено вищу ущільнювальну дію фрези в підорному шарі в порівнянні з оранкою відвальним плугом;
- плоскорізний обробіток не гарантує захист від дефляції й збільшує кількість ерозійно небезпечних частинок в перші 3-4 роки. На зниження ферментативної активності ґрунту за мінімального обробітку звертають увагу дослідження;
- мінімальний обробіток сприяє підвищенню біологічної активності верхньої частини орного горизонту;
- чизельний обробіток забезпечує економію 10-12 кг/га пального, вдвічі знижує експлуатаційні витрати, в 1,4 рази енергоємність, загальні витрати зменшуються на 31%. Забезпечується надійний захист ґрунтів від ерозії, регулюється поверхневий стік талих вод. Економічно вигідним такий обробіток ґрунту є на схилах – урожайність збільшується на 8-10%;
- позитивним за плоскорізного та нульового обробітків є збереження вологи, поліпшення фосфатного живлення, більш раціональне використання ґрунтової родючості завдяки зниженню інтенсивності мінералізації органічних речовин, але є потреба у внесенні мінеральних добрив;
- за плоскорізного обробітку відбувається накопичення гумусових речовин у середньому до 7 ц/га на рік, тоді як оранка призводить до зниження гумусу приблизно в такій самій кількості. Також поліпшуються фізичні параметри оброблюваного шару, а дефляційні процеси зазвичай зменшуються. Тривале застосування плоскорізного обробітку сприяє збільшенню забур'яненості посівів;
- за недостатнього захисту посівів від бур'янів (за традиційного типу забур'янення) уже від початку вегетації до 3-ї декади липня вони поглинають 100-130 мм доступної для культурних рослин вологи з ґрунту.

Проведення передпосівної підготовки ґрунту передбачає контролювання [385]: 1) терміну проведення (розрив у часі між проведенням і сівбою має бути мінімальним); 2) рівномірності обробітку за глибиною (варіювання цього параметра не має перевищувати 1,0-1,5 см, для важких ґрунтів глибина обробітку повинна становити 5-6 см, а для структурних, легких – 6-8 см і збільшуватись до 10 см за необхідності формування вологовмісного насіннєвого ложа); 3) брилуватості та кришіння обробленого шару ґрунту (наявність грудок більше 5 см у діаметрі не має перевищувати 5% на поверхні, а в посівному шарі вони мають бути подрібнені до розмірів 1,0-1,5 см); 4) гребенистості ґрунту (не перевищує 10%); 5) наявності огріхів, необроблених смуг і клинів (не допускається).

Весняний комплекс робіт складається з восьми елементів: ранньовесняне боронування, внесення ґрунтового гербіциду, передпосівна культивація, сівба, коткування до та після сівби, боронування до та після сходів, міжрядні обробітки у фазу 3-5 листків (перший) і у фазу 6-8 листків (другий), внесення страхового гербіциду[6, 230].

Кожен із цих елементів має суттєве значення і модулює в собі численні варіанти набору техніки й агрегатів, асортименту гербіцидів, але одне має

залишатися незмінним – це строки виконання усіх елементів технології, оптимізовані під певні природно-кліматичні умови з урахуванням фізіологічних і біологічних потреб кукурудзи [230].

За якісної передпосівної підготовки ґрунту, достатньої зволоженості насіннєвого ложа та сівби сучасними сівалками додатково прикочувати ґрунт не обов'язково. Прикочування ґрунту гладкими водоналивними чи іншими катками може бути проведено до- чи після сівби за таких обставин:

- коли посівний шар ґрунту недостатньо зволожений, надмірно рихлий, збагачений органічними рештками для підтягування вологи з нижніх шарів;
- за швидкого пересихання посівного шару ґрунту;
- за ранніх строків сівби з метою покращення теплозабезпеченості насіння;
- коли допущені помилки під час передпосівної підготовки ґрунту і сівби (недостатня вирівняність поверхні, наявність крупних грудок, нерівномірне загортання насіння) [73].

Основні агротехнічні операції подальшого догляду за посівами кукурудзи зводяться до наступного:

- за необхідності проводяться механічні розпушування ґрунту з метою покращення газообміну, попередження непродуктивних втрат вологи та підживлення рослин;
- регулювання фітосанітарного стану посівів – знищення бур'янів, шкідників, попередження або обмеження розвитку хвороб.

Боронування до і після появи сходів, коли бур'яни знаходяться у фазі проростків чи тонких ниточок, дозволяє знищити 93-95% ранніх і 45-65% пізніх ярих бур'янів. Якщо бур'яни утворили два зелених листочки, то знищується лише 80-85%, а у фазі 4-х листочків – 61-65%. Боронування по сходах проводять упоперек рядків у денні години, коли рослини втрачають тургор і менше ламаються. Швидкість руху агрегату – 5-6 км/год [202].

Вирощування кукурудзи за інтенсивною малогербіцидною або безгербіцидною технологією, особливо харчового напряму використання, за вегетаційний період проводяться 2-3 міжрядних обробітків:

– перший – у фазу розвитку кукурудзи 3-4 листки на глибину 6-8 см;

– другий – 7-8 листків на глибину 6-8 см;

– третій – 10-12 листків на глибину 8-10 см. Останній обробіток проводять із загортанням бур'янів у рядках.

Особливістю біології ранніх ярих бур'янів є те, що вони проростають раніше за кукурудзу. Тому деякі з них гинуть під час проведення передпосівного обробітку, а 70-80% проростків можна знищити за проведення 2-3 досходових боронувань упоперек рядків легкими або середніми боронами на глибину 3-4 см. Більш теплолюбні бур'яни сходять разом з культурою, тож у фазі 2-3 і 4-5 листків доцільним буде проведення післясходового боронування. У подальшому агротехнічні заходи контролю забур'яненості полягають у проведенні міжрядних обробітків грунту культиваторами типу КРН-4,2; КРН-5,6 у фазах 5-7 та 9-10 листків. Глибина першого обробітку – 4-5 см, другого і, за необхідності, третього – 6-8 см [314].

Хвороби та шкідники кукурудзи. Головними чинниками, що дестабілізують виробництво зерна, є хвороби, які знижують ефективність сучасних технологій вирощування кукурудзи [451-453], тому подальший ріст виробництва зерна кукурудзи в значній мірі пов'язаний зі скороченням втрат урожаю від шкідливих організмів, за рахунок підвищення загальної культури землеробства [391, 451].

У захисті від хвороб важливе значення має стійкість гібриду до типових хвороб і протруювання насіння. Порівняно з іншими культурами, кукурудза уражається хворобами значно менше. Проте вони можуть завдати значної шкоди посівам.

На якість зерна більше, ніж шкідники, впливають хвороби [254]. Пошкоджені шкідниками качани в полі легко піддаються фузаріозному загниванню або пліснявінню. Збудники цих хвороб можуть призводити до зниження продовольчих, фуражних і технологічних якостей зерна. Уражене зерно втрачає товарний вигляд, може набувати токсичних властивостей, погано зберігається [254, 444, 445].

Кукурудза менше уражується хворобами, порівняно з іншими зерновими культурами, проте вони можуть завдати значної шкоди посівам [44, 431, 454].

Втрати врожаю зерна кукурудзи від хвороб залежно від гібриду й погодних умов складають 9-22%, шкідників – 11-18%, бур'янів – 25-30% за середнього забур'янення, а за сильного – 30-50% і більше [391, 431, 444, 445].

Щорічні недобори й втрати врожаю кукурудзи, а також суттєве зниження якості вирощеної продукції спричиняють численні хвороби грибної мікози, бактеріальної та вірусної етіології [46, 455].

Неможливість точно підрахувати втрати врожаю від ураження хворобами пов'язані з тим, що зниження густоти стояння кукурудзи внаслідок захворювання сходів не можна розцінювати як безумовне зниження врожаю, тому що за розрідженого стояння рослини можуть часто компенсувати втрати завдяки кращому розвитку. Розмір компенсації може залежати від родючості ґрунту та його вологості. Там, де відчувається нестача поживних речовин і вологи, компенсація має бути більшою, ніж там, де їх удосталь. Розмір площі листкової поверхні, що загинула від хвороб, не завжди свідчить про відповідну втрату врожаю [456].

Розміри втрат значною мірою визначаються строком початку захворювання листя. Хвороби листя, які досягають значного розвитку, лише після того, як у качанах нагромадилась максимальна кількість сухої речовини, майже або зовсім не призводить до зниження врожаю. У разі сильного ураження листя до моменту викидання приймочок або й трохи згодом урожай може знизитися на 50% [370, 456].

Важливим моментом зменшення втрат зерна кукурудзи від хвороб і збереження його якості є необхідність перед закладанням на зберігання визначати відсоток заражених грибковими та бактеріальними хворобами. Наприклад, у насінного зерна, ураженого фузаріозом, різко погіршуються посівні якості [46, 112].

Упродовж періоду вегетації та навіть під час зберігання кукурудзу

уражують понад 100 видів грибів і бактерій, деякі вірусні та мікоплазмові хвороби. Переважна більшість збудників хвороб уражує тільки кукурудзу і не може живитися більше нічим. Лише окремі хвороби є спільними для кукурудзи й інших видів рослин: фузаріоз, біла гниль, плісняві хвороби [62, 376].

Більшість хвороб кукурудзи спричиняється грибами, менше – бактеріями та вірусами [370, 457, 458].

Відомо, що в кожній ґрунтово-кліматичній зоні кукурудза уражується 10-15 збудниками хвороб і шкідниками. Водночас шкідливу дію на врожай мають збудники, які викликають хвороби коренів, стебел, качанів, зокрема кореневі й стеблові гнилі, із шкідників: кукурудзяний стебловий метелик і західний кукурудзяний жук [377, 432].

За останні десять років структура хвороб змінилася. До **найпоширеніших хвороб** більшості регіонів вирощування кукурудзи належать: пухирчаста й летюча сажки [451, 452], фузаріоз качанів, пліснявіння насіння, стеблові й кореневі гнилі, бактеріоз [75, 454, 445], гельмінтоспоріоз, диплодіоз, іржа, нігроспороз. Хвороби зерна під час зберігання й хвороби сходів [44, 67, 371, 459] призводять до загибелі уражених рослин, зниження продуктивності й погіршення якості отриманого врожаю [240, 376, 454, 460].

Наразі основні втрати зерна кукурудзи під час її вирощування й зберігання спричиняють факультативні патогени. Недобір урожаю внаслідок ураження проростаючого насіння пліснявінням, зниження польової схожості, зменшення продуктивності ураження рослин становить 11-14% [450].

Збудники хвороб порушують нормальний перебіг фізіологічних процесів у рослинах, викликають часткову або повну їх загибель, призводять до недозрівання врожаю, зменшення кількості плодів, у результаті чого погіршується якість і знижується врожайність [458].

Віруси. Внаслідок порушення процесів метаболізму віруси викликають різні патологічні аномалії зовнішнього вигляду й морфології рослин [457]. Через ослаблення асиміляційних і транспіраційних функцій рослини відстають у рості, нерідко набуваючи карликового вигляду, та різко знижують свою продуктивність: урожай зерна й зеленої маси. У роки масового поширення вірусних хвороб втрати сягають 30-55%. Залежне від типу, характеру джерел інфекції та часу зараження втрати продукції коливаються від 9 до 90% [112, 457].

У світі відомо 57 вірусів, що здатні уражувати кукурудзу: 16 із них – специфічні для кукурудзи, а інші – для злакових культур або мають широку спеціалізацію [457].

Пухирчаста сажка проявляється у всіх зонах вирощування кукурудзи, особливо в районах із нестійким і недостатнім зволоженням [461], вона максимально пристосована до культури. В умовах Лісостепу України ураження **пухирчастою сажкою** становить 3,7-8,3%, а, за останніми даними, в окремих посівах можуть становити 15% і більше (**ЕПШ** – 5-10%) [369, 451, 456, 462].

Вздуття, які утворюються на качані або стеблі вище качана, знижують урожайність зерна кукурудзи на 30-50% [67, 461, 462].

Шкодочинність хвороби проявляється не тільки в передчасному всиханні

та відмиранні, а й у виляганні рослин, що затрудняє механізоване збирання, збільшує втрати та зменшує масу зерна, погіршує його якість, оскільки деформуються качани, знижується виповненість їх верхівки [431, 463].

Окрім того, уражені рослини втрачають кормову цінність, оскільки пухлини (хламідіоспори) є токсичними для тварин [456, 460, 463], хоча згодовування силосу, який містить пухирчату сажку, не впливає на здоров'я тварин [44, 67, 73].

Зниження врожаю кукурудзи від пухирчастої сажки залежить від ступеня стійкості гібрида проти хвороби, агрокліматичних умов вирощування кукурудзи, фази (часу) зараження рослини [371], розміру й кількості пухлин на одній рослині [371, 464]. Домінування пухирчастої сажки на посівах кукурудзи зберігається кілька десятиліть поспіль [445, 452, 465].

Збудником пухирчастої сажки є гриб *Ustilago zeae* (Beckm.) Unger (син. *U. maydis* (DC) Corda) [44, 371, 376, 445], дуже теплолюбний: тепловий оптимум його лежить у межах 26-34°С [43, 461]. Пухирчаста сажка проявляється протягом вегетації на всіх органах кукурудзи, окрім підземних коренів [43, 73, 371, 451].

На стеблах, листкових піхвах, качанах (рудиментарні качани), зернівках, волоті, стеблі й на повітряних коренях (кореневій шийці) утворюються здуття (нарості, пухлини, гали, жовни) різної форми і розмірів (до 15 см у діаметрі). Утворення пухлин пов'язане з інтенсивним розвитком міцелію гриба. Найбільші розміри пухирів часто спостерігаються на качанах (уражуються окремі зернівки у верхній частині качана) і стеблах, найменші – на листках у формі зморшок або дрібних здуттів, які часто підсихають до утворення спор [44, 371, 374, 454, 460]. Спори гриба розносяться вітром, опадами, комахами [44]. В 1 $см^3$ пухлини тканини утворюється близько 370 млн. теліоспор [463].

На молодих листках і їхніх піхвах можна вперше виявити цю хворобу, навіть починаючи з фази сходів. Згодом пухирчаста сажка проявляється на стеблі, волоті, а під час цвітіння – на качанах. Після викидання волоті та початку цвітіння інфікуються пазухові бруньки, які знаходяться під піхвою листків нижче качана. Ураження стебла може призвести до його викривлення, відламування й відмирання. Тому стеблова форма хвороби вважається найнебезпечнішою [371, 460].

Протягом вегетації кукурудзи гриб поширюється теліоспорами (розмір 8-13 мкм). Розвиток пухирчастої сажки починається з невеликої світлої плями, що поступово розростається в пухлину, яка в декілька разів перевищує свої первинні розміри. Спочатку вона заповнена білою м'якоттю, брудно-білою слизистою масою, а згодом – чорною порошковидною масою теліоспор збудника хвороби. Руйнування оболонки пухирів призводить до вивільнення спор, поширення їх полем за допомогою вітру й ураження молодих органів рослин. Найкраще теліоспори гриба проростають у краплині води (дощ, роса) за температури +23…+25°С, протягом декількох годин. Мінімальна температура для проростання теліоспор – 0…+5. Сформована інфекційна гіфа пророслих спор проникає в рослину через епідерміс молодої меристеми. За сприятливих умов через три тижні в місцях ураження розвивається здуття з новими

теліоспорами [369, 371, 374, 464].

Спалахи хвороби з ураженням до 25% рослин спостерігаються за наявності крапельної вологи і (короткочасні опади, роси) за формування 7-9-го листків і під час цвітіння кукурудзи на фоні тривалої посухи та підвищених (+ 25°С і вище) температур [73, 92, 155, 462]. Інтенсивне зараження рослин відбувається за умов суттєвого зниження тургору [463]. Через 15-20 годин після проростання теліоспори формують базидії з базидіоспори, які ще додатково брунькуються, утворюючи споридії (вторинні конідії), які також здійснюють зараження рослин. Останні заносяться вітром на рослини та заражують їх, спричиняючи місцеве ураження. Базидіоспори і споридії гриба погано витримують зниження вологості й гинуть у посушливу погоду через 30-35 діб [456, 463].

Одноклітинні прозорі базидіоспори звичайно формують тонку гаплоїдну грибницю, яка вбудовується в тканини рослин, де утворюється дикаріофітна грибниця. Остання викликає гіпертрофію тканин, появи жовн, де знаходяться теліоспори [83, 112].

За вегетацію рослин гриб може дати 3-4, а іноді й 5 поколінь теліоспор, чим пояснюється сильний прояв захворювання перед початком збирання кукурудзи. Грибниця збудника хвороби (Ustilago zeae) дифузно не поширюється по рослині, тому кожне утворене здуття є місцем зараження рослини [371, 374, 455].

Паразит може проникати в тканини рослини-господаря через продихи та механічні пошкодження. Органи рослин можуть уражуватись у будь-який період їх росту, найнебезпечнішим є ураження молодих рослин, інколи у фазу сходів. Рослини, заражені через колеоптиль (зараження верхівкової бруньки), гинуть. Уражені стебла й коренева шийка втрачають міцність і ламаються від вітру, качани втрачають продуктивність [73, 371, 374, 461].

Основне джерело інфекції пухирчастої сажки – теліоспори збудника хвороби в незруйнованих пухлинах. У такому стані життєздатність спор зберігається до чотирьох років. Поодинокі теліоспори в ґрунті під дією вологи і мікроорганізмів гинуть через кілька місяців. Інфекція також може зберігатися на насінні кукурудзи [73, 371].

Сажкові спори зберігають життєздатність як на поверхні ґрунту, так і на глибині 20 см протягом 10-12 місяців. Спори, що знаходяться в жовнах, можуть бути джерелом інфекції протягом 2 років. Дещо гірша життєздатність спор на поверхні ґрунту й на глибині 5 см, ніж на глибині 20-25 см. Низькі температури (до мінус 13-20°С) не впливають негативно на хламідоспори. Сухі телеоспори зберігають життєздатність до 4 і навіть до 10 років. Гриб не поширюється дифузно, кожне здуття є місцем самостійного ураження рослин [73].

Водночас теліоспори, що знаходяться у вигляді пухирчастих здуттів, внаслідок поганої водопроникності протягом осені, зими і весни не гинуть. Весною за обробітку ґрунту здуття розбиваються та із них спори розносяться вітром й уражують рослини [464].

Пошкодження кукурудзи шведською мухою підсилює ураженість рослин пухирчастою сажкою. Насіннєва інфекція має відносно невелике значення в поновлюванні пухирчастої сажки [73, 456, 464], ступінь розвитку якої залежить

від вологості ґрунту. За оптимальної вологості (60% повної вологоємкості) ураженість рослин завжди менша, ніж за низької (40%) або високої (80%). Коливання вологості ґрунту призводять до посилення ураження рослин. Це явище слід враховувати, вирощуючи кукурудзу на зрошуваних землях [374, 376, 461].

Розвитку пухирчастої сажки сприяють: невеликі опади під час ураження, а також пізній термін сівби й загущені посіви [376].

Характеру епіфітотії пухирчаста сажка може набувати в посівах менш стійких гібридів, у разі порушення технології застосування післясходових гербіцидів, механічного пошкодження рослин, що виникають у результаті дії шкідників та під час догляду за рослинами або під впливом різних абіотичних факторів (градобій та ін.), тому що пошкодження «відкривають ворота» для інфекції в ті тканини, які поки що залишалися захищеними [376, 456, 462].

В Україні **летюча сажка** поширена в основному в центральному Лісостепу, (Хмельницька, Черкаська, Кіровоградська, Київська, Харківська області) та в Степу (Одещина Херсонщина), де ураженість рослин становить 1-3%, в окремих осередках – 4-8% [456, 460, 461].

За даними Інституту захисту рослин в Україні, в окремі роки, залежно від погодних умов, зараженість посівів летючою сажкою досягає 15% площ, а в окремих регіонах навіть 70-100%. Внаслідок цього спостерігається інфікування зерна кількома різними видами мікроорганізмів [453].

Зараження рослин летючою сажкою відбувається у фазі сходів, які сприйнятливі до їхньої появи на поверхні ґрунту, але проявляється захворювання лише в період цвітіння на волоті й качанах [374, 456, 460, 462].

Уражені рослини відстають у рості, надмірно кущаться, листя дуже розростається й деформується(схильні до фасціації), качани тривалий час не виступають із піхв листків [374, 456, 460].

Гриб усередині рослин розвиває дифузний міцелій, який сягає волотей, качанів і спричиняє їхньому руйнуванню з утворенням маси хламідоспор. Качан і волоть повністю руйнуються й перетворюються на чорну порохнисту масу спор, що при дотику порошить. Замість качана утворюється сухе овально-конусоподібне жовно (конусоподібний клубок), наповнене чорною масою теліоспор (9-14 мкм в діаметрі) і залишками провідних пучків стрижня качана, а зовні вкрите вкороченими обгортками [67, 73, 456, 462].

Останні спочатку зелені й щільні, а згодом (фаза молочної стиглості) жовтіють, висихають і розкриваються. Сажковий клубок повільно розпилюється до фази повного достигання кукурудзи. Спори в жовні утримуються залишками волокон качана, тому вони розпилюються поволі. Волоть майже повністю перетворюється на чорну пилову масу спор збудника хвороби [371, 455, 460].

Часто волоть уражується не повністю, і тоді патоген руйнує її нижню частину, яка складається зі спорової маси. Іноді руйнуються тільки окремі частини суцвіття і навіть окремі квітки. Також бувають випадки, коли під впливом гриба відбувається заростання волоті: замість неї формуються листкові утворення [374, 454].

Теліоспори S. reilianum з уражених волотей і розкритих жовен осідають на

ґрунт і зерно качанів. В орному шарі ґрунту життєздатність збудника летючої сажки може зберігатися кілька років (2-4 і навіть до 5років). Зараження рослин відбувається переважно ще у ґрунті під час проростання насіння. Уражені рослини відстають у рості, часто деформуються [73, 371, 374]. Шкодочинність захворювання полягає як в прямому недоборі врожаю, так і в прихованих втратах, пов'язаних із випаданням окремих проростків, низькорослістю рослин і недорозвитком качанів. У разі хвороби недобір врожаю може сягати 15-20% [369, 374].

Збудником хвороби є гриб Sphacelothecareiliana (Kühn) Clint (син. Sorosporium reilianum Mc Apl f. zeae Geschele; S. holci-sorghi (Riv.) Noesz [44, 374, 454, 456]. Це теплолюбний гриб, унаслідок чого захворювання фіксують переважно в південних районах України (оптимум для проростання хламідоспор і для розвитку хвороби – +28-30°С) [73, 456].

Значне ураження кукурудзи летючою сажкою відзначається в районах із теплою весною, жарким літом, при монокультурі а також на ділянках пізніх строків сівби [67, 374, 456].

Кукурудза кременистого підвиду, окрім ранньостиглості характеризується стійкістю до грибкових захворювань (особливо летючої сажки), а зубоподібна, особливо борошниста – менш стійка [93, 273].

Джерелами інфекції є зерно із хламідоспорами гриба, що прилипли до нього, і ґрунт, куди вони потрапляють під час збирання врожаю. Життєздатність патогенна в ґрунті зберігається до двох років [73, 374, 456]. Спори збудника летючої сажки кукурудзи можуть, не втрачаючи життєздатності, зберігатися в ґрунті триваліший термін, ніж спори інших видів сажки, особливо якщо вони знаходяться не у розпорошеному стані, а у вигляді грудочок [456].

Ураження кукурудзи (до 7-31% рослин) **гельмінтоспоріозом** або **бурою плямистістю (Northern corn Leaf Blight**) знижує врожай до 30%, а в роки епіфітотій ще більше до 80-86% [454, 466]. Шкодочинність захворювання полягає в передчасному відмиранні листя, що викликає зниження урожаю не тільки зерна, але й зеленої маси. Дуже пошкоджені рослини стають сприйнятливі до ураження стебловими гнилями [44, 67, 342, 456].

Збудником гельмінтоспоріозу є незавершений гриб Exserohilum turcicum (Pass.) Leonard et Suggs (анаморфа); синоніми: Bipolaris turcica (Pass.) Shoemaker, Helminthosporium turcicum (Pass.), Drechslera turcica (Pass.) [454, 456]. Він уражує листя, підземні й надземні міжвузля, корені, обгортки, інколи качани, інтенсивно уражуються органи рослини за вологої погоди [462].

Гриб є факультативним паразитом із широкою філогенетичною спеціалізацією. Окрім кукурудзи, він уражує сорго, просо куряче та ін.. E. turcicum характеризується високою мінливістю патогенних властивостей і наявністю рас. Хвороба, як правило, розвивається в умовах достатнього й надмірного зволоження, сильних росах, за наявності на листовій поверхні вологи протягом 6-18 годин (конідії проростають у краплинній волозі),при підвищеній температурі (+23…+30°С) і оптимальній вологості повітря (вище 90%). Рослини уражуються ростковою трубкою конідії через продихи, зрідка через епідерміс. Сильне ураження спостерігається на пізніх посівах кукурудза [454, 462].

Інкубаційний період захворювання залежить від віку рослин і стану листової поверхні. На молодих рослинах він триває від 3 до 7, а на дорослих – 7-11 діб. Найбільш інтенсивне споро ношення спостерігається за стовідсоткової вологості [454, 456].

Проявляється здебільшого на листках молодих і дорослiших рослин. Спочатку з'являються невеликі білуваті, а потім буріючі плями з темно-коричневою або червонуватою облямівкою, які можуть сягати до 10 см завдовжки. У центрі плями утворюється бурувато-оливковий наліт. Згодом плями збільшуються, часто зливаються й охоплюють майже всю пластинку листка, внаслідок чого листки засихають і відмирають. Розвиток хвороби зазвичай починається на нижніх листках і поступово охоплює верхні. Часто плями сягають 25 і більше сантиметрів завдовжки [44, 67, 454, 456]. У основи стебла і між зернами утворюється густий темно-коричневий наліт. При ураженні коренів рослини зав'ядають. Сильно уражуються пізні посіви кукурудзи [83].

За період вегетації рослин гриб може сформувати 2-3 покоління конідій. Конідії стійкі до низьких і високих температур. Звичайно на поверхні ґрунту й на глибині до 10 см гриб зберігається в рослинних рештках у вигляді грибниці, яка весною дає нове конідіальне спороношення. У ґрунті на глибині 20 см він гине. Бідні, погано удобрені ґрунти сприяють ураженню кукурудзи бурою п'ятнистістю [342, 454, 456].

Грибниця збудника спочатку розміщується між клітинами в паренхімній тканині, а потім у судинній системі листків, унаслідок чого ураження нагадує листковий трахеомікоз. На поверхні листків у місцях плям гриб утворює конідіальнє спороношення у вигляді дернинок. Конідієносці оливково-бурі, прямі або злегка зігнуті, з трьома перегородками, завдовжки близько 150 мк [456].

Ураження посівів зернової кукурудзи хворобами насамперед буде зумовлено погодними умовами впродовж вегетації та якістю передпосівної підготовки насіння. Вогнища розвитку хвороб можуть виникнути на полях з порушенням технології вирощування (сівозміни мають коротку ротацію, набір гібридів обмежений для кожного господарства та ін.). Більш сильно уражуються хворобами пізні, загущені, посіви [62, 454]. Ураження кукурудзи північним гельмінтоспоріозом впливає на масу зерна з качана, масу 1000 зерен і в меншій мірі на кількість зерен у качані та його довжину [467].

На качанах це захворювання може проявлятися біля їх основ і в поглибленнях між рядами зернівок у вигляді густого темно-коричневого повстяного нальоту [456].

Стеблові й кореневі гнилі – хвороби рослин, що старіють, широко поширені в основних регіонах вирощування кукурудзи [468], які краще розвиваються на ослаблених рослинах за незначної кількості опадів і підвищеної температури, що обумовлюється напівсапрофітністю їх патогенів і порушенням технології вирощування кукурудзи, механічного пошкодження рослин, частіше на початку та перед закінченням їх вегетації. Хвороба може поширюватися від кореня в нижні міжвузля стебла, оскільки відмирання паренхімних вузлів і міжвузль стебла починається в його нижній частині [273, 432]. Подальший

розвиток грибниці відбувається всередині рослини міжклітинно, патоген виділяє отруйні речовини – мікотоксини, що спричиняють відмиранню й загниванню рослинних тканин [432]. Дані хвороби сприяють зниженню площі листової поверхні, тривалості фотосинтезу [369, 458, 468, 469] й урожайності зерна на 10-16% [455], а за іншими даними [454, 455, 470] на 20%, а на окремих полях можуть сягати і 50%.

Стеблові гнилі також можуть уражувати кукурудзу протягом всього періоду вегетації, незалежно від фази її росту й розвитку. Інфекція викликається комплексом напівпаразитичних грибів, які здатні зберігатися у ґрунті або на рослинних рештках. ЇЇ шкідливість зумовлена тим, що збудник хвороби пригнічує ріст і розвиток рослин у початковий період, порушуються функціональні процеси в рослинному організмі, внаслідок чого знижується продуктивність рослин. Місця локалізації інфекції різні: корені, стебла, піхви листків, пазушні бруньки і зерно, тобто відсутня органотропна спеціалізація збудників стеблової гнилі [238, 432]. Існує взаємозв'язок між ураженістю рослин гнилями під час сходів і в період більш близький до дозрівання зерна [470].

Кількість рослин, уражених стебловими гнилями, з року в рік може змінюватися і залежить, головним чином, від метереологічних умов другої половини періоду вегетації та від стійкості рослин конкретних гібридів[83, 347]. Ураженість сходів кореневими гнилями, зокрема фузаріозною, супроводжується загибеллю майже 5% рослин [73, 83].

Не менш шкодочинна прихована форма хвороби, за якої продуктивність зерна уражених рослин знижується на 15-20%, листостебельної маси на 26-48, а в окремих випадках до 60%. Ця особливість втрат не приймається до уваги багатьма дослідниками. Однак урожай уражених, але не полеглих рослин все ж значно нижчий, ніж у здорових [471].

Часте вирощування кукурудзи на одному й тому самому полі або її монокультури призводить до накопичення в ґрунті збудників кореневих гнилей, сажкових хвороб, гельмінтоспоріозу, диплодіозу, ризоктоніоз тощо [44, 273, 462].

В умовах природного зараження можливі три типи ознак стеблових гнилей: некроз міжвузль (вузли здорові); некроз вузлів (міжвузля здорові); некроз вузлів і міжвузль [432]. Ознаки гнилей стебла звичайно не появляються доти, поки рослина не буде близька до дозрівання, саме зараження кукурудзи проходить набагато раніше. Хвороба залишається прихованою до тих пір, поки стебло містить високі концентрації розчинних вуглеводів [472].

У молодих рослин хвороба розвивається на коренях (первинних і вторинних) у вигляді загнивання паростків. Починаючи з молочної стиглості качанів, вона переходить на нижню частину стебла, охоплюючи декілька міжвузль (2-3 нижніх вузла та міжвузля), викликаючи загнивання нижньої частини стебла й коренів [376, 456, 458, 462]. Спочатку вони з'являються на стеблах у вигляді бурих або солом'яних п'ятен різної форми, які покриваються червоно-білим або біло-розовим нальотом. За розвитку стеблових і кореневих гнилей відбувається мацерація й зневоднення уражених частин рослини.

Підземне міжвузля і корені набувають червоний колір, а паренхіма серцевини руйнується [377, 432, 458].

Збудники кореневих і стеблових гнилей сприяють утворенню небезпечних мікотоксинів цеараленонів і трихотеценів (T_2-ТОКСИН і HT_2-токсин), які викликають у людей і тварин важкі захворювання [44]. Шкідливість кореневих і стеблових гнилей підвищується за неякісної підготовки насіння та пошкодження рослин ґрунтовими шкідниками [466].

В умовах України збудники стеблових гнилей кукурудзи представлені видами Fusarium в основному F. Moniliforme та F. Graminearum, які можуть уражувати й інші культури та мають екологічні популяції, пристосовані до певних кліматичних зон [44, 92, 432]. Поширюються гриби спорами – конідіями, що утворюються на грибниці. Конідії бувають двох типів: макроконідії – веретено- або серпоподібні з 3-5 перегородками й мікроконідії – овальні чи грушоподібні одно- або двоклітинні, безбарвні, у масі рожевуваті [329, 432].

Ураження рослин вугільною та білою гнилями характеризується ураженням рослин у нижній частині стебла. Якщо вони розвиваються до повного достигання кукурудзи, то утворюються щуплі качани [456].

Стеблові й кореневі гнилі найчастіше є основними причинами вилягання рослин кукурудзи, особливо внаслідок перестою, що призводить до втрат урожаю, погіршення якості зерна, затрудняє механізоване збирання. Збирання зламаної та полеглої кукурудзи – нелегка справа, а качани, що торкаються вологого ґрунту, швидко уражуються й руйнуються грибами [73, 329, 432]. Можливий і негативний вплив на стабільність силосу й утворення токсичних речовин. Розмір ураження залежить не тільки від ступеня ураженості, але й від фізіологічної будови і конституції рослини. Ця хвороба особливо сильно розвивається за посухи на піщаних і легких ґрунтах [73].

В усіх зонах кукурудзосіяння в Україні переважає фузаріозний тип гнилі, гельмінтоспоріозний частіше виявляється в західних областях, біла, сіра та інші гнилі – у північних, центральних регіонах і в умовах зрошення [369, 455].

Зрошення підвищує стійкість кукурудзи до ураження стебловими гнилями, за зрошення фізіологічне старіння рослин зміщується, стебло тривалий час продовжує залишатися соковитим і зеленим із здоровими та живими клітинами.

Кукурудза в першу половину вегетації містить речовини, які інгібірують розвиток патогенів в стеблі, а після утворення качанів вона втрачає цю властивість, у результаті чого відбувається проникнення патогенів у рослину. Важливу роль у поширенні стеблових гнилей відіграють токсини. Утворення їх характерне для всіх факультативних паразитів. Вбиваючи сусідні клітини, гриб забезпечує собі можливість розвитку всередині рослини. Хвороба починається із ураження кореневої системи й закінчується ураженням стебла. Відмирання клітин кореня й паренхіми стебла ведуть до передчасного старіння рослин [470].

Кореневі гнилі найбільш активно проявляються за дефіциту вологи на початку вегетації (проростання насіння – фаза 3-5 листків) і в фазі молочної стиглості [329, 376, 473], дефіцит вологи призводить до ослаблення рослин, відмирання окремих клітин і тканин, що знижує їхню стійкість до хвороби [462]. Такі умови підвищують вилягання рослин за рахунок ураження хворобами й

руйнування тканин стебла на 3-5 міжвузлях і погіршують розвиток повітряних коренів.

Інтенсивному розвитку хвороби сприяють помірні температури (+18…+30°С) та рясні роси впродовж вегетаційного періоду, водночас поширення більшості інших хвороб затримується [273, 432, 454, 462]. Висока температура й довгі періоди з відносною вологістю повітря нижче 30% під час органогенезу, цвітіння й запліднення кукурудзи (третя декада травня-2 декада серпня), тобто посуха і жара в період активної вегетації кукурудзи (хронічний водний стрес, у період із високою транспірацією) сприяють інтенсивному старінню рослин, обезводнення тканин та ураженню кукурудзи стебловими гнилями, особливо ранньостиглих форм. На середньостиглих і середньопізніх генотипах ці закономірності прослідковуються в меншій мірі, так як на них патологічний процес проходить в осінні місяці [432, 473].

Відхилення кількості опадів у липні від середньої багаторічної норми вбік зменшення в 1,5-2 рази сприяє розвитку стеблових гнилей, а збільшення опадів в цей період, навпаки, підсилює опір рослин [432, 474]. Інтенсивному розвитку стеблових і кореневих гнилей сприяє також випадання великої кількості опадів у період збирання (повна стиглість зерна), яке спричиняє розмокання стебел і нижньої частини міжвузль [470]. Нестійкі до гнилей рослини кукурудзи характеризуються інтенсивним нагромадженням сухої речовини на одиницю біомаси, що швидко старіють.

В. В. Кириченко, Л. М. Чернобай, М. М. Чупіков [475] стверджують, що існують достовірні кореляційні зв’язки між висотою прикріплення качана, кількістю листків, товщиною паренхімного шару та продуктивністю з ураженістю гнилями.

Кислотність ґрунту підвищує ураженість рослин кукурудзи стебловими гнилями [432, 472]. Окрім того, на стійкість кукурудзи до стеблових і кореневих гнилей суттєвий вплив здійснює характер розвитку кореневої системи. У рослин, які характеризуються добре розвиненою кореневою системою присутня підвищена стійкість до вилягання й ураження кореневими та стебловими гнилями [365, 476]. Форми кукурудзи з пониженою збиральною вологістю зерна більше уражуються стебловими гнилями, а з підвищеною – стійкіші. Внаслідок ураження кукурудзи стебловими гнилями часто відбувається передчасне відмирання рослин, припиняється накопичення сухої речовини - і зерно, як правило, буде з меншою масою й пониженим вмістом вологи [477].

Окрім впливу погодних умов і тривалості вегетаційного періоду на стійкість до стеблових і кореневих гнилей існує залежність ураження гібридів кукурудзи хворобами від видового складу патогенів й агротехніки.

Вагоме значення для стійкості кукурудзи до стеблових гнилей має ремонтантність, щільність паренхімної тканини, товщина та міцність бокової стінки стебла [232, 475].

Ремонтантні форми кукурудзи (*stay green-ефект*) характеризуються значною інтенсивністю фізико-хімічних процесів, мають велику кількість живих клітин стебла в період дозрівання, що дозволяє їм залишатися стійкими проти стеблових і кореневих гнилей. Ремонтантні гібриди, у яких

листостеблова маса повільно старіє, мають більш високий вміст цитокініну й менший абсцизової кислоти, ніж рослини інших гібридів. Повільно старіючі гібриди відрізняються високою стійкістю до вилягання, а під час достигання вони менше уражуються такими хворобами, як стеблові гнилі (фузаріози) [329, 335, 478].

Втрата ремонтантності, пов'язана з тривалим перестоєм після дозрівання або ранніми заморозками, прямо пропорційна втраті стійкості проти стеблових і кореневих гнилей [335, 479].

Рослини гібридів, стійких проти кореневих і стеблових гнилей, мають більшу інтенсивність росту (подовжений другий період вегетації), значну площу листової поверхні й високу міцність бокової стінки стебла [71].

Фузаріозна гниль поширена скрізь, де вирощують кукурудзу, особливо в районах надмірного зволоження та у вологі роки. Вона розвивається на нижній частині стебла й на міжвузлях, качанах у вигляді світло-жовтих або бурих плям, на яких у вологу погоду з'являється біло-рожевий або червонуватий наліт – конідіальне спороношення збудника хвороби [345, 376, 444, 445]. За інтенсивного розвитку хвороби рослини набувають сірого забарвлення, стають подібними до пошкоджених морозом або посухою [463]. Фузаріозна стеблова гниль проявляється на двох-трьох нижніх міжвузлях і вузлах дорослої рослини. На стеблах захворювання проявляється у вигляді трьох форм: некрозу лише вузлів, міжвузлів й одночасно некротичного ураження, вузлів, міжвузлів. Стебло в місцях ураження стає порожнистим і нерідко розмачулюється. Підземне міжвузля й корінці набувають червоного кольору, а паренхіма серцевини руйнується [369, 376, 444, 445].

Фузаріоз з'являється, починаючи з фази молочної стиглості. Качани з нещільною обгорткою більше уражуються фузаріозом зерна, ніж качани зі щільно прилеглою [456]. Він розвивається також на качанах (у період молочно-воскової стиглості зерна), які пошкоджені бавовниковою совкою, кукурудзяним метеликом й уражені біллю. У такому разі збудник проникає в ендосперм, руйнує його, а потім переходить на здорові зернівки [432, 444, 445, 472].

Уражені зернівки втрачають блиск, стають грязно-бурими, водночас частина зерен у великому качані, які розміщені за вогнищем ураження, не мають видимих ознак ураження, однак є інфікованими [456, 464]. Сильний розвиток хвороби на зернівках призводить до значної втрати ними сухої речовини, внаслідок чого маса зерна зменшується майже вдвоє. Після збирання й обмолочування качанів кукурудзи розвиток гриба на зернівках може тривати при порушенні умов зберігання [83, 444].

Уражена продукція не використовується в якості корму, так як мітотоксини шкідливі для здоров'я тварин [73].

Збудником хвороби є сумчастий гриб *Giberella fujikuroi* (Sawada) Ito et Kimura (анаморфа: *Fusarium moniliforme* Sheld.) [444, 445, 456]. У розвитку кореневої гнилі можуть брати участь також гриб *G. avenaceaCook* (анаморфа: F.*avenaceum*(Fr.) Sacc.), гриби з роду *Fusarium* Lk. (*F. culmorum* Sacc, *F. proliferatum* (T.Matsus.) Nirenberg та ін.). Шкідливість фузаріозної гнилі залежить від ступеня ураження рослин.

Конідіальне спороношення гриба представлено численними мікроконідіями й незначною кількістю макроконідій. Мікроконідії безбарвні, веретено-яйцеподібні, одноклітинні або з однією перегородкою. Вони формуються на верхівках конідієносців у вигляді ланцюжків або несправжніх головок. Макроконідії безбарвні, шиловидні або злегка серпоподібні, що поступово звужуються до обох кінців, з 3-7 поперечними перегородками. Інколи на грибниці формуються темно-сині кулясті склероції [444, 445].

На уражених рештках гриб формує також сумчасте спороношення у вигляді темно-синіх округлих або яйцевидних плодових тіл - перитеціїв. Сумки циліндричні, колбоподібні, сумкоспори подовжено-еліптичні з однією перегородкою [455].

Заходи обмеження поширення хвороб. Система заходів із захисту кукурудзи від хвороб включає організаційно-господарські, агротехнічні, хімічні та біологічні методи контролю [67, 273, 345]. Основна увага в цьому акцентується на агротехнічних заходах і протруюванні насіння, а проведення фунгіцидних обробок у період вегетації явище доволі рідкісне [26, 345, 454].

Агротехнічні прийоми обробітку ґрунту (оранка, культивація, розпушування міжрядь) є дієвими та ефективними в боротьбі із хворобами та шкідниками кукурудзи [369, 383]. Глибока оранка з полицями сприяє загортанню в грунт збудників хвороб, які знаходяться на поверхні або на рештках рослин, зменшує уражуваність рослин сажкою, кореневими та стебловими гнилями в 1,5-2 рази [383, 450].

За Mini-till ураженість сходів кукурудзи пліснявінням (усіма типами збудників: фузаріозним, пеніцильозним, кладоспоріозним аспергільозним) становить 47,2%, а за обертання пласта не перевищує 36,9%. Аналогічна закономірність зберігається щодо ураження рослин стебловими гнилями [450]. Стійкість до стеблових і кореневих гнилей зумовлена частково генетично, але основними причинами, що викликають ураження кукурудзи хворобами, є погана якість насіння та недотримання технології вирощування.

С. М. Макарчук та ін. [480]. стверджують, що порушення технології вирощування кукурудзи та дощова погода сприяють поширенню кореневих гнилей.

Проводячи своєчасний захист рослин від шкідників (насамперед від ґрунтових, кукурудзяного метелика, бавовникової совки) можна обмежити ураження рослин кукурудзи стебловими й кореневими гнилями та хворобами качанів, зокрема фузаріозом [376, 444, 445].

Шкодочинність і поширеність хвороб залежить від трьох основних чинників: умов навколишнього середовища, наявності або відсутності нерідко дуже мінливих патогенів і відносної стійкості чи сприятливості рослини-господаря. Коли ці чинники поєднуються в комбінації і діють спільно за сприятливих для розвитку хвороб умов, виникають епіфітотії, за яких особливу роль відіграють температура, опади й вологість. Для розвитку більшості хвороб кукурудзи найсприятливішими умовами є велика вологість і помірні температури [356, 370, 376].

Одним із головних організаційних заходів є своєчасний збір урожаю та

післязбиральне заорювання пожнивних решток, на яких зберігаються конідіальне й сумчасте споро ношення, хламідоспори гриба. За оптимальних строків збору кукурудзи відбувається розбиття пухирів (гал) сажок, які можуть перебувати в життєздатному стані до 3 років, тому їх загортання в період збирання врожаю сприяє нейтралізації теліоспор. Завдяки цьому заходу ураженість у подальшому зменшується в 3-5 разів [43, 44, 432, 445].

Загортання рослинних залишків та їхнє посилене розкладання послабляє розвиток стеблових гнилей, тому що целлюлозолітичені бактерії, що розкладають рослинні залишки, здійснюють фунгістатичну дію на збудників стеблових гнилей. Залишки на поверхні ґрунту листостебельної маси з наступним її заорюванням є не тільки економічно вигідним процесом, а й енергозберігаючим, оскільки заощаджується пальне на транспортування їх від комбайнів до силосних траншей, на трамбуванні й укритті в траншеях [481].

Водночас дослідженнями К. В. Литвиненко (2008) [466] встановлено, що суттєвої різниці щодо ураженості рослин хворобами між варіантами із заорюванням і без заорювання рослинних решток попередника (озимини) не існує.

Цікаво, що стеблова гниль спостерігається рідше, якщо застосовувати для раціонального використання вологи систему екопар/стерня пшениці (екопар – система контролю за бур'янами, що передбачає раціональне використання вологи ґрунту за сівозміни з мінімальним порушенням ґрунту й наявністю на поверхні рослинних решток [472].

Велике значення в боротьбі з хворобами має підбір попередників. Зокрема, озима пшениця, кормовий буряк, гречка сприяють очищенню ґрунту від збудників сажкових захворювань, а ячмінь і горох, навпаки, підвищують ураженість кукурудзи цими хворобами [44]. Правильне чергування культур у сівозміні сприяє зменшенню інфекції багатьох хвороб, оскільки частина збудників гине, не знайшовши рослини-живильника, а деякі відмирають унаслідок появи іншої мікрофлори в ризосфері рослин [67, 73, 432].

Поля в сівозміні розміщують так, аби посів кукурудзи поточного року не був поряд із торішнім. Це зменшує поширення інфекції хвороб на нові посіви кукурудзи. Не слід також розміщувати посіви проса й могару поблизу посівів кукурудзи, оскільки це може призвести до посилення розвитку бактеріозу на качанах унаслідок пошкодження їх хлібними клопами [273, 369, 462].

Для боротьби із сажковими хворобами й шкідниками кукурудзи важливе значення має підготовка насіння до сівби – протруювання насіння перед посівом (видалення хворих насінин, сортування, калібрування), вилучення хворих, недорозвинених зерен. Препарати фунгіцидної дії захищають висіяне насіння, проростки й сходи від комплексу хвороб, інсектицидної дії – від пошкодження висіяного насіння, проростків і сходів ґрунтовими та наземними шкідливими комахами [67, 239, 371, 376].

Серед основних заходів захисту кукурудзи від сажкових хвороб є вирощування стійких гібридів [73, 371, 462], проти стеблових гнилей (витривалих (толерантні) і ремонтантних) [432, 482].

Дефіцит елементів живлення, екстремальні погодно-кліматичні умови

суттєво підвищують сприйнятливість рослин кукурудзи до ураження факультативними паразитами й кукурудзяним метеликом [391, 462].

Стеблові гнилі інтенсивно поширюються, якщо вміст азоту в ґрунті перевищує кількість калію [432, 482]. Стійкість кукурудзи до хвороб підвищується за обробки насіння глюкозидами (сполуки не гідролізованого азоту).

Проведення сівби в оптимальні терміни та забезпечення гарної аерації в зоні проростання насіння суттєво скорочує кількість рослин уражених хворобами [28, 44, 67, 376]. Для захисту сходів гібридів кукурудзи від холоду, шкідників і хвороб, особливо за раннього строку сівби, а також для покращення їхнього живлення необхідно застосовувати передпосівну обробку насіння захисностимулюючими речовинами й бактеріальними препаратами (інкрустація, дражування, капсулювання, інокуляція) [81, 106, 369].

Висока буферність ґрунту підвищує стійкість кукурудзи до збудників кореневих і стеблових гнилей. Стійкість рослин проти хвороб зростає після вапнування кислих ґрунтів [456].

Внесення органічних і мінеральних добрив, особливо фосфорних і калійних, а також мікродобрив (сірчанокислий марганець і цинк) спричиняє підвищення стійкості до хвороб [44, 73, 273, 469]. Це можна пояснити зміною хімічного складу тканин, співвідношенням окремих груп речовин (амінокислот, білка, жиру, крохмалю й мінеральних солей), яке відбувається під впливом засобів хімізації [372].

У боротьбі з пухирчастою сажкою, кореневими й стебловими гнилями доцільніше вносити азот у вигляді нітратної форми, за можливості розвитку пліснявіння проростаючого насіння й проростків, необхідно або взагалі відмовитись від застосування азоту, або використовувати амонійну форму азоту [44, 376, 464]. Надлишок азоту збільшує небезпеку зараження пухирчастою сажкою [43, 216].

Значно більше ураження стебловими й кореневими гнилями спостерігається внаслідок порушення збалансованого живлення, особливо небезпечним для кукурудзи є перевищення азоту над калієм [67].

У разі застосування мікродобрив ураженість хворобами значно знижується, зокрема агроценози кукурудзи на 60% менше пошкоджувались сажкою [406]. Внесення марганцевих і цинкових мікродобрив підвищує стійкість до кореневих і стеблових гнилей. Бор забезпечує стійкість до хвороб [483].

Шкідники. Один із резервів збільшення валового збору кукурудзи – ліквідація втрат і недоборів зерна через фітофагів [4, 46, 217, 431]. Стійкість кукурудзи до хвороб і шкідників обумовлена як генотипом рослини, так і біотичними й абіотичними факторами, що сприяють підвищенню або зниженню шкодочинності [83].

Серед низки чинників, що перешкоджають реалізації потенційної продуктивності сучасних гібридів у межах 80-85%, на частку шкідливих організмів припадає від 33-35% до 50% і більше, або втрати в середньому сягають близько 3 т/га зерна [344, 345]. Шкідники сходів (ґрунтові і наземні) можуть зменшити густоту стояння рослин на 4-10% і більше, ґрунтові шкідники

вегетуючих рослин – на 15-30%, шкідники стебел і генеративних органів – на 7-24%. Ці показники наведені для років підвищеної чисельності чи спалаху масового розмноження того чи іншого виду із групи фітофагів, тобто для підвищеної чисельності одного-двох видів, коли інші перебувають у депресивному стані [83, 344, 345]. Великої шкоди сходам кукурудзи завдають птахи, які видзьобують молоді паростки й можуть спричинити зрідження посівів на 10-15% [6].

Шкідники можуть бути переносниками збудників хвороб, а осередки пошкоджень – місцями інфекції [254].

Сучасний підхід у боротьбі із шкодочинними об'єктами передбачає насамперед керування чисельністю популяцій шкідливих організмів, а не їх знищення [46]. Поєднання в одному генотипі стійкості до вилягання, хвороб і шкідників, інтенсивності росту дозволяє отримувати гібриди, які будуть вирощуватись за екологічно чистими технологіями, тому що вони не вимагають хімічного захисту [45, 46, 83].

З огляду на дослідження науковців, на території України кукурудзу пошкоджують понад 400 видів комах [6]. До найбільш поширених і небезпечних належать 22 види. Переважна більшість шкідників – це багатоїдні (різні види коваликів - темний, посівний, смугастий та інші; чорниші – мідляк кукурудзяний, широкогрудий, кукурудзяний стебловий метелик; попелиці – звичайна злакова, соргова або кукурудзяна, волохата кукурудзяна), що є домінантними в різних зонах [254, 316, 391].

Наразі до спеціалізованих видів добавився новий для України карантинний вид – західний кукурудзяний жук, до напівспеціалізованих – південний сірий довгоносик [484]. На початку вегетації сходам шкодять ґрунтові шкідники (дротяники, несправжні дротяники, личинки хрущів, гусениці підгризаючих совок). У Північному Лісостепу зрідження від дротяників, підгризаючих совок сягало 2-6% [6, 369]. В умовах затяжної холодної весни шкодочинність ґрунтових шкідників значно більша. З настанням сухої та спекотної погоди личинки мігрують у нижні шари ґрунту й піднімаються у верхні шари лише за сприятливих умов [316].

Найбільша різноманітність шкідників проявляється в системі зберігаючого землеробства [359].

В Україні найбільшої шкоди посівам кукурудзи (після фази 5-7 листків і до кінця вегетації) завдають бавовникова совка, попелиці та стебловий кукурудзяний метелик, які пошкоджують стебло й качани, вигризаючи в них зерно [254, 369, 391, 460]. Усі шкідники, поширені на кукурудзі, можна поділити на шкідники листків, зерна та рослини в цілому [359].

Одночасно з інтенсивним потеплінням у першій половині 90 років XX ст. розпочалась дестабілізація фітосанітарного стану агроценозів, який сформувався впродовж попередніх десятиріч. Збільшилися в 1,5-2,0 рази багаторічні середні показники чисельності основних комах шкідників [118, 267, 369].

Інтенсивність розвитку популяцій усіх комах визначається комплексом екологічних факторів. Основними серед них є: клімат – у глобальному масштабі або елементи погоди – для кожного конкретного року; ґрунтові умови; комплекс

супутніх біотичних факторів; антропогенні фактори, які виявляються в технологічному процесі формування агроценозів [155, 446].

За останніх двадцять років погода в Лісостепу змінилася, середня температура підвищилася, опади стали нерівномірними, зими – більш непередбачуваними [485]. Наприклад, весна 2015 року була сприятлива для лускокрилих шкідників. Найкращі умови для розвитку совок складаються за наявності рослин, що цвітуть, теплій і помірно вологій погоді [461].

Усе це відобразилося на структурі посівів (зміни продуктивності, фізіологічного стану й фенології культурних рослин) і шкідливості окремих видів фітофагів. Зростання суми ефективних температур вплинуло на взаємовідносини в системі комахи-фітофаги – рослини живителі, які регулюються речовинами вторинного метаболізму рослин [118, 155, 267].

Відомо, що періоди мінімуму в активності Сонця пов'язані зі спалахами масового розмноження багатоїдних шкідників. Потепління клімату оптимізує характеристики екологічних чинників довкілля для комах, сприяє їх розмноженню й поширенню. Саме такі процеси й відбулися в Україні: після тривалої депресії (майже 70 років) було зареєстровано спалах масового розмноження саранових, збільшились популяції озимої совки, лучного метелика та інших фітофагів. За умов подальшого потепління клімату слід очікувати суттєвих загроз загальному різноманіттю ентомофауни, яка виконує провідну роль у забезпеченні екологічної стійкості агроландшафтів [267].

За умов жаркої посушливої погоди (температури 25-30°С і низької вологозабезпеченості) ймовірне збільшення осередків підвищеної чисельності саранових, шкідливість яких зростатиме в разі передчасного загрубіння й вигорання рослинності в місцях їх резервацій [92, 486].

Подовження сезону вегетації в умовах потепління може призвести до дисбалансу коадаптації, що вплине на стійкість рослин і шкідливість комах. Так, за збільшення вуглекислого газу в атмосфері процес фотосинтезу уповільнюється. Внаслідок цього рослини синтезують менше протеїнів, якими живляться комахи. Для підтримання трофічного балансу комахи повинні з'їдати більше рослинної маси [46, 83].

Усі комахи є пойкілотермними істотами, тому глобальне потепління клімату сприяє їх поширенню й активному розмноженню. Вчені вбачають загрозливу ситуацію в збільшенні інтенсивності поширення комах в агроценозах, оскільки ентомофауна виконує важливу роль у стабілізації агроекосистем [446, 487]. Уже сьогодні ми можемо спостерігати значну міграцію окремих видів комах з півдня на північ, зростання кількості генерацій у моно- та бівольтинних фітофагів, до яких належить і кукурудзяний стебловий метелик [487].

Якщо від ґрунтових і наземних шкідників сходи кукурудзи до певної міри можна захистити за допомогою передпосівної обробки насіння, то з періоду викидання волотей рослини втрачають токсичність і починається їхнє інтенсивне заселення шкідниками, що з'являються в цей період, а саме: кукурудзяним стебловим метеликом, лучним метеликом (у період спалахів розмноження), листогризучими совками (бавовниковою, карадриною, лучною, городньою, гаммою та іншими), личинками італійського пруса й іншими сарановими,

західним кукурудзяним жуком, іншими фітофагами [345].

Етапи органогенезу рослин (коли вони мають найвищий вміст цукру в листках) можуть не співпадати, або, навпаки, співпадати з термінами масового льоту метеликів, впливаючи на поширення й розвиток популяцій фітофага [446].

Стебловий (кукурудзяний) метелик – найпоширеніший і найнебезпечніший шкідник кукурудзи всіх термінів достигання й усіх регіонів (агрокліматичних зон) вирощування України [44, 67, 460], де складаються найсприятливіші гідротермічні умови для розвитку та розмноження фітофага (ГТК 1,1-1,6), або середньодобова температура в червні-серпні від 20°С до 28 ºС, а кількість опадів за цей період – понад 200 мм [369, 460, 488], чисельність якого не має тенденцій до зменшення [28, 369, 393, 489].

Упродовж останніх років кукурудзяний метелик заселяв у лісостеповій зоні 67-91%, у степовій і поліській – 60-100% площ посівів кукурудзи, пошкоджуючи 10-18, макс. 48-76% стебел та 6-13, макс. 35% качанів за чисельності гусениць 1-1,8 екз./рослину [393, 490]. Втрати врожаю при масовому розвитку кукурудзяного стеблового метелика сягають 14-19 ц/га [83].

Останнім часом із розширенням площ під посіви кукурудзи значно збільшилась чисельність і шкідливість кукурудзяного метелика, чисельність якого міняється з періодичністю 6-7 років [491].

Пошкоджує близько 50 видів культурних рослин і понад 100 видів диких рослин, окрім того, просо, сорго, перець, коноплі, бавовник, хміль, рідше соняшник, люпин, картоплю, горох, конюшину й сою, великостеблові бур’яни (полин звичайний, щириця, будяк, куряче просо, дурман, амброзію полинолисту) [3, 386, 486]. Зимують гусениці в стеблах і стрижнях кукурудзи, стеблах коноплі, проса й бур’янистих товстостеблових рослин. До часу збирання кукурудзи гусениці переміщуються в нижню частину стебла, де й зимують, а навесні за температури +15…+16°С заляльковуються. Розвиток лялечок триває від 10-25 днів до 4-7 тижнів [83]. Виліт метеликів починається, коли температура ґрунту на глибині 10 см сягає +15…+16°С, а середньодобова температура повітря – +18…+20°С. Початок масового льоту спостерігається за суми ефективних температур 260-270°С й порогу розвитку +15,5°С. Метелики літають до листопада, причому відбувається літ різних поколінь. Для розвитку статевої репродукції метеликам потрібне додаткове живлення нектаром і краплинна волога на квітучих рослинах протягом 3-4 діб. Вони активні й живляться із настанням сутінок, на світло летять слабо [44, 67, 488].

Через 3-5 днів після вильоту з лялечок самиці відкладають яйця, розмішуючи їх купками по 15-20 шт. зі споду листків, це припадає на фазу 6-10 листків. Плодючість самиць залежно від умов у період розвитку – у межах від 100 до 1200 шт., у середньому – 25-400 шт. Через 3-13 діб з яєць виплоджуються гусениці. Оптимальні умови для ембріонального розвитку: температура 18-28°С, відносна вологість повітря >70%. Після відродження гусениці деякий час живуть на поверхні рослин і живляться паренхімою, а потім через піхву листків проникають у пазухи листків, черешки, волоть, заглиблюючись у стебла, де й розвиваються близько місяця і зимують. Гусениці молодих поколінь дуже рухомі й здатні мігрувати не тільки на одній кукурудзі, а й з рослини на рослину.

Гусениці метелика прогризають ходи в стеблах, ніжках качанів, волотях, пошкоджують листки, качани, зерно. Температурний оптимум для розвитку гусениць – 23-28°С, нижній поріг відносної вологості повітря – 80%. Розвиток гусениць триває 13-58 діб [43, 67, 217, 359,486].

Після відродження гусениці 1-2 години, а за деякими даними до кількох днів (3-4 дні) [83, 483] знаходяться на рослині відкрито, а потім проникають у пазухи листків, черешки, волоть, заглиблюючись у стебла, де й розвиваються і зимують.

Гусениці першого покоління заселяють переважно верхню частину рослини, у старшому віці утримуються в середній частині стебла. Закінчення живлення й переміщення гусениць у нижню частину стебла (пеньок) на зимівлю відбувається із середини вересня [393]. Метелики першого покоління літають із початку червня до середини липня, другого – з кінця серпня до середини вересня [395].

У метелика розмах крил 26-32 мм з чітко вираженим диморфізмом. У самки передні крила біло-жовті або світло-коричневі з двома поперечними хвилястими лініями, задні крила світліші. У самців передні крила світло-коричневі або бурувато-сірі з блідо-жовтими смужками, а задні – зі світлим обідком посередині [44, 67].

Ознаки пошкодження цим шкідником проявляються у вигляді подовжених смуг на листі – слідів вигризання тканин листя гусеницями, а на стеблах, качанах і волотях кукурудзи – у вигляді округлих отворів із ходами гусениць всередині рослини [83].

Сильне пошкодження качанів кукурудзяним стебловим метеликом на ранніх етапах розвитку призводить до їх загибелі, за пізнього пошкодження – недорозвиваються й спотворюються [146, 431]. Якщо ніжку качана пошкоджено на пізніших етапах розвитку, качан обламується. Пошкоджені стебла й качани у вітряну погоду надламуються і падають, що підвищує втрати врожаю до 40% і більше [44, 83].

У зонах Полісся та Лісостепу кукурудзяний (стебловий) метелик розвивається в одному поколінні (окремими сприятливими роками буває друге, факультативне), а в умовах Степу можлива й друга генерація. Він пошкоджує листки, стебла, волоть, качани, зерно [446, 460, 492].

Стійкість до пошкодження кукурудзяним стебловим метеликом залежить від групи стиглості гібриду, вирощування ранньостиглих гібридів кукурудзи. У зонах розвитку двох поколінь дозволяє уникнути пошкодження гусеницями кукурудзяного метелика другого найбільш шкодочинного покоління шкідника [493]. Тому в зоні Лісостепу найбільше пошкоджуються стебловим метеликом гібриди кукурудзи із ФАО<300 [446].

Пошкодження гібридів кукурудзи є біологічним показником, який характеризує кожен конкретний біотип на стійкість до ураження шкідниками й хворобами [239, 254]. Нестійкою до пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом і хворобами є підвид цукрової кукурудзи [494].

Боротися зі стебловим кукурудзяним метеликом досить важко через те, що складно визначити оптимальний строк обприскування при дуже розтягнутому

періоді вильоту метелика (впродовж 45 днів) та прихованому способі життя гусениць, що робить малоефективним використання хімічних засобів. Тому в посівах кукурудзи одночасно зустрічається гусінь старшого й молодшого віку [73, 217, 489, 495].

Внесення інсектицидів проти стеблового кукурудзяного метелика необхідно проводити через 2-3 тижні після початку льоту метеликів або під час масового їх льоту до того, коли гусениці проникли в середину стебла [386, 395]. Шкодочинність стеблового метелика зумовлена не лише кількістю пошкоджених рослин, а й характером цих пошкоджень. Гусениці перегризають судинно-волокнисті пучки стебел, порушуючи таким чином живлення рослин, спричиняючи затримку цвітіння і зменшення розмірів листків і міжвузлів, через пошкоджену волоть погіршується запилення [43, 431, 460].

Якщо ходи й камери гусениць охоплюють більшу частину кільця судинно-волокнистих пучків, то в місцях пошкоджень провідні пучки перериваються, що порушує надходження поживних речовин до качанів, дуже пошкоджені стебла легко ламаються на рівні 2-3 міжвузля через те, що перше міжвузля вкорочене й низько розташоване, а качани поникають. У разі пошкодження качанів знижується врожай зерна та його якість, підвищується ураженість качанів збудниками фузаріозу, сірої гнилі, цвілі та відбувається пліснявіння качанів [217, 393, 460].

Початок цвітіння кукурудзи зазвичай збігається з початком його льоту і відкладання яєць, а дозрівання яєць відбувається протягом одного тижня, тобто пошкоджує рослину на X-XI етапах органогенезу (молочна стиглість зерна [217, 3639, 393, 496. Дорослі особи метелика можуть перелітати з одного поля на інше [359]. Тому обробка посівів проти стеблового метелика повинна проводитись у червні – на початку липня (у період викидання волоті кукурудзи) [83, 452].

Для початку яйцекладки метелики потребують крапельно-рідинної вологи. ЇЇ дефіцит і прохолодне літо призводять до діапаузи гусениць, затримує процес заляльковування, зменшує плодючість метеликів і викликає безпосередню загибель яєць і гусениць першого віку. Фізіологічна підготовленість стеблового метелика в дані роки до зимівлі різко погіршується, так як частина популяції не встигає закінчити свій розвиток до настання холодів і приречена на загибель. Під час перезимівлі гусениці здатні тривалий час витримувати низькі температури [386, 497].

Різкі зміни чисельності метелика зумовлені погодними умовами: велика кількість опадів сприяє масовому розмноженню шкідника [460], суха погода та підвищення температур (+30°С і вище та за вологості 30%) ?????яйцекладки та молоді гусені всихають і гинуть [369, 452, 498].

Екологічні чинники (температура, сонячна активність і кількість опадів) прямо або опосередковано впливають на динаміку популяції стеблового (кукурудзяного) метелика. Тобто масові розмноження стеблового метелика циклічні. Підвищення температури повітря, теплі зими сприяють кращій перезимівлі шкідників [329, 497, 499]. Заливні дощі також викликають загибель гусениць стеблового кукурудзяного метелика.

За помірної вологої погоди протягом червня (t +18-30°С та вологість >70%)

інтенсивність льоту та потенційна плодючість метеликів зростає (одна самиця спроможна відкласти в середньому 250-400 яєць), для розвитку яєць необхідна температура повітря +25 С і вологість 90-100% [461, 486, 490].

Самиці кукурудзяного стеблового метелика відкладають яйця на рослини кукурудзи, які мають найвищий вміст цукрів, а в межах рослини вибирають найбільш цукристі листки. У цьому можуть проявлятись елементи неспецифічної стійкості рослин кукурудзи до пошкодження личинками стеблового метелика.

Серед українських і закордонних вчених існує думка, що регулювання розвитку популяцій кукурудзяного метелика може лежати в площині підбору для створення агроценозів гібридів кукурудзи, що мають відносну стійкість до пошкоджень личинками кукурудзяного стеблового метелика [181, 398]. Механізм цієї стійкості криється, як у комплексі морфологічних ознак рослини (товсте, сильно лігніфіковане стебло тощо), так і в особливостях фенологічних коадаптацій гібридів різних груп стиглості [446].

Монокультура та відсутність систематичної боротьби зі шкідником сприяє його накопиченню. Тоді навіть у разі прийняття належних заходів можливий спалах розвитку і, як наслідок, пошкодження культури на 30% і більше [452, 500].

Стійкість кукурудзи до кукурудзяного стеблового метелика та гнилей носить полігенну основу і являється частиною адаптивної системи рослин [83].

Для зниження пошкодженості кукурудзи кукурудзяним метеликом, застосовують посіви її смугами із соєю. Внаслідок пошкодженні кукурудзи на суцільному посіві – 41%, у смугах із 8 рядків кукурудзи і 8 рядків сої пошкодженість становила 34,2 %, а із 6 рядків тієї та іншої культури – 22,7% [46].

Економічний поріг шкодочинності стеблового метелика для кукурудзи на зерно становить 60-80 гусениць на 100 рослин [73, 217, 496].

Окрім стеблового метелика, посівам кукурудзи значної шкоди завдає бавовникова совка [83, 452], **а на** ранніх етапах - озима совка, дротяники, личинки хрущів, шведська муха [498].

Бавовникова совка (**Helicoverpa armigera Hb., ряд лускокрилих – Lepidoptera, родина совки – Noctuidae**) розвивається в двох-трьох поколіннях. На відміну від кукурудзяного метелика за сприятливих умов дає 4-5 поколінь [490, 495]. В Україні вона часто пошкоджує кукурудзу та соняшник у степовій і лісостеповій зонах [488, 491]. Тенденція збільшення шкодочинності бавовникової совки та інших листогризучих совок підвищується в разі застосуванні прямої сівби, що пояснюється більшою кількістю бур'янів, які є осередком розвитку й джерелом поживних речовин для гусениць шкідника до настання фази формування зерна [375, 383].

За останніх п'ять років у степовій частині України спостерігається масове розмноження бавовникової совки, яка на 90% пошкоджує рослини, що зумовлює втрати врожаю до 10%. Більшість районованих гібридів кукурудзи схильні до пошкодження нею [316].

Гусениці I покоління живляться на бур'янах, а II-III – на посівах кукурудзи. За сприятливих умов перезимівлі, задовільного зволоження навесні, наявності нектароносів шкідливість їх спостерігається всюди [316, 345, 488].

Для бавовникової совки II та III генерації ЕПШ – заселеність качанів – понад 5%, або 2 особини/м^2 [67]. Окрім кукурудзи, вона пошкоджує близько 120 видів рослин, серед яких: конопля, бавовник, томати, тютюн, нут, сорго, гарбузи, кабачки, квасоля,соя, горох, люцерна, перець, капуста, цибуля, квасоля, арахіс, соняшник, плодові (яблуня, груша, слива, персик) та ін., охоче живиться на бур'янах – пасльоні чорному, щириці, блекоті, дурмані тощо [488, 495].

Гусениці першого віку пошкоджують верхівкове листя кукурудзи, томатів, люцерни; а другого віку переходять на живлення генеративними органами: пошкоджують нитки качанів, зерна кукурудзи, бутони, квітки, зав'язі й плоди томатів, тютюну, боби й насіння нуту, молоді, коробочки бавовнику тощо [43, 488, 495]. Шістнадцятиногі гусениці бавовникової сови мають тіло, вкрите дрібними чорними шипиками [460].

Фаза передлялечки триває влітку 2-3 доби, фаза лялечки – 10-15 діб. Увесь цикл розвитку совки влітку в середньому становить 25-40 діб [488, 490]. Для виживання лялечок протягом зимово-весняного періоду має значення волость і температура ґрунту, різкі коливання температури промерзання ґрунту за підвищеної вологості спричиняють загибель лялечок, які зимують. Тепла, з достатньою кількістю опадів весна, зумовлює розвиток квітучих нектароносів, сприяє живленню самок, які відкладають у такі роки дуже багато яєць, згодом живленню гусениць. Суха й жарка або, навпаки, з різкими похолоданнями весна обмежує розмноження шкідника [488].

Виліт метеликів із лялечок починається за температури +15…+16ºС. Метелики літають з середини червня до вересня. Самки відкладають яйця по одному, рідше два-три на листки й генеративні органи. Плодючість до 2700 яєць. Ембріональний розвиток триває від 2 до 12 днів. Гусениці розвиваються 13-22 дні, проходячи 6 віків, а заляльковуються у грунті [490].

Суха жарка погода, нестача опадів сприяють висиханню кладок яєць. У таких умовах спостерігається також передчасне висихання рослин кукурудзи та дохарчовування гусениць на томатах і перці [500].

Розмах крил у метелика від 30 до 40 мм. Передні крила сірувато-зелені з домішком рожевих або зеленуватих відтінків. Кругла й ниркоподібні плями часто нечітко виражені, темно-сірого кольору. Задні крила більш світлі з бурою смугою по зовнішньому краю й темною місяцеподібною плямою посередині [83, 500].

Шкодочинність гусениць бавовникової совки збільшується в другій половині вегетації за вологої погоди. Гусениці совок живляться нитками качанів під час цвітіння та пиляками волоті, а після першої линьки починають пошкоджувати зерно, виїдаючи його вміст, не поглиблюючись у середину стебла й качанів. У плодах вони вигризають чималі й глибокі ямки неправильної форми. У цей період гусениці постійно живуть на качанах, під обгорткою. Згодом вони виходять із-під обгорток і заляльковуються в поверхневому шарі ґрунту. У місцях пошкодження гусеницями на качанах утворюються проходи й камери, де за дощової погоди розвиваються плісняві гриби, які уражують і здорові зерна [146, 460, 486].

На відміну від стеблового метелика, гусениці бавовникової совки

наприкінці живлення залишають рослини й заляльковуються в ґрунті (на глибині до 10 см), а не в рослинних рештках, тому важливим агротехнічними заходами у цьому разі є глибокий полицевий обробіток і міжрядні обробітки під час догляду за посівами, які практично повністю знищують лялечки в ґрунті [495].

Озима совка (Agrotis segetum schiff) – багатоїдний шкідник, шкоду завдають гусениці совки, які зимують в орному шарі ґрунту на глибині 10-20 см, з розмахом крил 40-45 см. Вони пошкоджують висіяне насіння, бічні корені, листки і навіть качани [431].

Метелики літають тільки в сутінках і вночі. Самка відкладає яйця на нижню сторону листків бур'янів (до 2250 шт.). Через 6-12 днів відроджуються гусениці, які спочатку живляться на бур'янах, потім переходять на посіви кукурудзи, картоплі й інших культур. Гусениці совки першого й другого покоління підгризають біля поверхні ґрунту молоді стебла кукурудзи і проникають у них, виїдаючи їхню внутрішню частину. Верхня частина таких рослин в'яне і всихає, внаслідок чого вони утворюють пасинки й гинуть. Гусениці старших поколінь підгризають стебло в основі й бокові корені. Пошкоджені рослини вилягають, що ускладнює збирання врожаю. Шкодочинність озимої совки зростає за пізніх строків сівби [73].

Шведська муха. Ураження шведською мухою спостерігали переважно на півдні на середньостиглих гібридах (у середньому до 5% рослин). Якщо пошкодження відбулося в період сходів - третій листок, то центральний лист в'яне й рослина гине. Для запобігання розповсюдженню злакових мух необхідний високоякісний обробіток ґрунту після збирання врожаю, вчасне знищення бур'янів і просторова ізоляція з іншими зерновими культурами [467].

До часу проростання кукурудзи ранні зернові культури вже не приваблюють мух, вони шукають молодші проростки, якими в цей час є сходи кукурудзи. За швидкого росту стебла кукурудзи силою свого росту виштовхують личинок назовні, проте в разі повільного розвитку рослин, які пригнічуються, наприклад, весняною посухою, у пошкоджених рослин деформується листя, спостерігається загибель головного стебла і, як наслідок, сильна кущистість рослин. ЕПШ сходів кукурудзи від шведських мух за чисельності 30 мух/100 помахів сачком, або пошкодження 15% рослин [316].

Пошкоджені рослини кукурудзи шведською мухою значно уражуються сажковими хворобами, а в роки з вологою погодою – бактеріозом [316, 467].

Попелиці. Кукурудзу пошкоджує багато видів попелиць. Шкодочинність їхня проявляється протягом усього вегетаційного періоду. За живлення попелиць на рослинах порушуються процеси асиміляції й живлення. Тканини в місцях утворення колоній знебарвлюються, жовтіють, згодом всихають. За сильного заселення попелицями затримується ріст рослин і вони запізнюються з викиданням волоті, неповністю запліднюються. Окрім того, попелиці є переносниками вірусних хвороб. Пошкоджені рослини знижують продуктивність, зерно в них щупле [43, 467].

Рослинам кукурудзи найчастіше завдають шкоди зелена та коричнева, а також різні види злакової попелиці. Зустрічаються також випадки ураження чорною буряковою попелицею [43].

У період між початком збирання озимих та ярих колосових злаків посіви кукурудзи інтенсивно заселяють крилаті розселювачки попелиць, трофічно пов'язані зі злаковими культурами. Переважно колонії попелиць починають утворюватись у період викидання волоті [502].

Шкідник розповсюджується, в основному, у сухі, теплі роки на різних ґрунтах [43]. На листках, волотях, верхівкових частинах стебел часто з'являються численні колонії попелиць. Їх розвитку й розмноженню сприяє тепла, з підвищеною вологістю погода в липні-серпні [502].

Виникають осередки з чисельністю попелиць на рослину від кількох сотень до незліченної: якщо так відбувається до викидання волоті, слід проводити хімічні обробки. Ефективними заходами профілактики є вчасна зяблева оранка, внесення комплексних добрив, сівба культури в оптимально ранні терміни. Поширення та шкідливість злакових попелиць залежить від агрокліматичних умов і заходів захисту, які проводять на посівах [467].

За появи колоній попелиць на 20% рослин, або заселення понад 200 екз./ рослину під час викидання волоті, посіви кукурудзи обприскують інсектицидами. Оскільки в цей період на посівах з'являється кукурудзяний стебловий метелик, то ці обробки поєднують, підбирають інсектициди, ефективні проти попелиць і кукурудзяного метелика [67, 316, 502].

У степових областях шкідник у 2015 році заселяв 2-40% посівів кукурудзи, у тому числі 7% рослин містило 2-12 екз. попелиці. У Лісостепу і на Поліссі було слабке розселення колоній попелиць на 4-25% площ [491].

Діабротіка або західний кукурудзяний жук – новий карантинний шкідник**.** За рік розвивається одна генерація. За характером живлення західний кукурудзяний жук вважається олігофагом. Шкодять як личинки, так і жуки. Личинки відроджуються в другій половині травня (за температури ґрунту понад +11 °С) і живляться виключно корінням кукурудзи, що призводить до значного зменшення кореневої маси та вилягання рослин; імаго – пилком, приймочками, приймочками, зерном і листками кукурудзи [43, 44, 67, 503].

Личинки білі з темно-коричневою головою й грудним щитком [67]. Кукурудзяний жук не розповсюджується насінням кукурудзи. На величину втрати врожаю, спричиненою кукурудзяним жуком, впливає багато факторів (гібрид, погода, ґрунтові умови тощо) [43]. Жуки 4-5 мм завдовжки блідо-зеленувато-жовтого забарвлення з трьома темними поздовжніми смужками на надкрилках у самок. З'являються на посівах у період викидання волоті у кукурудзи [44].

Заходи обмеження чисельності шкідників. Економічний поріг шкодочинності кукурудзяного метелика на кукурудзі: наявність кладок яєць на 15-24% рослин за одночасного виявлення гусениць чисельністю 1-2 екз. /рослину у фазі шести-восьми листків і викидання волоті кукурудзи або п'яти кладок яєць на 10 рослин через два тижні після піку льоту метеликів; на коноплі – 20-25 гусениць на 100 рослин на початку вегетації культури [492]. За 15-18% заселених рослин необхідно застосовувати трихограму [73, 504].

Зважаючи на особливості й спосіб життя кукурудзяного метелика, для захисту кукурудзи й інших культур від нього потрібно застосовувати комплекс

організаційно-господарських, агротехнічних, хімічних і біологічних заходів [6, 43, 489, 501].

Дотримання сівозміни, лущення стерні, зяблева оранка з перевертанням скиби, сівба в оптимальні строки, внесення добрив, міжрядні обробки, збирання кукурудзи у стислі строки на низькому зрізі (8-12 см), знищення бур'янів – комплекс заходів, які надійно контролюють чисельність цієї групи шкідників. Поля зі значною чисельністю шкідників необхідно відводити під посів бобових, льону, гречки, проса чи під чорний пар. Ці культури та чорний пар погіршують умови живлення та розвитку шкідників насамперед за умов багаторазової культивації запирієних площ. Ефективним є міжрядний обробіток просапних культур, якщо він збігається з найуразливішими стадіями розвитку шкідників [73, 153, 345, 488, 501]. Хімічні обприскування інсектицидами в період масового льоту метеликів [46, 460, 488] або в період відродження гусениць не слід застосовувати їх відразу ж після масового виплодження гусениць, пам'ятаючи, що період їх відкритого живлення на листках дуже короткий і триває 3-4 дні, після чого вони проникають у тканини рослин і стають недосяжними для інсектицидів [502].

Рослинні рештки мають значний потенціал пошкодження кукурудзи шкідниками, зокрема стебловим кукурудзяним метеликом. Ефективне подрібнення стебел зразу ж після збирання (спричиняє загибель 50-90% стеблового кукурудзяного метелика, що зимують), раннє лущення й мульчування поля пришвидшує розкладання органічних компонентів, погіршуючи тим самим умови перезимівлі для стеблового метелика і совки, скорочуючи їх популяції [73, 359, 505]. А загортання після збирання рослинних залишків на глибину 27-30 см, призводить до загибелі 90% популяції стеблового метелика [506].

На полях, дуже заселених стебловим кукурудзяним метеликом, урожай слід збирати в першу чергу. Подовження строків збирання до 30 і більше днів сприяє виживанню гусениць у пеньках у 3-4 рази [506]. Завдяки вчасному збиранню кукурудзи за низького зрізу стебла – не вище 10 см над рівнем ґрунту – знижується до 68% кількість гусениць стеблового метелика [73, 386, 506].

Радикальним і водночас простим заходом обмеження шкодочинності кукурудзяного метелика є вирощування найурожайніших і стійких гібридів кукурудзи. Так, більш толерантними до пошкоджень цією комахою є грубостеблові гібриди даної культури, так як розвиток його практично повністю проходить у середині стебла інсектициди в боротьбі з ним малоефективні. У зоні розвитку двох поколінь шкідника слід вирощувати ранньостиглі гібриди, які меншою мірою зазнають пошкоджень гусеницями найшкідливішого в цих умовах другого покоління [73, 489].

Мінеральні добрива здатні діяти на шкідників як безпосередньо, так і завдяки зміні біохімічного складу рослин. На фоні незбалансованого внесення азотних добрив підвищується чисельність фітофага [73, 226, 376]. Внесення підвищених норм фосфорно-калійних добрив сприяє збільшенню пошкодженості кукурудзяним стебловим метеликом [500].

За сильного пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом окремих полів доцільно провести збирання кукурудзи на силос, тобто у фазі молочно-

воскової стиглості [492].

Останнім часом у США з високостійких форм кукурудзи виділили хімічні речовини, що дістали назву флавоноїди, від рівня вмісту яких залежить стійкість кукурудзи до метелика. Флавоноїди знаходяться в зелених частинах рослини. Вивчаючи особливості стійкості рослин, було помічено тісний зв'язок між стійкістю й концентрацією в тканинах листків специфічної речовини вторинного обміну, типу бензозолінів (ДИМБОА), яка визначає антибіотичний ефект, інгібіруючи розвиток гусениць шкідників. Чим вища концентрація бензозолінів, тим менше уражуються лінії й гібриди [3, 83].

Окрім біохімічного фактору (вміст бензозолінів типу ДИМБОА), на стійкість проти кукурудзяного метелика значний вплив мають морфологічні й анатомічні особливості, загальний габітус рослин [3, 335], використання високоякісного інкрустованого захисно-стимулюючими препаратами насіння [45, 46, 73, 217].

Розвиток кукурудзяного стеблового метелика на високолізинових формах проходить значно краще, ніж на звичайних; на даних формах значною вищий відсоток пошкоджених рослин [3, 83].

Забур'яненість посівів, тривалий період збору врожаю є причиною поширення ареалу шкодочинності стеблового метелика [507, 508].

У випадку сприятливої погоди вже з середини травня, зелена й коричнева кукурудзяна попелиця переходять з інших злаків на посіви кукурудзи. Злакова попелиця зернових наприкінці червня-початку липня перелітає на кукурудзу [43].

Стебловий кукурудзяний метелик - це гігрофільний і поліморфний шкідник, найбільшу шкоду кукурудзі він завдає в роки з достатньою вологою, зокрема це стосується 2011 року, що суттєво підвищило кількість пошкоджених рослин досліджуваних гібридів. Це поліфагний шкідник, який, окрім кукурудзи, пошкоджує понад 150 видів рослин. Сприятливі умови для розвитку метелика складаються в районах із температурою в червні-серпні вище 20ºС і опадами в цей період 200 мм і більше [3, 83].

Ми вивчили стійкість гібридів кукурудзи до таких хвороб: фузаріозні стеблові й кореневі гнилі, пухирчаста й летюча сажка, іржа й гельмінтоспоріз.

Проведені дослідження за 2011-2017 рр. щодо вивчення факторів вегетації та технології вирощування, ознак ураження рослин досліджуваних гібридів кукурудзи гельмінтоспоріозом не виявили. Що стосується летючої сажки, то у 2011 році за раннього строку сівби гібриди Харківський 195 МВ та DKC 2787 мали 2 % уражених рослин, а гібрид Переяславський 230 СВ – 4 %. Хоча за другого строку сівби ознак ураження летючою сажкою в 2011; 2012 та в 2013 роках виявлено не було, а за пізнього строку сівби – Харківський 195 МВ мав 3,0 %, DKC 2787 – 4,0 %, а Переяславський 230 СВ – 8,0 % рослин, уражених летючою сажкою.

У 2012 році за раннього строку сівби Харківський 195 МВ та DKC 2787 по 4,0 %, Переяславський 230 СВ – 3,0% рослин уражених летючою сажкою, за пізнього строку сівби Харківський 195 МВ та DKC 2787 – 6,0 %, а Переяславський 230 СВ – 2,0 %. Та в 2013 році за раннього строку сівби

Харківський 195 МВ – 3 %, DKC 2787 – 4 % та Переяславський 230 СВ – 6 %, і за пізнього строку сівби – Харківський 195 МВ – 5,0 %, Переяславський 230 СВ та DKC 2787 – по 7,0 % рослин уражених летючою сажкою. Необхідно також відмітити, що гібриди Харківський 195 МВ та DKC 2787 це представники скоростиглої групи, Переяславський 230 СВ – середньоранньої, тоді як у групі середньостиглих усі гібриди мали високу стійкість до летючої сажки.

Встановлено, що група стиглості, біологічні особливості гібридів і строки сівби істотно впливали на стійкість гібридів кукурудзи до ураження пухирчастою сажкою, пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом та до вилягання (табл. 60).

60. Кількість уражених пухирчастою сажкою, пошкоджених стебловим метеликом і полеглих рослин у гібридів кукурудзи залежно від строку сівби, % (середнє за 2011-2013 рр.)

Група стиглості (А)	Гібрид (В)	Строк сівби (С)	Кількість рослин		Кількість полеглих рослин
			уражених пухирчастою сажкою	пошкоджених стебловим метеликом	
1	2	3	4	5	6
ранньостигла	Харківський 195МВ	ранній*	1,3	21,5	28,2
		середній**	3,2	10,4	11,9
		пізній***	5,8	11,5	8,5
	DKC 2870	ранній*	2,8	10,6	14,4
		середній**	0,0	4,5	10,7
		пізній***	1,7	5,3	3,0
	DKC 2960	ранній*	0,0	7,4	7,4
		середній**	0,0	5,3	5,9
		пізній***	0,0	2,6	1,4
	DKC 2949	ранній*	2,0	14,0	16,1
		середній**	0,0	8,4	8,6
		пізній***	1,9	5,6	4,1
	DKC 2787	ранній*	3,3	23,7	26,6
		середній**	1,1	13,9	18,5
		пізній***	4,0	11,6	11,8
	DKC 2971 стандарт	ранній*	1,8	11,7	9,7
		середній**	0,7	9,1	7,5
		пізній***	1,4	11,4	5,0
середньорання	DKC 3476	ранній*	0,0	7,9	7,0
		середній**	0,0	5,1	3,8
		пізній***	0,3	4,2	3,1
	DKC 3795	ранній*	1,3	15,0	16,4
		середній**	0,0	5,8	7,5
		пізній***	2,1	3,2	4,7
	DKC 3472	ранній*	0,0	15,4	18,0
		середній**	0,0	5,4	7,5
		пізній***	0,0	5,4	4,7
	DKC 3420	ранній*	0,0	17,6	12,7
		середній**	0,0	5,9	8,0
		пізній***	0,0	6,2	6,9

Продовження таблиці 60

1	2	3	4	5	6
середньоранні	Переяславський 230СВ	ранній*	3,8	12,0	14,5
		середній**	3,0	8,1	6,1
		пізній***	5,4	4,8	4,1
	DKC 3871 стандарт	ранній*	1,2	15,1	17,0
		середній**	0,0	8,7	10,6
		пізній***	2,1	3,5	9,2
середньостиглі	DK 391	ранній*	0,0	15,6	7,9
		середній**	0,0	7,2	4,7
		пізній***	0,0	3,5	2,8
	DKC 3511	ранній*	0,0	19,0	18,3
		середній**	0,0	12,2	12,8
		пізній***	0,0	3,6	2,4
	DK 440	ранній*	0,0	13,2	9,5
		середній**	0,0	5,3	5,1
		пізній***	1,0	6,2	2,7
	DKC 4964	ранній*	6,8	11,5	5,8
		середній**	0,0	8,9	4,0
		пізній***	4,3	3,2	1,0
	DKC 4626	ранній*	1,2	13,9	8,6
		середній**	2,2	7,9	5,0
		пізній***	3,2	3,8	1,1
	DK 315 стандарт	ранній*	1,3	20,5	12,4
		середній**	0,0	5,7	4,9
		пізній***	0,8	3,6	2,9
$НІР_{05}$ група стиглості, %			0,9	1,9	2,1
$НІР_{05}$ гібрид, %			1,3	2,7	2,9
$НІР_{05}$ строк сівби, %			0,9	1,9	2,1

Примітка: **- Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+8°С;*
***- Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+10°С;*
****- Рівень температурного режиму ґрунту (РТГ) t=+12°С*

Встановлено, що в середньому за три роки досліджень кількість рослин, уражених пухирчастою сажкою у групі ранньостиглих гібридів становила 1,6 %, у групі середньоранніх і середньостиглих гібридів - 1,0 %. Виявлено, що стебловим кукурудзяним метеликом пошкоджуються всі гібриди незалежно від групи стиглості. Кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, у групі ранньостиглих гібридів у середньому за три роки досліджень, склала 10,5 %, середньоранніх – 8,3 %, середньостиглих – 9,2 %.

Кількість полеглих рослин у групі ранньостиглих гібридів склала 11,1%, у групі середньоранніх гібридів – 9,0 %, у групі середньостиглих гібридів – 6,2%. Тобто спостерігається тенденція, за якої гібриди з тривалішим вегетаційним періодом, за рахунок краще розвиненої механічної тканини нижньої частини стебла, мають вищу стійкість до вилягання порівняно з ранньостиглими формами.

Аналізуючи відсоток пошкоджених рослин стебловим кукурудзяним метеликом між групами стиглості, встановлено збільшення кількості

пошкоджених рослин (15,6 %) у групі середньостиглих гібридів за раннього строку сівби, це пояснюється тим, що на них відбувається міграція даного шкідника з ранньостиглих форм, і період сприятливої фази для відкладання яєць самками метелика менш тривалий порівняно з пізньостиглими формами. На збільшення шкодочинності стеблового метелика на середньо- і пізньостиглих гібридах, в 1,1-1,4 рази відносно ранньостиглих гібридів вказує у своїх дослідженнях В. Сахненко [309].

Кількість рослин, уражених пухирчастою сажкою істотно відрізнялася залежно від біологічних особливостей гібриду. Встановлено, що в кожній групі стиглості були гібриди кукурудзи, які характеризувалися невеликою кількістю рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом. На відсутність повністю стійких до стеблового метелика гібридів кукурудзи вказує також у своїх дослідженнях В. Сахненко [309].

У групі ранньостиглих гібридів найменшу кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, у середньому за три роки зазначено в таких гібридів, як DKC 2960 – 5,1 % та DKC 2870 – 6,8 %, у середньоранніх – DKC 3476 – 5,7 % та у групі середньостиглих DKC 4964 – 7,9%. Використання таких, відносно стійких до пошкодження кукурудзяним стебловим метеликом, гібридів кукурудзи це один із основних запобіжних заходів зниження шкодочинності стеблового метелика, на це також вказують у своїх дослідженнях й інші автори [322, 398, 484].

Визначення стійкості гібридів кукурудзи до вилягання передбачало застосування прямого методу оцінки, зокрема підрахунку полеглих рослин після настання повної стиглості зерна. У своїх дослідженнях ми застосовували 15-20 денний перестій (див. табл. 60).

Найменшу кількість полеглих рослин у групі ранньостиглих гібридів за роки досліджень зазначено в гібридів DKC 2960 – 4,9 % та DKC 2971 – 7,4 %, середньоранніх – DKC 3476 – 4,6 % та Переяславський 230СВ – 8,2%, у середньостиглих DKC 4964 – 3,6 %, DKC 4626 – 4,9 %, DK 391 – 5,1 % та DK 440 – 5,8%.

За раннього строку сівби кількість уражених рослин пухирчастою сажкою, в середньому за три роки, склала для ранньостиглої групи – 1,6 %, середньоранньої – 0,9 %, середньостиглої – 1,0 %. За другого строку сівби – 0,8 %, 0,5 та 0,4 %, а за пізнього строку сівби – 2,5 %, 1,7 та 1,5 %, відповідно для ранньостиглої, середньоранньої й середньостиглої групи стиглості гібридів. Кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, у середньому за три роки досліджень, складала в групі ранньостиглих гібридів – 14,8 %, середньоранніх – 13,8 % та середньостиглих – 15,6 %, за другого строку – 8,6 %, 6,5 та 7,9 %, а за пізнього строку сівби – 8,0 %, 4,6 та 4,0 %, відповідно для ранньостиглої, середньоранньої та середньостиглої групи стиглості гібридів кукурудзи.

У групі ранньостиглих гібридів за раннього строку сівби кількість рослин, пошкоджених стеблових метеликом, коливалася в межах 2,3-43,0 %, середньоранніх – 1,0-28,0 % і в середньостиглих – 1,3-35,0 %. Найбільша кількість пошкоджених стеблових метеликом рослин мали такі гібриди:

DKC 2787 – 43,0 %, 17,8 і 10,3 %, DKC 2949 – 26,7 %, 11,7 і 3,5 %, Харківський 195МВ – 29,8 %, 16,7 і 17,9 %, відповідно – у 2011, 2012 і 2013 роках.

За раннього строку сівби, у середньому за три роки, у групі ранньостиглих гібридів – 17,1% було полеглих рослин, у групі середньоранніх – 14,3 % та середньостиглих гібридів – 10,4 %, тоді як за другого строку сівби кількість полеглих рослин становила – 10,5 %, 7,3 та 6,1%, а за пізнього строку сівби – 5,6 %, 5,4 та 2,2 %, відповідно – для ранньостиглої, середньоранньої та середньостиглої групи гібридів. Тобто пізня сівба гібридів кукурудзи забезпечує найменшу кількість полеглих рослин у досліджуваних гібридів, порівняно з раннім і середнім строками сівби. Це пояснюється тим, що за раннього строку сівби збільшується висота рослин і зміщується шкодочинність стеблового метелика, як основного фактору вилягання.

Важливо зазначити суттєвий вплив на кількість рослин уражених пухирчастою сажкою умов року, зокрема кількість рослин, уражених пухирчастою сажкою, зростала за другого та третього строку сівби в 2012 році, це пов'язано, перш за все, із сприятливими умовами для розвитку збудника значеннями температури та вологозабезпечення в цей рік. Кількість пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом рослин у 2011 році за раннього строку сівби склала 24,6 %, середнього – 15,2 % та пізнього – 9,2 %, в 2012 році 10,0 %, 6,3 % та 3,7 % та у 2013 році – 9,7 %, 1,5 %, 3,6 %, відповідно. Аналогічну залежність мала і кількість полеглих рослин з умовами вегетації.

Серед науковців існують неоднозначні думки щодо пошкодження кукурудзяним стебловим метеликом підвидів кукурудзи з кременистим і зубовидним зерном; одні автори вказують на те, що гібриди з кременистим зерном слабше пошкоджуються метеликом, ніж із зубовидним зерном [368], інші вказують на те, що скоростиглі форми (кременистого підвиду) у більшій мірі пошкоджуються першим поколінням стеблового метелика порівняно з пізньостиглими (зубовидними) [3, 83].

Для встановлення даної залежності в досліджуваних гібридів було проведено визначення типу зернівки (підвид) (табл. 61).

61. Стійкість до пошкодження стебловим метеликом гібридів кукурудзи залежно від підвиду та строку сівби, % (за 2011-2013 рр.)

Підвид	Строк сівби								
	ранній (РТГ* t=+8°C)			середній (РТГ t=+10°C)			пізній (РТГ t=+12°C)		
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.
Кременисто-зубовидний	23,6	11,8	6,4	14,8	7,2	0,8	12,0	3,9	3,8
Зубовидний	26,0	7,8	12,5	17,1	5,4	1,9	5,7	3,4	3,1

***Примітка**: РТГ – рівень температурного режиму ґрунту на глибині загортання насіння*

До кременисто-зубоподібних форм відносяться такі гібриди: DKC 3472, DKC 2971, DKC 2960, DKC 2949, DKC 3476, DKC 3795, DKC 2870, Харківський

195 МВ, Переяславський 230 СВ, DKC 2787, зубовидних – DK 391, DKC 3511, DK 440, DKC 3871, DKC 3420, DK 315, DKC 4964, DKC 4626.

Кількість пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом рослин у кременисто-зубовидного підвиду становила 23,6 %, 11,8 та 6,4 %, а гібридів із зубовидним зерном – 26,0 %, 7,8 % та 12,5 %, відповідно у 2011, 2012 та 2013 роках.

За середнього (другого) строку сівби кількість пошкоджених рослин стебловим метеликом скоротилася і становила в кременисто-зубовидного підвиду – 14,8 %, 7,2 та 0,8 %, а в зубовидного – 17,1 %, 5,4 та 1,9 %, відповідно. За пізнього строку сівби в кременисто-зубовидного – 12,0 %, 3,9 та 3,8 %, зубовидного – 5,7 %, 3,4 та 3,1 %.

Для оцінки шкідливості вилягання важливо враховувати й місце зламу стебла, зокрема вилягання вище качана дозволяє мінімалізувати контакт качана з ґрунтом і патогенною мікрофлорою й використання механізованого збирання дає можливість обмолотити дані качани з цих полеглих рослин, але якщо вилягання відбувається нижче по стеблі місця закладання качанів, то такі качани пошкоджуються хворобами й шкідниками, мають підвищену вологість зерна та не збираються під час проведення механізованого збирання.

Виявлено, що кількість полеглих рослин нижче качана, у середньому за три роки досліджень, для ранньостиглої групи становила – 6,0 %, середньоранньої – 5,8 %, середньостиглої – 3,3 %. За оцінки кількості полеглих рослин гібридів кукурудзи нижче місця закладання качанів залежно від строку сівби встановлено пряму залежність – чим пізніший строк сівби, тим менше вилягають рослини всіх груп стиглості кукурудзи (табл. 62).

За раннього строку сівби в групі ранньостиглих гібридів кількість полеглих рослин нижче качана становила від 6,0 до 18,9 %, що займає 57,9-80,7 % від загального вилягання, за середнього строку сівби – 3,3-9,5 % полеглих рослин нижче качана, або 49,1-62,4 % від загального вилягання та за пізньої сівби – 0,3-4,2 та 8,2-49,4 % від загального вилягання.

У групі середньоранніх гібридів кількість полеглих рослин нижче качана за раннього строку сівби становила 5,8-13,1 %, що складає 69,9-83,7 % від загального відсотка вилягання, за середнього строку сівби – 1,2-7,4 % полеглих рослин нижче качана, або 31,9-74,3 % від загального вилягання та за пізнього строку сівби – 0,7-5,6 %, або 20,4-60,3 % від загального вилягання.

Середньостиглі гібриди мали найменшу кількість полеглих рослин і рослин, які полягли нижче качана, порівняно з ранньостиглими й середньоранніми гібридами.

Це пов’язано, перш за все, з особливостями анатомо-морфологічної будови стебла, розвитком склеренхімного кільця механічних тканин нижнього міжвузля, і насамперед, з меншою кількістю рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом як основним чинником вилягання.

Кількість полеглих рослин нижче качана за раннього строку сівби становила для середньостиглої групи гібридів, 2,6-12,6 %, що складає 52,3-74,9 % від загального вилягання, за середнього строку сівби – 0,9-7,7 % полеглих рослин нижче качана, або 22,7-60,0 % від загального вилягання та в разі застосування

пізнього строку сівби – 0,1-0,5 %, або 7,4-22,2 % від загального вилягання.

62. Кількість полеглих рослин гібридів кукурудзи нижче господарсько-цінного качана залежно від строку сівби, %
(середнє за 2011-2013 рр.)

Група стиглості (фактор А)	Гібрид (фактор В)	Строк сівби (фактор С)								
		Ранній (РТГ* t=+8°С)			Середній (РТГ t=+10°С)			Пізній (РТГ t=+12°С)		
		полеглих рослин, %		%, від загального вилягання	полеглих рослин, %		%, від загального вилягання	полеглих рослин, %		%, від загального вилягання
		всього	нижче качана		всього	нижче качана		всього	нижче качана	
Ранньостигла	Харківський 195 МВ	28,2	18,9	66,9	11,9	6,0	50,6	8,5	4,2	49,4
	DKC 2870	14,4	8,9	61,7	10,7	6,7	62,4	3,0	1,0	33,3
	DKC 2960	7,4	6,0	80,7	5,9	3,3	56,5	1,4	0,0	0,0
	DKC 2949	16,1	10,7	66,3	8,6	4,3	50,4	4,1	0,3	8,2
	DKC 2787	26,6	15,4	57,9	18,5	9,5	51,4	11,8	1,3	11,3
	DKC 2971(st)	9,7	7,1	73,1	7,5	3,7	49,1	5,0	0,6	11,3
Середньорання	DKC 3476	7,0	5,8	83,7	3,8	1,2	31,9	3,1	0,7	21,5
	DKC 3795	16,4	12,0	73,2	7,5	3,7	50,0	4,7	1,9	41,4
	DKC 3472	18,0	13,1	72,9	7,5	5,6	74,3	4,7	1,5	32,1
	DKC 3420	12,7	9,7	75,9	8,0	3,5	43,2	6,9	3,6	52,4
	Переяславський 230 СВ	14,5	10,9	75,0	6,1	3,7	60,7	4,1	1,7	42,6
	DKC 3871 (st)	17,0	11,9	69,9	10,6	7,4	69,5	9,2	5,6	60,3
Середньостигла	DK 391	7,9	5,1	65,3	4,7	2,4	51,1	2,8	0,0	0,0
	DKC 3511	18,3	12,6	68,9	12,8	7,7	60,0	2,4	0,5	22,2
	DK 440	9,5	6,2	65,6	5,1	2,5	49,7	2,7	0,2	7,4
	DKC 4964	5,8	3,3	56,6	4,0	0,9	22,7	1,0	0,1	12,9
	DKC 4626	8,6	6,5	74,9	5,0	2,1	42,3	1,1	0,2	18,2
	DK 315 (st)	12,4	7,4	59,8	4,9	1,7	35,1	2,9	0,5	17,0

***Примітка**: РТГ – рівень температурного режиму ґрунту на глибині загортання насіння*

У 2012 році за рахунок стресу, пов'язаного з вологозабезпеченням, спостерігали таке негативне явище, як стеблове вилягання деяких гібридів кукурудзи, яке в літературі називається «гусяча шия». Такий вид вилягання відзначений у більшій мірі, у таких гібридів: DKC 4626 – 22,0 %, DKC 2787 – 10 %, DKC 3781 – 10,5 %.

Встановлено, що ураження рослин стебловим й кореневим гнилям зазначалося лише у 2012 році на контрольних варіантах (підживлення водою) у гібридів середньоранньої групи стиглості DKC 3472 – 2,0 % та DKC 3420 – 5,0 % уражених рослин. Усі інші досліджувані гібриди мали високу стійкість до ураження стебловими й кореневими гнилями.

Ураження рослин кукурудзи летючою сажкою у 2011 році зазначалися в гібрида Переяславський 230СВ в контролі – 4,0 % та за внесення бактеріального препарату Біомаг у фазу 5-7 листків кукурудзи – 3,0 % та у гібрида Харківський 195МВ – 2,0 % у контролі; у 2012 році – не зазначались; а в 2013 році - у гібрида DKC 2971 – 2,7 % в контролі, 2,0 % – за дворазового внесення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи мікродобрива Еколист Моно

Цинк та 2,0 % за дворазового внесення регулятора росту рослин Вимпел.

Гібриди кукурудзи ранньостиглої групи мали незначну кількість рослин (менше 5 %) уражених пухирчастою сажкою (табл. 63).

63. Стійкість ранньостиглих гібридів кукурудзи до ураження пухирчастою сажкою, пошкодження кукурудзяним метеликом і вилягання залежно від позакореневого підживлення, %

(середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Кількість рослин уражених пухирчастою сажкою	Кількість рослин пошкоджених стебловим метеликом	Кількість полеглих рослин
Харківський 195 МВ	Контроль (підживлення водою)	-	1,3	24,8	28,2
	Біомаг	I*	0,0	17,1	9,6
		II*	0,0	17,2	15,2
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	19,0	15,2
		II*	0,0	13,2	9,0
	Росток кукурудза	I*	0,0	16,4	13,3
		II*	0,0	15,	7,3
	Вимпел	I*	0,0	19,9	17,9
		II*	0,0	25,2	18,5
DKC 2960	Контроль (підживлення водою)	-	0,0	7,4	7,4
	Біомаг	I*	0,0	7,7	3,4
		II*	0,0	7,2	6,5
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	6,4	3,6
		II*	0,0	6,0	4,2
	Росток кукурудза	I*	0,0	5,5	1,7
		II*	0,0	7,0	2,5
	Вимпел	I*	0,0	6,5	5,9
		II*	0,0	8,2	6,8
DKC 2949	Контроль (підживлення водою)	-	2,0	14,0	16,1
	Біомаг	I*	0,0	8,8	12,3
		II*	0,0	9,5	8,9
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	12,3	10,3
		II*	0,0	8,0	7,3
	Росток кукурудза	I*	0,0	12,0	11,3
		II*	0,0	9,5	9,7
	Вимпел	I*	0,0	9,8	13,8
		II*	0,0	11,5	11,5
DKC 2971	Контроль (підживлення водою)	-	1,8	11,7	9,7
	Біомаг	I*	0,0	4,5	5,3
		II*	0,0	4,0	2,8
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	2,7	5,8
		II*	0,0	6,8	4,5
	Росток кукурудза	I*	0,0	4,3	3,7
		II*	0,0	5,2	0,0
	Вимпел	I*	0,0	9,4	4,8
		II*	0,0	7,4	4,4

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи.*

Уражені рослини були присутні у варіанті, де не проводили позакореневі підживлення, тому можна припустити, що проведення позакореневих підживлень гібридів ранньостиглої групи мікродобривами Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза, регулятором росту рослин Вимпел, бактеріальним препаратом Біомаг сприяє підвищенню стійкості рослин кукурудзи до ураження пухирчастою сажкою.

Кількість пошкоджених рослин стебловим метеликом, у середньому за три роки досліджень, у гібрида Харківський 195МВ становила 18,7 %, DKC 2960 – 6,9 %, DKC 2949 – 10,6 % та гібрида DKC 2971 – 6,2 %. Вирощування таких ранньостиглих гібридів кукурудзи, як DKC 2960 та DKC 2971 дозволить зменшити втрати врожаю у зв'язку з незначною кількістю рослин, пошкоджених даним шкідником.

Кількість полеглих рослин у гібрида Харківський 195МВ, у середньому за три роки становила 14,9 %, у гібриду DKC 2960 – 4,7 %, DKC 2949 – 11,3 % та DKC 2971 – 4,6 %.

Проведення позакореневих підживлень знижувало кількість рослин, пошкоджених кукурудзяним стебловим метеликом. Так, зокрема кількість пошкоджених рослин за позакореневих підживлень, у досліджуваних гібридів ранньостиглої групи, у середньому за три роки досліджень, становила Харківський 195МВ – 18,0 %, DKC 2960 – 6,8 %, DKC 2949 – 10,2 % та гібриду DKC 2971 – 5,6 %. Тоді як в контролі (без позакореневих підживлень) кількість пошкоджених рослин була значно більшою і становила Харківський 195МВ – 24,8 %, DKC 2960 – 7,4 %, DKC 2949 – 14,0 % та DKC 2971 – 11,7 %.

Дослідженнями встановлений вплив кількості позакореневих підживлень на пошкодження рослин стебловим кукурудзяним метеликом. Зокрема за одноразового позакореневого підживлення мікродобривами Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза, регулятором росту рослин Вимпел та бактеріальним препаратом Біомаг у фазу 5-7 листків кукурудзи, кількість пошкоджених рослин становила Харківський 195МВ – 18,1 %, DKC 2960 – 6,5 %, DKC 2949 – 10,7 % та гібриду DKC 2971 – 5,3%, а застосування дворазового позакореневого підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – Харківський 195МВ – 17,9 %, DKC 2960 – 7,1 %, DKC 2949 – 9,6 % та гібриду DKC 2971 – 5,9 %. Отже, найкращими варіантами, які забезпечували значне скорочення (від 1,3 % до 11,6 %) кількості рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом були варіанти, де вносили мікродобрива Росток кукурудза й Еколист Моно Цинк.

Проведення позакореневих підживлень зменшує кількість полеглих рослин у групі ранньостиглих гібридів: Харківський 195МВ – 13,3 %, DKC 2960 – 4,3 %, DKC 2949 – 10,6 % та DKC 2971 – 3,9 %, тоді як в контролі (без позакореневих підживлень) кількість полеглих рослин даних гібридів складала Харківський 195МВ – 28,2 %, DKC 2960 – 7,4 %, DKC 2949 – 16,16 % та DKC 2971 – 9,7 %. Найменша кількість полеглих рослин відзначена на варіантах із дворазовим позакореневим підживленням у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи – Харківський 195МВ – 12,5 %, DKC 2960 – 5,0 %, DKC 2949 – 9,3% та DKC 2971 – 2,9 %.

Найкращі результати щодо підвищення стійкості до вилягання показали

варіанти, на яких проводили дворазове внесення мікродобрив Росток кукурудза й Еколист Моно Цинк.

64. Стійкість середньоранніх гібридів кукурудзи до ураження пухирчастою сажкою, пошкодження стебловим метеликом і вилягання залежно від позакореневих підживлень, % (середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Кількість рослин уражених пухирчастою сажкою	Кількість рослин пошкоджених стебловим метеликом	Кількість полеглих рослин
DKC 3472	Контроль (підживлення водою)	-	0,0	15,4	18,0
	Біомаг	I*	0,0	13,8	15,8
		II*	0,0	14,1	14,9
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	8,7	17,2
		II*	0,0	6,7	6,0
	Росток кукурудза	I*	0,0	8,0	7,8
		II*	0,0	4,4	6,4
	Вимпел	I*	0,0	11,8	19,5
		II*	0,0	9,2	26,5
DKC 3420	Контроль (підживлення водою)	-	0,0	17,6	12,7
	Біомаг	I*	0,0	19,2	12,3
		II*	0,0	11,2	15,0
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	9,7	9,7
		II*	0,0	17,0	7,8
DKC 3420	Росток кукурудза	I*	0,0	10,6	11,3
		II*	0,0	12,9	15,3
	Вимпел	I*	0,0	12,6	13,2
		II*	0,0	14,8	13,9
Переяславський 230 СВ	Контроль (підживлення водою)	-	3,8	12,0	14,5
	Біомаг	I*	1,5	9,7	10,0
		II*	0,0	8,3	9,0
	Еколист Моно Цинк	I*	1,1	6,3	10,0
		II*	0,0	5,1	0,0
	Росток кукурудза	I*	2,3	9,1	5,0
		II*	0,0	7,0	15,7
	Вимпел	I*	2,4	9,4	23,2
		II*	0,0	7,8	15,0
DKC 3871	Контроль (підживлення водою)	-	1,2	15,1	17,0
	Біомаг	I*	0,0	19,5	14,2
		II*	0,0	10,2	8,3
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	11,4	4,2
		II*	0,0	9,1	10,0
	Росток кукурудза	I*	0,0	12,5	8,3
		II*	0,0	9,5	5,7
	Вимпел	I*	0,0	15,3	8,3
		II*	0,0	10,4	5,0

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи*

У групі середньоранніх гібридів кукурудзи (табл. 64) найвищу стійкість до ураження пухирчастою сажкою показали ДКС 3420 та ДКС 3472, які не мали жодної рослини, ураженої даними хворобами. У гібрида Переяславський 230 СВ, у середньому за три роки, кількість рослин, уражених пухирчастою сажкою, склала 3,8 %, за одноразового позакореневого підживлення бактеріальним препаратом Біомаг у фазі 5-7 листків кукурудзи – 1,5 %, мікродобривом Еколист Моно Цинк – 1,1 % та Росток кукурудза – 2,3 %, регулятором росту рослин Вимпел – 2,4 %.

У гібрида ДКС 3871 уражені рослини пухирчастою сажкою (1,2 %) виявлені тільки на контролі (підживлення водою).

Дослідженнями встановлено, що в групі середньоранніх гібридів кукурудзи також відзначалась значна відмінність кількості пошкоджених рослин стебловим кукурудзяним метеликом залежно від біологічних особливостей гібрида та проведення позакореневих підживлень. Кількість пошкоджених рослин стебловим кукурудзяним метеликом, у середньому за три роки становила по гібридах: ДКС 3472 – 10,2 %, ДКС 3420 – 13,9 %, Переяславський 230СВ – 8,3 % та ДКС 3781 – 12,6 %.

Найбільш стійкими до вилягання виявилися гібриди ДКС 3871 – 9,0 % та Переяславський 230СВ – 11,4 %. У гібридів ДКС 3472 та ДКС 3420 кількість полеглих рослин склала 14,7 та 12,4 % відповідно.

Проведення позакореневих підживлень забезпечує зменшення кількості полеглих рослин: ДКС 3871 – 8,0 %, Переяславський 230СВ – 11,0 %, ДКС 3472 – 14,3 % та ДКС 3420 – 12,3 %, тоді як в контролі (підживлення водою) кількість полеглих рослин у даних гібридів була більшою і становила 17,0 %, 14,5 %, 18,0 % та 12,7 %.

Найменша кількість пошкоджених рослин стебловим кукурудзяним метеликом у всіх трьох групах стиглості зазначена у варіантах, де проводили дворазове внесення мікродобрив Еколист Моно Цинк та Росток кукурудза. Окрім того, зазначено скорочення кількості рослин, пошкоджених стебловим метеликом у групі середньоранніх і середньостиглих гібридів порівняно з ранньостиглою групою.

Одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечує зниження кількості полеглих рослин порівняно з контролем. У середньому за три роки, за одноразового підживлення полеглих рослин по гібридах було: ДКС 3472 – 15,1 %, ДКС 3420 – 11,6 %, Переяславський 230 СВ – 12,0 % та ДКС 3781 – 8,8 %, а за дворазового – відмічена найменша кількість полеглих рослин – ДКС 3472 – 13,5 %, ДКС 3420 – 13,0 %, Переяславський 230СВ – 9,9 % та ДКС 3781 – 7,3 %.

Середньостиглі гібриди кукурудзи ДК 391 та ДК 440 показали найвищу стійкість до ураження пухирчастою сажкою, у них ураження цією хворобою не відзначалося. Тоді як у гібрида ДКС 4964 в контролі кількість рослин, уражених пухирчастою сажкою, становила в 2011 році – 4,5 %, у 2012 році – 11,1 % та в 2013 році – 4,8 %, у варіантах даного гібрида де проводили позакореневі підживлення - ураження рослин пухирчастою сажкою не було.

65. Стійкість середньостиглих гібридів до ураження пухирчастою сажкою, пошкодження кукурудзяним метеликом і вилягання залежно від позакореневих підживлень, % (середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	Кількість рослин уражених пухирчастою сажкою	Кількість рослин пошкоджених стебловим метеликом	Кількість полеглих рослин
DK 391	Контроль (підживлення водою)	-	0,0	15,68	7,9
	Біомаг	I*	0,0	14,7	5,8
		II*	0,0	20,7	6,1
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	11,9	1,8
		II*	0,0	15,2	5,5
	Росток кукурудза	I*	0,0	13,6	0,8
		II*	0,0	15,1	5,6
	Вимпел	I*	0,0	12,1	5,0
		II*	0,0	15,3	4,2
DK 440	Контроль (підживлення водою)	-	0,0	13,2	9,5
	Біомаг	I*	0,0	12,0	2,7
		II*	0,0	9,6	6,7
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	10,1	7,2
		II*	0,0	12,1	5,0
	Росток кукурудза	I*	0,0	8,4	7,8
		II*	0,0	8,1	1,8
	Вимпел	I*	0,0	10,7	5,0
		II*	0,0	11,3	6,2
DKC 4964	Контроль (підживлення водою)	-	6,8	11,5	5,8
	Біомаг	I*	0,0	14,6	5,8
		II*	0,0	4,0	5,3
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	6,9	0,0
		II*	0,0	3,0	8,3
	Росток кукурудза	I*	0,0	8,3	12,9
		II*	0,0	5,8	0,0
	Вимпел	I*	0,0	7,8	0,0
		II*	0,0	8,7	5,9
DK 315	Контроль (підживлення водою)	-	1,3	20,5	12,4
	Біомаг	I*	0,0	11,2	8,0
		II*	0,0	17,3	14,1
	Еколист Моно Цинк	I*	0,0	9,3	12,0
		II*	0,0	3,0	8,7
	Росток кукурудза	I*	0,0	7,9	8,7
		II*	0,0	11,7	6,7
	Вимпел	I*	0,0	14,6	8,1
		II*	0,0	6,5	9,2

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи*

У гібрида DK 315 лише в 2012 році в контролі зазначено до 4,0% рослин, уражених пухирчастою сажкою, в інші роки даний гібрид був стійким до такого ураження, так як було проведенно позакореневе підживлення. У групі середньостиглих гібридів кукурудзи (табл. 6.6) кількість пошкоджених

метеликом рослин становила: ДК 391 – 14,9 %, ДК 440 – 10,6 %, ДКС 4964 – 7,8 % та ДК 315 – 11,3 %, полеглих рослин (фактор А) становила, в середньому за три роки, ДК 391 – 4,7 %, ДК 440 – 5,8 %, ДКС 4964 – 4,9 % та ДК 315 – 9,8 %. Як і в попередніх груп стиглості, найбільша кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, спостерігалася на контролі (підживлення водою): ДК 391 – 15,6 %, ДК 440 – 13,2 %, ДКС 4964 – 11,5 % та ДК 315 – 20,5 %.

Позакореневе підживлення забезпечило зменшення кількості пошкоджених рослин: ДК 391 – 14,8 %, ДК 440 – 10,3 %, ДКС 4964 – 7,4 % та ДК 315 – 10,2 %, кількість полеглих рослин у них складала ДК 391 – 4,4 %, ДК 440 – 5,3 %, ДКС 4964 – 4,8% та ДК 315 – 9,4 %.

Проведення одноразового позакореневого підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечило зменшення кількості пошкоджених рослин ДК 391 – 13,1 %, ДК 440 – 10,3 %, ДКС 4964 – 9,4 % та ДК 315 – 10,8 %, а проведення дворазового позакореневого підживлення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи сприяло найменшій кількості рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом ДК 440 – 10,3 %, ДКС 4964 – 5,4 % та ДК 315 – 9,6%, за виключенням гібрида ДК 391, у якого кількість пошкоджених рослин становила 16,6 %.

За одноразового позакореневого підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи кількість полеглих рослин становила ДК 391 – 3,4 %, ДК 440 – 5,7 %, ДКС 4964 – 4,7 % та ДК 315 – 9,2 %, а за дворазового підживлень кількість полеглих рослин збільшилася – ДК 391 – 5,3 %, ДК 440 – 4,9, ДКС 4964 – 4,9 та ДК 315 – 9,7 %.

У процесі дослідження в окремі роки (2012 та 2013 рр.) спостерігалося в другій половині вегетації інтенсивне заселення рослин деяких гібридів таким шкідником, як попелиці. У 2012 році значне заселення (більше 10%) рослин попелицями відмічалося в гібридів Харківський 195МВ, ДКС 2971 та ДКС 3420 на контролі та за проведення двох позакореневих підживлень у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи мікродобривом Росток кукурудза.

Результатами проведених досліджень не встановлено істотної залежності кількості заселених рослин кукурудзи попелицями і розмірів фракції та глибини загортання насіння. Інтенсивність заселення рослин кукурудзи попелицями визначається, перш за все, кліматичними умовами конкретного року. У 2015 році в процесі проведення досліджень було відзначено значну шкодочинність попелиць, порівняно з 2014 та 2016 роками. Зокрема, у гібрида ДКС 2960 за використання мілкої й середньої фракції насіння та глибини загортання 4-5 см, кількість рослин із масовими колоніями попелиць становила 3,0 %, великої фракції – 2,0 %. У гібрида ДКС 2971 та ДК 315 за використання мілкої фракції й глибини загортання насіння 7-8 см кількість рослин, заселених попелицями, становила 2,0 %, а в гібрида ДКС 3795 за використання середньої й великої фракції насіння за цієї ж глибини загортання кількість рослин із колоніями попелиць становила 2,0 %. І за глибини загортання насіння 10-11 см заселеність попелицями відзначено у гібрида ДК 315 – 2,0 % за використання мілкої фракції насіння.

Стійкість рослин кукурудзи залежала від групи стиглості, біологічних особливостей гібрида на імунологічний стан посіву, а також від фракції насіння та глибини його загортання (табл. 66).

66. Стійкість до стеблового кукурудзяного метелика гібридів кукурудзи залежно від глибини загортання та розмірів фракції насіння, % (за 2014-2016 рр.)

Група стиглості (A)	Гібрид (B)	Фракція насіння (C)	Глибина загортання насіння (D)	Роки досліджень			середнє
				2014	2015	2016	
1	2	3	4	5	6	7	8
Ранньостиглі гібриди	DKC 2960	M (194 г)	4-5 см	7,3	0,0	10,5	5,9
			7-8 см	8,4	0,0	9,4	5,9
			10-11 см	7,5	0,0	11,6	6,4
		S (238 г)	4-5 см	14,2	0,0	16,5	10,2
			7-8 см	7,9	0,0	8,9	5,6
			10-11 см	8,0	0,0	9,8	5,9
		V (277 г)	4-5 см	11,0	5,7	13,0	9,9
			7-8 см	4,0	0,0	6,7	3,6
			10-11 см	10,5	0,0	15,3	8,6
	DKC 2971	M (194 г)	4-5 см	11,4	0,0	15,4	8,9
			7-8 см	10,0	0,0	12,0	7,3
			10-11 см	9,5	0,0	11,7	7,1
		S (256 г)	4-5 см	7,7	0,0	10,5	6,1
			7-8 см	7,4	0,0	10,6	6,0
			10-11 см	5,4	0,0	11,4	5,6
		V (279 г)	4-5 см	5,4	0,0	9,4	4,9
			7-8 см	4,4	0,0	8,6	4,3
			10-11 см	2,5	0,0	6,5	3,0
Середньоранні гібриди	DKC 3472	M (249 г)	4-5 см	4,7	0,0	6,7	3,8
			7-8 см	16,3	0,0	19,3	11,9
			10-11 см	13,5	0,0	16,5	10,0
		S (326 г)	4-5 см	2,2	0,0	5,5	2,6
			7-8 см	6,4	0,0	9,2	5,2
			10-11 см	8,5	0,0	10,5	6,3
		V (385 г)	4-5 см	6,0	0,0	9,0	5,0
			7-8 см	10,5	0,0	12,5	7,7
			10-11 см	5,5	0,0	8,6	4,7
	DKC 3795	M (166 г)	4-5 см	33,0	14,5	25,0	24,2
			7-8 см	11,7	0,0	16,5	9,4
			10-11 см	11,0	7,5	17,7	12,1
		S (207 г)	4-5 см	21,0	6,8	23,0	16,9
			7-8 см	25,0	4,9	26,3	18,7
			10-11 см	20,0	7,2	21,0	16,1
		V (287 г)	4-5 см	22,0	19,3	24,5	21,9
			7-8 см	15,0	2,1	18,0	11,7
			10-11 см	12,0	6,2	15,5	11,2
	DK 315	M (223 г)	4-5 см	7,0	0,0	9,9	5,6
			7-8 см	14,0	0,0	17,0	10,3

Продовження табл. 66

1	2	3	4	5	6	7	8
Середньостиглі гібриди	ДК 315	M (223 г)	10-11 см	7,5	0,0	10,5	6,0
		S (294 г)	4-5 см	5,2	0,0	6,7	4,0
			7-8 см	4,9	0,0	7,5	4,1
			10-11 см	12,2	0,0	10,6	7,6
		V (327 г)	4-5 см	8,9	0,0	12,9	7,3
			7-8 см	9,9	0,0	13,9	7,9
			10-11 см	10,0	0,0	15,0	8,3
	ДКС 4082	M (172 г)	4-5 см	10,4	0,0	13,4	7,9
			7-8 см	9,8	0,0	11,9	7,2
			10-11 см	16,5	0,0	19,5	12,0
		S (227 г)	4-5 см	5,9	0,0	7,9	4,6
			7-8 см	11,0	0,0	14,0	8,3
			10-11 см	7,5	0,0	9,5	5,7
		V (278 г)	4-5 см	9,4	0,0	13,5	7,6
			7-8 см	6,2	0,0	10,2	5,5
			10-11 см	5,5	0,0	8,8	4,8

***Примітка**: M – дрібна фракція, S – середня фракція та V – велика фракція насіння*

У групі ранньостиглих гібридів кількість пошкоджених рослин стебловим кукурудзяним метеликом, у середньому за три роки, склала 6,4 %, у групі середньоранніх гібридів – 11,1 % та у групі середньостиглих гібридів – 6,9 %. У гібридів ранньостиглої групи кількість рослин, пошкоджених стебловим метеликом, коливалася в межах 4,0-16,5 %, у групі середньоранніх гібридів – 2,1-33,0% та в групі середньостиглих гібридів відсоток пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом рослин коливався в межах 4,9-19,5 %.

Кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, у середньому за три роки, склала ДКС 2960 – 6,9 %, ДКС 2971 – 5,9 %, у групі середньоранніх гібридів: ДКС 3472 – 6,3 %, ДКС 3795 – 15,8 % та у групі середньостиглих гібридів: ДК 315 – 6,8 % та ДКС 4082 – 7,1 %.

У гібрида середньоранньої групи стиглості ДКС 3472 за використання дрібної фракції насіння й глибини загортання 4-5 см – 1,6 %, глибини 7-8 см – 3,5 %, глибини 10-11 см – 1,5 % та за використання середньої фракції й глибини загортання насіння 7-8 см – 1,0 %.

Аналізуючи вплив розмірів фракції насіння на кількість пошкоджених рослин стебловим метеликом, можна стверджувати, що використання дрібної фракції насіння, у середньому за три роки досліджень забезпечило 9,0 % пошкоджених рослин, середньої – 7,8 та великої – 7,7 %.

Використання середньої та великої фракції насіння забезпечує зменшення кількості пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом рослин на 0,2-3,9% порівняно з використанням дрібної фракції насіння.

Але дана залежність стосується не всіх гібридів, наприклад, у гібрида ДКС 2960 найменшу кількість пошкоджених рослин (6,1 %) зафіксовано за використання дрібної фракції насіння, а використання середньої (7,3 %) та великої (7,4 %) фракції насіння мало найбільше значення кількості пошкоджених метеликом рослин.

Найбільшу кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом 8,7 %, у середньому за три роки, зазначено на варіанті, де проводили мілке загортання насіння. Збільшення глибини загортання насіння сприяло скороченню кількості пошкоджених стебловим метеликом рослин, так, зокрема за глибини загортання насіння 7-8 см, кількість пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом рослин становила 7,8 %, а за 10-11 см – 7,9 %.

Збільшення глибини загортання насіння з 4-5 до 10-11 см неоднозначно впливає на кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, а от розмір фракції насіння має певну залежність, наприклад, використання дрібної фракції збільшує кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, у середньому на 5-8 %, порівняно з великою фракцією насіння.

Встановлено, що кількість рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, залежить від метеорологічних умов. Зокрема, у 2014 та 2016 роках, які були більш сприятливі для розвитку шкідника за вологозабезпеченням спостерігалося збільшення кількості пошкоджених рослин. У 2015 році спостерігалося зменшення кількості рослин, пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, у зв'язку з дефіцитом вологи в цей рік.

Бур'яни. Для вирощування кукурудзи на силос важливим фактором є захист посівів від бур'янів і засмічувачів, адже від цього буде залежати як інтенсивність розвитку, так і в цілому рівень урожаю зеленої маси. Необхідно розуміти, що внесення пестицидів може вплинути на вміст токсинів у силосній масі. Пестициди краще лише в до- та післясходовий періоди.

Дуже важливо, щоб посіви кукурудзи були чистими від бур'янів до фази 5 листків, аби забезпечити оптимальні умови закладки качанів і сприяти отриманню більшої кількості зерна в силосній масі. Гербіциди суцільної дії вносять після того, як пройшов збір попередньої культури. У період вегетації кукурудзи можуть використовувати гербіциди для боротьби з широколистими бур'янами [49, 50].

Для успішного захисту рослин можна сформувати бакові суміші **ґрунтових препаратів** за участі **прометрину**: Перун (Пометрин, 500 г/л) 2,0-2,5 л/га + Сахара (Ацетохлор, 900 г/л) 1,5-2,0 л/га; Перун (прометрин 500 г/л) 2-2,5 л/га + Дабл Трай (металахлор, 960 г/л) 1,7-1,9 л/га; Перун (прометрин 500 г/л) 2-2,5 л/га+ Сора-нет (пропізахлор, 720г/л) 1,8-2,2 л/га, або на основі **тербутилазіну**: Айдахо КС (тербутилазин, 500 г/л) 1,5-1,6 л/га + Сахара (ацетохлор, 900г/л) 1,5-1,7 л/га; Айдахо КС (тербутилазин, 500 г/л) 1,5-1,6 л/га + Дабл Трай (металахлор, 960 г/л) 1,7-1,9 л/га; Айдахо КС (тербутилазин, 500 г/л) 1,5-1,6 л/га + Сора-Нет (пропізахлор, 720г/л) 1,8-2,2 л/га.

Компоновка двох груп діючих речовин Хлорацетанілідів і Триазинів забезпечить широкий спектр контролю за бур'янами. Такі бакові суміші ґрунтових не зможуть вирішити питання з падалицею соняшнику, тому для цього можна використати препарати на основі 2,4-Д та його похідних,

зокрема Ефімер (2-етил-гексиловий ефір 2,4-Д, 905 г/л) 0,7-0,8 л/га, Примус (2-етил-гексиловий ефір 2,4-Д, 452 г/л + флорасулам, 6,3 г/л) 0,4-0,6 л/га, Дикамба Форте (дикамба у формі диметиламінної солі, 120 г/л + 2,4-Д у формі диметиламінної солі,344 г/л) 1,0-1,2 л/га або препарат Аксакал (флорасулам, 250 г/л) 0,02-0,03 кг/га в поєднанні з прилипачем Мачо 0,2 л/га або Супер Мачо 0,1 л/га в чистому вигляді чи бакових сумішах з іншими препаратами. А для посилення боротьби зі злаковими бур'янами в разі застосування посходової схеми можна вносити препарати на основі сульфонілсечовин Муссон (нікосульфурон 40 г/л) 1,0-1,25 л/га, Рим (римсульфурон, 250 г/л) 0,04-0,05 кг/га в поєднанні з прилипачем Мачо 0,2 л/га СуперМачо 0,1 л/га, Кентавр (римсульфурон, 500 г/л + тифенсульфурон-метил, 250 г/л)0,02-0,025 кг/га також у поєднанні з прилипачем. Внаслідок цього посіви кукурудзи будуть очищенні від бур'янів і засмічувачів до фази 5 листків, що забезпечить оптимальні умови закладання качанів, а відповідно буде сприяти отриманню більшої кількості зерна в силосній масі. Схеми застосування гербіцидів мають передбачати, за необхідності, двократне застосування гербіцидів. Для цього потрібно враховувати регламент препаратів, спектр бур'янів і засмічувачів, що вони забирають [361].

Сучасні гербіциди вирішуватимуть проблему контролю за бур'янами, зменшуватимуть собівартість продукції й забезпечуватитуть відсутність фітотоксичної дії за дотримання регламенту їх застосування [50, 361].

5.11. Удобрення кукурудзи

Ми не можемо змінити природні фактори, але, маючи в розпорядженні низку агротехнічних й агрономічних прийомів, можемо вплинути на імунітет рослин, підвищити стресостійкість, посухостійкість, оптимізувати використання наявних елементів живлення та вологи для формування вегетативної маси й генеративних органів [46, 258, 265].

У технології вирощування кукурудзи важливою ланкою заходів, спрямованих на збільшення врожаю, є система удобрення, яка включає використання органічних і мінеральних добрив [201, 466, 509].

Система живлення є одним з елементів оптимізації процесів росту й розвитку рослин кукурудзи, зокрема на ранніх етапах. Засвоєння елементів живлення кукурудзою залежить від типу ґрунту, виносу поживних речовин попередниками, запланованої врожайності [49].

На внесення добрив може припадати до третини енергетичних затрат (20-30%) [21, 100, 510].

Останнім часом в Україні через спрощення технологічних прийомів і нестачу ресурсного забезпечення відбувається погіршення родючості ґрунтів, поступове зменшення в них елементів живлення, що призводить до деградації й втрати їх продуктивних можливостей. Це відбувається, перш за все, через різке скорочення застосування органічних і мінеральних добрив, порушення системи сівозмін, що, в свою чергу, негативно позначається на агрофізичних, фізико-

хімічних, агрохімічних параметрах основних типів ґрунтів України [3, 511, 512].

За останні 10-12 років кількість внесених мінеральних добрив зменшилася у кілька разів (із 200 до 60 кг д.р./га) [3]. Більшість ґрунтів мають низьку забезпеченість азотом. За таких умов необхідно проводити пошук шляхів покращення ситуації, що склалася [513]. До категорії найбільш негативних явищ сьогодні належить 30-80% (близько 130 кг/га на рік) перевищення виносу поживних речовин над обсягами застосування добрив, безперспективне використання в складі ріллі малопродуктивних земель та ерозії небезпечних сільськогосподарських рельєфів, а також нестримне зростання шкодочинності бур'янів, хвороб і шкідників [514].

Одержати максимальну генетично зумовлену врожайність навіть на високоокультурених ґрунтах можна лише за спрямованого регулювання живлення рослин з урахуванням законів формування врожаю, потреб культури, особливостей сорту або гібрида [55, 95]

Для побудови системи удобрення кукурудзи потрібно враховувати агрокліматичні умови вирощування, тип ґрунту, ступінь його забезпечення рухомими формами поживних речовин, а також фізіологічні потреби рослин в окремих мікроелементах живлення на протязі усього вегетаційного періоду [70, 247, 515].

Практика застосування добрив, побудована на розробках десятилітньої давності, може не відповідати потребам сучасних гібридів кукурудзи в елементах живлення. Різні біотипи гібридів відрізняються неоднаковою реакцією на добрива [52, 202, 322]. Вдосконалення наших уявлень про тимчасові інтервали поглинання елементів живлення кукурудзою в певних кількостях, розподілені по органах рослини і реутилізації дозволяє оптимізувати дози, форми й строки внесення добрив [163, 322].

Поглинання поживних речовин повніше відбувається за вирівняного співвідношення між азотом, фосфором і калієм або з невеликою перевагою азоту й фосфору над калієм [3, 83].

Наразі створилася система уявлень, згідно якої всі агротехнічні прийоми розглядаються як засіб створення оптико-біологічних систем-посівів, призначених для найкращого використання сонячної радіації на фотосинтез і формування врожаю рослин. Такий підхід пов'язує увесь комплекс макро- і мікроелентів в єдину систему і може стати, фундаментальною базою для наступного розвитку теорії й практики підвищення врожайності [100, 107].

Живлення й фотосинтез рослин – взаємообумовлені процеси, проте механізми їх взаєморегуляції залишаються з'ясованими не до кінця. Цей зв'язок визначається на основні показників фізіологічних процесів рослин насамперед це вміст і співвідношення пігментів фотосинтезу, від яких залежить не тільки спрямованість фотосинтезу, але й швидкість і характер метаболізму рослин (анатомо-морфологічні зміни) [83, 107].

У структурі впливу на врожай та якість зерна кукурудзи перше місце займають добрива, питома вага яких у формуванні врожаю в Україні становить 30-50% [163, 333, 510, 513]. Згідно даних Міжнародної сільськогосподарської організації ООН (ФАО), у нормальних умовах від 45 до 65% підвищення

врожайності припадає на частку добрив [163, 278, 513].

Абсолютні прирости врожаю від застосування добрив за посушливих умов зменшуються на 25-30%, якщо порівняти їх з приростами в роки зі сприятливими погодними умовами. У періоди тривалих і жорстких весняно-літніх посух різко зменшується й ефективність підживлення, а реакція рослин може бути навіть негативною, адже будь-які добрива збільшують концентрацію солей у ґрунтовому розчині. Через це добрива повинні бути внесені завчасно, оскільки виправити недоліки живлення в стресових умовах дуже важко [3, 265].

Переоцінка динаміки споживання й розподілення елементів живлення в різних органах рослин може стати основою для вдосконалення практики застосування добрив під кукурудзу з метою максимального використання потенціалу врожайності [322].

Рівень мінерального живлення має двоякий вплив на фотосинтетичні процеси. Покращені умови мінерального живлення, насамперед азотне, посилюють ріст рослин, забезпечують формування потужного асиміляційного апарату з високим значенням площі листкової поверхні і чистої продуктивності фотосинтезу, а також фосфорне й калійне, підвищують інтенсивність фотосинтезу. Водночас добрива сприяють розвитку великої листкової поверхні і як наслідок взаємного затінення рослин у посівах [89, 97]. У мінеральному живленні та фотосинтезі виявляється одна з найбільш яскравих особливостей зелених рослин – їх автотрофність, тобто здатність будувати своє тіло з неорганічних речовин [107].

Традиційна технологія внесення мінеральних добрив недосконала. У ній переважають техногенні фактори замість біологічних. Часто удобрюють ґрунт, а не рослини. Добрива, що вносять під основний обробіток ґрунту, майже за півроку до їх інтенсивного використання рослинами кукурудзи, втрачають багато поживних речовин за рахунок мінералізації, випаровування в повітря і вимивання в глибину ґрунту, забруднюючи довкілля [184, 510].

Важливе значення для елементів живлення мають терміни й методи внесення, вміст їх у ґрунті [516]. Розмір та інтенсивність поглинання елементів живлення кукурудзою прямо залежить від динаміки наростання сухої маси.

Суть оптимізації живлення рослин полягає в забезпеченні рослин елементами живлення на всіх етапах їхнього розвитку з урахуванням етапів органогенезу [95, 110, 333]. Добрива, їхні форми, види, способи внесення, співвідношення у них елементів живлення повинні встановлюватися відповідно до етапів органогенезу рослин і вноситись у вигляді суміші макро- та мікроелементів [95, 110].

З органічних добрив найчастіше використовують підстилковий гній, який вносять під оранку. Норма внесення залежить від зони й родючості ґрунту. У західному Лісостепу вона становить 30-40 т/га, на Поліссі – 40-60 т/га. Рідкий гній слід вносити до 80-100 т/га і негайно заробляти в ґрунт. Не рекомендується весняне внесення гною. Краще його закагатувати й використати вже восени [44, 202].

Враховуючи відсутність органічних добрив, компенсація спожитих урожаєм азоту, фосфору й калію відбувається завдяки мінеральним

добривам [67, 73].

Ефективність добрив значно підвищується за локального внесення їх на глибину 10-12 см. Цей спосіб забезпечує рівномірний розподіл добрив у вологому шарі ґрунту й покращує надходження поживних речовин до рослин [55, 237].

Кукурудза добре реагує на альтернативні джерела органіки: за відсутності гною після стерньових попередників доцільно заробляти солому й висівати післяжнивні посіви хрестоцвітих культур на зелене добриво, які за ефективністю не поступаються органічним добривам. Для сидерації слід використовувати люпин, суріпицю, ріпак, гірчицю білу, редьку олійну та ін. Приорювання зеленої маси післяукісного люпину можна прирівняти до внесення 20-30 т/га гною. Це забезпечує зростання врожаю зерна на 10-15%. Ефективність цих добрив на бідних ґрунтах зростає у 1,3-1,8 раза. Водночас знижується забур'яненість посівів у 1,7 раза [67, 237]. Кукурудза чудово використовує післядію добрив, які вносилися під попередню культуру (озиму пшеницю) [230].

Надлишкове внесення органічних і мінеральних добрив, особливо на родючих чорноземних ґрунтах, не забезпечує різкого підвищення продуктивності кукурудзи, але при цьому зростають витрати енергії на їх застосування в 1,5-2 рази, а також знижується окупність добрив майже на 50%. Використання мінеральних добрив під кукурудзу в дозах, які перевищують 90 кг д. р. NPK, на родючих чорноземних ґрунтах призводить до непродуктивного використання елементів живлення [517]. У беззмінних посівах за внесення 20 тонн на гектар гною і $N_{90}P_{90}K_{90}$ через рік збільшується ураження кукурудзи гнилями порівняно з неудобреними варіантами вдвоє, але знижується ураженість летючою сажкою на 30% [3, 83, 112].

Результатами досліджень Л. Анішина (2007) [54] встановлено, що за вчасного підживлення сходів кукурудзи її врожай зростає на 5-7 ц зерна з гектара.

Для життя та розвиту рослині впродовж всього вегетаційного періоду необхідна певна кількість макро-, мезо- та мікроелементів, а для їх споживання - певні ґрунтово-кліматичні умови: структура ґрунту, його температура та вологість, pH, температура та вологість повітря, кількість та інтенсивність сонячної радіації та інші [258].

Висока продуктивність сучасних гібридів кукурудзи забезпечує окупність 1 кг NPK врожайністю 3,5-10 ц/га. Порівняно з пшеницею озимою, вона менш вимоглива до ґрунтових умов, проте ліпше відгукується своєю продуктивністю на культуру землеробства [56, 70, 202, 346].

Погодні умови впливають як на кількість доступних поживних речовин у ґрунті, так і безпосередньо на дію добрив на рослини. Зменшення запасів продуктивної вологи в ґрунті за період вегетації зернових культур на 10 мм знижує ефективність добрив у середньому на 0,01-0,02 т/га [239, 244]. Для розрахунку потреби в мінеральних добривах слід враховувати, що кукурудза для утворення 1 ц сухого зерна на збагаченому мінеральними добривами ґрунті використовує 7 мм вологи, за відсутності добрив – 11 мм вологи з шару ґрунту 0-100 см [362]. Добрива також можна вносити з поливною водою

(**фертигація**) [510].

Удобрення посівів кукурудзи мінеральними й органічними добривами зменшує нагромадження в зерні важких металів [518]. Удобрення зменшує шкодочинність бур'янів [83].

Внесення оптимальних доз мінеральних та органічних добрив значно впливає на ріст і розвиток кукурудзи, а також на стійкість проти пошкодження фітофагами. Оптимальною дозою мінеральних добрив з урахуванням їх окупності, наприклад, у зоні Степу, є $N_{60}P_{60}K_{30}$. Використання мінімальної їх кількості ($N_{30}P_{30}K_{20}$) призводить до зниження продуктивності кукурудзи, як порівняти з оптимумом, і зумовлює порушення балансу поживних речовин у ґрунті. Найбільший приріст урожаю від застосування підвищених доз добрив ($N_{90}P_{60\ 90}K_{60}$) забезпечують у цій зоні середньостиглі та середньопізні гібриди, водночас як скоростиглі доцільно вирощувати з унесенням помірних доз [247].

Для Лісостепу норма добрив становить $N_{80\text{-}140}\ P_{80\text{-}100}\ K_{70\text{-}120}$. Усю норму фосфорних і калійних добрив необхідно вносити восени під оранку, азотні - під весняну культивацію (80-90%), решту використовують для підживлення під час вегетації [3, 353, 372].

Вибір системи удобрення впливає на перебіг енергетичних потоків у системі ґрунт – рослина, нормує обсяги надходження енергії в ґрунт, визначає характер її перерозподілу та зберігання. Формування сталих основ аграрного виробництва нині неможливе без запровадження енергоощадних та екологічно спрямованих систем удобрення [317, 519].

Нині в світі, вносячи мінеральні добрива, сільськогосподарські виробники стикаються з двома основними складовими: з посиленням екологічних норм щодо відповідності внесення добрив потребам ґрунту та матеріальною відповідністю за шкоду, нанесену навколишньому середовищу, а також зі зростаючою потребою в мінеральних добривах через більш інтенсивне ведення сільськогосподарського виробництва й підвищення ціни на них [520]. Згідно з посиланнями, екологічними нормами на території ЄС обмеження стосуються вмісту нітратів у ґрунтових водах, гранична величина яких не може перевищувати 50 мг/л, з цільовим показником на рівні 25 мг/л [3, 520].

Одним з важливих показників родючості ґрунту є його біологічна активність. Це складний комплекс біологічних і біохімічних процесів, які відбуваються в ґрунті у взаємозв'язку й взаємодії, та визначаються його особливостями, погодними умовами й агротехнічними заходами. Накопичення поживних речовин у ґрунті відбувається лише за розвитку в ньому корисних угрупувань мікроорганізмів. Від дії ґрунтової мікрофлори залежить ступінь мінералізації й гуміфікації рослинних решток і мобілізуюча здатність ґрунту, що створюють умови для найповнішого забезпечення вегетуючих рослин потрібними поживними речовинами. Окрім того, мікроорганізми виробляють речовини, які прискорюють ріст рослин. Найбільша кількість мікроорганізмів у ґрунті спостерігається навколо коренів рослин, у так званій ризосфері ґрунту, куди рослини виділяють органічні речовини у великій кількості (до 40% від всіх синтезованих у процесі фотосинтезу речовин), щоб сприяти розвитку ґрунтових

мікроорганізмів, які забезпечують мобілізацію елементів живлення за рахунок розкладання рослинних залишків, біологічного вивітрювання та гідролізу ґрунтових мінералів тощо [521].

Узагальнений підхід до потреб культур у тих чи інших елементах живлення на різних ґрунтах є в основі своїй неправильним, доволі часто навіть шкодить рослинам і погіршує якість ґрунтів. Слід зауважити, що багато запропонованих сумішей містять мікроелементи в дуже низьких концентраціях, здешевлюючи таким чином продукт. З іншого боку, інколи ці елементи є незбалансованими, внаслідок чого вони непередбачено впливають на обмінні процеси в рослинному організмі. Використання суміші мікроелементів є дуже відповідальним завданням, оскільки надлишок одного елемента в суміші може пригнічувати засвоєння іншого. Також недоцільним може бути й використання мікроелементного підживлення в одній робочій суміші з гербіцидами, дія яких на бур'яни може значно слабшати. Усі ці антагоністичні взаємодії слід обов'язково враховувати під час розробки технології [515].

Ефективність добрив зростає з подовженням групи стиглості гібриду, це пов'язано з тим, що в силу особливостей більш повільного розвитку пізньостиглих форм у початковий період росту і наступним інтенсивним сплеском закладеного генетичного потенціалу врожаю зерна та більш тривалим формуванням органічної речовини [278].

Живлення кукурудзи включає основне внесення добрив, припосівне й підживлення. Для інтенсивного початкового росту рослин кукурудзи важливо вносити під основний обробіток ґрунту на бідних ґрунтах по 20-30 кг/га д. р. фосфору та калію, а на легких ґрунтах калійні добрива можна змістити на весняне внесення під закриття вологи, щоб не відбулось інтенсивного їх промивання в осінньо-весняний період [49].

Орієнтовні дози внесення мінеральних добрив під час основного удобрення такі: на чорноземах глибоких – $N_{60-90}P_{60}K_{60}$, на чорноземах опідзолених і темно-сірих опідзолених ґрунтах – $N_{80}P_{60-90}K_{60}$ [50]. Норми добрив корегують на основі агрохімічного аналізу ґрунту та поправочних коефіцієнтів (табл. 67).

Під час посіву важливо вносити фосфорні добрива, а під час вегетації – провести підживлення залежно від потреб рослин [49].

Рекомендовано вносити на кожних 10 кг/га д. р азоту по 1,5-2,0 кг/га д. р. сірчаних добрив, тоді весь азот буде повноцінно використовуватись рослинами в повній мірі й будуть ефективно включатись в білкові структури. Якщо планується використовувати сульфат амонію або інше кисле добриво, то бажано їх внести восени під основний обробіток ґрунту або навесні під закриття вологи, адже за наявності значної кількості вологи і підкислення ґрунту буде короткостроковим і не вплине на рослини. Для оптимізації умов закладки врожаю на початкових етапах, необхідно збалансувати їх живлення. Адже кукурудза на силос закладає свій урожай, починаючи з 1-го до 9-го листка, так з 1-го по 3-й листок відбувається закладка вузлів, а відповідно кількості листків, з 3 по 9 листок відбувається закладання, формування та розвиток качанів (рис. 11) [361].

67. Рекомендована норма добрив для кукурудзи з урахуванням поправочних коефіцієнтів і ступені забезпеченості рослин елементами живлення

Ступінь забезпеченості рослин елементами живлення	Поправочний коефіцієнт для добрив			Рекомендована норма добрив (д. р.), кг		
	азотних	фосфорних	калійних	N	P	K
Тип ґрунту – чорнозем типовий, рекомендована норма добрив для даного типу ґрунту – $N_{120-140}P_{90-110}K_{70-90}$ кг/га						
Дуже низька	1,3-1,5	1,3-1,5	1,3-1,5	180-210	135-165	105-135
Низька	1,2	1,3	1,3	145-165	115-145	90-115
Середня	1,0	1,0	0,8	120-140	90-110	55-70
Підвищена	0,7	0,5-0,7	0,6-0,7	85-100	65-75	50-60
Висока	0,5	0,6	0,6	60-70	55-65	40-55
Дуже висока	–	–	–	–	–	–
Тип ґрунту – темно-сірий і сірий лісовий, рекомендована норма добрив для даного типу ґрунту – $N_{140-160}P_{90-120}K_{80-100}$ кг/га						
Дуже низька	1,3-1,5	1,3-1,5	1,3-1,5	210-240	135-180	120-165
Низька	1,2	1,3	1,3	165-190	115-155	100-140
Середня	1,0	1,0	0,8	140-160	90-120	65-85
Підвищена	0,7	0,5-0,7	0,6-0,7	95-110	60-85	55-75
Висока	0,5	0,6	0,6	70-80	55-70	50-65
Дуже висока	–	–	–	–	–	–
Тип ґрунту – чорнозем звичайний і південний, рекомендована норма добрив для даного типу ґрунту – $N_{90-120}P_{70-90}K_{50-60}$ кг/га						
Дуже низька	1,3-1,5	1,3-1,5	1,3-1,5	135-180	105-135	75-90
Низька	1,2	1,3	1,3	105-145	90-115	65-75
Середня	1,0	1,0	0,8	90-120	70-90	40-50
Підвищена	0,7	0,5-0,7	0,6-0,7	60-85	50-60	35-40
Висока	0,5	0,6	0,6	45-60	40-55	30-35
Дуже висока	–	–	–	–	–	–

Важливу роль відіграє припосівне внесення добрив одночасно із сівбою туковисівними пристроями сівалок на відстані 3-5 см збоку від рядка і на 4-5 см нижче глибини загортання насіння. Під час висівання насіння кукурудзи вносять невисокі дози фосфорних добрив із розрахунку 10-15 кг/га д. р. фосфору, можна в поєднанні з мікродобривами, але бажано, щоб увесь комплекс не перевищував 60 кг/га сукупної діючої речовини [50, 361].

Внесення мінеральних добрив забезпечує збільшення умовно чистого прибутку, однак, порівняно з неудобреним фоном, знижується рівень рентабельності виробництва [308]. Норма мінеральних добрив розраховується на запланований урожай і змінюється залежно від типу ґрунту, попередника, наявності органічних добрив [360].

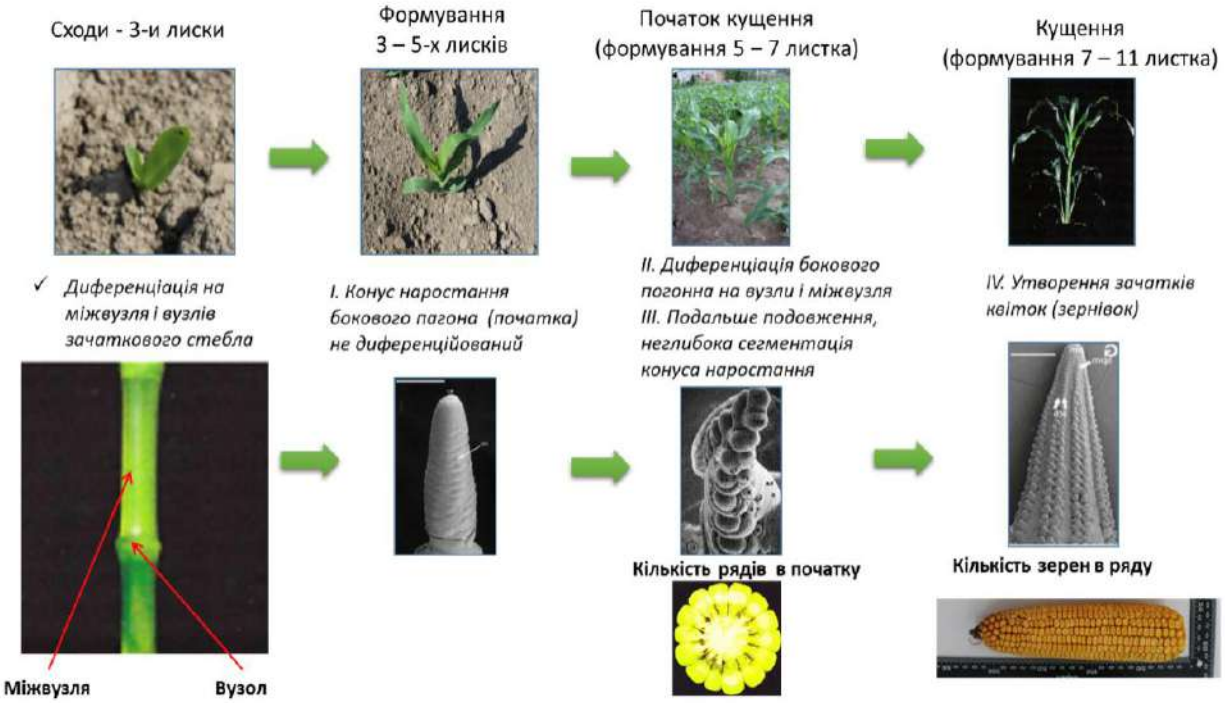


Рис. 11. **Проходження фаз та етапів онтогенезу в рослин кукурудзи на початкових стадіях**

5.11.1 Елементи мінерального живлення та їх роль для кукурудзи, хімічний склад рослин

Життя рослини – це постійний обмін речовин, хімічних реакцій і фізіологічних процесів [483].

Живлення – процес переходу речовин з навколишнього середовища (повітря, ґрунту) до складу рослин. Розрізняють повітряне, кореневе й позакореневе живлення рослин [522, 5253].

Повітряне живлення – це живлення рослин вуглекислим газом у процесі фотосинтезу. Суть фотосинтезу полягає в засвоєнні рослинами CO_2 з атмосфери на світлі за допомогою хлорофілу. Молекули хлорофілу поглинають кванти сонячної енергії й використовують її для відновлення CO_2 до органічних сполук і виділення кисню в атмосферу. Фотосинтез – основний фізіологічний процес, у результаті якого утворюється 90-95% сухої речовини рослин, а отже, врожайність [522].

На збільшення вмісту CO_2 (понад 0,03%) впливають органічні добрива, під час мінералізації яких у повітря виділяється вуглекислий газ [3, 522]. Одночасно з утворенням органічних речовин у рослинах відбуваються процеси їх розкладання, пов’язані з диханням. Коефіцієнт використання рослинами фотосинтетично-активної радіації (ФАР) у виробничих умовах для кукурудзи на зерно – 0,69-1,63. Якщо вуглець рослини засвоюють здебільшого з атмосфери, водень і кисень отримують із води, то азот і зольні поживні речовини надходять у рослину з ґрунту [522].

Кореневе живлення – надходження в рослини переважно мінеральних

сполук через коріння. Його ще називають мінеральним живленням. Кореневе живлення рослин – це складний процес, який залежить від доступності поживних речовин, реакції ґрунтового розчину, водноповітряного й температурного режимів ґрунту, біологічних особливостей рослин тощо, але в сучасних умовах це фактор, який людина може регулювати і таким чином: впливати на врожайність і якість сільськогосподарських культур [320, 522, 524].

Рослини можуть засвоювати деякі елементи живлення (N, S, P, K, B, Mo, Mn тощо) з водних розчинів солей через листки. Цей прийом називають *позакореневим підживленням*. Однак основну кількість азоту, води й зольних елементів рослини засвоюють із ґрунту через кореневу систему [322, 522, 525, 526].

Коренева система рослин поглинає іони з ґрунтового розчину й ґрунтового вбирного комплексу (ГВК). Поглинання поживних речовин активніше відбувається в зоні всмоктування, вкритої кореневими волосками. Розвиток кореневої системи залежить від біологічних особливостей культури, типу і властивостей ґрунту й агротехніки [522].

Пасивний транспорт речовин через мембрану. Суть його полягає в тому, що через зовнішню напівпроникну цитоплазматичну мембрану живих клітин кореня вода та іони, що в ній містяться, можуть проникати «пасивно» – без додаткової витрати енергії – лише за рахунок дифузії, тобто від розчину з більшою концентрацією до розчину з меншою концентрацією [524].

Активний транспорт. Механізм активного постачання елементів живлення здійснюється за наявності спеціальних «переносників» і так званих іонних насосів, головна роль у функціонуванні яких належить білкам і АТФ. Активний транспорт речовин через біологічні мембрани здійснюється проти градієнта концентрації. Він пов’язаний зі значними витратами енергії, акумульованої в молекулах АТФ [3, 524].

Хімічний склад рослин досить різноманітний і ще не повністю вивчений. Рослина складається із сухої речовини та води, яка становить 75-96% маси живої рослини. За достигання зернових культур вміст води в зерні й соломі зменшується до 12-15%. До складу сухої речовини входить 90-95% органічних сполук і 5-10% мінеральних [522].

Елементи, що залишаються після спалювання рослин, називають *зольними*. У рослині виявлено 78 елементів із 108 відомих у природі. Для нормального росту й розвитку треба 15 елементів: C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, Fe, S, Cu, B, Mo, Zn, Mn. Решта елементів належить до умовно необхідних [46, 522, 524, 527].

Вуглець, кисень, водень і азот називають органогенними елементами, на частку яких припадає 95% сухої речовини (C – 45, O – 42, H – 6,5, N – 1,5%) [522].

Залежно від масової частки в сухій масі рослини виділяють макроелементи, вміст яких від сотих до цілих відсотків: N, C, O, H, S, P, Ca, K, Mg, Fe, Na. До мікроелементів належать хімічні елементи, вміст яких не перевищує тисячних часток відсотка на суху речовину: Zn, J, B, Cu, Mo, Co,

Mn. Ультрамікроелементи, вміст яких менше 10-3 відсотка: Se, Hg, Cd, Pa (табл. 61) [111, 522, 524].

68. Перелік біогенних мінеральних елементів [524]

Макроелементи	Мікроелементи
Азот (N)	Залізо (Fe)
Фосфор (P)	Бор (B)
Калій (K)	Молібден (Mo)
Кальцій (Ca)	Мідь (Cu)
Магній (Mg)	Марганець (Mn)
Сірка (S)	Цинк (Zn)
Натрій (Na)	Кобальт (Co)
Кремній (Si)	Йод (J)

Такий поділ досить умовний. Наприклад, залізо за кількісним вмістом необхідно віднести до макроелементів, а за виконуваними функціями – до мікроелементів. Усі елементи мінерального живлення органічно взаємопов'язані між собою в життєдіяльності рослини й відіграють унікальну роль, тому їх не можна взаємозаміняти [483, 515, 524].

Заміна одних елементів живлення на інші можлива тільки в певних межах, однак веде до зниження продуктивності. Надходження поживних речовин у рослини залежить від інтенсивності дихальних процесів і, перш за все, від енергії дихання коренів і виділення ними іонів $H^{(+)}$ та $HCO^{(-)}$[198].

У живленні рослин виділяють критичний період, за якого різка нестача, порушення співвідношення чи надлишок елементів живлення призводить до небажаних порушень у їхньому рості й розвитку. Навіть достатня кількість елементів живлення в наступні періоди життя рослин не може виправити становище. Критичний період найчастіше виявляється в молодому віці рослин. Виділяють також період максимального поглинання – час, за який у рослини надходить найбільша кількість поживних речовин. У цей період елементи живлення мають бути в шарі ґрунту, де розміщена основна маса кореневої системи й оптимальний водний режим [522].

Наявність і можливість засвоєння елементів живлення, особливо в критичні фази розвитку рослин, вплив окремих елементів на адаптацію рослин до стресових умов дає можливість, коригуючи вегетативним внесенням потрібних елементів живлення, впливати на структуру елементів урожайності рослин кукурудзи [216, 258, 523].

Внаслідок внесення вапна нейтралізується кислотність ґрунту й підвищується насиченість його основами, що створює оптимальні умови для росту та розвитку рослин і формування високого врожаю [522].

Збалансоване мінеральне живлення – це фундамент високої врожайності. Як відомо, кукурудза потребує в 1,5-2,0 рази більше поживних речовин, ніж інші зернові культури [67, 73, 80, 525].

Залежно від рівня врожайності засвоюється різна кількість поживних

речовин [44]. На формування 1 ц зерна кукурудза витрачає 1,7-3,4 кг азоту, 1,0-1,8 кг фосфору, 1,9-3,6 кг калію, 0,4-1,0 кг кальцію та магнію, 0,3-0,4 кг сірки [29, 80, 320, 528], 1,1 г бору, 1,4 г міді, 11 г марганцю, 0,09-0,1 г молібдену, 8,5 г цинку, 20 г заліза [27, 44, 46, 67, 361, 527].

У процесі вегетації кукурудза поглинає з розрахунку на 1 га: марганцю – 800 г, цинку – 350-400 г, бору – 70 г, міді 50-60 г [44, 528, 529]. Для засвоєння такої кількості елементів живлення їй потрібно понад 50 кг води, 70 кг кисню та 210 кг вуглекислого газу [29, 239, 320].

Кукурудза належить до культур, вимогливих до забезпечення поживними речовинами, оскільки має тривалий період вегетації [54, 217, 239, 320] та властивість рослини засвоювати поживні речовини до самого завершення дозрівання зерна (воскової стиглості) [6, 73, 239, 278, 510, 530]

Використання елементів живлення залежить від генетичних особливостей гібрида [29]. Сучасні гібриди кукурудзи характеризуються високою врожайністю 9-15 т/га і відповідно високим виносом мінеральних речовин [5]. Наразі має значення не кількість внесених добрив, а дотримання строків внесення відповідно до вирішальних фаз росту й формування врожаю культури, а також запобігання втратам поживних речовин [75, 217].

Зменшення концентрації певного елементу до мінімуму призводить до порушення обміну речовин. За таких умов відносна концентрація інших елементів збільшується, що врешті-решт викликає порушення оптимального співвідношення мінеральних елементів у цілому. Так, зокрема, у фазі цвітіння кукурудзи оптимальні пропорції поживних речовин є такі: N:Zn=1000, P:Zn=100, *Ca:B=300, Fe:Mn=2, S:Zn=80, 5:Mn=30, K:Mn=400, Fe:Cu=12,5, Fe:Cu+ Zn =3,5*. У випадку, якщо співвідношення *P:Zn* більше 300, рослини кукурудзи відчуватимуть дефіцит цинку, за співвідношення означених елементів у проміжку 300-201 нестача цинку існує в прихованій формі, за співвідношення 200-50 – рослини достатньо забезпечені цинком, а при значенні >25 – рослини відчуватимуть надлишок цинку [43, 216].

Надходження поживних речовин із ґрунту в рослини починається з проростання насіння. Чотирьохдобові сходи кукурудзи використовують із поживного середовища до 50% азоту й калію, а двохнедільні – до 65-75%. До цього часу паростки споживають азоту й фосфору із субстрату значно більше, ніж із насіння. Для ряду елементів живлення характерна висока рухомість у рослинах. Такі елементи живлення можуть спочатку засвоюватись в одних органах рослин, а потім реутилізуються (ремобілізуються) – транспортуються й використовуються в інших органах [322].

Рослини споживають елементи живлення у формі неорганічних солей (сполук), розчинних у воді [527]. У зерні кукурудзи до періоду дозрівання відносно більше накопичується N, P, S і Zn, про що свідчить високе значення виносу цих елементів живлення з урожаєм зерна (табл. 62) [322].

Накопичення даних елементів живлення в зерні відбувається за рахунок їх асиміляції в період наливу зерна (після викидання волоті-появи ниток качанів), а також реутилізації з інших частин рослини [322]. Температурні коефіцієнти для поглинання аніонів вищі, ніж для поглинання катіонів [83].

Оптимальне забезпечення рослин фосфором і калієм збільшує стійкість кукурудзи до термічного стресу й нестачі води, поліпшує амінокислотний склад білка. Фосфор і магній сприяють кращому виповненню зерна, забезпечують рівномірне й більш швидке достигання врожаю. Найбільший вплив на якість зерна має азот, який окрім збільшення врожайності сприяє підвищенню вмісту білка й жиру в зерні [44].

69. Поглинання й винос макро- і мікроелементів рослинами кукурудзи в польових дослідах, проведених в Урбані і Де-Калбе, штат Іллінойс (2010 р.)

Елемент живлення	Поглинання надземною біомасою	Винос із урожаєм зерна	Відносний винос із урожаєм зерна, %	Винос із 1 т зерна, кг
	кг/га			
N	286,7	165,8	58	11,4
P_2O_5	113,1	89,6	79	6,3
K_2O	201,6	66,1	33	4,6
S	25,8	14,6	57	1,1
Zn	0,50	0,31	62	0,02
B	0,08	0,02	23	0,001

Примітка:

– відносний винос елемента живлення з урожаєм зерна – відсоткове співвідношення між виносом із урожаєм зерна й поглинанням надземною біомасою рослин;

– винос елементів живлення з урожаєм зерна, кг/га = урожайність зерна (взято 14,42 т/га) помножити на винос елементів живлення з 1 т зерна, кг.

Більш чутливі до елементів живлення кременисті форми кукурудзи [56]. Навіть невеликий дефіцит елементів живлення в ґрунті може лімітувати процеси росту й розвитку рослин [200].

У перший місяць кукурудза росте дуже повільно й засвоює мало елементів живлення, але вони, особливо фосфор, мають бути в достатній кількості та в доступній формі [73, 235].

За 30-45 днів від моменту проростання до фази 8-10 листків кукурудза засвоює лише 2% азоту, 1% фосфору і 4% калію від загальної кількості, яку вона засвоює за вегетаційний період. За короткий проміжок часу, починаючи з фази 8-10 листків і до закінчення цвітіння, кукурудза засвоює до 90% азоту (до 18% – у період від 8-10 листків до викидання волоті, до 70% – від моменту викидання волоті до закінчення цвітіння), 80% фосфору і 90% калію [6, 510].

До фази молочної стиглості зерна рослини накопичують близько 90% елементів живлення загального виносу з урожаєм і 80% сухої речовини. Максимально засвоюються елементи живлення від фази викидання волоті й утворення качанів [235, 278].

У розвитку кукурудзи можна виділити два важливі (критичні) періоди живлення за забезпеченням їх макро- і мікроелементами, у які необхідно проводити позакореневі підживлення: **період утворення 3-7 листків** і **період від появи 9-10 листків до повного викидання волоті** [56, 79] (рис. 12).

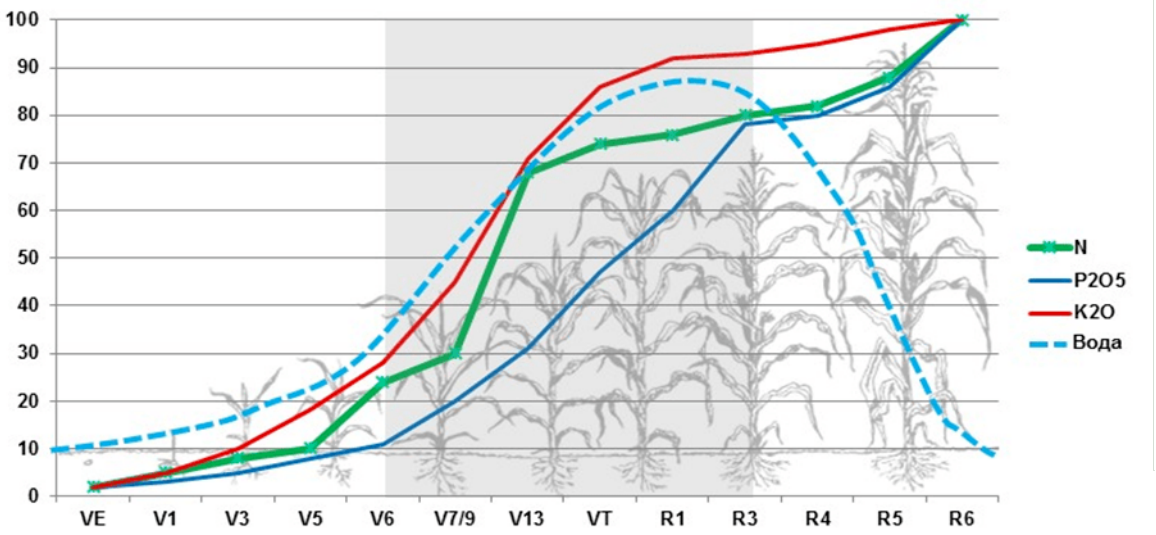


Рис. 12 **Потреба кукурудзи в елементах живлення й волозі протягом вегетаційного періоду**

У перший період розвитку кукурудзи закладаються репродуктивні органи. Від наявності елементів живлення, особливо фосфору, залежить кількість квіток на качані, кількість качанів на рослині та зерен на них. У цей період кукурудза росте слабо, елементів живлення використовує мало. У *фазу 3-4 листків*, листки уже сформувались в основному з поживних речовин насінини, рослини кукурудзи уже повністю використали поживні речовини насіння й формується перший ярус вторинної кореневої системи, яка лише за сприятливих умов здатна споживати мінеральні речовини. Коренева система ще розвинута слабо (у цей період утворюються перші вузлові корені) і не може поглинати поживні речовини з важкодоступних сполук [56, 79, 235, 270]. Окрім того, на молодих рослинах відображаються стресові дії гербіцидів. У цей період формуються генеративні органи та визначається майбутній урожай. Від наявності елементів живлення, особливо фосфору, залежить кількість качанів на рослинах і зерен на них. Через це для стимулювання росту кореневої системи рослин кукурудзи важливо забезпечити, окрім фосфору, ще й марганцем, цинком і бором.

У цій фазі для стимулювання росту вузлових коренів важливо забезпечити кукурудзу, окрім сполук фосфору, ще й марганцем (Mn), цинком (Zn) та бором (B). Водночас у цих рослин формується листовий апарат, що теж вимагає оптимального забезпечення (Mn) марганцем, цинком (Zn) та міддю (Cu) [525].

Починаючи з появи 5-6 листків, потреба в елементах живлення зростає в рази. Через невисокий коефіцієнт використання поживних речовин із ґрунту та добрив (особливо фосфору 8-12%), у фазах 3-х листків спостерігається гостра нестача фосфору, хоча в цей період рослини потребують лише 1% елементу. Врятувати посіви можливо лише позакореневими підживленнями, за яких 95-100% внесених елементів надходять у рослину [41, 216, 531].

Другий період (фаза 6-8 листків) **характеризується** інтенсивним ростом рослин кукурудзи: відмирає первинна коренева система і культура переходить на споживання елементів живлення вторинною. У цій фазі активно наростає

листкова поверхня рослин, формуються генеративні органи, що призводить до інтенсивного споживання азоту (N), фосфору (P), калію (K), магнію (Mg) та мікоелементів марганцю (Mn), цинку (Zn), бору (B) та міді (Cu). Він триває 17-20 діб. За такий короткий час накопичується головна маса рослини і використовується значна кількість елементів живлення: азоту й фосфору – 50% загальної кількості, калію – 70% максимального нагромадження. У зв'язку з тим, що за такий короткий період кукурудза використовує більше елементів живлення, її можна зарахувати до культур, які дуже вибагливі до родючості ґрунтів, зокрема цей період є критичним щодо азотного живлення [79, 247, 258, 525], а покращення мінерального живлення збільшує озерненість качанів, підвищує якість зерна (рис. 13).

Недостача елементів живлення в період від сходів до 7-8 листків у подальшому не покривається, так як в цей час формується стебло, коренева система й генеративні органи. Максимум засвоєння елементів живлення припадає на викидання волотей і появу ниточок качанів.

На думку С. М. Крамарьова, М. С. Шевченко, В. М. Шевченко (2000) [532], перше підживлення цієї культури потрібно проводити у фазі розвитку 6-8 листків, а друге - у фазі розвитку 10-12 листків.

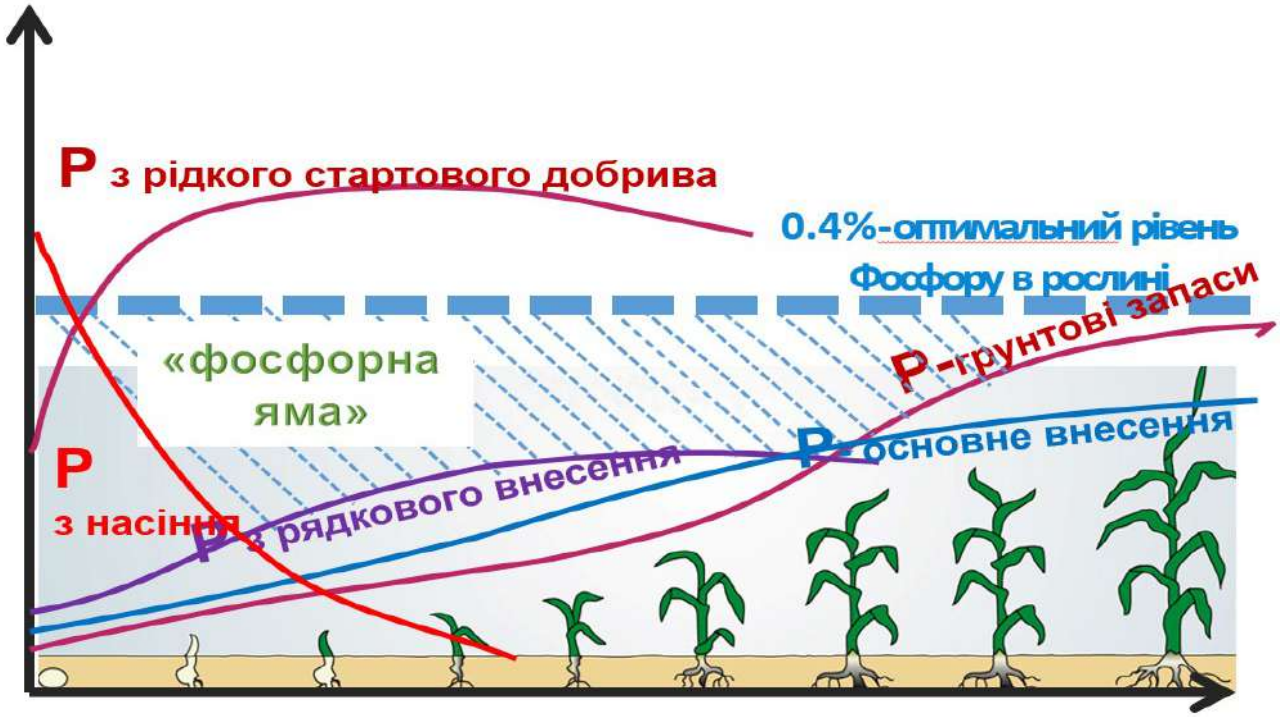


Рис. 13 **Особливості фосфорного живлення кукурудзи**

Найбільшу віддачу від внесених мікродобрив можна отримати лише в тому випадку, коли їх використовувати на ґрунтах з низьким і частково середнім їх вмістом у ґрунтовому розчині (табл. 70), що дасть можливість фермеру, який має в своєму розпорядженні агрохімічні дані про вміст у ґрунті рухомих форм мікроелементів, визначитись із доцільністю введення до складу бакової суміші, яка використовується для позакореневого підживлення зернових культур, тих чи інших мікродобрив у хелатній формі [532].

70. Рівні забезпеченості ґрунтів рухомими формами мікроелементів зернових культур, [532]

Рівень забезпеченості	Вміст мікроелементів, мг/кг ґрунту			
	Mn	Cu	Zn	Co
Для рослин, що вирощуються на низькому агрофоні				
низька	менше за 5	менше за 10	менше за 1	менше за 0,07
середня	5-10	0,10-0,20	1-2	0,07-0,15
висока	більше за 10	більше за 0,20	більше за 2	більше за 0,15
Для рослин, що вирощуються на високому агрофоні				
низька	менше за 20	менше за 0,50	менше за 5	менше за 0,30
середня	20-40	0,50-1,0	5-10	0,30-0,70
висока	більше за 40	більше за 1,0	більше за 10	більше за 0,70

У даному випадку за агрохімічними картограмами визначають наявність у ґрунті рухомих форм мікроелементів. Порівнюють їх вміст із даними і визначають доцільність використання тих чи інших мікродобрив [83, 532].

5.11.2. Фізіологічна роль для кукурудзи макроелементів

Макроелементи необхідні рослинам в найбільшій кількості, оскільки вони є складовими багатьох компонентів рослин, включаючи білки, нуклеїнові кислоти, хлорофіл. Вони важливі для таких фізіологічних процесів, як дихання, фотосинтез, підтримання осмотичного тиску. Водночас кожен макроелемент виконує властиві тільки йому одному специфічні функції [524].

Розглядаючи формування врожаю як складний і тривалий процес, слід звернути особливу увагу на необхідність підтримування протягом вегетації в живленні рослин оптимальне співвідношення між азотом, фосфором і калієм. З'ясовано, що співвідношення *N:P* особливу роль відіграє під час цвітіння й запліднення, отже, у створенні майбутнього врожаю зерна. На стадії дозрівання 2/3 спожитого азоту використовується для формування врожаю зерна. Половину азоту зерна складає азот, транспортований із пагонної системи [43].

Азот (N) найважливіший будівельний матеріал рослин, який збільшує зелену (вегетативну) масу рослин і, як наслідок, урожайність [43, 235, 524]. Він бере участь у створенні білків, як важлива складова частина знаходиться в нуклеопротеїнах і нуклеїнових кислотах, входить до складу молекули хлорофілу, вітамінів (із групи В), алкалоїдів, ферментів, рибосом і клітинної протоплазми, алкалоїдів та інших сполук [107, 522, 524].

Кукурудза з-поміж сільськогосподарських культур є лідером за ефективністю поглинання води та азоту на тону продукції (відноситься до азотофітів), що пояснюється фізіологією цієї рослин (фотосинтез по типу C_4) та природним потенціалом урожайності (велика біомаса) [27, 155]. У складі сухої речовини рослини азоту міститься 1-3%, у білках – 16-18% [522].

Висока потреба кукурудзи в азоті проявляється під час інтенсивного росту

й розвитку (період 9-10 листків – викидання волоті або на 27-45 день після сходів), тому що азот у ґрунті вилуговується та слабко мінералізується [27, 67, 111].

Рослини кукурудзи на початкових фазах розвитку засвоюють лише 3-5% азоту. Основна потреба в ньому виникає, починаючи зі стадії 6-8 листків, цей період характеризується помітною активізацією поглинання, надходження за рахунок швидкої мобілізації запасів білка зернівки та стимуляції використання мінерального азоту. Починаючи з дев'ятого листка і до засихання квіткових стовпчиків на качанах, кукурудза споживає 85% загальної потреби азоту. Орієнтовно цей період розпочинається з другої декади червня до другої декади серпня. Ще 10-13% азоту в рослину надходить у фазах достигання, саме тому останнє його внесення є дуже важливим для формування качанів. Окрім того, кукурудза найкраще з-поміж зернових культур засвоює азот протягом спекотних днів [28, 44, 67, 217].

Тридцятиденна рослина кукурудзи поглинає з ґрунту всього 3,8 кг азоту/га, а 40-денна – 16,5. Найбільше добове поглинання рослинами кукурудзи азоту зафіксовано у фазі цвітіння (критичний період) – 4,4 кг/га. За умов недостатньої забезпеченості азотом сумарне надходження його до рослин кукурудзи становить 35 кг при масі сухої речовини 6,46 т/га, а за сприятливих умов щодо забезпеченості азотом, фосфором і калієм – 198 кг при масі сухої речовини 17,2 т/га [43, 67, 533].

До липня темпи надходження в рослини азоту переважають над темпами надходження фосфору, водночас потреба рослин кукурудзи в азоті зберігається до самого дозрівання зерна [43]. Найінтенсивніше процес засвоєння азоту відбувається в період 10-20 діб до викидання волоті [235], у цей період засвоюється ⅔ потреби рослин [43, 247, 322].

Якщо молоді рослини кукурудзи протягом першого місяця споживають із 1 га від 3,4 до 5,6 кг азоту, 2 кг фосфору (P_2O_5) і до 10 кг калію (K_2O), то в період інтенсивного росту (викидання волоті) і утворення качанів така ж кількість їм необхідна щоденно [79].

Азот підсилює ріст суцвіть, сприяє підвищенню кількості квіток на них [3, 83]. Надлишок азоту може викликати інтенсивний розвиток надземної частини та кореневої системи рослин, зниження стійкості до вилягання, опіки на листках та призвести до подовження тривалості вегетаційного періоду. Крім того надлишок азоту в живленні рослин збільшує період між цвітінням чоловічого та жіночого суцвіття [28, 43, 46].

Азотні добрива сприяють зменшенню клітковини, що в свою чергу сприяє зменшенню кількості лігніну в клітинних волокнах, знижуючи стійкість таких стебел до вилягання, зменшуючи відсотковий вміст сухої речовини [107]. За достатнього азотного живлення рослини залишаються більш стійкими до посухи, спостерігається інтенсивне їх цвітіння. У період дозрівання вміст зв'язаної води зменшується, що, напевно, обумовлюється вмістом гідрофільних колоїдів і ступені їх гідрофільності [3, 83].

Під час наливу зерна з інших органів рослини використовують до 59% азоту [27]. Остання кількість азоту надходить до рослини у фази молочної та

воскової стиглості [15, 533]. Приблизна потреба кукурудзи в азоті залежно від запланованого рівня врожайності становить 180-250 кг/га д. р. [75].

Поглинання та надходження азоту великою мірою залежить від форми азоту, що знаходиться у ґрунті, вологості ґрунту, рівня забезпеченості фосфором і калієм. У ґрунті найважливішими формами азоту є нітратна *(NO_3-N)* та аміачна *(NH_4-N)*. Фізіологічна дія цих двох форм різна: споживання нітратної форми азоту призводить до збільшення *pH* рослинного соку, форма *NH_4-N* зменшує цей показник, а значення pH 6,8 свідчить про те, що рослини приблизно в однакових співвідношеннях споживають азот в обох цих формах [43].

На кислих ґрунтах рослини кукурудзи споживають азот у нітратній формі. Ця форма впливає й на зв'язок «аніон-катіон» у клітинному середовищі. Нітрат (аніон) сприяє поглинанню катіонів, аміак – цей процес утруднює. Штучні добрива, що внесені в ґрунт, зазвичай, швидко перетворюються за допомогою ґрунтових мікроорганізмів у форму *NO_3-N* [43, 73, 530]. Ця форма азоту підвищує стійкість рослин кукурудзи до кореневих і стеблових гнилей є нітратна форма [43, 444]. У разі загрози пліснявіння насіння й проростків – краще застосовувати амонійні форми азоту [3].

Азот стимулює ріст вегетативних органів рослин, потоншує клітинні стінки і тим самим значно полегшує доступ патогенів у клітини, окрім того, значна кількість його сприяє зменшенню механічних тканин стебла, що знижує міцність стебла [3, 83, 112].

Висока температура сприяє проходженню процесів мінералізації й вивільнення азоту з ґрунту, який кукурудза використовує найкраще серед зернових культур [67, 73].

Ознаки дефіциту азоту: сповільнення росту, пожовтінні листків унаслідок порушення процесів утворення хлорофілу. Пожовтіння (внаслідок утворення каротину й ксантофілу) починається з жилок листка й поширюється до країв листкової пластинки. За тривалого голодування блідо-зелене забарвлення поступово переходить у жовтий, оранжевий, червоний колір далі листки всихають і відмирають (рис. 14) [43, 522, 524].

Рис. 14. **Ознаки дефіциту азоту на рослинах кукурудзи**

Окрім того, дефіцит азоту в ґрунті негативно впливає на розвиток кореневої системи, у результаті зменшення надходження інших елементів живлення в рослини, погіршується робота асиміляційного апарату [97], потенціал продуктивності кукурудзи повною мірою не використовується,

формуються низькорослі рослини з дрібними світло-зеленими листками [28, 43, 111].

Розраховуючи потребу в азоті, слід зважати на наявність запасів у ґрунті доступного азоту й повернення його в орний шар із пожнивними рештками попередника. Необхідно враховувати можливі втрати азоту через вимивання або випаровування, ґрунтово-кліматичні особливості регіону [75]. Дози й норми азоту залежать від скоростиглості гібридів кукурудзи [278].

На бідних азотом ґрунтах Полісся, а також на вилуговуваних чорноземах і опідзолених Лісостепу для формування високого врожаю кукурудзи не вистачає саме азоту за необхідної суми ефективних температур. Вміст загального азоту в різних ґрунтах коливається від 0,05 до 0,5% і залежить від типу ґрунту, його гранулометричного складу та вмісту гумусу (табл. 71) [522].

Високі норми азоту на ґрунтах легкого гранулометричного складу потрібно вносити дрібно, як підживлення (N_{30-40}) під час першого міжрядного обробітку ґрунту до висоти рослин кукурудзи 20 см. На суглинкових ґрунтах, навіть в умовах достатнього зволоження й зрошення, перенесення частини азоту з основного удобрення в підживлення (не кажучи вже про фосфорні й калійні добрива) знижує врожайність або не дає додаткового ефекту.

71. Орієнтовний вміст рухомих сполук азоту в ґрунтах, мг/кг ґрунту [521]

Ґрунти	Вміст азоту за Коринфілдом
Дерново-підзолисті	75
Сірі лісові	70
Темно-сірі опідзолені	87
Чорноземи опідзолені	123
- « - реградовані	105
- « - глибокі	93
- « - звичайні	93
- « - південні залишково-солонцюваті	114
Темно-каштанові слабо-солонцюваті	64
Каштанові лучні солонцюваті	88
Солонці степові	106

Азот, окрім добрив, може надходити в ґрунт з опадами та несимбіотичною азотфіксацією, такий азот для Лісостепової зони становить 20 кг/га [534, 535].

У більшості випадків азотні добрива вносять у два прийоми: під передпосівну культивацію до сходів – 30-50% і в підживлення – 50-70% від визначеної норми. У зонах з обмеженими запасами вологи та на важких ґрунтах кращий ефект спостерігається за внесення азотних добрив під передпосівну культивацію в один прийом або навіть частину восени. Бажано уникати завчасного внесення азоту на легких ґрунтах, схилових землях, на ґрунтах із

високим рівнем ґрунтових вод, де велика ймовірність площинного змиву чи інфільтрації в ґрунтові води. Вносячи сечовину, її слід обов'язково заробляти в ґрунт або вносити перед дощем. Заробляти в ґрунт слід також аміачну воду, безводний аміак на глибину не менше 8-10 см. На зв'язних ґрунтах у зонах з непромивним типом водного режиму їх також можливо вносити восени під оранку на глибину 16-18 см або по ріллі за допомогою відповідного обладнання [61, 73].

Досить важливим для азотного живлення рослин є розуміння процесів азотфіксація, амоніфікації, вимивання, нітрифікації та денітріфікації.

Амоніфікація – мікробіологічний процес у ґрунті, внаслідок якого білкові речовини руйнуються під дією мікроорганізмів із виділенням аміаку, що в ґрунтовому розчині набувають форми амонійних іонів NH4+. Процес амоніфікації відбувається в анаеробних та аеробних умовах, проте за різними схемами [521].

Нітрифікація – мікробіологічний процес, що полягає в поетапному окисленні аміаку з утворенням нітрат-іонів NO_3. Даний процес добре відбувається в умовах лужної реакції ґрунту при гарній його аерації. За сприятливих умов нітрифікація забезпечує нагромадження у ґрунтах доступного азоту до 300 кг/рік (Злобін Ю. А., 2004) [536]. Висока інтенсивність нітрифікації можлива лише в добре окультурених ґрунтах.

Азотфіксація полягає у зв'язуванні газоподібного азоту й перетворенні його в доступну рослинам форму. Для кукурудзи цей процес може асоціюватися з життєдіяльністю асоціативної (вільноживучої) групи бактерій, які в помірному кліматі здатні зв'язувати 20-50 кг азоту на рік, а в тропіках – 100-130 кг [521].

Денітрифікація здійснюється мікроорганізмами, що переводять нітратний азот у N_2. Газоподібний азот випаровується з ґрунту, зменшуючи загальний вміст азоту. Протікання процесу денітрифікації не є широкомасштабним [3, 83, 521].

Вимивання представляє найбільш істотні втрати азоту з ґрунту. Як нітратні, так й амонійні солі гарно розчиняються у воді і майже не утримуються ґрунтовим поглинальним комплексом. Внаслідок цього азот разом з дощовими та талими водами переміщується в нижні горизонти ґрунту чи підгрунття, або зноситься поверхневими стоками у водойми [521].

Фосфор (Р) кукурудза засвоює більш-менш рівномірно пртягом тривалого часу, аж до дозрівання врожаю [235, 247]. Він засвоюється в меншій кількості, ніж азот або калій, але фосфор перебуває в мінімумі у більшості ґрунтів і дуже потрібний рослинам кукурудзи [27, 43, 533].

Фосфор пришвидшує перетворення азотистих речовин і нагромадження в клітинах енергії необхідної для дихання й диференціації конуса наростання, стимулює розвиток потужної кореневої системи, формування репродуктивних органів, сприяє більш ранньому утворенню качанів, прискорює дозрівання врожаю [3, 522], відіграє вирішальну роль у фотосинтезі, передачі спадкових властивостей (входить у склад хромосом та нуклеїнових кислот АДФ і АТФ *(ADP, ATP*), створенні клітинних мембран, прискорює

перехід рослин до репродуктивної фази розвитку. Він має властивість утворювати багаті на енергію пірофосфатні зв'язки з різними органічними сполуками (аденозинфосфати, ацилфосфати, енолфосфати), енергія яких використовується в реакціях фосфорилювання у всіх процесах життєдіяльності рослин (дихання, фотосинтез, синтез білка), відіграє важливу роль у нагромадженні вуглеводів [9, 41, 43, 524]. Фосфор входить до складу фосфопротеїдів, деяких вітамінів, ферментів, фітину, міститься у протоплазмі клітини тощо [515].

На початковому етапі росту кукурудзи фосфор погано засвоюється рослинами, навіть у разі високого його вмісту в ґрунті, якщо ґрунт ще не прогрівся, позаяк на початкових стадіях росту коренева система є слабкою. Таку ситуацію часто спостерігають на посівах кукурудзи ранніх строків, тому що для проростання її насіння оптимальною є температура +9…+10°С, а фосфор засвоюється за температури не менше ніж +12…+14°С [28, 44, 67, 226].

Поглинання та надходження фосфору до рослин найінтенсивніше відбувається за температури +12…+39°С, проте ці процеси взаємопов'язані з наявністю в ґрунті достатньої кількості азоту, сірки, кальцію та бору (*N, S, Ca, B)* [43].

За нестачі фосфору в молодих рослин кукурудзи порушується утворення пігментних речовин і накопичуються нітрати, тому через надмірний синтез антоціану рослини набувають бузкового кольору. Так проявляється реакція рослин на весняний холодовий стрес. Це пов'язано з низькою температурою ґрунту, що уповільнює засвоєння фосфору рослинами. Із трьох найважливіших поживних елементів (*N, P, K) у* зернівки кукурудзи найбільше надходить фосфору (близько 80%) [43, 68, 265, 522].

Від цього страждають усі гібриди, але не у всіх проявляються чіткі візуальні ознаки. У таких випадках немає потреби застосовувати жодних агротехнічних заходів, у разі покращення погодних умов, тобто підвищенні температури повітря й ґрунту, симптоми зникають і сходи рослин кукурудзи набувають здорового зеленого кольору. Як допоміжний захід можна застосувати міжрядний обробіток ґрунту з внесенням добрив, що допоможе йому швидше прогрітися, зруйнувати можливу кірку та прискорити ріст і розвиток рослин. Прояв фіолетового (антоціанового) забарвлення на листках не має значного впливу на врожай. Слід зазначити, що на гібридах кукурудзи зубовидного типу ця ознака (антоціанове забарвлення) проявляється більше [57].

З ґрунту рослини поглинають фосфор у формі іонів $H_2PO_4^-$ та HPO_4 після розчинення солей ортофосфату. Відповідно до реакції ґрунту змінюється домінуюча форма іона, оскільки в кислому середовищі утруднюється поглинання водорозчинної одновалентної, а в лужній – двухвалентної форми іона [43]. На сухих ґрунтах кукурудза найкраще використовує фосфор, що знаходиться у складі суперфосфату, проте за несприятливих умов (посухи) поглинутий рослинами фосфор не потрапляє в зернівки у необхідній кількості, а залишається у стеблі [3, 43].

Фосфор сприяє хорошому розвитку кореневої системи, підсилює використання рослиною елементів живлення й вологи з ґрунту та добрив, тому

на перших етапах розвитку рослини відчувають гостру потребу у фосфорі [41, 44, 226, 235].

Під впливом фосфору прискорюється період росту листків і проникнення коренів у нижні шари ґрунту, що особливо важливо за вирощування кукурудзи в районах недостатнього й нестійкого зволоження [3].

Кукурудза має два критичні періоди щодо фосфору: **перший** – від проростання насіння до появи 3-6 листочків, або з 4 по 10 тиждень вегетації (коли закладаються майбутні суцвіття), який обумовлений тим, що у молодих рослин кукурудзи слабка коренева система і рослини відчувають гостру нестачу фосфору, що особливо помітно при понижених температурах на холодних ґрунтах і ґрунтах з нейтральною й лужною реакцією. Нестачу фосфору в ранні фази росту неможливо компенсувати внесенням його в пізніші терміни, однак у разі застосування спеціальних мінеральних добрив рослина швидше оговтується від стресу. Візуально дефіцит фосфору можна розпізнати за фіолетовим забарвленням листків на ранніх стадіях. Тому внесення добрив, що містять фосфор, у рядки для кукурудзи має виключне значення. **Другий** – цвітіння й наливання зерна (формування генеративних органів) - забезпечує оптимальний розвиток кореневої системи й інтенсивний початковий ріст рослини і під час формування генеративних органів [75, 217, 226], у цей період надходить більше 50% фосфору [43, 67, 322, 532]

Надходження фосфору суттєво залежить від забезпеченості рослин азотом [41, 43]: за нестачі у живленні азоту до рослини надходить 10 кг/га фосфору, за нестачі калію – 29 кг/га, за нестачі фосфору – 23 кг/га, проте за сприятливих умов забезпеченості поживними речовинами до рослин надходить 33 кг Р/га. У період між появою волотей і жіночим цвітінням до рослин кукурудзи надходило 1,2 кг P_2O_5/га/доба [43]. За нестачі фосфору в тканинах рослин накопичується нітратний азот і вповільнюється синтез білків [41, 226]. Найбільше кукурудза вимоглива до фосфору на чорноземних ґрунтах.

Фосфор має властивість переміщатися від старих до молодих організмів і використовуватися повторно (процес реутилізації) [41]. Під час наливу зерна з інших органів рослини використовують 36% фосфору [27].

Ознаки дефіциту фосфору. У молодому віці за дефіциту фосфору в рослині уповільнюється розвиток (затримуються фази цвітіння й достигання), особливо репродуктивних органів (недорозвинені качани, формуються неправильні ряди зерен), за рахунок уповільнення синтезу АТФ, порушення функцій протоплазми та погіршення водозабезпеченості клітинної тканини [27, 43, 524], різко гальмується ріст і розвиток рослин, зерен в качанах, листки рослин набувають темно-зеленого забарвлення з фіолетово-червоним відтінком і поступово відмирають [41, 43, 67, 524] (рис. 15).

Згідно даних А. М. Краєвського та ін. [537] застосування фосфорвмістних мікробіологічних препаратів стимулює ріст рослин кукурудзи та підвищує стійкість до фітопатогенів і стрес-факторів.

Фосфіт, що знаходиться в рослині, блокує збудників грибних захворювань не допускаючи утворення спор (фунгіцидний ефект) і спричиняє імунну відповідь рослини виробленням фіто алексинів та інших вторинних метаболітів.

Фосфіти, володіючи яскраво вираженим фунгіцидним ефектом, є джерелом фосфору пролонгованої дії. Під дією певних факторів фосфіт перетворюється на фосфат і є додатковим джерелом живлення. За гострого дефіциту фосфору фосфіт, потрапляючи в рослину, відразу включається в метаболізм [226, 258].

Рис. 15 **Ознаки дефіциту фосфору на рослинах кукурудзи**

Основний фактор, який призводить до зниження ефективності використання фосфору – це його фіксація кальцієм і магнієм, у результаті чого формуються фосфати кальцію та магнію, з оксидами заліза й алюмінію на кислих ґрунтах утворюючи фосфати заліза й алюмінію [43, 538].

Як і дефіцит, так і надлишок фосфору для кукурудзи має негативне значення. Зокрема, надлишок фосфору порушує оптимальний рівень забезпеченості рослин залізом, особливо, цинком і може призвести до дефіциту кальцію, бору, міді та марганцю *(Ca, B, Cu, Mn)* [43]. Достатнє забезпечення рослин фосфором підвищує посухостійкість, прискорює утворення качанів і дозрівання врожаю [27, 67]. Високі дози фосфорних добрив знижують вміст протеїну в зерні, але підвищують вміст жиру [3, 83].

На відміну від азоту, фосфор не поступає в рослину звичайним шляхом, а поглинається рослинами з ґрунту у вигляді іонів неорганічного ортофосфата [538]. Кальцій і фосфор необхідні для живлення мікроорганізмів і симбіотичної або іншої форми фіксації азоту [274].

У ґрунтах валовий вміст фосфору значно нижчий, ніж азоту та калію і коливається в межах 0,04-0,22%, а запас його в орному шарі становить 1,2-66 т/га [522].

Найбільш ефективними в технологіях вирощування кукурудзи є добрива, що містять легкорозчинну форму фосфору, а також у разі внесення фосфоровмісних продуктів одночасно з азотними. Деякі господарства, особливо на ґрунтах, які прогріваються повільно, практикують локальне внесення одночасно із сівбою. Перевагу надають добривам, які додатково мають невелику частку азоту. У такому разі молоді рослини швидше засвоюють фосфор без загрози опіків кореня [28, 29, 44, 239].

Внесення високих доз азоту сприяє підкисленню ґрунту й переходу важкорозчинних фосфатів у рухомі форми [278]. На поглинання та надходження фосфору істотно впливають умови вирощування кукурудзи, запаси його в ґрунті, гранулометричного складу і рухливість елементами та інших факторів [9].

Удобрення фосфором позитивно пливає на накопичення в рослинах крохмалю та вуглеводів. З часом, під час дозріванні культур більша частина засвоєного фосфору зосереджується в насінні й плодах, зокрема, у зерно переходить до 50-80% засвоєного елементу [9, 322].

Дози фосфорних добрив визначаються з урахуванням запланованої врожайності, його виносу врожаєм і забезпеченості ґрунту [67]. Засвоєння фосфору покращується за вапнування ґрунтів [44]. Зрошення пришвидшує накопичення фосфору в рослинах кукурудзи в усі періоди вегетації [45, 46].

Калій (К) - це фактично ключ до водного балансу рослин, який знаходиться в сольовій формі в клітинному сокові (близько 1,9%). Він є іон-антагоністом кальцію, регулює проникну здатність клітинних оболонок і сприяє підвищенню водозабезпеченості рослин. Калій головний складник, що підвищує врожайність, якість і стійкість рослин до стрес-факторів. Калій підвищує гідратацію колоїдів цитоплазми, її водоутримуючу здатність і проникливість, чим створює умови для активного синтезу білків та інших органічних сполук [3, 46]. Водночас калій регулює відкриття й закриття продихів (транспірація), активує рух асимілянтів по рослині. Високий вміст калію в клітинному соку підвищує тургор клітин, захищає від в'янення в умовах посухи й високих температур. Калій сприяє росту кореневої системи, під його впливом зростає інтенсивність фотосинтезу внаслідок кращого синтезу хлорофілу [43, 44, 73, 265, 524]. У міру старіння окремих органів рослин іони калію переміщуються в точки найінтенсивнішого росту [522].

На відміну від азоту й фосфору, калй не вбудовується в органічні сполуки, а знаходиться в рослинних клітинах в іонній формі [43]. Кукурудза дуже вибаглива до вмісту доступного калію [217], серед зернових вона засвоює **калію** найбільше з усіх елементів живлення [28, 43]. Калій покращує засвоєння рослиною азоту [44], активізує цілий ряд ензимних реакцій, відіграє важливу роль у транспортуванні речовин по рослині [3, 43].

Калій інтенсивно засвоюється від фази 5-6 листків до цвітіння [44, 67, 247, 539]. До початку викидання волоті рослини поглинають до 90% калію [27, 43]. Під час наливу зерна із інших органів рослини використовують 82% калію [27]. В період викидання волоті, цвітіння та наливання зерна рослини поглинають ⅔ потреби у калію [15, 235, 322].

У другій половині вегетації, із фази молочної стиглості зерна накопичення калію в тканинах кукурудзи знижується внаслідок вимивання його опадами й екзосмоса через кореневу систему у ґрунт [235].

Оптимальний вміст калію в молодих рослинах (висотою до 25 см) знаходиться в межах 4-5% (K_2O) на суху речовину, а в дорослих – зменшується на 0,5% [43, 235]. Потреба кукурудзи в калію з віком збільшується, особливо під час утворення стебла й наливу зерна, і вміст його в органах рослини наближається до вмісту азоту [46, 83].

Споживання рослинами кукурудзи калію *(K_2O)* за нестачі в ґрунті азоту становить 32 кг/га, за нестачі кальцію – 64 кг/га, фосфору – 83 кг/га; за сприятливих умов щодо забезпеченості рослин поживними елементами споживання калію становить 105 кг/га [43].

Достатня забезпеченість калієм важлива з декількох причин: цей елемент є незамінним для утворення й транспортування в зерно кукурудзи крохмалю та цукру, він сприяє утворенню вуглеводів завдяки впливу на обмін речовин рослини. Хороша забезпеченість калієм підвищує стійкість до стеблового вилягання (сприяє зміцненню стебла й росту судин ксилеми), до стеблових гнилей і є важливою для утворення початків, за рахунок формування міцної механічної тканини [27, 28, 67, 217]. Калій також необхідний для утворення качанів [67, 235].

Українські ґрунти добре забезпечені калієм, тому часто виробники нехтують внесенням цього елемента, однак потреба в калію є настільки ж високою, як і азоту [540].

Ознаки дефіциту калію. За дефіциту калію знижується висота рослин, зменшуються розміри листків, які по краях жовтіють (особливо нижні), потім пожовклі тканини починають відмирати й засихають, внаслідок чого утворюється коричнева облямівка (відбувається так званий «крайовий опік»), затримується викидання волотей і ниточок качанів, знижується стійкість рослин до вилягання (у тому числі й від стеблових гнилей, розвиток яких підсилюється). Пожовтіння й відмирання тканин за різкого калійного голодування може поширитися і між жилками, які майже весь час залишаються зеленими (рис. 16) [27, 44, 522, 524].

Рис. 16 **Ознаки дефіциту калію на рослинах кукурудзи**

За нестачі калію на початкових етапах росту рослини ростуть повільніше, укорочуються міжвузля рослин, водночас стебла тоншають, навіть за повного забезпечення іншими речовинами [44, 46, 524, 540].

За нестачі калію порушується засвоєння води та підвищується

непродуктивне використання вологи. Оптимальна дія калію можлива лише в поєднанні з магнієм. Співвідношення калію та магнію не має перевищувати 2:1 [540]. Оптимальне забезпечення рослин фосфором і калієм збільшує стійкість кукурудзи до термічного стресу й нестачі води, поліпшує амінокислотний склад білка [3].

Встановлено антагоністичну взаємодію між надходженням калію та магнію *(K, Mg).* Добове надходження до рослин кукурудзи калію становить 4 кг K_2O/га, але може досягати і 7,3 кг K_2O/га. У процесі дозрівання зерна основна частина калію, що знаходиться в листках, потрапляє в стебло, внаслідок чого в листках співвідношення *Ca:Mg* збільшується. У зерно надходить лише 1/3 спожитого калію. Надлишок калію може індукціювати нестачу магнію й кальцію *(Mg, Ca)* та перешкоджати надходженню бору, цинку, магнію й аміачної форми азоту *(B, Zn, Mg, NH_4-N)* [43].

У засушливих умовах достатня кількість калію забезпечує добре озернення качанів [44]. За калійного голодування коренева система слабо розвивається, у рослин знижується стійкість до вилягання [3, 83].

Найбільша потреба рослин кукурудзи в калійних добривах, як правило, спостерігається на легких ґрунтах і на полях, де попередниками кукурудзи були соняшник і цукровий буряк, які «виносять» із ґрунту багато калію [3]. Майже всі ґрунти України (за винятком торфових) у 5-50 разів багатші за валовим вмістом калію порівняно з азотом і у 8-40 разів – з фосфором. Вміст калію коливається від 0,50 до 2,50%, а запаси в орному шарі становлять 15-90 т/га [522].

Кальцій (Ca) входить до складу солей органічних і неорганічних кислот, істотно впливає на структуру та загальний фізико-хімічний стан протоплазми, будову та проникність мембран та клітинних оболонок (перегородки), необхідний рослині для створення нуклеїнових кислот, з ним тісно пов’язані фотосинтез (поліпшує синтез хлорофілу, активує ферменти) та енергетичний обмін (посилює обмін речовин). Кальцій підвищує в’язкість цитоплазми, сприяючи цим кращій жаростійкості рослин, забезпечує добрий розвиток кореневої системи, сприяючи формуванню більшої кількості кореневих волосків, за допомогою яких із ґрунту до рослин надходить основна маса води й розчинених у ній поживних речовин, відіграє важливу роль у функціях розтягнення та диференціації клітин, необхідний для нормального росту кореневої системи й наземних органів [43, 319, 522, 524, 541]. (

Потреба в кальцію проявляється вже у фазі проростання. За сильного дефіциту кальцію, особливо коли в поживному розчині переважають одновалентні катіони (H^+, Na^+, K^+) або катіони Mg^{2+}, порушується фізіологічна рівновага розчину, корені зупиняють ріст, потовщуються, а кореневі волоски руйнуються (стінки клітин слизнуть, тому що пектинові речовини й ліпоїди за відсутності кальцію розчиняються, вміст клітин витікає, тканина перетворюється на ослизлу безструктурну масу) [319, 522, 541].

Кальцій міститься в хлоропластах, мітохондріях, ядрах і хромосомах. По мірі старіння клітин й ослаблення їхньої фізіологічної активності частина кальцію з протоплазми переходить у клітинний сік, відкладаючись у вакуолях у

формі нерозчинних солей. Кальцій сприяє усуненню токсичності іонів амонію й алюмінію [3], регулює надходження в кореневу систему катіонів. За надлишку в ґрунті кальцію (на вапняних ґрунтах або після вапнування) ускладнюється поглинання та надходження до рослин мікроелементів (марганцю, бору, молібдену та ін.) і фосфору [43].

Інтенсивне поглинання рослинами кукурудзи кальцію *(Ca)* спостерігається в період активного росту пагонів і припиняється під час формування зерна [43, 319, 541].

Ознаки дефіциту кальцію. Кальцій потрібний рослині постійно, він накопичується в старих листках і не може повторно використовуватися, тому молоді листки вкриваються світло-жовтими плямами (хлороз) й гинуть, а старі залишаються нормальними [44, 319, 524, 541]. У старих листках вміст кальцію більший, ніж у молодих, тому що він не може повторно використовуватися. Кальцій надходить у рослини протягом усього активного періоду росту й перебуває у вигляді солей пектинової кислоти, сульфату, карбонату, фосфату та оксалату кальцію [522].

Дефіцит кальцію спричиняє: 1) втрату гумусу, внаслідок чого погіршуються фізичні, фізико-хімічні, біологічні властивості ґрунтів, а саме: збільшується питома щільність ґрунту; погіршується його структура, буферність; зменшується забезпеченість ґрунту елементами мінерального живлення й ступінь насичення основами; збільшується кислотність ґрунту; знижується інтенсивність біологічних процесів у ньому – сповільнюється розклад рослинних решток; 2) знижується стійкість до грибкових хвороб; 3) зменшується ефективність мінеральних добрив на 30-50%, залежно від рівня кислотності ґрунту [319, 541].

За дефіциту кальцію листки, що розвиваються, вийшовши з піхви, важко розгортаються, тобто верхівки молодих листків стають липкими й можуть навіть склеюватися [43, 44].

Кальцій переважно залишається в листках, і лише мала його частина потрапляє в зерно у вигляді хімічної сполуки – фітину [43, 319, 541].

Особлива функція ***кальцію*** – нейтралізація органічних кислот, що утворюються в тканинах, насамперед – щавлевої. Нестача кальцію проявляється за високих норм внесення NPK, на кислих ґрунтах [44].

За наявності нітратів у ґрунтовому розчині прискорюється проникнення кальцію в рослини, за наявності аміачного азоту (NH^{4+}) – знижується внаслідок антагонізму між катіонами [319, 541].

Внесення кальцію взагалі сприймається лише в контексті вапнування з орієнтовною нормою внесення вапнякових матеріалів 3-7 т/га. Починаючи з 2015 року товаровиробники й науковці заговорили про внесення кальцію як елемента живлення в нормі 200-500 кг/га [319, 541].

Магній (Mg) відноситься до основних елементів живлення, хоча його вміст у рослинах менший, ніж кальцію [319, 541]: у зерні кукурудзи міститься 0,19%, а в стеблах - 0,26% магнію.

Кукурудза на ґрунтах бідних на **магній** формує низьку врожайність, він є обов’язковою складовою частиною хлорофілу (міститься 15-20% магнію рослини), також бере участь у процесі біосинтезу хлорофілу, активації й

зв'язування ензимів (процес фосфорилювання), енергетичному забезпеченні клітини. Деяка кількість його входить до складу запасної речовини – фітину і разом з кальцієм до складу пектинових речовин клітинних оболонок. Магній у вигляді іонів у клітинному соку підтримує осмотичний потенціал клітин. Він забезпечує переміщення фосфору в рослинах, процеси дихання, перетворення азоту в білок, має активуючу дію на низку ферментів, у першу чергу тих, що забезпечують білковий і вуглеводний обміни [43, 67, 319, 524, 541].

Магній входить до складу протоплазми, хлорофілу, мітохондрій, позитивно впливає на синтез фізіологічно активних речовин, зокрема, утворення вітамінів А і С [3]. У процесі фотосинтезу магній активізує фермент, який каталізує участь CO_2 у фотосинтезі. Він бере безпосередню участь у синтезі АТФ – носія енергії в рослинах. Внаслідок використання енергії молекули АТФ рослина з вуглекислого газу й води синтезує глюкозу – першу ланку в складному ланцюгу фотосинтезу. Магній не тільки бере участь у синтезі вуглеводів, а й забезпечує їх транспортування в підземну частину рослини, внаслідок чого формується добре розвинена коренева система [319, 522, 541].

Сходи кукурудзи уже на 8-9-й день потребують надходження магнію з поживного розчину. Дефіцит магнію негативно впливає на ріст кукурудзи, особливо її кореневої системи, що призводить до подальшого погіршення мінерального живлення рослин, водночас у них підвищується відносний вміст фосфору й кальцію. Споживання магнію *(Mg)* є постійним і рівномірним протягом майже всього вегетаційного періоду й триває до періоду дозрівання зернівок. Половина спожитого рослинами кукурудзи магнію надходить до зернівок [43, 319, 541].

Фосфор і магній сприяють кращому виповненню зерна, забезпечують рівномірне й більш швидке достигання врожаю [67]. Засвоюється магній тільки у формі іонів Mg^{2+}. В основному магній разом із фосфором нагромаджується в молодих органах і насінні, а, маючи хорошу рухомість, може повторно використовуватись рослинами. Зі старих листків він надходить у молоді, а після цвітіння проходить відтік магнію з листків у насіння й концентрування в зародку [319, 522, 541].

Дефіцит магнію в рослинах кукурудзи знижує стійкість їх до хвороб [319, 541], негативно впливає на процеси цвітіння й запилення, що обмежує зав'язування качанів, зменшує їх озерненість. Критична фаза засвоєння магнію – зав'язування та формування зерна [44, 67, 319, 539]

Магній краще використовувати для основного внесення у грунт, , перемішуючи його з шаром 10-20 см землі, оскільки він добре засвоюється в молодому віці рослин Цей елемент добре засвоюється також через листя, у 14-15 разів швидше, ніж калій чи фосфор. Іони магнію мають менший розмір і легко проникають крізь кутикулу [319, 541].

Ознаки дефіциту магнію: поява специфічного «мармурового» хлорозу (тигрова плямистість) листків, старші листки стають червонувато-багряними. Ділянки листкової пластинки жовтіють між жилками, а самі жилки залишаються зеленими. Поступово ці ділянки листка буріють, а потім відмирають. Спочатку це явище спостерігається на листках нижніх ярусів, а потім – і на верхніх [43,

319, 522, 524, 541].

Явні (видимі) ознаки дефіциту магнію проявляються за великої нестачі, але раніше від їх проявів відбувається зниження врожайності та якості продукції. Лише за допомогою хімічного аналізу можна встановити «приховану нестачу» магнію. Дефіцит цього елемента настає, якщо вміст магнію в ґрунті менший, ніж 2 мг на 100 г ґрунту, що відповідає середньому ступеню забезпечення ґрунтів [319, 541].

Ознаки дефіциту магнію особливо часто спостерігаються на ґрунтах легкого механічного складу, де має місце його вимивання, вилуговування, а також на кислих ґрунтах, де він знаходиться в малорухомому стані. Тому на кислих ґрунтах бажано періодично проводити вапнування матеріалами, що містять магній, наприклад, доломітовим борошном. На всіх типах ґрунтів проблема магнію вирішується також шляхом застосування магнієвмісних добрив [73].

Внесення в складі вапна магнію (доломіти) поліпшує магнієве живлення рослин і підвищує врожайність сільськогосподарських культур [522].

Сірка (S) входить до складу майже всіх білків, оскільки низка амінокислот (цистеїн, метіонін, трипептид, глютатіон, липова кислота, кофермент А, біотин, тіамін тощо) є сірковмісними. Вона бере участь у деяких окисно-відновних процесах, сірковмісними є окремі вітаміни групи В і вітамін Н. Сірковмісні органічні речовини підтримують нормальний хід поділу клітин і ріст молодих тканин, впливають на вміст хлорофілу в листках. Залізосіркобілки є важливими під час переносу електронів у реакціях фотосинтезу й азотфіксації [235, 524, 542]. Також сірка впливає на стійкість рослин до приморозків, високих температур і посухи. Дефіцит сірки призводить до зниження фотосинтезу на 40%, розпаду білків і зменшенню ефективності внесених азотних добрив [44, 522, 542].

Ознаки дефіциту сірки. За нестачі сірки гальмується та припиняється ріст і розвиток рослин, гальмується біосинтез протеїнів, порушується структура пігментного апарату листків, знижується ріст органів, стебла стають тверді, дерев’янисті, листки стають світло-жовтими а потім листя набуває червонуватого кольору (внаслідок розпаду хлорофілу), згодом весь листок відмирає, знижується ефективність засвоєння азоту [44, 522, 524, 539]. Зовнішні ознаки нестачі сірки схожі до азоту.

Зменшується стійкість рослини до хвороб, посухи й низьких температур. За зовнішніми ознаками дефіцит сірки подібний до азотного, оскільки азот і сірка мають подібні функції в метаболізмі рослин, обидва ці елементи використовуються для побудови білків. На відміну від нестачі азоту, який спочатку проявляється на старих листках, нестача сірки проявляється спочатку на молодих. Стебла рослин стають тонкими, ламкими, задерев’янілими й жорсткими [524].

За нестачі сірки зменшується розмір листків, видовжується стебло – і рослина має миршавий вигляд, її розвиток припиняється. Найбільше сірки міститься в листках, найменше – у стеблах і коренях. З-поміж різних ґрунтів

найбідніші на цей елемент дерново-підзолисті. Нестача ***сірки*** в ґрунті викликана зменшенням обсягів її надходження шляхом промислового забруднення, використанням висококонцентрованих добрив, що не містять сірки, виносом цього елементу з ґрунту високими врожаями у разі вирощування за інтенсивними технологіями тощо [44].

У грунт сірка надходить із атмосфери в формі SO_2 – (10-20 кг/га), а також поповнюється за рахунок мінералізації органічної речовини (вміст цієї форми – 80%) та внесення добрив. У неорганічній формі сірка міститься у вигляді сульфатів і сульфідів (SO_4-, SO_3-) і FeS [522].

Вміст сірки протягом вегетації рослин поступово зменшується; у фазі 5-ти листків кукурудза в середньому міститься 2000-3000 мг/кг, 10-ти листків – 700-3000 мг/кг, проте під час достигання в листках міститься всього 1000 мг/кг, у стеблах – 600-700 мг/кг [43].

Значне накопичення сірки рослинами відбувається у фазі наливу зерна, більше 50% її надходить у рослини після періоду «викидання волоті-утворення ниток качана» [322]. За нестачі сірки качани кукурудзи гірше виповнені зерном, спостерігається так звана «череззерниця» [44, 235]. Недобір одного кілограма діючої речовини сірки унеможливлює використання майже 10 кг азоту (карбаміду) [217, 406, 532], а на думку інших вчених [44, 235, 539], 20 кг азоту.

Найкраще підживлювати рослини сірковмісними добривами в фазу 7-8 листків упродовж трьох тижнів: 1-3 рази через 7-8 діб [235].

Сірка вимивається в глибші шари ґрунту, тому за інтенсивних опадів у період від жовтня до березня може виявитися, що її кількість у ґрунті навесні є недостатньою. Компенсувати незначну нестачу магнію й сірки можна за допомогою листкового внесення сірчанокислого магнію одночасно з карбамідом. За значного дефіциту цих елементів живлення обов'язковим є основне внесення їх з добривами, що містять їх як домішки, або спеціально виготовленими комплексними добривами [44].

5.11.3. Фізіологічна роль у життєдіяльності кукурудзи мікроелементів

Для нормального розвитку рослинний організм потребує, окрім макроелементів, ще й мікроелементи: цинк, молібден, [368] марганець, мідь, магній, бор та ін. [516, 523]. Кукурудза відчуває значну потребу в мікроелементах на високих фонах мінерального живлення. Тому необхідно використовувати для позакореневого підживлення лише ті мікроелементи, які знаходяться в мінімумі в конкретному ґрунті [483, 532].

Процес поглинання мікроелементів рослинами характеризується більш складними залежностями, ніж поглинання макроелементів. Мікроелементи є складовою частиною ґрунту, повітря, рослин і всього довкілля; вони беруть участь у всіх хімічних і фізіологічних процесах розвитку та формування врожаю [483, 515].

За даними інституту ґрунтознавства й агрохімії ім. А. Н. Соколовського УААН, із 32 млн га орних земель в Україні 18 млн га (56%) мають низький вміст

рухомого цинку (близько 0,20 мг/кг), 2,5 млн га (8 %) – рухомої міді (1,5-1,9 мг/кг), 8 млн га (25 %) – рухомого бору (0,3-0,5 мг/кг). Мікроелементи не можуть бути замінені іншими поживними речовинами [44].

Найбільш продуктивними джерелами мікроелементів є ґрунтоутворюючі породи. Водночас найбільший вміст мікроелементів характерний для ґрунтів із високим вмістом гумусу та важким гранулометричним складом [9, 512].

Значна частина мікроелементів міститься в різних видах мінеральних добрив і вапні (цинк, мідь, нікель та ін.), проте, як небажаний компонент, до них входить і ряд важких металів, таких як свинець і кадмій [45, 46, 543]. Використання мікроелементів (цинк (Zn), марганець (Mn), залізо (Fe), мідь (Cu), молібден (Mo), бор (B)) є невід'ємною складовою заходів із підвищення врожайності кукурудзи [524, 526, 539, 543].

Мікроелементи виконують роль біокаталізаторів, входять до складу понад 200 різних ферментних структур, впливаючи на основні процеси: ріст, розмноження, дозрівання насіння тощо; виводять рослини із різноманітних стресових ситуацій, підвищують імунітет до хвороб, покращують посухостійкість і холодостійкість [526, 531], що згодом відображається у вигляді максимального врожаю, що закладений генетично в насінні [235, 483, 539]. На відміну від основних елементів живлення, нестача мікроелементів не призводить до загибелі рослин, однак є причиною значного гальмування обмінних процесів, зниження врожайності, погіршення якості зерна (зменшення вмісту цукрів, амінокислот, вітамінів), збільшення ураження рослин хворобами [483, 522].

Мікроелементи за рахунок своєї каталітичної дії дають змогу рослинам більш ефективно використовувати основні елементи живлення: енергію сонця, воду й макроелементи, що позитивно впливає на продуктивність рослин та якість урожаю [80, 107, 163, 483].

Ефективним способом забезпечення рослин мікроелементами є позакореневе листкове підживлення, головним чином у фазах інтенсивного росту й розвитку, коли елементи живлення засвоюються у великих кількостях, а коренева система не завжди здатна засвоїти їх у повному обсязі до потреби. У стресових ситуаціях (посуха, низькі температури тощо) листкове підживлення є практично єдиним способом забезпечення деякими елементами живлення, особливо мікроелементами [44, 100, 523]. Позакореневі підживлення слід проводити у фазу 4-8 листків [235].

Позакореневе підживлення - це обприскування листків і стебел рослин розчинами поживних речовин відповідного складу й концентрації [532].

Мікроелементи в разі застосування позакореневих підживлень рослин засвоюються приблизно на 80-90%, а при кореневому – лише на 20-30%. Мікроелементи, які внесені по вегетуючим рослинам, одразу ж потрапляють на поверхню листка, проникають у його тканини - і включаються в біохімічні реакції обміну в рослині (метаболізм) [67, 111, 531]

Ступінь і швидкість засвоєння елементів живлення через листя в 3-6 разів (у разі внесення із засобами захисту в 30-40 разів) вищий, ніж унаслідок засвоєння корінням добрив, внесених у ґрунт, але обсяги засвоєння елементів через листя обмежені. Отже, фосфор, калій і кальцій практично неможливо

внести в достатній кількості шляхом позакореневого підживлення, але потребу рослин у мікроелементах через листя можна задовольнити на 100% [67, 483].

Позакореневе підживлення макро- та мікродобривами доцільно проводити разом з обробкою пестицидами. У результаті зменшується стресовий вплив дії засобів захисту рослин на культуру та підвищується дія пестицидів [483, 524]. Кількість робочого розчину має становити 50-400 л/га, а саме обприскування слід проводити у хмарну погоду, краще вранці або ввечорі [483].

На ефективність позакореневого підживлення впливає велика кількість факторів, серед яких головними є:

1. Фаза розвитку та стан рослини: молоді листки й пагони швидше засвоюють поживні елементи [483, 524], у міру старіння рослин, або ураження хворобами та шкідниками, знижується надходження елементів живлення, а внаслідок екзоосмосу вони можуть навіть виділятися з рослин у зовнішнє середовище [532]. У посівах кукурудзи проведення позакореневого підживлення потрібно проводити до фази розвитку 10-12 листків, тому що в пізніші фази розвитку, коли її листки стають грубшими, вона погано поглинає поживні речовини [258, 532].

2. Кліматичні: оптимальна вологість повітря й ґрунту; температурний режим [483, 524]. У стресових ситуаціях, викликаних нестачею вологи, посухою, низькими температурами, заморозками тощо, засвоєння елементів живлення кореневою системою є недостатнім і сповільнює темпи росту й розвитку рослин. Це дуже часто спостерігається в посушливі роки (ГТК <0,6), коли в ґрунті добрива знаходяться в нерозчиненому стані і їх солі майже зовсім не дисоціюють на іони, а ґрунтовий розчин набуває високого осмотичного тиску, що в свою чергу викликає плазмоліз цитоплазми клітин і поживні речовини не засвоюються кореневою системою [348, 483, 544].

3. Здатність елементів до проникнення через листки: найшвидше проникають азот, магній, натрій, повільніше – сірка і ще повільніше – кальцій, калій, фосфор (табл. 72) [524].

72. Швидкість засвоєння різних елементів живлення листовою поверхнею

Елементи живлення	Термін поглинання 50%
Азот (амідна форма)	1-2 години
Фосфор	5-10 діб
Калій	1-4 доби
Кальцій	4-5 діб
Магній	2-4 години
Цинк	1-2 доби
Марганець	1-2 доби
Бор	2 доби
Мідь	2доби

4. Форма елемента: найкраще засвоюються хелатні добрива [220, 483,

524], які мають значно вищу розчинність, знаходяться у напіворганічній формі, для якої характерна висока біологічна активність у тканинах рослинного організму, що значно підвищує їх засвоєння рослинами. Окрім того, комплексони металів стійкі на всіх типах ґрунтів і обмежень по pH ґрунтового розчину для них немає, їх можна використовувати як профілактичні заходи попередження захворювання рослин. Перетворення мікроелементів у доступну для рослин біологічно активну форму (комплексонат металів) відбувається за допомогою спеціальних кислот (ЕДТА, ДТПА, ДБТА та ін.) – комплексоутворювачів. У комплексонах головна роль належить катіону металу, а комплексен відіграє роль транспортного засобу, який забезпечує доставку катіону та його стійкість у ґрунті та поживних розчинах [483, 513, 545].

5. Додавання карбаміду: у розчині карбамід сприяє гарному розчиненню, покращує пропускну здатність листка (кутикули), що збільшує обсяги засвоєння елементів живлення й підвищує ефективність дії фунгіцидів, інсектицидів [524].

6. Концентрація поживного розчину [532]. Солі металів є токсичними речовинами для рослин і в разі перевищення оптимальної норми внесення можуть викликати опіки в місцях контакту з поверхнею рослин [483].

7. Розмір крапель [483]**;**

8. Тривалість контакту поживного розчину з поглинальною поверхнею листків [3, 483]**;**

9. Склад добрива. Кожна сільськогосподарська культура протягом періоду розвитку потребує індивідуальної «дієти» живлення – на етапі обробки насіння, під час вегетації, після збирання врожаю [483].

Препарати для позакореневого підживлення, які представлені в Україні, за їх призначенням і вмістом мікроелементів, можна умовно розділити на дві основні групи. Препарати ***першої групи*** призначені для підвищення рослин збалансованим комплексом макро- та мікроелементів і не призначені для корегування дефіциту мікроелементів. Препарати ***другої групи*** за рахунок підвищеного вмісту тих чи інших важливих мікроелементів мають спрямований ефект і можуть коригувати їх дефіцит у ґрунті [546].

Внесення мікроелементів має певну періодичність, так, зокрема бор і молібден потрібно вносити раз в три роки, марганець і цинк раз в шість років [3].

Fe, Mn, Cu, Zn активують ензими та виконують специфічну функції в захисних механізмах посухостійкості кукурудзи [27, 547]. Під впливом бору, марганцю, цинку, міді та молібдену збільшується вміст вологи в рослинах [3]. Споживання рослинами кукурудзи заліза, міді, цинку *(Fe, Cu, Zn)* та їх транспорт із кореневої системи до листків, а також у зерно покращується за оптимального рівня фосфорного живлення [43].

Як нестача, так і надлишок мікроелементів (до речі, важких металів або полютантів) може спричинити негативну реакцію рослин, що значно впливає на ріст і розвиток, урожайність та якість самого врожаю [483, 516, 524, 548]. Так, мідь і цинк належать до мікроелементів, однак підвищення їх концентрацій у клітині зумовлює генерацію оксидантного стресу [45, 46, 112].

На кожну одиницю макроелементів рослин має бути забезпечена й одиницею мікроелементів за оптимального розвитку (тобто, відсутності стресів і

готовності рослин засвоювати елементи живлення). Мінеральне живлення обов'язково має включати макро- та мікроелементи, фітогормони чи амінокислоти. Порушення цієї тріади знижує ефективність застосування добрив [549].

Мікроелементи виконують функцію активаторів та ініціаторів біохімічних процесів у організмі, беруть участь у метаболічних процесах – фотосинтезі, диханні, асиміляції та фіксації азоту, сірки, білковому обміні (утворюють комплекси з нуклеїновими кислотами та іншими сполуками), окисно-відновних процесах, регулюють стан протоплазми, синтез вітамінів, роботу ферментів [73, 220, 524, 547, 550]. Мікроелементи впливають на вміст пігментів та їх стан, визначають розвиток і активність фотосинтетичного апарату [3, 83].

За дефіциту мікроелементів на посівах кукурудзи, її врожайність знижується мінімум на 4-10 ц/га (або на 10-12%) [3], також погіршується якість зерна (уміст сухої речовини, крохмалю, каротину, білку) та життєздатність [27, 322, 346, 483].

Вміст мікроелементів у рослинницькій продукції є важливим показником її біологічної цінності, відхилення даного показника від оптимального рівня в сторону збільшення або зменшення має пряме відношення до проблеми здоров'я людей та тварин [3, 518].

Рослини засвоюють із ґрунту незначну частину (до 3%) мікроелементів, які знаходяться в рухомій легкодоступній формі, а нерухомі валові запаси мікроелементів можуть бути доступні для рослин лише після проходження складних мікробіологічних процесів з участю гумінових кислот і кореневих виділень. Тому валовий вміст мікроелементів не відображає реальної картини забезпечення рослин мікроелементами [44, 483, 551].

73. Максимально допустимі рівні вмісту важких металів у ґрунтах і рослинній продукції [551**]**

Метал	МДК грунту, мг/кг	МДК валового вмісту в рослинній продукції, мг/кг сухої речовини
Цинк	300	≤ 10
Мідь	100	≤ 0,5
Хром	100	≤ 0,3
Ртуть	2	≤ 0,02
Кадмій	3	≤ 0,003
Свинець	32	≤ 0,3

Вміст доступних форм мікроелементів дуже низький і вимірюється десятими долями мг на 1 кг ґрунту. Більшість ґрунтів мають високу поглинаючу здатність по відношенню до останніх, тому вносити мікродобрива в ґрунт у формі чистих солей недоцільно. Такі мікродобрива слабо розчинні й ефективні тільки на ґрунтах із кислою і слабокислою реакцією ґрунтового розчину. На нейтральних і слаболужних ґрунтах неорганічні солі перетворюються в слаборозчинні та важкорозчинні сполуки

(гідроксиди, карбонати), які недоступні для рослин [522].

Рухомість мікроелементів залежить від низки факторів (табл. 67) [521].

74. Вплив різних факторів на рухомість мікроелементів
(С.А. Балюк, А.І. Фатєєв, 2012 [552])

Мікроелемент	Фактори, що підвищують рухомість мікроелементів	Фактори зниження рухомості мікроелементів
1	2	3
Залізо	Підвищення концентрації H+, вологість ґрунту, зниження ОВП	pH грунтового розчину > 7, карбонатність ґрунтів, внесення вапна
Марганець	Підвищення концентрації H+, вмісту органічної речовини, вологість ґрунту, зниження ОВП	pH грунтового розчину 4 < і >7, внесення вапна
Цинк	Підвищення концентрації H+, вмісту органічної речовини	Внесення вапна, підвищення концентрації OH–, PO43–
Мідь	Підвищення концентрації H+	Внесення вапна, підвищення концентрації OH–, PO43–, органічної речовини, зниження ОВП
Молібден	Підвищення концентрації OH–, PO43–, вапнування, внесення фосфатів	Підвищення концентрації H+, наявність у ґрунті обмінного алюмінію

Водночас важливим є не загальна (валова) кількість у ґрунті окремих мікроелементів, а наявність рухомих форм, які в певній мірі визначають їх доступність для рослин. Вміст у рухомій формі найчастіше становить для Cu, Mo, Co і Zn 10-15% їх валового вмісту в ґрунті і для B – 2-4% [3, 45, 46].

Рослини, достатньо забезпечені мікроелементами, значно краще споживають (на 10-30%) і засвоюють основні добрива (NPK), відмінно розвиваються та краще протистоять грибковим і бактеріальним хворобам, шкідникам, заморозкам, посусі й іншим стресовим чинникам [5, 89, 483, 522].

Механізм підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів розглядається як наслідок процесів, що відбуваються в рослинному організмі під впливом мікроелементів, а саме: перегрупування форм води в рослині – збільшення зв’язаної води; підвищення здатності листя утримувати воду (збільшення гідратації колоїдів протоплазми клітини); активізації вуглеводного й азотистого обміну в рослині; збільшення вмісту аскорбінової кислоти (вітаміну

С) [512].

75. Чутливість рослин на нестачу мікроелементів (В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук, 2008 [44])

Назва культури	B, Бор	Cu, мідь	Fe, залізо	Mn, марганець	Zn, цинк	Mo, молібден
1	2	3	4	5	6	7
Зернові	+	+++	+	++	++	+
Кукурудза	++	++	+	++	+++	+
Сорго	+	++	+++	+++	+++	+
Соя	+	+	+++	+++	++	++
Пшениця	+	+++	+	+++	+	+
Ячмінь	+	+++	+	++	+	+
Горох	+	+	+	+++	+	++
Соняшник	+++	++	+	++	++	+
Цукровий буряк	+++	++	++	+++	++	++
Картопля	+	++	+	++	++	++
Ріпак	+++	+	+	+++	+	+++
Зернобобові	+++	++	+	+	++	+++
Льон	++	+++	+	+	+++	+
Гречка	++	+	+	+	++	++
Мак	+++	++	+	+	++	+
Помідори	++	++	++	++	++	+
Огірки	+	++	+	+++	+	+
Цибуля	+++	++	+++	++	++	+++
Капуста білоголова	+++	++	+	+++	++	+++
Капуста цвітна	+++	++	+	++	+	+++
Морква	+++	+++	+	+++	+	+
Картопля	++	+	+	++	++	+
Виноград	+++	++	+++	+++	+++	+
Яблуня	+++	++	+++	+++	+++	+

Примітка: +– важливий елемент, ++ – життєво важливий мікроелемент; +++ - ключовий мікроелемент.

Мікроелементи здатні впливати на фізичні властивості й структуру клітини, стан і розвиток кореневої системи, формування репродуктивних органів, транспорт цукрів тощо (табл. 76) [524, 553].

Рослини кукурудзи дуже чутливі до нестачі цинку (виносять з урожаєм 350-400 г/га), середньо чутливі до нестачі бору (70 г/га) і міді 50-60 г/га, а на лужних ґрунтах – і до марганцю (800 г/га) [67, 518, 524, 542, 546], слабо чутливі до молібдену **(свої статті)**. До нестачі інших мікроелементів рослини кукурудзи менш чутливі або зовсім нечутливі, тому значення їх для цієї культури ще не

вивчено [43, 45, 46].

Застосувати мікродобрива, що містять мікроелементи, найкраще до появи ознак дефіциту елементів живлення, у «критичні» фази росту та розвитку кукурудзи [322, 483]. Суміш мікроелементів дає кращий результат, ніж окреме застосування одного мікроелемента [376].

76. Вплив мікроелементів на біологічні процеси в рослині

Біологічний процес	**B**	**Cu**	**Fe**	**Zn**	**Mn**	**Mo**
Фотосинтез		+	+		+	
Вегетативний ріст	+			+		
Цвітіння, утворення насіння	+	+		+		
Синтез білків		+		+	+	
Синтез лігніну		+				
Біологічна фіксація		+	+		+	+
Зменшення нітратів			+			+
Дихання			+		+	
Утворення фітогормонів				+		
Транспорт цукрів	+					
Розвиток бульбочкових бактерій			+	+		+
Регулювання окислювально-відновлюваних процесів			+	+		+
Регулювання концентрації гормонів у рослині					+	

Існує три способи застосування мікроелементів: внесення в грунт, позакореневі підживлення рослин, передпосівний обробіток насіння. Перевагою позакореневого внесення мікроелементів є надходження мікроелемента до рослин в потрібний для них період вегетації [3, 83].

Обробка насіння мікроелементами позитивно впливає на формування качанів, збільшує їх кількість [3, 376]. Ще однією перевагою застосування мікродобрив є те, що вони дають можливість значно підвищити стійкість рослин до несприятливих умов: холоду, посухи, а також хвороб. А в умовах жаркого літа це не лише сприяє підвищенню врожаю та його якості, а в деяких випадках допомагає врятувати врожай від загибелі [3].

Раніше потреба культурних рослин у мікроелементах частково задовольнялася завдяки внесенню гною та мінеральних макродобрив, але сьогодні скоротилося поголів’я тварин і зменшилося внесення мінеральних добрив, що ще більше підвищило дефіцит мікроелементів. Наприклад, 1 кг сухої речовини гною містить, мг: марганцю – 201, міді – 16, бору – 20, кобальту – 1, цинку – 96, молібдену – 2. Із 100 кг простого суперфосфату вноситься, г: цинку – до 1,5, міді – близько 4,5, марганцю – 1, молібдену – до 0,2 [522].

Якщо на рослинах спостерігаються зовнішні прояви нестачі мікроелементів, то для запобіжних заходів вже запізно, оскільки певний

негативний вплив на культуру й врожайність вже здійснено. Тому слід попереджати виникнення дефіциту мікроелементів, заздалегідь аналізуючи їхній вміст у ґрунтах і потреби рослин [483, 512].

Фактори, які впливають на доступність елементів живлення з ґрунту:

1. Концентрація ґрунтового розчину. У природних умовах концентрація ґрунтового розчину незасолених ґрунтів коливається від 0,02 до 0,2%. Краще засвоюються іони елементів живлення з розчинів помірно підвищених концентрацій. Підвищення концентрації ґрунтового розчину збільшує його осмотичний тиск і ускладнює надходження води й елементів живлення в рослину [111, 524].

2. Співвідношення макро- і мікроелементів в ґрунті. Для успішної життєдіяльності рослин дуже важливе значення має співвідношення доступних елементів у ґрунті, тому що надходження одного елемента в рослинний організм залежить від концентрації іншого.

Більшість ґрунтів мають високу поглинальну здатність щодо мікроелементів. Тому вносити мікродобрива в грунт у формі чистих солей недоцільно, оскільки вони слаборозчинні й ефективні тільки на ґрунтах із кислою й слабо кислою реакцією ґрунтового розчину. На нейтральних і слабо лужних ґрунтах неорганічні солі перетворюються у слабо- та важкорозчинні (гідроксиди, карбонати) слабо доступні для рослин сполуки [483, 513].

Явище, коли іон, присутній у поживному середовищі в надлишку, пригнічує поглинання іншого виду іонів, одержало назву *антагонізм іонів*. Явище взаємного підсилення фізіологічної дії одного елемента іншим носить назву *синергізм* (табл. 77) [524, 547.

Відомо багато результатів досліджень, у яких відображена сумісна позитивна дія двох чи більше мікроелементів на протікання фізіологічних процесів у рослині. Так, інтенсивність фотосинтезу підвищувалася внаслідок позакореневих підживлень марганцем і бором, марганцем, цинком і кобальтом, марганцем, молібденом і бором. Сумісна дія бору й молібдену збільшує надходження азоту в рослини [3]. За сумісного застосування марганцю й молібдену та марганцю й цинку в листках буряків суттєво збільшується активність каталази й пероксидази (див. табл. 77) [522].

3. Вологість ґрунту. Вміст вологи в ґрунті є необхідною умовою нормального розвитку рослин і має великий вплив на надходження в них елементів живлення. За дефіциту вологи засвоєння рослиною елементів живлення ускладнюється. Негативний вплив надмірної вологості ґрунту на поглинання елементів живлення може проявитися в односторонньому підвищенні доступності деяких іонів, накопичення яких досягає токсичного рівня [91, 524]. Кукурудза в умовах зрошення добре реагує на внесення добрив, ефективність яких в 4-5 і більше разів вища, ніж на суходолі [3].

4. Температура помітно впливає на ріст рослин. Для більшості рослин сприятлива температура повітря становить +15…+30°С. За зниження температури до +10…+11°С ускладнюється поглинання рослинами фосфору. Надходження азоту погіршується за температури +5…+6°С. Низькі температури

(нижче +10°С) гальмують надходження всіх мінеральних елементів у корені рослин [41, 111, 524]

77. Синергізм й антагонізм елементів

Синергізм елементів	
Азот	Магній
Магній	Фосфор
Калій	Марганець, залізо
Молібден	Азот
Сірка	Азот, калій, мідь, магній, марганець
Антогонізм елементів	
Азот	Мідь, залізо, бор
Бор	Калій
Кальцій	Магній, марганець, цинк, бор, фосфор, калій, залізо
Мідь	Залізо, марганець
Залізо	Фосфор
Молібден	Мідь
Фосфор	Цинк, мідь, калій, кальцій
Калій	Бор
Цинк	Залізо
Магній	Калій

5. Світло. Рослини починають поглинати елементи живлення за перших же променів сонця, у разі затінення знижується інтенсивність фотосинтезу й поглинання поживних речовин корінням, за відсутності світла протягом тривалого часу надходження елементів живлення в рослини повністю припиняється [111, 524].

6. Кислотність ґрунтів. Зміна кислотності ґрунтів значною мірою впливає на доступність для рослин поживних речовин. Так, у кислому середовищі збільшується кількість доступних для рослин форм заліза, марганцю, цинку, міді і зменшується кількість доступних форм азоту, фосфору, магнію [524].

78. Оптимальна кислотність ґрунту для найкращого засвоювання мікроелементів рослинами [44]

Показник	Бор	Мідь	Залізо	Марганець	Молібден
pH	5,0-7,0	5,0-7,0	4,0-6,5	5,0-6,5	7,0-8,5

Катіони краще засвоюються за лужної реакції розчину (pH 8,3) ніж за кислої, а аніони, навпаки, за кислої реакції водного середовища. Така ж залежність існує і під час кореневого живлення рослин [532].

Для кожного з елементів є своя зона оптимальних значень pH, за якої цей елемент більш доступний для рослин. Якщо pH ґрунтового розчину складно контролювати, то pH розчину для листкового підживлення легко підтримувати на оптимальному рівні для засвоєння бору рослиною [554].

На ґрунтах з підвищеною кислотністю перевагу слід віддавати важкорозчинними формами фосфорних добрив.

Залізо (Fe) бере участь в обміні речовин і перетворенні енергії, регулюючи процеси окислення й відновлення складних органічних сполук завдяки здатності легко переходити з двовалентного у тривалентний стан і, навпаки, утворює зі специфічними білками залізо-протеїди, які є основою ферментів цитохромної системи й відіграють важливу роль у процесах дихання. Залізовмісний білок-феродоксин бере участь у фотосинтезі та перетворенні азотних речовин [44, 524].

Ознаки дефіциту заліза. За дефіциту цього елемента молоді листки стають жовтуватими й навіть білими (хлороз) – унаслідок сповільнення процесу утворення хлорофілу, затримується ріст рослин. Жилки листя спочатку залишаються зеленими, але пізніше й вони втрачають забарвлення. Рослини відстають у рості, квітки формуються дрібніші. Найчастіше дефіцит заліза проявляється на карбонатних і дуже вапнованих ґрунтах. Перешкоджає засвоєнню заліза висока вологість ґрунту й високий вміст іонів-антагоністів: P, Ca, Cu, Zn [3, 524].

Залізом більш насичена нетоварна частина врожаю – 44,1% від загального вмісту приходиться на кореневу систему. Через достатнього вмісту в ґрунті солі заліза в якості добрив використовуються лише в певних випадках (за надмірного вмісту в ґрунті вапна).

Марганець (Mn) входить до складу активних груп 10 ферментів (основою яких є молекула металу), що каталізують різні ланки метаболічних процесів, підвищує активність багатьох ферментів (зокрема регуляції активності ензиму нітратредуктаза), які беруть участь у фотосинтезі, диханні, відновленні нітратів, нітритів та гідроксил аміну, впливає на синтез амінокислот, поліпептидів, багатофракційних білків і вітамінів, ростові процеси, сприяє вибірковому поглинанню іонів з навколишнього середовища [43, 483, 524], бере участь у окисно-відновних процесах рослинних клітин і взаємодіє із залізом у ферментних системах, сприяє його окисленню, що усуває токсичність. Для проходження цих процесів вміст марганцю та заліза в рослині повинні бути зваженими. Окрім того, марганець бере участь у синтезі вітаміну С і, як і цинк, посилює накопичення цукру (крохмалю) та білка [9, 43, 522].

Марганець поліпшує засвоєння сполук мінерального азоту рослинами кукурудзи, активізує процеси дихання, фотосинтез і ріст кореневої системи [525, 542].

Висока кількість марганцю в ґрунті може спричинити дефіцит заліза. Найбільшу шкоду марганець, як і алюміній, завдає в перший період життя рослин. Його токсична дія пов’язана зі зміною в рослинах окисно-відновних процесів, що призводить до порушення вуглеводного й білкового обмінів у рослин [522].

Ознаки дефіциту марганцю. Нестача марганцю викликає захворювання, яке називається плямистістю листя. Уражені листки втрачають зелений колір (утворення хлорозів) і стають світло-зеленими. Водночас на листі утворюється своєрідний малюнок – пластинка жовтіє, а прожилки залишаються зеленими; із

часом пожовтіла тканина відмирає. Марганцеве голодування характерне тим, що в початковій стадії біля середньої жилки залишається значно більше зелених тканин порівняно з голодуванням залізним [522, 524].

Як і цинк, марганець відіграє важливу роль в утворенні хлорофілу – він впливає на перетворення світла у хлоропласті. Важливою відмінністю проявів нестачі марганцю від дефіциту цинку є те, що в першому випадку спочатку уражується молоде листя й інші молоді органи рослини, які розвиваються. Паралельно відмічається поганий розвиток кореневої системи [483, 512, 515].

Марганцю мало в ґрунтах на більшості території України. Зазвичай, нестача марганцю проявляється на чорноземах та дерново-карбонатних ґрунтах із нейтральною та лужною реакцією. Також до нестачі марганцю схильні піщані та супіщані ґрунти й карбонатні торфовища. Надлишок марганцю перешкоджає просуванню заліза від коренів рослини вгору, призводячи до розвитку залізного хлорозу. Через зниження доступності марганцю для рослин у лужному середовищі доцільним є поєднання внесення марганцевих добрив із заходами з інтенсивного вапнування. Оптимальна кислотність ґрунту для найкращої доступності для рослин марганцю – 5,0-6,5 [73, 112, 515].

У ґрунтах марганець може зустрічатися в трьох ступенях окислення, з яких лише двовалентний елемент є доступним для рослин. Вміст обмінної форми марганцю збільшується в ґрунті зі збільшенням вологості в анаеробних умовах і досягає максимуму за вологості ґрунту до 90%. Така характеристика пояснює, чому ознаки нестачі марганцю посилюються в суху погоду і можуть майже повністю зникати після сильного дощу. Також рухливість марганцю в ґрунтах може знижуватися через низьку температуру й високий вміст іонів фосфору, заліза, міді та цинку або при підлужуванні, а зростати – при внесені аміачних форм азотних добрив. Не рекомендується здійснювати позакореневе підживлення марганцем за високих температур повітря, інтенсивного сонячного випромінювання та сильного вітру[512, 515].

У ґрунтах марганець знаходиться в основному у формі сполук Mn^{2+} та Mn^{4+}. Марганець здатний змінювати свою рухомість залежно від ґрунтових умов. Найбільш рухомим він є за низьких значень кислотності, тому ясно-сірі, сірі лісові, темно-сірі опідзолені ґрунти й чорноземи опідзолені найбільш забезпечені рухомими сполуками марганцю [521].

Марганцеві добрива вносять у випадку, коли вміст марганцю менше 40 мг/кг ґрунту [3, 46].

Бор (B) – генератор клітин, який впливає на значну кількість фізіолого-біохімічних процесів, має вагоме значення в синтезі вуглеводів (крохмалю, цукрів та ін.), їх перетворенні й перенесенні, активує білковий обмін, синтез і функції нуклеїнових кислот (ДНК і РНК) та енергетичні процеси в клітинах, сприяє синтезу стимуляторів росту (фітогормонів – ауксинів), зумовлює активність ферментів, нагромадження в рослинах вітамінів, сприяє синтезу хлорофілу й асиміляції CO_2 впливає на ріст і розвиток кореневої системи, особливо молодих коренів та формування квіток [524], пилку (підвищує фертильність), запилення (покращує проростанню пилку в пилкових трубках), зав’язування качанів, насіннєву продуктивність, на розвиток точки росту

(зокрема, клітин меристеми) і процеси дихання [67, 235, 483, 524, 525].

Коригуючи вміст бору впродовж онтогенезу у вегетуючих рослин, можна впливати на їх продуктивність, якщо інші фактори, що є не менш значущими (макроелементне живлення, вологозабезпечення та ін.), також враховані. Бор майже не рухається з нижньої частини рослини до точки росту (не реутилізується), його дефіцит зумовлює відставання рослини в розвитку. За дефіциту бору пилок є стерильним і формування зернівки не відбувається, стійкість рослин до стресових ситуацій (спека, посуха) значно знижується [28, 258].

Кукурудза належить до борофільних культур, оскільки виносить із ґрунту 130-150 г/га бору. Господарства, які вносять органічні добрива у формі рідкої гноївки зазвичай не мають проблем із забезпеченням бором, навіть в окремих випадках можуть мати його надлишок. Щоправда, на легких і кислих ґрунтах існує високий ризик вимивання бору порівняно з іншими елементами [540, 554].

Бор забезпечує безперебійне постачання утворених цукрів до рослини, впливаючи таким чином на утворення крохмалю, зрештою цей крохмаль відкладається в зернівках, саме стебло рослини крохмалю не містить [540].

Ознаки дефіциту бору. Нестача бору спричиняє гальмуванню росту рослин, вкороченню міжвузль, деформуванню качанів, які частково не містять насіння, появі на листках сірих продовгуватих некротичних плям, скручуванню молодого листя та зменшенню його поверхні [44, 512, 524], порушує перехід вуглеводів і крохмалю з листків в інші органи рослини, гальмує процес фотосинтезу, розвиток кореневої системи, а також розвиток точки росту (зокрема, меристематичних клітин) [258, 512].

До фази 10-14 листків кукурудзи поглинається більше ⅓ бору. Часовий інтервал поглинання бору нетривалий – 65% бору надходить у рослини протягом 1/5 вегетаційного періоду [322].

Забезпеченість рослин бором залежить від багатьох факторів: вмісту бору в ґрунті, погодних умов, внесених добрив, а також від pH розчину, з якого цей елемент поглинається рослиною [554]. Водночас завищені дози бору пригнічують ріст і розвиток кукурудзи [525]. Борні добрива застосовують, коли вміст бору в орному шарі ґрунту становить 0,5 мг/кг і менше [46].

Сполуки бору з калієм і натрієм рухомі, з кальцієм і магнієм – малорозчинні. Рухомого бору більше міститься в ґрунтах з важким механічним складом. Чорноземи в середньому містять 0,71-1,33 мг/кг бору, але найбільше його міститься в гідроморфних ґрунтах (до 3,4 мг/кг), що пов’язано з гідрогенною акумуляцією бору в цих ґрунтах [521]. Бор найкраще засвоюється зі слабкокислого або близького до нейтрального середовища. При pH нижче 4,5 та вище 7,5 доступність бору для рослин різко знижується [73, 554].

Дефіцит бору часто зустрічається на легких піщаних ґрунтах із низьким вмістом гумусу, поверхневим вапнуванням (кислих ґрунтах), у регіонах із відносно високим рівнем опадів [235].

Цинк (Zn) засвоюється у вигляді іонів [546]. Кукурудза серед мікроелементів потребує найбільше цинку, який входить до складу багатьох

ферментів (які регулюють вуглеводневий, жировий, фосфорний обмін і біосинтез вітамінів), бере участь в утворенні хлорофілу, сприяє синтезу вітамінів (В, B_6, Р та С) [5, 111, 525], впливає на процеси росту й розвитку, підвищує стійкість до несприятливих умов, зокрема спеки та приморозків [44, 67, 235, 542]. Окрім того, цинк необхідний для утворення й накопичення органічної речовини та засвоєння азоту, калію, марганцю й молібдену [515].

У біохімічних реакціях катіон цинку бере участь не сам по собі, а в складі цілого ряду ферментних систем. Цинк є кофактором 300 ферментів і регулює їхню активність. Зокрема, він потрібен для утворення дихальних ферментів, за його відсутності порушується процес фосфорилювання глюкози [406, 555]. Цинк бере участь в азотному обміні рослин, каталізує зв'язування НАДФ (NADP) і НАД *(NAD)* з носіями білка [43, 483, 525], а також сприяє утворенню вмісту протеїну та амінокислоти триптофану (попередника ауксину, який виступає регулятором росту рослин). Триптофан у рослинах є одним із попередників індолілоцтової кислоти; фітогормони індолілоцтового типу за теплих кліматичних умов швидко розкладаються, тому для їх додаткового і прискореного синтезу необхідний цинк [15, 43, 515], який забезпечує структурну цілісність мембран і допомагає захищати клітинні стінки від оксидазного пошкодження під час абіотичних стресів упродовж вегетаційного періоду [529].

Цинк має великий вплив на окислювально-відновлювальні процеси, швидкість яких за його дефіциту помітно знижується. Концентруючись в ядрі та мітохондріях, цинк бере участь у поділі клітин і формуванні мітохондрій, у синтезі гормону росту – ауксину, тому не випадково він накопичується в молодих тканинах і зародку; впливає на синтез і вміст вуглеводнів (крохмалю), фосфоліпідів, органічних кислот, фенолів; [5, 111, 524].

Для цинку характерна слабка фітотоксичність, тож попри те, що зі зростанням концентрації елемента в ґрунті, його вміст у рослині також збільшується, дійсні прояви фітотоксичності можуть зустрічатися лише в індустріальних районах, де вміст металу значно перевищує норму, а також у неправильному застосуванні цинковмістних добрив. Цинк здатний посилювати активність таких ферментів, як каталаза й пероксидаза, відповідно, його нестача порушує процес вуглеводного обміну, у результаті чого в рослинах утворюється менше сахарози та крохмалю [483, 515].

За високих концентрацій цинку в поживному розчині й збільшенні його вмісту у вегетативних органах спостерігається пригнічення ростових процесів і зниження урожайності, зокрема за рахунок зниження активності транспорту асимілянтів [555]. Надлишок цинку й міді негативно діє на активність цитохром і поліфеноксидази.

Надлишок цинку сприяє дефіциту міді й заліза, знижує поглинання фосфору, калію азоту та кальцію. Під час вегетації надлишок цинку згубно впливає на налив зерна. Зокрема за 5-ти кратного перевищеня рекомендованої дози цинку маса зерен однієї рослини зменшується в 1,5 рази порівняно з варіантами, де було оптимальне забезпечення цинком [3].

Ріст коренів більш чутливий до дії важких металів, зокрема цинку й міді, порівняно з ростом пагонів [3, 45, 46]. За концентрації цинку у ґрунті (1, 5, 10

МДК) вміст полютанта (цинку) в коренях зростає у 2, 3, у надземній частині – в 1,5-2 рази. Це пояснюється тим, що важкі метали в більшості видів рослин накопичуються саме в коренях.

Порушення живлення молібденом і цинком збільшує різницю в поглинанні амонійного та нітратного азоту. Надлишок цинку в поживному розчині також знижує поглинання амонійного та підвищує нітратного азоту, а дефіцит міді – підвищує поглинання амонійного азоту [3].

Ознаки дефіциту цинку. Дефіцит цинку в рослинах зменшує вміст фосфорорганічних сполук та уповільнює утворення хлорофілу. Наслідками порушення цих обмінних процесів є зовнішні прояви нестачі цинку на рослинах – пожовтіння (утворення хлорозів) старого листя, утворення на молодих листках середнього ярусу з обох боків між жилками листка ясно-жовтих смуг (білі плями), формування нових листків меншого розміру, закручуванні їх угору та плямистість, затримує ріст рослин (зменшується довжина міжвузль) і зменшує відстань між листковими ярусами, порушує процес запліднення та достигання зерна (качани не зав'язуються) [43, 111, 235, 524].

За нестачі цинку в рослинах можуть не зав'язуватись качани, зменшується їх ріст через скорочення довжини міжвузль [512, 525], також спостерігається розетковість і вогнища некрозу на листі [512, 515]. За качанами неможливо чітко визначити нестачу цього елемента, проте вони менші та завдяки відстроченню стиглості мають світліше забарвлення, аніж рослини, добре забезпечені цим елементом [540].

Спостерігається антагоністичний вплив цинку *(Zn)* на поглинання й надходження до рослин фосфору *(P)* [43, 73]. Вміст рухомого **цинку** залежить від pH ґрунтового розчину, вмісту фосфатів і кальцію. Найменша рухомість цинку відзначається за інтервалу pH 5,9-7,2. Зменшення або збільшення pH ґрунтового розчину сприяє підвищенню рухомості сполук цинку. Але в ґрунтах з надлишковим вмістом кальцію за збільшення pH часто утворюються нерозчинні сполуки кальцію, знижуючи рухомість цинку. У ґрунтах з високим вмістом фосфорних сполук рухомість цинку доволі низька, що пояснюється утворенням важкорозчинних фосфатів цинку [27, 73, 521].

Нестача цинку проявляється на багатьох ділянках особливо на початку літа в роки із затяжною посухою. Так, кукурудза може навіть, слугувати хорошим індикатором щодо забезпеченості цинком окремого поля [540]. Цинку мало в ґрунтах більше як на 90 % площі, особливо на півдні України. Недостатньо для кукурудзи цинку і в разі насиченості сівозміни цукровими буряками, які виносять з урожаєм значну його кількість [3].

Вміст валових форм цинку в ґрунтах Полісся, Лісостепу, Степу і Донбасу становить (мг/кг): 41,4; 54,0; 63,0; 54,0 і рухомих форм 0,83; 1,04; 0,62; 0,35 відповідно. **Підвищують рівень рухомості цинку** в ґрунті такі два фактори: підвищення концентрації водневих іонів H^+ і вмісту органічної речовини, а знижують рухомість вже чотири фактори – внесення вапна, карбонатність, (лужність), підвищеня концентрації аніону OH^- [3, 235].

У критичних випадках нестачі цинку застосовують листкове підживлення добривами, що містять даний елемент у доступній формі у фазі 4-6 листочків.

Ефективним і надійним способом забезпечення цинком є також внесення його в рядки під час сівби [540]. Наприкінці вегетативного росту й в репродуктивні фази розвитку рослин поглинається 71% цинку [322]. Потрібно враховувати, що не рекомендується проводити позакореневе підживлення цинком за високих температур повітря, інтенсивного сонячного випромінювання й сильного вітру [27, 515].

На думку Цорн Вільфріда (2015) [512], доступність бору, міді, марганцю й цинку зменшується за підвищення рівня pH ґрунту.

Нестача цинку також часто зустрічається на піщаних і супіщаних, а також карбонатних ґрунтах із нейтральною або слаболужною реакцією. Оскільки в залуженому середовищі засвоюваність цинку знижується, надмірно інтенсивне вапнування ґрунтів здатне обмежувати його доступність для рослин. Оптимальна кислотність ґрунту для найкращої доступності для рослин цинку – 5,0-7,0. Найменша кількість рухомого цинку міститься в дерново-підзолистих супіщаних і суглинкових ґрунтах із нейтральною реакцією. Негативно впливають на засвоєння цього мікроелемента також низька температура й ущільнений ґрунт [515]. Найбільш доступними для рослин є водорозчинні й обмінні форми цинку. Зазвичай переважна більшість водорозчинного цинку представлена органічними сполуками.

Цинк і бор інтенсивно поглинаються рослинами протягом більш коротких періодів часу порівняно із макроелементами [322]. Цинкові добрива застосовують на ґрунтах, де вміст рухомого цинку менше 0,2-0,3 мг/кг, у дозах 3-10 мг/га, для передпосівної обробки насіння – 30-50 г сульфату цинку [46].

Мідь (Cu) входить до складу ферментів, активізує вуглеводний і білковий обмін, позитивно впливає на фотосинтез і синтез білка [524], тобто впливає на збільшення вмісту білка і цукру в зерні [67, 483, 525], підсилює інтенсивність дихання рослин і підвищує врожайність. Велике значення вона відіграє у формуванні генеративних органів, впливає на розвиток і будову клітин рослин, підвищує стійкість до грибкових і бактеріальних хвороб, збільшує стійкість до вилягання (бере участь у зміцненні клітинної стінки, таким чином впливаючи на її міцність і здатність протидіяти впливу негативних факторів) [44, 524]. Фізіологічне значення міді, перш за все, визначається активуванням поліфенооксидази і взагалі окислювальної системи рослинної тканини, вмістом аскорбінової кислоти, утворенням вуглеводів.

Мідь підвищує стійкість рослин до низьких температур повітря, особливо на ранніх фазах, посухо- та жаростійкість [525].

Ознаки дефіциту міді. За дефіциту міді гальмується ріст генеративних органів, зменшується інтенсивність фотосинтезу, на листках проявляється хлороз, молоді листки жовтіють, спостерігається їх смугастість. Мідь відносно нерухома в рослині, тому нестача її помітна на молодих листках. Кінчики молодих листків біліють і закручуються, краї їх стають жовтими і згодом відмирають, колоски волоті недостатньо сформовані або повністю безплідні («лейкоз») [44, 524, 525].

Нестача міді може проявитися внаслідок внесення великих норм азоту й фосфору, вапнування ґрунтів, за сухої і теплої погоди (високих температур

ґрунту та повітря) [44, 524]. Міді недостатньо в ґрунтах більшості областей Лісостепу та Полісся і лише на півдні України запаси рухомих її форм забезпечують одержання планових урожаїв. Потреба в міді зростає із збільшенням внесення азотних добрив [3].

Рухомими сполуками міді є легкорозчинні солі двовалентної міді типу $CuSO_4$, хоча з аніонами CO_3^{2-}, PO_4^{3-}, SO_2^{2-} двовалентна мідь в інтервалі pH від 4,7 до 6,0 також утворює важкорозчинні сполуки. У цілому вміст рухомих сполук міді в ґрунтах лісостепової зони зростає з півночі на південь, найбільший її вміст характерний для чорноземних ґрунтів [521].

Мідні добрива найбільш ефективні на осушених торфових (органогенних ґрунтах), дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтах за вмісту в них міді менше 5 мг/кг ґрунту [46, 73].

Молібден (Mo) бере участь у синтезі амінокислот і білків, регулює процес трансформації азоту в рослині, входить до складу нітроредуктази й бере участь у відновленні нітратів до нітритів і нітрогенази – ферменту, що відповідає за зв'язування азоту атмосфери під час біологічної фіксації, бере участь у вуглеводному, азотному й фосфорному обмінах, синтезі вітамінів і хлорофілу, підвищує інтенсивність фотосинтезу [483, 524].

Ознаки дефіциту молібдену. Зовнішні ознаки нестачі молібдену в рослинах подібні до азотного голодування, вони зустрічаються дуже рідко. Спочатку проявляються блідо-зелені плями між жилками листка, листки світло-зеленого кольору, потім вони буріють і відмирають. Послаблюється ріст рослини, затримується цвітіння. У разі великої нестачі молібдену точка росту відмирає [512, 524].

Перешкоджають засвоєнню молібдену високий вміст у ґрунті іонів Mn, Fe, Cu, SO_4, NO_3 та висока кислотність ґрунту [524]. Низький вміст молібдену зустрічається на легких, середніх і важких ґрунтах, а також ґрунтах, які утворилися в результаті гнейського вивітрювання, а також на чорноземах [512]. Молібдену не вистачає в ґрунтах центральних і західних районів України. На кислих ґрунтах він знаходиться в нерухомій формі і для живлення рослин недоступний. Внесення фосфорних добрив і вапнування збагачують ґрунт рухомим молібденом [3].

Молібденові добрива вносять на осушених торфових, дерново-підзолистих ґрунтах, чорноземах, де вміст рухомих форм молібдену не перевищує 0,2 мг/кг ґрунту [46].

Кобальт (Co) активізує роботу багатьох ферментів, зокрема нітратредуктази, дуже важливої для азотного живлення бобових культур. Він є складовою вітаміну B_{12}, якого багато в бульбочках на коренях бобових рослин, впливає на синтез хлорофілу, нагромадження вуглеводів і жирів у рослинах, підвищує інтенсивність дихання, стимулює біосинтез нуклеїнових кислот і аскорбінової кислоти. Бере активну участь у реакціях окислення та відновлення, позитивно впливає на дихання та енергетичний обмін. Найбільше він концентрується в генеративних органах, тому можна вважати доведеним його значення у процесах запліднення [524].

Ознаки дефіциту кобальту. Зовнішні ознаки нестачі кобальту подібні до

азотного голодування. За дефіциту кобальту в рослинах розвивається хлороз. Поганий ріст і розвиток рослин може бути частково виправлений внесенням азотних добрив [3, 524].

Основною особливістю в розподіленні рухомих форм **кобальту** в орному шарі ґрунтів Лісостепу є закономірне збільшення його кількості від кислих піщаних чи легкосуглинкових сірих опідзолених ґрунтів до важкосуглинистих чорноземів. Така закономірність порушується тільки у випадку ґрунтів на елювії карбонатних порід, де кобальт закріплюється у вигляді важкорозчинних карбонатів [521].

Кремній (Si). Дослідженнями ряду авторів [99, 556] встановлено, що, в разі застосування силіцієвмісних мінералів, підвищується ефективність мінеральних добрив і пестицидів [258].

За поширеням **кремній** є другим (після кисню) елементом земної кори й ґрунту. Незважаючи на те, що він поглинається рослинами й ґрунтовими мікроорганізмами в кількості, що перевищує величину поглинання основних макроелементів (N, P, K), сьогодні його не відносять до числа первинних поживних речовин вищих рослин. Проте позитивна роль кремнію в стимуляції росту й розвитку багатьох рослин загальновідома. Водночас позитивний ефект кремнію особливо помітний у рослин у стресових умовах, так як цей елемент бере безпосередню участь у біосинтезі захисних метаболітів [3, 258].

Рослини можуть поглинати низькомолекулярні кремнієві кислоти та їх аніони не тільки через кореневу систему, а й через поверхню листків, якщо обприскувати їх кремнієвмісними водними розчинами. Важливо зазначити, що поглинання кремнію листками складає близько 30-40%, тоді як через кореневу систему не перевищує 1-5% [258].

За внесення кремнієвмісного добрива істотно підвищується схожість насіння, стимулюється накопичення біомаси надземними частинами, коренями кукурудзи за умов ґрунтової посухи й оптимального зволоження (60% ПВ) [99], збільшується кількість вторинних і третинних корінців на 20-100% [226].

Співвідношення маси надземних частин до маси коренів також збільшується [3, 83, 226].

Йод (J). Його роль для життєдіяльності рослин чітко не встановлена. Відомо, що він входить до складу вільних амінокислот і білків. Він потрібний для організму людини, забезпечуючи нормальне функціонування щитовидної залози, тому ним обробляють посіви для отримання корисної продукції [524].

Хлор (Cl) дуже поширений у природі й легко доступний рослинам. Він підтримує в клітинах необхідний тургор, забезпечує їх нейтральний електричний заряд, стимулює фотосинтетичне фосфорилювання, необхідний для поділу клітин листя й стебла. Як компонент калійних і складних добрив у достатній кількості вноситься в ґрунт, через це на практиці важливо знати реакцію рослини на шкідливий вплив хлору [3, 524].

Титан (Ti) активізує процеси метаболізму в рослинах, прискорює ріст і розвиток, позитивно впливає на морфологічну будову рослин, збільшує вміст хлорофілу в листках, підвищує стійкість до ураження рослин грибковими та бактеріальними хворобами, інтенсифікує фотосинтез і засвоєння елементів

живлення [524].

Негативна дія підвищеної кислотності ґрунту пов'язана зі збільшенням розчинності сполук алюмінію та марганцю в ґрунті, що погіршує розвиток рослин навіть більше, ніж висока кількість іонів водню [522].

Негативна дія **алюмінію** спостерігається вже за вмісту його 2 мг на 100 г ґрунту - зниження врожайності. Токсичність алюмінію пов'язана з дегідратацією біоколоїдів плазми, внаслідок чого знижується проникність поживних речовин, порушуються білковий, вуглеводний і фосфорний обміни, що зумовлює фосфорне голодування рослин, негативно впливає на закладання репродуктивних органів і налив зерна, призводить до загибелі ярих культур. Кукурудза відноситься до стійких до алюмінію культур, яка здатна фіксувати його в кореневій системі, тому він не надходить у точки росту й генеративні органи [3, 46, 522].

Результатами наших досліджень виявлено значний вплив на елементи структури й продуктивність у ранньостиглих гібридів кукурудзи позакореневих підживлень мікродобривами, регуляторами росту рослин і бактеріальними препаратами (табл. 79).

У ранньостиглих гібридів кукурудзи необхідно відзначити істотну ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,14 шт.) відмінність особливостей гібридів за елементами структури врожаю. Так, зокрема, найбільшу кількість рядів зерен показали, DKC 2960 – 15,7 шт. і DKC 2971 – 13,1 шт., кількість зерен в ряді – Харківський 195МВ – 42,0 шт. і DKC 2971 – 42,9 шт. ($НІР_{05\ гібрид}$ =0,51 шт.), масу 1000 зерен - DKC 2960 – 287,5 г і DKC 2971 – 291,8 г ($НІР_{05\ гібрид}$ = 8,21 г).

Позакореневі підживлення не суттєво впливало на кількість рядів зерен і по гібридах цей показник становив у Харківського 195МВ – 13,9 шт., DKC 2960 – 15,7 шт., DKC 2949 – 14,3 шт. і DKC 2971 – 13,2 шт. ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,16 шт.), водночас спостерігалося істотне зростання кількості зерен у ряді порівняно з контролем – Харківський 195МВ – 42,1 шт., DKC 2960 – 39,9 шт., DKC 2949 – 37,4 шт. і DKC 2971 – 43,0 шт., тоді як на контролі кількість зерен у ряді склала – 40,9 шт., 38,5 шт., 36,5 шт. і 41,9 шт. відповідно ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,57 шт.). Зростання маси 1000 зерен, відносно контролю, за рахунок позакореневих підживлень становить 12,2-22,3 г ($НІР_{05\ підживлення}$ = 9,18 г).

Найбільш істотно вплинула на величину кількості рядів зерен, зерен у ряді та маси 1000 насінин кількість позакореневих підживлень. Зокрема, одноразове позакореневе підживлення забезпечило – 13,8 шт., 41,8 шт. і 283,7 г; 15,5 шт., 39,4 шт. і 286,0 г; 14,2 шт., 37,1 шт. і 282,4 г; 13,1 шт., 42,7 шт. і 288,7 г, а дворазове підживлення – 14,1 шт., 42,5 шт. і 288,3 г; 15,9 шт., 40,4 шт. і 293,0 г; 14,3 шт., 37,7 шт. і 291,2 г; 13,3 шт., 43,3 шт. і 298,1 г відповідно для гібридів Харківський 195МВ, DKC 2960, DKC 2949 і DKC 2971 ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,10; 0,36 шт. та 5,8 г).

Найбільше зростання маси 1000 зерен, до 299-309 г зазначалося у варіанті, де проводили дворазове позакореневе підживлення мікродобривами Еколист Моно Цинк і Росток кукурудза.

Ряд дослідників [100, 111, 539] зазначають позитивний вплив позакореневих підживлень мікроелементами, особливо цинковмісними, на рівень

урожайності зерна гібридів кукурудзи. Застосування позакореневих підживлень рослин кукурудзи підвищує врожай зерна на 0,3-0,4 або навіть 1,1-2,0 т/га, тобто на 15-20 % [3].

79. Елементи структури врожаю та продуктивність ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень

(середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	КРЗ, шт.	КЗР, шт.	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
1	2	3	4	5	6	7
Харківський 195 МВ	Контроль (підживлення водою)	-	13,7	40,9	260,9	8,75
	Біомаг	I*	13,9	41,5	283,9	9,81
		II*	14,1	41,9	285,6	10,09
	Еколист Моно Цинк	I*	13,8	42,0	287,9	10,01
		II*	13,9	42,4	299,0	10,59
	Росток кукурудза	I*	13,8	41,8	283,7	9,81
		II*	14,0	42,9	287,0	10,35
	Вимпел	I*	13,9	42,0	279,2	9,81
		II*	14,2	42,5	281,5	10,22
DKC 2960	Контроль (підживлення водою)	-	15,2	38,5	272,0	9,45
	Біомаг	I*	15,5	39,3	274,6	9,97
		II*	16,4	40,5	274,9	10,91
	Еколист Моно Цинк	I*	15,7	38,9	295,9	10,85
		II*	15,8	40,3	309,0	11,78
	Росток кукурудза	I*	15,5	40,0	293,4	10,84
		II*	15,6	40,3	303,9	11,48
	Вимпел	I*	15,4	39,2	279,9	10,10
		II*	15,6	40,3	284,0	10,70
DKC 2949	Контроль (підживлення водою)	-	14,0	36,5	273,1	8,35
	Біомаг	I*	14,2	37,1	272,0	8,59
		II*	14,4	38,0	279,6	9,17
	Еколист Моно Цинк	I*	14,3	36,9	290,8	9,20
		II*	14,4	37,	303,1	9,81
	Росток кукурудза	I*	14,2	37,2	289,8	9,14
		II*	14,3	37,4	298,1	9,54
	Вимпел	I*	14,0	37,1	277,0	8,65
		II*	14,2	38,2	283,9	9,23
DKC 2971	Контроль (підживлення водою)	-	12,8	41,9	278,8	8,97
	Біомаг	I*	13,0	42,1	284,1	9,33
		II*	13,4	42,6	300,4	10,30
	Еколист Моно Цинк	I*	13,1	42,7	296,5	9,96
		II*	13,3	43,1	306,9	10,54
	Росток кукурудза	I*	13,0	42,7	291,6	9,68
		II*	13,1	44,0	298,7	10,31
	Вимпел	I*	13,2	43,3	282,6	9,69
		II*	13,3	43,6	286,4	9,98
$НІР_{05\ гібрид}^{**}$			0,14	0,51	8,21	0,29
$НІР_{05\ підживлення}$			0,16	0,57	9,18	0,32
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			0,10	0,36	5,80	0,20

Водночас В. Позняк [28] та Ю. В. Санін [539] зазначають, що за даного приросту врожаю витрати на внесення мікродобрив становлять 20-25 доларів на 1 га, а чистий прибуток може досягати 230-370 дол./га.

Результатами попередніх досліджень М. Дудки та О. Шевченко [100] доведено позитивний вплив мікродобрив саме у фазі 9-10 листків, порівняно з більш ранніми фазами внесення, що обумовлюється принципом контактної площини взаємодії мікродобрив і листкової поверхні рослин.

Урожайність зерна в гібридів ранньостиглої групи, у середньому за три роки досліджень, коливання становили 8,35-11,78 т/га. У межах ранньостиглої групи гібриди кукурудзи відрізнялися за рівнем продуктивності, так у гібрида Харківський 195МВ, у середньому за три роки, рівень урожайності склав 9,9 т/га, DKC 2960 – 10,7 т/га, DKC 2949 – 9,1 т/га, DKC 2971 – 9,9 т/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,29 т/га).

Проведення позакореневих підживлень забезпечило істотне зростання на 0,3-2,3 т/га урожайності зерна порівняно з контролем (підживлення водою). Так, урожайність гібридів, у середньому за три роки, за проведення позакореневих підживлень складала – Харківський 195МВ – 10,1 т/га, DKC 2960 – 10,8 т/га, DKC 2949 – 9,2 т/га, DKC 2971 – 10,0 т/га, тоді як на контролі рівень урожайності даних гібридів становив – 8,75 т/га, 9,45 т/га, 8,35 та 8,97 т/га ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ = 0,32 т/га), відповідно.

Одне позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечує зростання рівня врожайності: Харківський 195МВ – 9,9 т/га, DKC 2960 – 10,4 т/га, DKC 2949 – 8,9 т/га, DKC 2971 – 9,7 т/га, а проведення двох позакореневих підживлень – Харківський 195МВ – 10,3 т/га, DKC 2960 – 11,2 т/га, DKC 2949 – 9,4 т/га, DKC 2971 – 10,3 т/га ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,20 т/га).

Найбільше зростання врожайності на 1,4-2,3 т/га, порівняно з контролем, відзначено на варіантах, де проводили внесення в позакореневе підживлення мікродобрив Еколист Моно Цинк і Росток кукурудза.

Аналогічну залежність впливу позакореневих підживлень на елементи структури врожаю та продуктивність відзначено й для середньоранньої групи гібридів (табл. 80).

Найбільше значення кількості рядів зерен і зерен у ряді для середньоранніх гібридів кукурудзи, у середньому за три роки отримано у DKC 3472 – 15,8 шт. та 40,6 шт., Переяславський 230СВ – 15,6 шт. та 40,9 шт. тоді як у стандарті DKC 3871 – 14,7 шт. та 41,1 шт. ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,22 та 0,47 шт.). Маса 1000 зерен істотно залежала від особливостей гібрида та у середньому за три роки складала DKC 3472 – 316,3 г, DKC 3420 – 331,0 г, Переяславський 230СВ – 281,3 г та DKC 3871 – 298,6 г ($НІР_{05\ гібрид}$ = 5,26 г).

Позакореневе підживлення забезпечило зростання кількості рядів зерен і зерен у ряді DKC 3472 – 15,9 шт. та 40,7 шт., DKC 3420 – 14,4 шт. та 39,6 шт., Переяславський 230СВ – 15,6 шт. та 41,1 шт. і DKC 3871 – 14,7 шт. та 41,2 шт. ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,25 шт. та 0,52 шт.). Зростання маси 1000 зерен за рахунок позакореневих підживлень становило 12,2-27,6 г, порівняно з контролем ($НІР_{05\ підживлення}$ = 5,88 г).

80. Елементи структури врожаю та продуктивність середньоранніх гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень

(середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	КРЗ, шт.	КЗР, шт.	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
DKC 3472	Контроль (підживлення водою)	-	15,5	39,8	297,1	10,9
	Біомаг	I*	15,6	40,0	314,2	11,7
		II*	16,2	41,3	319,4	12,8
	Еколист Моно Цинк	I*	15,6	40,2	319,4	11,9
		II*	15,8	40,8	326,5	12,6
	Росток кукурудза	I*	15,8	40,4	321,7	12,3
		II*	16,3	41,0	327,1	13,1
	Вимпел	I*	15,8	40,4	308,5	11,8
		II*	16,0	41,2	313,1	12,3
DKC 3420	Контроль (підживлення водою)	-	14,1	38,8	315,3	10,3
	Біомаг	I*	14,3	38,9	327,2	10,9
		II*	14,5	40,0	344,5	12,1
	Еколист Моно Цинк	I*	14,4	39,6	326,9	11,2
		II*	14,7	39,9	351,1	12,3
	Росток кукурудза	I*	14,4	39,8	331,1	11,4
		II*	14,5	40,2	342,4	11,9
	Вимпел	I*	14,3	39,1	317,4	10,7
		II*	14,4	39,1	322,9	10,9
Переяславський 230 СВ	Контроль (підживлення водою)	-	15,3	39,5	270,4	9,8
	Біомаг	I*	15,3	39,9	264,5	9,7
		II*	16,0	40,5	280,7	10,9
	Еколист Моно Цинк	I*	15,5	40,7	286,4	10,9
		II*	16,3	42,6	293,6	12,2
	Росток кукурудза	I*	15,4	41,0	286,8	10,9
		II*	15,5	42,0	294,7	11,5
	Вимпел	I*	15,3	40,6	276,2	10,3
		II*	15,5	41,3	278,2	10,7
DKC 3871	Контроль (підживлення водою)	-	14,3	40,3	285,9	9,
	Біомаг	I*	14,7	41,2	288,0	10,5
		II*	14,8	41,7	291,2	10,8
	Еколист Моно Цинк	I*	14,5	40,7	304,7	10,8
		II*	15,1	41,7	310,2	11,7
	Росток кукурудза	I*	14,5	40,8	300,8	10,6
		II*	14,8	41,5	316,4	11,6
	Вимпел	I*	14,7	40,7	292,7	10,5
		II*	14,8	41,4	297,2	10,9
$НІР_{05\ гібрид}$**			0,22	0,47	5,26	0,27
$НІР_{05\ підживлення}$			0,25	0,52	5,88	0,30
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			0,16	0,33	3,72	0,19

***Примітка**: I*- одноразове внесення препарату у фазу 5-7 листків кукурудзи;*
II- дворазове внесення препарату у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи;*
***- зроблено дисперсійний аналіз в урівненні для рівновеликих дисперсій для встановлення істотності варіантів позакореневих підживлень*

Встановлено, що одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечило таку кількість рядів зерен і кількість зерен у ряді: 15,7 шт. та 40,3 шт., 14,4 шт. та 39,3 шт., 15,4 шт. та 40,6 шт. і 14,6 шт. та 40,9 шт., а дворазове позакореневих підживлень – 16,1 шт. та 41,1 шт., 14,5 шт. та 39,8 шт.,

15,8 шт. та 41,6 шт. і 14,9 шт. та 41,6 шт., відповідно для гібридів ДКС 3472, ДКС 3420, Переяславський 230СВ та ДКС 3871 ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,16 шт. та 0,33 шт.). Аналогічна ситуація щодо впливу кількості позакореневих підживлень спостерігалася і для маси 1000 насінин.

Найвище значення кількості рядів зерен (14,7-16,3 шт.), кількості зерен у ряді (39,9-42,6 шт.) зазначено у варіантах, де вносили цинковмісне мікродобриво Еколист Моно Цинк у два підживлення у фазу 5-7 і 10-12 листків кукурудзи. Найбільше значення маси 1000 зерен у гібридів середньоранньої групи було у варіантах, де проводили позакореневе підживлення мікродобривами Еколист Моно Цинк (293,6-351,1 г) і Росток кукурудза (294,7-342,4 г) у дві фази 5-7 та 10-12 листків кукурудзи.

Рівень урожайності середньоранніх гібридів кукурудзи істотно залежав від їх біологічних особливостей, зокрема врожайність гібридів ДКС 3472 – 12,2 т/га, ДКС 3420 – 11,3 т/га, Переяславський 230СВ – 10,8 т/га та ДКС 3871 – 10,8 т/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,27 т/га) (див. табл. 80).

Проведення позакореневих підживлень забезпечило наступне значення продуктивності досліджуваних гібридів кукурудзи середньоранньої групи стиглості: ДКС 3472 – 12,3 т/га, ДКС 3420 – 11,4 т/га, Переяславський 230СВ та ДКС 3871 – 10,9 т/га ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ = 0,30 т/га), тоді як на контролі рівень урожайності складав – 10,94 т/га, 10,32 т/га, 9,79 та 9,83 т/га.

Одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечило врожайність ДКС 3472 – 12,0 т/га, ДКС 3420 – 11,0 т/га, Переяславський 230СВ – 10,4 т/га та ДКС 3871 – 10,6 т/га, а дворазове підживлень – 12,7 т/га, 11,8 т/га, 11,3 та 11,3 т/га ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,19 т/га), відповідно.

У групі середньостиглих гібридів кукурудзи, як і в попередніх групах стиглості, кількість рядів зерен ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,15 шт.) і зерен у ряді ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,48 шт.) істотно залежала від сортових особливостей гібриду, у середньому за три роки, становила ДК 391 – 15,9 шт. та 42,7 шт., ДК 440 – 15,9 шт. та 44,2 шт., ДКС 4964 – 16,9 шт. та 41,7 шт., ДК 315 – 16,4 шт. та 41,8 шт. Маса 1000 зерен середньостиглих гібридів кукурудзи ($НІР_{05\ гібрид}$ = 10,31 г), у середньому за три роки, становила ДК 391 – 299,8 г, ДК 440 – 293,3 г, ДКС 4964 – 306,0 г та ДК 315 – 314,4 г (табл. 81).

Позакореневе підживлення не забезпечило істотного зростання кількості рядів зерен, за виключенням гібрида ДК 391, де цей показник збільшився на 0,1 шт. Зростання кількості зерен у ряді ($НІР_{05\ підживлення}$ = 0,54 шт.) за рахунок позакореневих підживлень склало 0,6-1,0 шт., а маси 1000 насінин – 10,6-16,3 г, порівняно з контролем ($НІР_{05\ підживлення}$ = 11,53 г).

Одноразове позакореневого підживлення забезпечило формування наступної кількості рядів зерен ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,10 шт.) та кількості зерен у ряді ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,34 шт.) – 15,9 шт. та 42,6 шт.; 15,8 шт. та 44,1 шт.; 16,7 шт. та 41,6 шт.; 16,2 шт. та 41,6 шт., а за дворазового підживлення ці показники були вищими й становили – 16,1 шт. та 43,0 шт., 16,0 шт. та 44,4 шт., 17,1 шт. та 42,0 шт. і 16,6 шт. та 42,0 шт., відповідно для гібридів ДК 391, ДК 440, ДКС 4964 та ДК 315.

81. Елементи структури врожаю та продуктивність середньостиглих гібридів залежно від позакореневих підживлень

(середнє за 2011-2013 рр.)

Гібрид (А)	Позакореневе підживлення (В)	Кількість обробок (С)	КРЗ, шт.	КЗР, шт.	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
DK 391	Контроль (підживлення водою)	-	15,5	42,0	290,4	11,3
	Біомаг	I*	16,0	43,1	296,4	12,2
		II*	16,1	43,5	297,7	12,5
	Еколист Моно Цинк	I*	16,0	42,5	302,4	12,3
		II*	16,5	42,7	309,4	13,1
	Росток кукурудза	I*	15,8	42,3	302,2	12,0
		II*	15,9	42,7	310,2	12,6
	Вимпел	I*	15,8	42,3	292,2	11,6
		II*	15,9	42,9	297,8	12,1
DK 440	Контроль (підживлення водою)	-	15,7	43,6	279,2	11,5
	Біомаг	I*	15,7	44,1	282,4	11,7
		II*	15,9	44,3	293,6	12,4
	Еколист Моно Цинк	I*	15,8	44,1	295,3	12,3
		II*	16,0	44,4	303,1	12,9
	Росток кукурудза	I*	15,8	44,1	298,2	12,4
		II*	15,9	44,7	309,0	13,2
	Вимпел	I*	15,8	44,0	287,7	11,9
		II*	16,1	44,2	291,3	12,4
DKC 4964	Контроль (підживлення водою)	-	16,6	40,8	291,5	11,8
	Біомаг	I*	16,7	41,5	300,2	12,5
		II*	17,1	41,8	301,9	12,9
	Еколист Моно Цинк	I*	16,7	41,6	309,2	12,9
		II*	17,1	42,0	320,7	13,8
	Росток кукурудза	I*	16,8	41,7	311,2	13,1
		II*	17,2	42,4	318,2	13,9
	Вимпел	I*	16,7	41,7	297,3	12,4
		II*	16,9	41,9	303,4	12,9
DK 315	Контроль (підживлення водою)	-	16,1	41,2	301,4	12,0
	Біомаг	I*	16,1	41,4	306,2	12,3
		II*	16,4	41,6	308,5	12,7
	Еколист Моно Цинк	I*	16,3	41,4	316,5	12,8
		II*	16,8	42,0	330,0	14,0
	Росток кукурудза	I*	16,2	42,0	316,2	12,9
		II*	16,4	42,6	332,6	13,9
	Вимпел	I*	16,3	41,6	305,6	12,4
		II*	16,6	41,9	312,5	13,1
$НІР_{05\ гібрид}$**			0,15	0,48	10,31	0,52
$НІР_{05\ підживлення}$			0,16	0,54	11,53	0,59
$НІР_{05\ кількість\ підживлень}$			0,10	0,34	7,29	0,37

Аналогічне збільшення маси 1000 насінин одержано за дворазового підживлення порівняно з одноразовим. Для маси 1000 насінин ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 7,29 г) За одноразового позакореневого підживлення маси 1000 насінин зростала на 7,9-13,0 г, а за дворазового – на 13,4-20,0 г.

Найбільше значення кількості рядів зерен було у варіантах, де вносили мікродобрива Еколист Моно Цинк (16,0-17,1 шт.) і Росток кукурудза (15,9-17,2

шт.) у два строки – 5-7 та 10-12 листків кукурудзи.

Урожайність зерна середньостиглих гібридів кукурудзи (додаток $Е_{14}$) істотно залежала від біологічних особливостей гібрида, і, у середньому за три роки, склала ДК 391 – 12,2 т/га, ДК 440 – 12,3 т/га, ДКС 4964 – 12,9 т/га та ДК 315 – 12,9 т/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,52 т/га).

Проведення позакореневих підживлень забезпечило зростання продуктивності гібридів кукурудзи середньостиглої групи ДК 391 – 12,3 т/га, ДК 440 – 12,4 т/га, ДКС 4964 – 13,0 т/га та ДК 315 – 13,0 т/га ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ = 0,59 т/га), тоді як на контролі рівень їх урожайності становив – 11,32 т/га, 11,45 т/га, 11,83 та 12,03 т/га.

Одноразове позакореневе підживлення у фазу 5-7 листків кукурудзи забезпечило, у середньому за три роки, урожайність у ДК 391 – 12,0 т/га, ДК 440 – 12,1 т/га, ДКС 4964 – 12,7 т/га та ДК 315 – 12,6 т/га, а дворазове – 12,6 т/га, 12,7 т/га, 13,4 та 13,4 т/га ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,37 т/га) зерна, відповідно.

У групі середньоранніх гібридів кукурудзи кількість рядів зерен за роки досліджень коливалась у межах 13,7-15,0 шт. Для середньостиглого гібрида ДК 315 зростання кількості рядів зерен, порівняно з контролем, за позакореневих підживлень становило 0,1-0,5 шт., а для ДК 440 – 0,1-0,4 шт. Найвище значення кількості рядів зерен, у середньому за три роки, було в гібридів ДК 315 та ДК 440 у варіанті, де проводили дворазове внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк – 16,4 та 16,6 шт.

Кількість зерен у ряді в групі ранньостиглих гібридів, у середньому за три роки, становила 39,4 шт., зокрема середньоранніх – 40,8 шт. та середньостиглих – 43,2 шт. ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 2,45 шт.). Маса 1000 зерен у гібридів ранньостиглої групи становила 256,1 г, середньоранньої – 282,6,0 г і середньостиглої – 281,8 г ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 15,71 г).

Значення елементів структури врожаю змінювалося залежно від кількості проведених позакореневих підживлень. Встановлено, що найбільшу кількість рядів зерен одержано за дворазового внесення у фазу 5-7 та 10-12 листків кукурудзи мікродобрива Еколист Моно Цинк у поєднанні з бактеріальним препаратом Біомаг – 14,6 шт. та дворазового внесення окремо мікродобрива Еколист Моно Цинк – 14,4 шт.

Найбільший приріст кількості зерен у ряді отримано на варіантах, де проводили дворазове внесення мікродобрива Росток кукурудза – 2,5 шт. та Еколист Моно Цинк – 2,3 шт., порівняно з контролем. Поєднання мікродобрив Росток кукурудза та Еколист Моно Цинк із бактеріальним препаратом Біомаг забезпечило зростання кількості зерен у ряді на 1,0-1,9 шт., відносно контролю. Тобто найвище значення кількості зерен у ряді за дворазового внесення мікродобрива Еколист Моно Цинк у поєднанні із бактеріальним препаратом Біомаг становило 45,3 шт. та бактеріального препарату Біомаг – 45,2 шт. Аналогічна ситуації спостерігалася і для маси 1000 насінин.

Вирощування ранньостиглих гібридів кукурудзи забезпечує врожайність, у середньому за три роки, 8,44 т/га, середньоранніх – 10,02 т/га та середньостиглих – 11,87 т/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,45 т/га). Урожайність, у середньому за 2015-2017 рр., становила: Харківський 195МВ – 7,88 т/га, ДКС 2971 – 9,01 т/га,

ДКС 3795 – 9,75 т/га, ДКС 3871 – 10,3 т/га, ДК 315 – 11,43 т/га та ДК 440 – 12,31 т/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,81 т/га).

Позакореневе підживлення забезпечило зростання продуктивності досліджуваних гібридів, яка за три роки склала Харківський 195МВ – 7,97 т/га, ДКС 2971 – 9,12 т/га, ДКС 3795 – 9,84 т/га, ДКС 3871 – 10,40 т/га, ДК 315 – 11,53 т/га та ДК 440 – 12,43 т/га ($НІР_{05\ позакореневі\ підживлення}$ = 0,77 т/га). За одноразового позакореневого підживлення врожайність зерна була нижчою, ніж за дворазового і становила по гібридах: Харківський 195МВ – 7,66 т/га, ДКС 2971 – 8,93 т/га, ДКС 3795 – 9,54 т/га, ДКС 3871 – 10,13 т/га, ДК 315 – 11,26 т/га та ДК 440 – 12,19 т/га ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,74 т/га), а за дворазового – 8,27 т/га, 9,32, 10,15, 10,67, 11,80 та 12,66 т/га відповідно. Отже, проведення позакореневих підживлень сприяє зростанню продуктивності на 0,3-1,9 т/га зерна, порівняно з контролем (підживлення водою).

У середньостиглих гібридів кукурудзи ДК 315 і ДК 440 була отримана найвища врожайність за дворазового позакореневого підживлення сумішами Еколист Моно Цинк + Біомаг – 12,1 та 13,08 т/га.

5.12. Регулятори росту рослин на посівах кукурудзи

Значним резервом підвищення врожайності й поліпшення якості зерна є регулятори росту рослин, які підвищують урожай зерна та зеленої маси на 10-20%, або на 0,5-0,9 т/га зерна і 3,0-9,0 т/га зеленої маси. Ними обробляють насіння перед сівбою, або обприскують посіви під час вегетації рослин у фазі 8-10 листків.

Регулятори росту рослин – це природні або синтетичні сполуки, які використовують для обробки рослин із метою ініціювання змін у процесах їх життєдіяльності для покращення якості рослинного матеріалу, збільшення врожайності, полегшення збирання й зберігання врожаю. Потрапляючи в рослину, вони безпосередньо включаються в обіг речовин або чинять на нього певну дію. У результаті змінюється спрямованість біохімічних процесів, що призводить до підвищення рівня життєдіяльності рослин. Регулятори росту впливають на систему гормональної регуляції, яка визначає характер таких найважливіших фізіологічних процесів, як ріст, утворення нових органів, перехід рослин до цвітіння, старіння, стану спокою або вихід із нього [46].

Обробку насіння регуляторами росту поєднують із протруєнням, обробкою мікроелементами. Посіви обприскують із витратою робочого розчину 250-300 л/га. За розміщення кукурудзи на бідніших ґрунтах і на нижчих фонах мінерального живлення оптимальна доза внесення Емістиму С та Зеастимуліну становить 10 мл/га, а на полях із високими агрофонами її збільшують до 15 мл/га.

Регулятори росту прискорюють ріст, розвиток рослин, зростає їх стійкість до високих температур і посушливої погоди.

Одночасне застосування в одному технологічному процесі різних мінеральних добрив, засобів захисту й регуляторів росту рослин - це один із

напрямків удосконалення інтенсивних технологій вирощування кукурудзи [10, 46].

Особливого значення регулятори росту набувають у випадках, коли технологія вирощування не відповідає генетичним можливостям гібрида стосовно забезпечення достатнього ступеню надійності й захищеності генотипу від несприятливого впливу біотичних і абіотичних факторів середовища. На відміну від гербіцидів та інсектицидів, регулятори росту впливають лише на конкретні мішені – мембрани клітин рослини, не забруднюючи довкілля [45, 46]. Вони дозволяють реалізовувати потенційні можливості рослин, впливають на стартовий ріст і розвиток проростків, регулюють строки дозрівання, підвищують накопичення цукрів у вузлах кущіння на 20-25%, збільшують показники фотосинтетичної діяльності рослини на 12-30% і на 15-20%, покращують урожай зерна й зеленої маси кукурудзи. Окрім того, сприяють розвитку міцної розгалуженої кореневої системи, яка забезпечує засвоєння достатньої кількості елементів живлення, у т. ч. малорозчинних сполук фосфору, підвищенню стійкості рослин до хвороб і стресових факторів, скороченню норм застосування мінеральних добрив і пестицидів, зменшенню вмісту важких металів і нітратів у продукції рослинництва [10, 46, 264, 326]. Водночас витрати на їх застосування в десятки разів менші від вартості приростів урожаю [55].

Застосування природних регуляторів росту рослин сприяє інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів у рослин, підвищує їх стійкість проти захворювань, а також позитиавно впливає на мікробне населення ґрунтів [10, 46].

Внесення регуляторів росту рослин забезпечує підвищення висоти рослин, збільшення площі листків кукурудзи та її врожайність [326].

Застосування регуляторів росту рослин (біостимуляторів) для допосівної обробки насіння й одноразового та дворазового обприскування рослин під час вегетації сприяє підвищенню енергії проростання й схожості насіння, розвитку міцної кореневої системи, стимулює ріст і розвиток рослин, збільшує вміст у ґрунті легкодоступних речовин, завдяки чому покращуються процеси дихання, живлення, і як результат - збільшується врожайність зерна кукурудзи [10, 44].

Регулятори росту позитивно впливають на ріст рослин, розвиток кореневої системи та листової поверхні. Це сприяє ефективному використанню рослинами елементів живлення, у тому числі малорозчинних сполук фосфору [46].

Використання регуляторів росту, основою яких є синтезована молекула ліпохітоолігосахариду (LCO) (так звана ЛХО – технологія), яка, виконуючи функцію біологічного інокулянта, пролонговано підсилює ефективність поглинання елементів живлення (за рахунок мікоризності) і води та забезпечує кращу стресостійкість рослин [208, 354].

ЛХО позитивно впливає на проростання насіння кукурудзи, урожайність та якість отриманої продукції [208].

Обробка рослин зерна під час вегетації рістстимуюючими препаратами істотно знижує ураження качанів фузаріозом і пліснявінням [376].

Застосування біостимуляторів підвищує врожай кукурудзи на 14-22%, прискорює достигання посівів на п’ять-сім днів і забезпечує високу окупність

витрат приростами врожаю [54].

Рослинні організми в природних умовах піддаються дії різних несприятливих чинників середовища. Здатність чинити опір екстремальним умовам є основою їх існування. Реалізація механізмів, що лежать в основі адаптації рослин до стресових умов, вимагає великих енергетичних витрат і супроводжується одночасно зниженням енергетичного забезпечення процесів продуктивності [326].

Використовування ендогенних регуляторів росту, у спектрі фізіологічної дії яких виявляється чітко виражений антистресовий ефект, для підвищення стійкості й продуктивності культурних рослин актуальне в сучасному рослинництві [3, 326].

Власне ґрунтові азотфіксуючі бактерії роду різобіум здатні в природних умовах синтезувати молекулу ліпохітоолігосахариду, яка ініціює утворення симбіозу між рослиною й бактеріями, та утворення бульбочок у бобових рослинах [208, 354].

Бактерії ризобії запускають синтез сигнальної ЛХО – молекули (ризобіальний Nod – фактор, який є продуктом експресії Nod – генів) під дією флаваноїдів рослини-господаря в той час, коли знаходяться на корінні бобової рослини й чекають на слушний момент, щоб її інфікувати, що надалі ми спостерігаємо, як бульбочкові структури [208].

Видозмінені бактерії в бульбочках фіксують атмосферний азот і перетворюють його в доступну для рослин форму. Окрім того, відомо, що сигнальні молекули ЛХО стимулюють встановлення симбіотичних взаємовідносин рослин і мікоризи ґрунту, внаслідок чого підвищується поглинання поживних речовин та додатковий запас стресостійкості [208, 354].

Цитокінін й етилен виробляються в кореневій системі рослин, пізніше ці гормони піднімаються/потрапляють до зелених частин рослини. Вони відповідальні за ріст, поділ клітин, утримання тканин рослини в молодому стані, а також за блокування цвітіння (шовку) протягом певного періоду. Коли погодні умови несприйнятливі (сухий переущільнений ґрунт, недоступний і азот тощо), цитокінін не проявляється й недоступний. Це призводить до затримання появи шовку і, якщо рівень посухи екстремально високий, шовк не з’являється зовсім. Тому запилення буде неповним, так як пилок уже осипався, а шовку в цей час ще немає [92, 112].

Другий гормон – етилен. Це так званий гормон стресу, який продукується в тих випадках, коли рослини потрапляють під дію різних стресів (це може бути посуха, водний або будь-які фізичні стреси, пошкодження рослин градом тощо). Етилен – це регулятор, який уповільнює ріст старших клітин і тканин. Цей гормон може також затримувати появу шовку, за виключенням коли вологість ґрунту на достатньому рівні (зрошення). Але кукурудза може постраждати і від інших стресів, наприклад, висока температура повітря – вище 35°С. У цьому разі етилен продовжує вироблятись і спричиняє затримку розвитку шовку, тому синхронне цвітіння буде проблематичним. Стрес від посухи протягом кожного дня у період цвітіння може знизити врожай на 3-8% [3, 92].

5.13. Збирання врожаю кукурудзи

До основних показників **технологічності** гібридів кукурудзи належать придатність до механізованого вирощування, збирання й технологічної переробки врожаю [62, 112].

Строки збирання впливають на втрати під час збирання, якість урожаю та очищення поля від післяжнивних решток [45, 46, 112].

Щоб організувати ефективне збирання врожаю, напередодні проводять моніторинг достигання зерна на кожному конкретному полі з урахуванням строків сівби та груп стиглості гібридів. Це дозволить завчасно підготувати й поставити на лінійку готовності збиральну техніку, визначити технологічну схему збирання врожаю, створити базу післязбиральної доробки зерна, його зберігання як тимчасового, так і постійного [135, 136]

Визначаючи терміни збирання, враховують технологію подальшої переробки й використання зерна, особливості вологовіддачі й швидкість дозрівання гібридів різних типів, стійкість до полягання, ураження хворобами, погодні умови збирального періоду, організаційно-господарські обставини [73].

Критерієм вибору будь-якого гібриду для конкретного господарства повинен стати термін збирання. Його слід провести до 31 жовтня, зокрема вологість зерна повинна складати 25-33% [85].

Останнім часом деякі господарства збирали кукурудзу в пізні строки: у грудні й навіть у січні. Передумовою цього були не агротехнічні вимоги, а виробнича потреба й економічна доцільність (низька ціна реалізації зерна, нестача площ для зберігання, устаткування для сушіння, недостатня кількість збиральної техніки) [146].

Залежно від напряму використання й умов зберігання зерно кукурудзи збирають без обмолоту качанів або з їх обмолотом в полі. Збирання врожаю культури без обмолоту качанів розпочинають за вологості зерна не вищої, ніж 40%, а з обмолотом – за вологості нижчої за 30% (інколи 20-27%), так як за більшої вологості качани гірше вимолочуються й зерно дуже травмується [67, 73, 136].

Вибираючи спосіб збирання кукурудзи, враховують затрати енергії для сушіння качанів і зерна [135, 557]. За великої вологості (понад 36 %) зростає кількість пошкодженого зерна під час обмолоту (розтріскування, втрати зародка та ін.) [44].

Кукурудзу на зерно збирають при фізіологічній стиглості за вологості зерна не більшій за 35-40% переобладнаними зернозбиральними комбайнами. До цієї фази нагромадження асимілянтів закінчується, про що свідчить чорний прошарок (чорна точка) між зерном і місцем прикріплення його до серцевини качана. Якщо вологість зерна не перевищує 30%, то качани відразу обмолочують. Качани з вологістю зерна, меншою за 28%, добре зберігаються в сапетках, на горищах, і за 6-8 тижнів їх вологість може знизитись до 20%. Качани з вологим зерном необхідно підсушити. Проте для зниження вологості з 35% до 14% на кожну тонну зерна витрачають близько 30-50 кг рідкого палива. Тому в практиці широко використовується приготування корсажу - високопоживної

консервованої маси з подрібненого зерна (вологість 24-35%) або подрібнених качанів кукурудзи підвищеної вологості (35-40%). Це цінний корм для відгодівлі свиней.

Більшість зернових комбайнів пристосовані до обмолоту качанів кукурудзи. Дообладнується комбайн лише жаткою для кукурудзи, регулюються або замінюються деякі елементи в молотильному агрегату та в системі очистки зерна. Зернові комбайни можуть обмолочувати кукурудзу за вологості нижче 38% [44, 46].

Для запобігання втрат урожаю потрібно ретельно відрегулювати робочу щілину між відривними пластинами жатки, яка в задній частині повинна бути на 3-6 мм меншою діаметра найменшого качана, а в передній на 3 мм меншою, ніж у задній [46].

Збирання кукурудзи з обмолотом качанів, за вологості зерна 30% і менше, проводять зерновими комбайнами СК-5 "Нива", СК-6 "Колос" з приставкою ППК-4, Дон-1500, Дон-2000, "Єнісей-950", Славутич, Лан з приставкою КМД-6, Franz, Kleine, Chellenger, Bizon, Claas, Jon Deere, Deutz-Fahr. У качанах кукурудзу збирають самохідними комбайнами КСКУ-6, КСКУ-6-А, причіпними ККП-3, ККП-3А в агрегаті з трактором Т-150К [46, 73].

Від вдало визначеного строку збирання зерна кукурудзи залежать: втрати зерна під час збирання врожаю, травмованість зерна та його вологість, які впливають на технологічні витрати. Тому кукурудзу треба збирати в оптимально стислі строки, що дає змогу скоротити втрати зерна й зберегти високу якість продукції [146].

Кукурудзу на зерно можна починати збирати наприкінці воскової стиглості (біологічна стиглість) – на початку повної стиглості, коли вологість зерна знижується до 30-40%, і рекомендується закінчувати не пізніше 5-15 днів (найкраще 8-10 днів) [67, 146, 376].

Вологе зерно інтенсивно дихає на рослині й пошкоджується грибковими хворобами, у результаті погіршується якість збирання комбайнами через вилягання рослин і пониклі відсирілі качани [8, 146].

До фази воскової стиглості нагромадження асимілянтів закінчується, про що свідчить чорний прошарок («чорна точка») між зерном і місцем прикріплення його до серцевини качана. «Чорна точка» з'являється через 55-60 днів після появи стовпчиків із приймочками (волосся) на качані [67].

У такому стані зерно культури повністю придатне для збирання, у ньому накопичується максимальна кількість сухої речовини, завершуються процеси, пов'язані з формуванням посівних технологічних якостей і товарних властивостей зернівки [136].

Настання повної стиглості в кукурудзи можна також вирахувати за допомогою підрахунку суми позитивних температур [3, 67].

Кукурудзу, призначену для виготовлення зерно-стрижневої маси, починають збирати тоді, коли вологість качанів без обгорток становить 35-40%, з обгортками 40-45% [73].

Зернову кукурудзу збирають за вологості зерна 22-35% (найоптимальніша вологість зерна під час збирання 22-25%) без обмолоту качанів

кукурудзозбиральними комбайнами, обладнаними пристроями для зняття обгорток. Збирання насіннєвих посівів за вологості зерна 20% і менше призводить до втрати істотної частки насіннєвого матеріалу внаслідок вилущення зерна з качанів. Небажаним є також пізнє збирання насіннєвої кукурудзи, коли вологе зерно може потрапити під вплив заморозків, негативна дія яких спостерігається вже за температури -3°С [136]. Тому, вирощуючи кукурудзу на насіння, необхідно організовувати порівняно раннє її збирання та сушіння, навіть із підвищеною вологістю [135].

Качани, які потрапили під осінні заморозки, уражуються грибковими хворобами й пошкоджуються шкідниками, стебла грубішають, значна кількість листя опадає, втрачаються кормові властивості листостебельної маси [3, 46].

Тривалість збирання гібридів однієї групи стиглості в господарствах не має перевищувати 5-7 днів, а гібридів усіх груп – 16-18 днів [46, 136]. Запізнення зі збиранням товарних посівів культури призводить до істотних втрат урожаю та до вилягання [136, 146, 376]. Втрати зерна кукурудзи під час збирання включають зерно, яке пройшло через обмолот і залишилося на качані, та зерно, яке було розсіяне по поверхні ґрунту з рослинними рештками. Частка втрат, в основному, залежить від біологічних особливостей гібридів, строку збирання та вологості зерна [146]. Запізнення із збиранням на 10-15 днів збільшує втрати качанів у 3-4 рази, а втрати у вигляді обрушеного зерна в 2 рази [558].

Втрати зерна кукурудзи на 10-й день від початку збирання після набуття ним оптимальної вологості знаходяться в межах 2,4-4,0%, через 15 днів – 8%, на 20-й – збільшуються до 10,0-18,8%, на 30-й - до 17, а на 35-й - до 23% від біологічного рівня сформованого врожаю [46, 146, 376].

Іноді в деяких господарствах свідомо затримують збирання посівів культури з підвищеною вологістю зерна з метою її зниження мінусовими температурами. Зауважимо, що в разі тривалої дії мінусових температур зерно кукурудзи проморожується, набуває вигляду сухого й легко вимолочується з качана. Проте в разі підвищення температури повітря після збирання та завезення врожаю в зерносховище кристали льоду розтають, зерно зволожується, швидко уражається хворобами, зігрівається, тобто потребує негайного сушіння [8, 136, 146]. Загущені посіви сильніше уражуються стебловими гнилями, тому їх необхідно збирати першими [376].

Збирають урожай у стислі строки та з низького зрізу (8-10 см), уникаючи механічного травмування зерна, що зменшує чисельність гусені кукурудзяного метелика й ураженість качанів хворобами [316].

Урожай силосної кукурудзи формується за 75-180 днів. Ідеальним періодом для збору є фаза молочно-воскової й воскової стиглості за вологості 65-70%. Оптимальний вміст сухих речовин у рослині для силосування має становити 30-35%. Силос має достатню енергетичну цінність, якщо зерно під час силосування вже досягло молочно-воскової стиглості [49, 361].

Для ефективного силосування й збирання кукурудзи в потрібній фазі стиглості потрібно висівати 2-3 гібриди з різними періодами вегетації [49].

За допомогою висоти зрізу можна впливати на вміст крохмалю в силосній масі, кількість лігніну, перетравність органічної речовини, вміст сухої речовини.

Силосні комбайни мають забезпечити подрібнену масу з довжиною відрізків 2-3 см для молочно-воскової стиглості та 7-8 мм для воскової. Висота зрізу залежатиме від обраного гібрида та фази збирання. Експерти рекомендують виконувати зріз на висоті не менше 30-40 см або на висоті останнього сухого листка [49, 361].

Згідно даних В. Ямкової [50], висота зрізу стебел кукурудзи на силос не повинна бути більшою 8-10 см.

Для збирання силосної кукурудзи використовують кормозбиральні комбайни КС-2,6, Е-281, «Ягуар-860», «Марал-190», «Палессе-3000», «Дон-680», КСК-100А, КПІ-2,4 та комплекс УЗС «Палессе-250» з комбайном ПКК-Ф-90. Комбайн КСК-100А можна обладнувати пристроєм УВК-Ф-1 для внесення консервантів у подрібнену масу [3, 50].

Існує кілька варіантів заготівлі силосу: закладка в курган, у силосну яму й в полімерні рукави [49].

Для проведення збиральних робіт силосної кукурудзи комбайни повинні бути повністю готовим до збору: у них мають бути належним чином виставлені та наточені ножі, корнкрекер – у відмінному робочому стані, а аплікатор для силосної заквaски повинен рівномірно розпиляти рідину по всій зеленій масі. Якщо в зеленій масі є цілі зерна, то це означає, що корнкрекер працює неправильно, і це негайно треба виправити. Оптимальна швидкість руху комбайна – 10-12 км/год. Потік скошеної зелені має бути безперервним, оскільки під час заготівлі надзвичайно важливо робити все швидко і без жодних втрат. Процес силосування в ямі має бути контрольованим постійно. На силосній траншеї та на полі мають бути мінімум два спеціалісти, які постійно керуватимуть, координуватимуть усі робочі процеси й відповідатимуть за їхню результативність. Трамбування зеленої маси зазвичай проводять важкою технікою. Оптимальну вагу машини для цього можна легко порахувати: об’єм завезеної маси за 1 год.: 3 = 10-14 т.

Підвищення продуктивності кукурудзи в сучасних умовах є важливим резервом стабілізації кормовиробництва й продуктивності тваринництва. Згідно даних В. В. Мойсієнко [48], максимальна врожайність кукурудзи на силос відзначається у фазі молочно-воскової стиглості й незалежно від фону добрив. За вирощування на силос кукурудза може формувати врожай до 100 т / га зеленої маси [3, 83].

Внаслідок якісного трамбування зменшується вміст повітря й відбувається кисломолочне бродіння, якщо є більше повітря, то в силосній масі проходить оцтове бродіння, і якість силосу буде низька. Важливо також подрібнити зерно для кращого його засвоєння організмом тварин. Вологість силосу не повинна перевищувати 75%. Після трамбування траншею укривають першою плівкою завтовшки близько 40 мікрон і герметично закривають усю масу боковою плівкою. Далі укладають другу плівку товщиною 120 мікрон, котра захищатиме силос від ультрафіолету та механічних пошкоджень. За потреби траншею можна вкрити також захисною сіткою.

ВИСНОВКИ

У монографії досліджено, теоретично узагальнено й вирішено наукове завдання щодо обґрунтування сучасної технології вирощування кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Встановлено залежність умов росту, розвитку й формування репродуктивних органів у підвищенні врожайності та якості зерна гібридів кукурудзи. Внаслідок вивчення цих заходів, розроблено теоретичні й практичні основи сучасної адаптивної технології вирощування кукурудзи.

Концептуальними положеннями сучасних технологій вирощування кукурудзи є оптимізація технологічних процесів на основі використання наукових відомостей стосовно закономірностей росту, розвитку рослин і формування продуктивності посівів та біологічної реакції нових гібридів на дію біотичних, абіотичних й антропогенних факторів середовища, а також системний добір нових високопродуктивних гібридів за основними господарсько-цінними ознаками, у результаті впровадження яких можуть реалізовуватись моделі й напрямки інтенсифікації або ресурсозбереження в новітніх технологіях вирощування кукурудзи.

Критичними періодами у формуванні високого врожаю кукурудзи є фаза утворення 2-3-го листків (початок диференціації майбутнього стебла), і фаза 6-7 листків (визначення розміру качанів, тобто майбутнього врожаю). Найбільш відповідальні фази розвитку кукурудзи: формування волоті, яка відбувається у скоростиглих, середньостиглих і пізньостиглих гібридів відповідно у фазі 4-7, 5-8 і 7-11 листків (ці фази співпадають із V етапом розвитку чоловічого суцвіття); формування качана, яке відбувається у зазначених гібридів за стиглістю відповідно у фазі 7-11, 8-12 і 11-16 листків (ці фази співпадають з V етапом розвитку жіночого суцвіття).

Встановлено, що загальна площа листкової поверхні, площа верхнього та прикачанного листів гібридів кукурудзи залежала від груп стиглості, гібридів і строків сівби. Потрібно відзначити вплив на загальну площу листкової поверхні, площу верхнього та прикачанного листів біологічних особливостей гібридів. Навіть у межах однієї групи стиглості окремі гібриди характеризувалися підвищеними показниками.

Досліджувані гібриди кукурудзи, незалежно від групи стиглості істотно відрізняються за значенням загальної площі листкової поверхні, площі верхнього та прикачанного листків. У групі ранньостиглих гібридів загальна площа листкової поверхні, у середньому за три роки становила 27,0 тис. $м^2$/га, середньоранньої – 31,0 тис. $м^2$/га, середньостиглої – 33,3 тис. $м^2$/га, площа верхнього листка, відповідно – 119, 149 та 167 $см^2$, площа прикачанного листка – 485, 585 та 640 тис. $см^2$.

Збільшення глибини загортання насіння до 10-11 см призводило до зменшення площі прикачанного листка на 20-42 $см^2$ порівняно з оптимальною глибиною загортання насіння (7-8 см). Вміст хлорофілу гібридів кукурудзи істотно залежав від їх біологічних особливостей. У групі ранньостиглих гібридів

у середньому за три роки вміст хлорофілу істотно відрізнявся по гібридах і становив Харківський 195МВ – 26,9 мкг/см^2, DKC 2960 – 29,1 мкг/см^2, DKC 2949 – 26,7 мкг/см^2 та DKC 2971 – 29,2 мкг/см^2 ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,7 мкг/см^2).

На вміст хлорофілу істотний вплив здійснювала кількість проведених позакореневих підживлень. За дворазового позакореневих підживлень вміст хлорофілу, порівняно з одноразовим, достовірно збільшився по гібридах: DKC 391 на 3,5 мкг/см^2, DKC 440 – 3,2 мкг/см^2, DKC 4964 – 2,4 мкг/см^2 та DKC 315 – 2,4 мкг/см^2 ($НІР_{05\ кількість\ підживлень}$ = 0,5 мкг/см^2). Тобто дворазове підживлення гібридів кукурудзи у фазу 5-7 та 10-12 листків забезпечувало найвищий вміст хлорофілу як відносно контролю, так і з одноразовим підживленням.

Інтенсивність фотосинтезу підвищується із збільшенням освітлення із 2 тис лк, або 0,03-0,05 кал/см^2/хв. до 27-32 тис. лк; мінімальна інтенсивність освітлення, достатня для цвітіння і дозрівання, кукурудзи є 1400-8000 лк, тоді як для ячменю і пшениці необхідно тільки 1800-2200 лк. На інтенсивність транспірації ранньостиглих гібридів кукурудзи також вплинула і кількість проведених підживлень. Дворазове позакореневе підживлення всіма препаратами забезпечило достовірне посилення інтенсивності транспірації як порівняно з контролем, так і з одноразовим підживленням, за виключенням підживлення рослин гібрида Харківський 195 МВ препаратом Біомаг та гібрида DKC 2949 препаратами Еколист Моно Цинк та Вимпел.

Підвиди кукурудзи істотно відрізняються за хімічним складом зерна, зокрема і вмістом крохмалю. Найбільший вміст крохмалю містить зубовидний і кременистий підвиди кукурудза (79-80%), білком найбільш збагачена розлуса кукурудза (16,7%) і жиром – цукрова (9,4%).

Україна традиційно є однією із визнаних кукурудзосіючих країн світу. Із кукурудзи пропонується виробляти біопаливо. Складна економічна ситуація в Україні та зростання цін на енергоносії, значну частку яких Україна імпортує, спонукають до пошуку альтернативних джерел їх отримання. Основним з них є продукція рослинництва; зокрема олії ріпаку і соняшнику, яку використовують для отримання біодизеля, біомасу та рослинні рештки кукурудзи – біогазу (біометану), зерно кукурудзи, пшениці, тритикале, коренеплоди буряків цукрових, цукрову тростину, деревну стружку – для отримання біоетанолу.

Вихід біоетанолу істотно залежав від умов року. У 2015 році, який видався досить посушливим вихід біоетанолу, у досліджуваних гібридів кукурудзи склав 3,622 тис л/га, в 2016 році – 4,494 тис. л/га, а в 2017 році – 4,230 тис. л/га. Вихід біоетанолу в групі ранньостиглих гібридів становив 3,365 тис. л/га, середньоранніх – 4,096 тис. л/га та середньостиглих – 4,885 тис. л/га ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 0,21 тис. л/га). Використання середньостиглих гібридів кукурудзи дозволить підвищити вихід біоетанолу з одиниці площі на 0,789-1,520 тис. л/га.

Збільшення кількості проведених позакореневих підживлень не забезпечує істотного зростання кількості нормально сформованих качанів на рослині.

Кукурудза має величезні потенційні можливості для отримання рекордних урожаїв зерна. Але це стає реальністю тільки за дотримання технології вирощування зерна, яка відповідає біологічним особливостям

даної рослини. Знаючи ці вимоги, можна знизити або повністю видалити негативний вплив того чи іншого фактору.

Завдяки високій посухостійкості кукурудза є надійною страховою культурою в роки, несприятливі для озимих і ярих зернових, тобто вона краще переносить посушливі умови (повітряну та ґрунтову посуху) порівняно з іншими культурами.

Підвищення температури після проростання зерна кукурудзи не має суттєвого значення, проте, починаючи з фази трьох листків й до фази цвітіння залежність інтенсивності росту та розвитку від підвищення температури є майже лінійною, прямо пропорційною. Темп росту рослин в інтервалі 10-30°С з підвищенням температури змінюється лінійно, що підкреслює високу ступінь залежності ростових процесів від температури.

Навіть незначне затінення бур'янами або в разі загущення, особливо в молодому віці, призводить до зменшення листової поверхні рослин, загальмовування настання фенологічних фаз, ослаблення поглинання елементів живлення, зниження врожайності та білковитості зерна. У загущених посівах рослини тонкі, із блідно-жовтим кольором, значна кількість їх утворює дрібні качани або не утворюють їх взагалі.

Суми ефективних (активних) температур дозволяють також оцінювати теплові ресурси місцевості щодо вирощування кукурудзи та розвитку шкідників, хвороб. Необхідно відзначити, що низькі температури знижують урожайність репродуктивних органів (зерно), але збільшують загальну масу побічної продукції.

У сучасних гібридів кукурудзи висота прикріплення верхнього основного качана становить 70-100 см, а кожний наступний качан кріпиться зазвичай на 15-20 см нижче за попередній. У деяких біотипів ніжка кріплення качана (довжина зазвичай 5-20 см) у період дозрівання зерна внаслідок тиску його маси може згинатися (обвисання качанів), або в разі її пошкодження шкідниками – переламуватися, тоді другий і третій качани в окремих випадках можуть розміщуватися низько над поверхнею ґрунту або й лежати на ній, це зумовлює погіршення якості збирання врожаю.

Встановлено залежність строків сівби, прояву висоти рослин та кріплення качанів. Висота рослин, у середньому за три роки, за раннього строку сівби у групі ранньостиглих гібридів становила 255,7 см, середньоранніх – 278,9 см та середньостиглих – 283,3 см, за середнього терміну сівби 250,7 см, 270,2 і 278,8 см, та за пізнього строку сівби – 244,6 см, 265,3 та 270,7 см ($НІР_{05\ строк\ сівби}$ = 3,0 см), відповідно для ранньостиглої, середньоранньої та середньостиглої групи.

Дворазове внесення мікродобрив, регуляторів росту рослин і бактеріальних препаратів у фазі 5-7 та 10-12 листків кукурудзи забезпечує найвище значення висоти рослин – 231,4-277,4 см, що на 7,8-16,2 см більше порівняно із контролем (без проведення підживлення). Зростання висоти закладання качанів у гібридів ранньостиглої групи становила при застосуванні одноразового підживлення становило 3,5-10,0 см, а дворазового – 4,3-11,7 см, відносно контролю (без позакореневих підживлень).

Сучасні технології вирощування кукурудзи на зерно ще не досягли такого рівня, який забезпечив би повноцінне використання потенціалу цієї культури. Значний розрив між величиною рівня урожайності кукурудзи із року в рік свідчить про те, що на її формування, окрім кліматичних умов, значний вплив здійснюють агротехнічні засоби, стан інтенсифікації вирощування даної культури (використання мінеральних добрив, пестицидів, сільськогосподарських машинах, палива насіння та ін.). Новітні технології дозволяють оптимізувати живлення рослин, надійно захистити від хвороб, шкідників і бур'янів, максимально використувати і трансформувати енергію сонця в сільськогосподарську продукцію

Інтенсивні технології передбачають оптимальне забезпечення рослин елементами живлення за рахунок інтенсивної системи удобрення, це вносить певні корективи у використанні рослинами мікроелементів. Запровадження інтенсивних технологій вирощування кукурудзи супроводжується зменшенням вмісту цинку в листках кукурудзи через антагонізм фосфору й цинку.

Реалізація генетичного потенціалу інтенсивних гібридів кукурудзи у виробничих умовах складає менше 50%. Це свідчення того, що в кукурудзи ще недостатньо вивчені процеси росту й розвитку, формування фотосинтетичного, симбіотичного апаратів та умови реалізації потенціалу зернової продуктивності в сортів сої та гібридів кукурудзи. Окрім того, на початку нового століття стало зрозуміло, що досягти додаткового росту продуктивності сільськогосподарського виробництва без використання інноваційних технологій неможливо. До таких технологій відноситься і застосування регуляторів росту рослин, біоінженерія, створення нових рослинних варіацій та ін.

Кукурудза має великі потенційні можливості у формуванні високих урожаїв зерна й зеленої маси. Це стає реальністю за сприятливих екологічних умов і дотримання технології вирощування, які відповідають біологічним вимогам кукурудзи. Знаючи ці вимоги, можна послабити або повністю уникнути негативного впливу того чи іншого фактора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук І. Високопродуктивні гібриди кукурудзи «Сингента» для різних ґрунтово-кліматичних зон України. *Агроном (журнал)*. 2015. № 4(50). С. 86-87.

2. Калетнік Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В., Ємчик Т.В., Телекало Н.В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій. *Монографія*. Вінниця, 2021. 260 с.

3. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. *Монографія.* Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с.

4. Ткачова С. Кукурудза та захист посівів від шкідників. *Агробізнес сьогодні*. 2013. № 5. С. 30-36.

5. Червонная Т. Дефицит фосфора? Нет, магния! *Зерно*. 2013. № 5. С. 100-104.

6. Лукянченко А., Бокач О. Надійний захист кукурудзи – запорука високих врожаїв. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 152-158.

7. Солян Я.М., Кордін О.І. Гібриди кукурудзи від компанії «ЗААТЕН – УНІОН ГмбХ». *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 56-57.

8. Бондаренко О.В., Грубань В.А. Аналіз сучасних проблем механізованого збирання кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2010. Вип. 4 (57). С. 221-227.

9. Ярошко М., Штангела Й. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 138-140.

10. Тимофійчук О.Б. Продуктивність кукурудзи на зерно в умовах західного Лісостепу України при застосуванні біорегуляторів нового покоління. *Агробіологія. Збірник наукових праць*. Біла Церква, 2012. Вип. 7(91). С. 76-79.

11. Маслак О. Збільшуємо виробництво кукурудзи. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 4(45). С. 18-20.

12. Шевчук Р., Кирієнко А. Продуктивність гібридів зернової кукурудзи в умовах Західного Лісостепу. *Аграрний тиждень. Україна (журн.)*. 2014. № 3-4. С. 45-46.

13. Черчель В., Дзюбецький В., Марочко В. Адаптивні властивості кукурудзи. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 76-80.

14. Андрієнко А., Дергачов Д., Кузьмич В., Токар Б. Авдевей завжди в авангарді. *Зерно*. 2015. №3(108). С. 108-112.

15. Марчук І. Живлення та оптимальне удобрення кукурудзи. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 74-77.

16. Паламарчук В.Д., Паламарчук О.Д. Перспективи вирощування та використання кукурудзи для отримання біопалива. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 8 (48). С. 13-19.

17. Пащенко Ю.М., Андрієнко А.Л., Пащенко О.Ю. Економічна

ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 65-67.

18. Задорожний В.С., Мовчан І.В. Контроль бур'янів у посівах кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2010. №67. С. 94-99.

19. Влащук А., Прищепко М., Желтова А. Цариця полів. Чинники урожайності. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 12-13.

20. Мілютенко Т.Б., Демидов О.А., Шерстобоєва О.В. Міграція біогенних елементів з ґрунту за різних систем удобрення. *Агроекологічний журнал*. 2014. №1. С. 60-64.

21. Шевченко М., Шевченко О., Шевченко С. Епоха потепління і кукурудза. *Farmer*. 2014. № 3(51). С. 42-44.

22. Василенко Р. Захист кукурудзи на зрошенні. Farmer (the Ukrainian). 2017. №3 (87). С. 42-44.

23. Лук'янченко А. Правильний вибір гербіциду – запорука врожаю. *Зерно*. 2014. № 2(95). С. 162-163.

24. Маренич М.М., Веревська О.В. Застосування методу регресійного аналізу для прогнозування врожайності і валових зборів кукурудзи. *Хімія. Агрохімія. Сервіс.* 2011. №8. С. 36-40.

25. Малишко Є. Прогноз урожаю кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2012. №21. С. 16-17.

26. Білицький О.В., Лагер В.М., Лук'янченко А.П. Форс® Зеа на варті вашого врожаю. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 118-120.

27. Удовенко А.И. Особенности орошениения кукурузы. *Агроном*. 2015. № 4(50). С. 88-92.

28. Позняк В. Вигідне зерно. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №3(202). С. 22-23.

29. Музафаров Н., Манько К., Музафаров І. Кукурудза в сівозміні – чекай на врожай. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 10. С. 30-32.

30. Косолап Н., Набок В. Перед уборкой. Полигон 2012. *Зерно*. 2012. №9 (78). С. 88-106.

31. Островський Л.Л., Ямковий І.О. Високопродуктивні гібриди кукурудзи. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 130-134.

32. Гойсалюк Я. Как выращивают кукурузу в агрохолдинге (Основные элементы, приемы и особенности технологии). *Зерно*. 2015. №2(107). С. 92-94.

33. Рену Ж.П., Готье К. Качество зерновой кукурузы закладывается в поле. *Зерно*. 2011. № 11. С. 32-35.

34. Ковальчук І. Актуальність середньоранніх гібридів кукурудзи в сучасному агро виробництві. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 32-33.

35. Пащенко Ю.М., Остапенко М.А., Єремко Л.С. Строки сівби та густота стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України. Вісник *Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2007. №2. С. 24-28.

36. Василенко М.Г., Бойко Л.В., Зосімов В.Д., Димкович М.І. Застосування стимулятора росту Ендофіту L-1 на посівах кукурудзи. *Корми і кормо виробництво*. Вінниця, 2008. Вип. 62. С. 203-211.

37. Маслак О. Кукурудза: куди подіти врожай. *Агробізнес сьогодні*. 2011.

№ 20. С. 12-13.

38. Дробітько О.М. Особливості формування продуктивності кукурудзи залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агрофітоценозі в умовах південно-західного Степу. *Корми і кормо виробництво*. Вінниця, 2008. Вип. 60. С. 62-68.

39. Гетман Н., Кифорук В., Запарнюк В., Забарна Т. Сумішки кукурудзи і сорго на силос. *Farmer*. 2011. № 4. С. 44-46.

40. Феттер А., Санін Ю.В. Кукуруза – это еще не все: потенциал альтернативних растений и севооборотов. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 132-135.

41. Щоткін В. Цариця полів. *Зерно*. 2013. № 4. С. 160-163.

42. Пащенко Ю.М., Кордін О.І. Вплив строків сівби на урожайність та показники якості зерна кукурудзи різних груп стиглості. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 6(132). С. 47-48.

43. Надь Яношь. Кукуруза. Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с.

44. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерно-виробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

45. Паламарчук В.Д., Климчук О.В., Поліщук І.С., Колісник О.М., Борівський А.Ф. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур. Вінниця: ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

46. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.

47. Корецька О.О., Сидорчук О.В., Стригун О.О., Михайленко С.В. Система захисту кукурудзи в стресових агрокліматичних умовах. Рекомендації: Пестициди та агрохімікати Українського виробництва. Київ, 2012. 72 с.

48. Мойсієнко В. В. Пріоритетність та шляхи підвищення продуктивності зернової та силосної кукурудзи. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. №1(47). С. 190-203.

49. Капустіна К. Кукурудза на силос від А до Я: усе про гібриди та технологію. 2020. [Електронний ресурс]: режим доступу http://kurkul.com/spetsproekty/929-kukurudza-na-silos-vid-a-do-ya-use-pro-gibridi-ta-tehnologiyu#:~:text=Урожай%20силосної%20кукурудзи%20формується%20за,збору%20врожаю%20і%20якості%20силосу.

50. Ямкова В. Особливості вирощування кукурудзи на силос. *Пропозиція*. 2014. №5. С. 56-58.

51. Дроздовський Я.П., Рибка В.С., Пащенко О.Ю. Загальні тенденції та особливості розвитку виробництва зерна кукурудзи в придніпровському регіоні. *Хранение и переработка зерна*. 2004. № 10. С. 16.

52. Глущенко Л.Т., Дутченко З.Я., Бондаренко Г.А. Продуктивність рослин кукурудзи залежно від гібриду та норм мінерального живлення. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2005. №12(11). С. 43-44.

53. Лебідь Л. Повернення королеви полів. *Аграрний тиждень*. 2013. №14-15(265). С. 22.

54. Анішин Л.П. Особливості кукурудзи. *Агроперспектива*. 2007. №5. С. 16-18.

55. Анішин Л. В Україні очікують урожай кукурудзи вищий за середній за останні роки. *Пропозиція*. 2010. № 5. С. 66-69.

56. Адаменко С., Костюшко І. Управління мінеральним живленням кукурудзи. *Зерно*. 2014. №3(96). С. 96-97.

57. Марченко О. Ранній посів кукурудзи – можливі ризики. *Зерно*. 2014. №3(96). С. 88-89.

58. Гречкосій В., Корх В. Механічна кукурудза. *Агробізнес сьогодні*. 2010. № 7 (182). С. 32-38.

59. Маслак О. Прогноз ринку найрентабельніших культур нового сезону. *Агробізнес сьогодні*. 2013. № 7. С. 10-12.

60. Борона В.П., Задорожний В.С., Мовчан І.В., Колодій С.В. Забур'яненість та врожайність кукурудзи на зерно за системи no-till. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 3. С. 24-27.

61. Васильєв В. Кукурудза, що вас здивує. *Пропозиція*. 2010. №2. С. 56-57.

62. Ковальчук І. Критерії підбору гібридів кукурудзи для різних умов вирощування. *Famer the Ukrainian*. 2015. №12(72). С. 82-84.

63. Азуркін В.О., Поліщук І.С., Мазур В.А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння для виробництва біоетанолу. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 8 (48). С. 27-30.

64. Паламарчук В.Д., Климчук О.В. Альтернативні аспекти використання зерна кукурудзи для отримання біоетанолу. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки*. 2010. Вип. 42. С. 123-129.

65. Фадеев Л. Кукурудза на пути к миллиарду тонн в год. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 78.-84.

66. Фадеев Л.В. Кукурудза: развитие культуры и востребованность в Украине. *Агроном*. 2015. № 4(50). С. 78-86.

67. Фукс К., Кастет Й. Кукурудза. *Сучасні технології АПК. Вирощування основних сільськогосподарських культур*. 2010. С. 68-83.

68. Любар В. Органогенез кукурудзи як технологічна складова. *Зерно*. 2015. №3(108). С. 98-102.

69. Дячук В., Гойсюк Ю. Особливості технології вирощування гібридів кукурудзи ДЕКАЛБ на перезволоженому холодному ґрунті. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 74.-75.

70. Свербенюк Г.А. Вплив технології вирощування на морфо-фізіологічні особливості росту і розвитку кукурудзи на зерно в умовах північного Лісостепу. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ, 2009. №132. С. 59-65.

71. Паламарчук В.Д., Мазур В.А. Вплив тривалості фенологічних фаз на стійкість кукурудзи до вилягання. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія «Агрономія».* Львів, 2009. №13. С. 358-362.

72. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Тривалість окремих міжфазних та вегетаційного періодів гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник.* Херсон, 2019. Вип. 106. С. 119-127.

73. Романенко М. Технологія вирощування кукурудзи. Рекомендації. KWS

150-річний досвід в селекції і насінництві сільськогосподарських культур. 2010. 58 с.

74. Кирпа М. З чого починається врожай кукурудзи. *Пропозиція*. 2011. № 4. С. 62-64.

75. Корчагіна І. Кукурудза – 2011. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2011. № 3 (32). С. 34-37.

76. Гертвіг Франк. Достигання початків і параметри врожайності кукурудзи. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 7(48). С. 26-27.

77. Гур'єва І.А., Рябчун В.К. Генетичні ресурси кукурудзи на Україні. Харків, 2007. 392 с.

78. Гур'єва І.А., Рябчун В.К., Кузьмишина Н.В., Капустін С.І., Силенко О.С. Тривалість вегетаційного періоду ліній кукурудзи в залежності від екологічних умов. *Генетичні ресурси рослин*. 2010, №8. С. 143-150.

79. Адамень Ф.Ф., Далджи Д.Г. Семеноводство кукурузы: Справочник. Симферополь: Таврия, 1991. 147 с.

80. Маслак О., Радченко М. Віддаємо перевагу кукурудзі. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2010. № 5(22). С. 12-16.

81. Пащенко Ю.М., Кордін О.І. Вплив інкрустації насіння і строків сівби на формування продуктивності гібридів кук*урудзи різних груп стиглості.* Бюлетень інституту зернового господарства УААН. Дніпропетровськ, 2005. № 26-27. С. 78-82.

82. Паламарчук В.Д. Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (Том 1). С. 37-45.

83. Паламарчук В.Д., Мазур В.А., Зозуля О.Л. Кукурудза. Селекція та вирощування гібридів. Монографія. Вінниця, 2009 р. 199 с.

84. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Венедіктов О.М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 432 с.

85. Жозиан Лоржеу (Josiane Lorgeou). Как правильно выбирать сорта кукурузы? *Зерно*. 2015. №3(108). С. 116.-117.

86. Дзюбецький Б.В., Волкодав В.В., Черчель В.Ю., Воскобойник О.В. Пізній строк висіву кукурудзи як додатковий фон для оцінки гібридів на стійкість до посухи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. Дніпропетровськ, 2004. №2. С. 52-55.

87. Дзюбецький Б.В., Черчель В.Ю., Воскобойник О.В. Варіювання господарсько-цінних ознак константних ліній кукурудзи при двох строках сівби. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2005. № 23-24. С. 27-32.

88. Воскобойник О.В. Оцінка стабільності врожайності зерна гібридів кукурудзи за різних екофакторів середовища. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2005. №26/27. С. 82-85.

89. Капустін А., Ковтун М., Капустін С. Особливості вирощування простих гібридів кукурудзи. *Пропозиція*. 2011. №5. С. 56-61.

90. Аргунова К.В. Технологічні аспекти вирощування кукурудзи в умовах зрошення Криму. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН.*

Дніпропетровськ, 2008. №33-34. С. 177-180.

91. Котченко М.В., Румбах М.Ю. Вплив елементів технології на урожайність зерна кукурудзи. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2008. №33-34. С. 164-167.

92. Марченко О., Джура Ю. Реакція рослин кукурудзи на посушливі умови. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 74.-75.

93. Семеняка І., Андрієнко А. Вологовіддача як чинник собівартості. *Farmer*. 2011. №11. С. 40-43.

94. Васильєва Т.М. Вирощуємо смачну кукурудзу. *Дім, сад, город*. 2012. № 10(286). С. 6-7.

95. Городній М.М., Присташ І.В., Скрипка О.С., Овчинка В.В. Оптимізація живлення та удобрення кукурудзи на зерно. *Науковий вісник національного аграрного університету*. Київ, 2005. №84. С. 207-212.

96. Липовий В.Г. Вплив способу сівби густоти рослин і добрив на ріст і розвиток гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вінниця, 2000. Випуск 7. С. 33-37.

97. Городній М.М., Павлик Р.М. Вплив систематичного використання добрив в сівозміні на формування асиміляційного апарату посівів та продуктивність кукурудзи на силос. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ, 2010. № 149. С. 54-60.

98. Тарновський К.С. Фотосинтез зелених організмів, або багатство природи у руках фермерів. *Хімія. Агрохімія. Сервіс.* 2011. №8. С. 64-67.

99. Заіменко Н.В., Дідик Н.П., Дзюба О.І. [та ін.]. Індукція захисних реакцій на посуху у рослин кукурудзи анальцимом за різних зволоженості й типу ґрунту. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2013. Т. 45. С. 35-44.

100. Дудка М., Шевченко О. Мікродобрива й кукурудза. *Farmer the Ukrainian*. №5(77). 2016. С. 68-69.

101. Воскобойник О.В., Олізько О.П., Грабовський М.Б., Грабовська Т.О. Динаміка зміни біометричних показників ліній кукурудзи залежно від строків сівби. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету*. Біла церква, 2009. Вип. 59. С. 90-94.

102. Андрієнко А.Л. Фотосинтетична діяльність та продуктивність нових гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 36-38.

103. Городній М.М. Агрохімія – 4-те вид., переробл. та доп. К.: Арістей, 2008. С. 156-182.

104. Сонько Р.С., Марченко О.А., Стародуб М.Ф., Коломієць В.М. Вплив технології вирощування на показники індукції флуоресценції хлорофілу за вирощування рослин кукурудзи. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2012. №178. С. 127-132.

105. Мокрієнко В.А. Вплив строків сівби на продуктивність нового гібрида кукурудзи PR39D81. *Науковий вісник національного аграрного університету*. Київ, 2003. №64. С. 77-80.

106. Філіпов Г.Л. Аспекти підвищення адаптивної стійкості кукурудзи в Степу. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 10(136). С. 21-23.

107. Сметанська І.М. Фізіолого-агрохімічні аспекти формування врожаю та якості кукурудзи на силос. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вінниця, 2000. Вип. 7. С. 57-65.

108. Філіпов Г.Л., Черчель В.Ю., Максимова Л.О. Оцінка генотипів кукурудзи на стійкість до загущення посіві. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 28-29.

109. Філіпов Г.Л., Яремко Л.С. Фотосинтетична діяльність зрошуваної кукурудзи в посівах різної структури. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 21-23.

110. Ахмед Абу Аль-Фатух Мухаммед Хамуд. Можливість вирощування в умовах арабської республіки Єгипет гібридів кукурудзи місцевої та зарубіжної селекції. *Науковий вісник національного аграрного університету*. Київ, 2003. №64. С. 120-123.

111. Дудка М., Черчель В. Позакореневе підживлення: необхідність чи альтернатива? *Пропозиція*. 2014. №6. С. 64-69.

112. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с.

113. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Л.: Изд-во АН СССР, 1966. С. 45-68.

114. Барчукова А., Коваленко О. Кукурудза без стресів. *Пропозиція*. 2013. № 5. С. 74-75.

115. Бабицкий А.Ф. Масса первого листа проростков кукурузы и содержание хлорофила в нем при гетерозисе. *Агроном*. 2011. № 4 (34). С. 69-70.

116. Моргун В.В., Ляшок А.К., Григорюк І.П. Сучасний стан проблеми терморезистентності озимої пшениці у зв'язку з глобальними змінами клімату. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2003. Т. 35, №6. С. 463-493.

117. Bircher J.A., Auger D.L., Riddle N.C. In search of the molecular basis of heterosise. *Plant cell*. 2003. V. 15, 10. P. 2236-2240.

118. Чайка В.М., Григорюк І. П., Коломієць Ю. В. [та ін.]. Екологічний стан агроценозів кукурудзи під впливом агрометеорологічних умов. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 158. С. 125-134.

119. Орлова Л.Д. Інтенсивність транспірації лучних рослин Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2009. Вип. 17, т. 1. С. 172-177.

120. Ревтьо О.Я. Урожайність та економічна ефективність вирощування зерна кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та технології догляду за посівами в умовах півдня України на зрошенні. *Перлини степового краю*. 2009. С. 137-140.

121. Ничипорович Л.А. Задачи работ по изучению фотосинтетической деятельности растений как фактора продуктивности. Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности. М.: Наука, 1966. 224 с.

122. Гуляев Б.И., Рожко И.И., Рогаченко А.Д. Фотосинтез, продукционный процес продуктивность растений. Киев: Наукова думка, 1999. 152 с.

123. Шемавньов В.І., Кирпа М.Я. Концепція розвитку технологій та

енергозбереження в процесах післязбиральної обробки і зберігання зерна. *Вісник ДДАУ*, 2003. № 2. С. 52-57.

124. Пащенко Ю.М., Кирпа М.Я. Розвиток і результати досліджень у галузі післязбиральної обробки та зберігання зерна кукурудзи. *Хранение и переработка зерна*. 2010. №6(132). С. 27-29.

125. Азуркін В.О., Дідур І.М. Особливості вологовіддачі зерна гібридами кукурудзи залежно від норм азотних добрив. *Корми і кормовиробництво*. 2010. №67. С. 201-204.

126. Кирпа М.Я., Черчель В.Ю., Пащенко Н.О., Остапенко Л.І. Ознака прискореної вологовіддачі зерна гібридів кукурудзи та її практичне використання. *Селекція і насінництво*. 2010, Вип. 98. С. 57-60.

127. Зозуля О.Л., Цицюра Я.Г. Обгортки і їх вплив на розподіл вологи в системі стрижень – качан – навколишнє середовище. Збірник наукових праць ВДАУ. Вінниця, 2000. Вип. 7. С. 18-22.

128. Поліщук М.І., Азуркін В.О. Агробіологічна характеристика кращих простих гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2007. №2. С. 78-80.

129. Романенко М. Вологовіддача як фактор економічної ефективності вирощування кукурудзи. *Пропозиція*. 2011. №7/10(181). С. 2-3.

130. Андрієнко А., Дергачов Д., Кузьмич В., Токар Б. Гібриди кукурудзи – такі схожі, такі різні. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 130-138.

131. Грабовська Т.О. Вологість зерна тестерних гібридів кукурудзи в різних екологічних умовах. *Таврійський науковий вісник*. 2008. Вип. 61. С. 43-46.

132. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив строків сівби на рівень передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 4. С. 81-88.

133. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на рівень передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи. *«Зрошувальне землеробство». Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон, 2018. Вип. 69. С. 58-63.

134. Дзюбецький Б.В., Рибка В.С., Ляшенко В.Ю. Скоростиглі гібриди як фактор енерго- і ресурсозбереження у виробництві зерна ХДАУ. *Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць ХДАУ*. Херсон: Айланд. 2007. Вип. 53. 456 с.

135. Кирпа М. Дилема насіннєвої кукурудзи. *Farmer (the ukrainian)*. 2015. №10(70). С. 102-103.

136. Дудка М. Збирання без втрат. *Farmer (the ukrainian)*. 2015. №10(70). С. 44-47.

137. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Системи сучасних інтенсивних технологій (2-ге видання виправ. та допов.). Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2012. 370 с.

138. Паламарчук В.Д., Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Поліщук І.С., Поліщук М.І. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 452 с.

139. Єрмакова Л., Чумаченько І., Панасенко Ю. Фуражне зерно: сушити

чи консервувати. *Фермерське господарство (газ.)*. 2012. №25(585). С. 21.

140. Кирпа М. Оптимізовані технології збирання й обробки зерна кукурудзи. *Пропозиція*. 2011. № 10. С. 52-57.

141.Андрущенко В. Говорить експерт. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 22.

142. Кулик М., Корнійчук О., Стасюк О. Правильно сушити. *Аграрний тиждень*. 2013. №37-38(276). С. 14.

143. Кирпа М. Особливості збирання й доробки кукурудзи і соняшнику. *Пропозиція*. 2012. № 9. С. 56-59.

144. Кирпа М. Особливості збирання й доробки кукурудзи і соняшнику. *Фермерське господарство*. 2013. № 27. С. 18-19.

145. Станкевич Г., Страхова Т., Будюк Л. Сушіння у дві стадії. *Famer the Ukrainian*. 2015. №9(69). С. 82-84.

146. Пащенко Ю., Кордін О., Березовський С. Продуктивність кукурудзи залежно від строків сівби. *Пропозиція*. 2010. № 9. С. 52-55.

147. Воскобойник О.В. Динаміка втрати вологи зерном гібридів кукурудзи при дозріванні. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2008. № 33/34. С. 183-185.

148. Семеняка І., Андрієнко А. Мінімізація і кукурудза. *Farmer*. 2013. № 5. С. 18-22.

149. Пащенко Ю. Биологические аспекты в минимизации затрат при выращивании кукурузы. *Зерно*. 2014. №2(95). С. 97-100.

150. Романенко М. Надайте перевагу гібридам кукурудзи, які здатні щедро врожаїтися і швидко віддавати вологу. Зерно і хліб. 2011. № 3. С. 51.

151. Кирпа Н.Я. Кукуруза: особенности созревания, уборки и обработки зерна. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 8 (134). С. 26-28.

152. Столяренко В.С., Остапенко Л.І., Пончик Л.І. До посівна, післязбиральна підготовка та посівні властивості різноякісного насіння кукурудзи. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2003. №20. С. 59-60.

153. Починок Л., Пасацька В. Захист кукурудзи від шкідників і хвороб. *Пропозиція*. 2013. № 6. С. 90-91.

154. Фадеев Л.В. Очистка зерна после уборки. Снижение затрат. *Агрохимия, агротехника, агротехнологии*. 2012. № 3. С. 31-32.

155. Жан-Поль Рену. Неизбежный рост урожайносты кукурузы. *Зерно*. 2015. №1(106). С. 122-125.

156. Маковій О., Лисяна К. Європейські стандарти для українського насіння «Сингента» – нюанси виробництва від «А» до «Я». *Зерно*. 2015. №9(114). С. 90-92.

157. Кирпа М.Я., Пащенко Н.О. Прийоми енергозбереження в технології сушіння насіння кукурудзи. *Агроном*. 2011. № 3(33). С. 86-89.

158. Кирпа М. Проаналізуємо технології первинної обробки й зберігання зерна. *Зерно і хліб*. 2011. №1 (61). С. 37-39.

159. Кирпа Н. Экономим 25% єнергии при сушке кукурузы. *Зерно*. 2011. №7. С. 130-134.

160. Palamarchuk V., Krychkovskyi V., Honcharuk I., Telekalo N. The Modeling of the Production Process of High-Starch Corn Hybrids of Different Maturity Groups. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. №10. Vol. 1. P. 584-598.

161. Palamarchuk V., Honcharuk I., Telekalo N., Krychkovskyi V., Kupchuk I., Mordvaniuk M. Modeling of hybrid cultivation technology corn to ensure energy efficiency for sustainable rural development. Ukrainian Journal of Ecology, 2021, 11(7), 204-211.

162. Кирпа М. Енергоощадний кукурудзяний комплекс. *Пропозиція*. 2010. № 9. С. 96-99.

163. Грабовський М.Б., Озерова Л.В. Продуктивність та вологість зерна гібридів кукурудзи компанії «Монсанто» залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення. *Агробіологія*. 2012. Вип. 7(91). С. 97-102.

164. Шпаар Д. Кукуруза (Выращивание, уборка, доработка, использование). Учебно-практическое руководство. К.: Альфа-стевія ЛТД, 2009. 396 с.

165. Соколік С.П. Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біопалива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 173. С. 168-176.

166. В Україні зареєстровано гібрид кукурудзи для виробництва біоетанолу. URL: https://superagronom.com/news/4996-v-ukrayini-zareyestrovano-gibrid-kukurudzi-dlya-virobnitstva-bioetanolu.

167. Паламарчук В.Д. Характеристика гібридів кукурудзи за масою 1000 зерен та продуктивністю залежно від елементів технології. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2018. №1. С. 38-42.

168. Фурсова Г.К., Фурсов Д.І., Сергєєв В.В. Рослинництво: лабораторно-практичні заняття. Ч. І. Зернові культури. *Навчальний посібник*. Харків: ТО Ексклюзив, 2004. 380 с.

169. Мазур В.А., Поліщук І.С., Телекало Н.В., Мордванюк М.О. Навчальний посібник з дисципліни «Рослинництво» для студентів галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 201 «Агрономія» першого бакалаврського рівня. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 352 с.

170. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Моргун Б.В., Починок В.М., Поліщук С.С. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистилятного напряму технологічного використання зерна. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2013., Т. 45. № 1. С. 3-20.

171. Калетнік Г.М., Скорук О.П., Токарчук Д.М. Організація і економіка використання біоресурсів: *підручник*. Вінниця: ВНАУ, 2018. 297 с.

172. Паламарчук В.Д., Шинкарук В.А. Оцінка вихідного матеріалу за комплексом господарсько-цінних ознак при створенні високоврожайних гібридів кукурудзи. *Бюлетень Інституту зернового господарства. Дніпропетровськ*, 2007. № 31-32. С. 48-51.

173. Паламарчук В.Д. Кількість рядів зерен та зерен у ряді в гібридів кукурудзи залежно від елементів технології. *Новітні агротехнології (Електронний науковий журнал)*. 2017. №5. http://jna.bio.gov.ua/issue/view/7327

174. Гойсюк Л.В. Енергетичний потенціал рідких видів біопалива, вироблених із ріпаку і кукурудзи на зерно. *Економіка АПК*. 2010. № 8. С. 37-42.

175. Полішкевич О.Р. Ефективність використання енергетичного потенціалу кукурудзи в Миколаївській області. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2011. Вип. 4(61). Том 1. С. 39-44.

176. Дубровін В.О. Біопалива/ [В.О. Дубровін, М.О. Корченский, І.П. Масло та ін.]. К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.

177. Полішкевич О.Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2011. Вип. 3(60). С. 76-80.

178. Дубровін В.О., Гжибек А. та Любарського В.М. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад. Науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив. Київ, 2009. 117 с.

179. Кириченко В., Рисюк Б., Мар'ян В. Свіжий погляд науковців на новітні технології одержання паливного етанолу з кукурудзи. *Зерно і хліб*. 2007. № 4. С. 24-25.

180. Кабаш Н. Кукуруза на бензин. *Фермерське господарство*. 2012. № 5. С. 9.

181. Жан-Поль Рену. COP 21^{1}: внесок сільського господарства у справу зменшення викидів парникових газів. Беремо приклад з вирощування кукурудзи. *Зерно*. 2015. №11(116). С. 80-83.

182. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 26-28.

183. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Агроном*. 2013. № 3. С. 162-163

184. Крамарьов С.М. Оптимізація системи удобрення гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північного Степу України. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 39-42.

185. Дудка Т.В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. № 1. С. 44-47.

186. Facts on health and the environment. Biofuel yields for different feedstocks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.greenfacts.org/en/biofuels/figtableboxes/biofuel-yields-countries.htm.

187. Желєзна Т. А., Драгнєв С. В., Баштовий А. І., Роговський І. Л. Перспективи виробництва і споживання біопалив другого покоління в Україні. *Machinery & Energetics.* 2018. Vol. 9. №. 2, P. 61-66.

188. Загинайло М.І., Лівандовський А.А., Таганцова М. М. [та ін.]. Кращі гібриди кукурудзи – виробництву. *Насінництво*. 2014. № 3. С. 1-8.

189. Украинец А.И. Технология пищевых продуктов. К.: Изд. дом «Аскания», 2008. 736 с.

190. Славянский А.А., Горожанкина К.К. Технология крахмала, крахмалопродуктов и глюкозно-фруктозных сиропов (ГФС): учебно-

практическое пособие. М.: МГУТУ им. К.Г. Разумовского, 2012. 64 с.

191. Гурьев В., Ливандовський А.Подбор гибридов кукурузы для использования зерна на биотопливо. *Пропозиція*. 2010. №7. С. 68-72.

192. Загинайло М.І., Лівандовський А.А., Таганцова М.М., Гаврилюк В.М. Цукрова кукурудза: і їжа, і ліки. *Карантин і захист рослин*. 2012. № 4. С. 20-24.

193. Мусієнко С.А., Марочка В.А. Структура зерна та новий метод її визначення в селекції і переробці кукурудзи. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 69-70.

194. Румбах М.Ю. Оптимізація елементів технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони степу України. автореф. дис. на здоб. ступеня канд. с-г. наук: спец. 06.01.09-рослинництво. ДУ Ін.-т. с.-г. степової зони. Дніпропетровський, 2012. 17 с.

195. Дудка М., Черчель В., Березовський С. Другий і третій – зайві? *Famer the Ukrainian*. 2015. №6(668). С. 80-82.

196. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. Рослинництво, кормо виробництво. 2018. №8(785). С. 24-32.

197. Черчель В., Алдашов А., Таганцова М. Пасинкування кукурудзи: біологія, чинники, попередження прояву. *Пропозиція*. 2013. № 11. С. 70-73.

198. Пахольчук В., Языков А., Вдовиченко А., Киричек В., Терновой Ю. Защитное инфицирование. *Зерно*. 2015, №11(116). С. 84-88.

199. Дудкина Е. Повышения урожайности культур и плодородия почвы через использования микоризы. *Агроном*. 2014. № 2(44). С. 58-60.

200. Пахольчук В., Языков А., Киричек В. Кормить биоту, а не растения. Рентабельное производство, востребованная продукция. *Зерно*. 2015. №7(112). С. 138-142.

201. Іванюк М.Ф., Павлюк О.С. Формування агрофітоценозу кукурудзи на фоні екологізації землеробства в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція». *Науковий вісник Нац. університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. №149. С. 171-176.

202. Семеняка І., Андрієнко А., Григорєва О. Цариця полів. Агро бізнес сьогодні. 2010. №10(185). С. 28-29.

203. Григор'єва О.М., Григор'єва Т.М., Ліман П.Б., Токмакова Л.М. Вплив мікробних препаратів на продуктивність зернових культур у Північному Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2012. Вип. 15/16. С. 49-57.

204. Мозирська Н.В., Деркач В.В. Україні зареєстровано перший вітчизняний мікробіологічний препарат для рослинництва клепс. *Пропозиція*. 2001. № 10. С. 60-61.

205. Паламарчук В.Д. Вплив застосування бактеріального добрива «Біомаг» на продуктивність гібридів кукурудзи. *Сільськогосподарські науки.* Вінниця, 2012. № 63 Вип. 4. С. 14-23.

206. Буняк Н., Волкогон В. Мікробні препарати для сільськогосподарських культур. *Аграрний тиждень*. 2013. № 29-30(272). С. 7.

207. Ткаленко Г. Заощадити з біопрепаратами. *Famer the Ukrainian*. 2015. №8(68). С. 48-49.

208. Банус А.А., Ткач Є.Д. Ратчет – сучасна ЛХО – технологія вирощування сої та кукурудзи. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 154-156.

209. Поліщук К. У поміч добривам. *Farmer (the ukrainian)*. 2015. №10(70). С. 40-41.

210. Поліщук К.В. Ефективність бактеріальних добрив за вирощування кукурудзи в умовах Західного Полісся. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН". Розділ «Землеробство»*. 2012. Вип. 1-2. С. 72-75.

211. Бондарєва О.Б., Вінюков О.О. Препарати «Rost-концентрат» та « желатин» – нові рішення у вирішені старих проблем. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 46-47.

212. Польовий В., Гень С. Альтернативні органічні добрива в системі удобрення кукурудзи на зерно. *Пропозиція*. 2014. №3. С. 82-84.

213. Василенко М.Г. Біологічні препарати в органічному землеробстві України. *Хімія. Агрохімія. Сервіс*. 2011. № 6-7. С. 46-50.

214. Плотніков В. Вітази – завжди у виграші з ним! *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 92-93.

215. Нагорный В., Киричек В. Выращивание культур с микоризой. Современные технологии симбиоз растений и грибов. *Зерно*. 2014. № 6(99). С. 68-72.

216. Коваленко С.М., Шевченко М.С., Шевченко В.М. Позакореневе підживлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Бюлетень ін-ту зерн. госп.* 2000. № 12-13. С. 36-39.

217. Ростоцький О. Біологічні препарати в технології вирощування кукурудзи. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 16.

218. Токмакова М. Мікробні препарати. *Фермерське господарство (газ.)*. 2012. №24(584). С. 11.

219. Пащенко Ю.М. Агротехнологічні аспекти використання післяжнивних решток попередніх культур при вирощуванні кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2007. № 54. С.36-43.

220. Труфанов О.В. Природный поход: микроудобрения на основе органических кислот. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 34-35.

221. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на стійкість гібридів кукурудзи до вилягання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018 № 8. С. 14-25.

222. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на формування площі листової поверхні гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 2. С. 32-38.

223. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Формування висоти закладання качанів у гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник.* 2018. Випуск 100. Том 2. С. 26-33. (0,79 у. д. а)

224. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на площу при качанного листка у кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 9. С. 68-78.

225. Семеняка І. Прибавка без добрив. *Farmer*. 2011. № 4. С. 40-42.

226. Коваленко О., Поляничников С.П., Ковбель А.І. Шляхи підвищення

коефіцієнту засвоєння поживних елементів. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 28-29.

227. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на прояв лінійних розмірів рослин кукурудзи. Науковий вісник НУБІП України. Серія Агрономія. 2018. № 286. С. 231-244.

228. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на висоту кріплення качанів у гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. *Збірник наукових праць*. Біла церква, 2018. №1(138). С. 89-98.

229. Марченко О., Джура Ю. Посухостійкість і коренева система кукурудзи. *Зерно*. 2014. № 4. С. 64-67.

230. Цандур М., Сербіна С. Кукурудза на Півдні. *Farmer*. 2011. №2. С. 34-35.

231. Мокрієнко В. Адаптивні гібриди кукурудзи Roots Power для посушливих умов. *Зерно*. 2015. № 10(115). С. 54-56.

232. Паламарчук В.Д., Климчук О.В., Шинкарук В.А. Стійкість проти хвороб і шкідників основа вирощування кукурудзи на зерно. *Хранение и переработка зерна*. 2008. №4(106). С. 21-23.

233. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Паламарчук О.Д. Енергетична ефективність вирощування зернової кукурудзи залежно від позакореневих підживлень в умовах Лісостепу України. *Сільськогосподарські науки*. Вінниця, 2014. №83. Вип. 6. С. 63-71.

234. Паламарчук В.Д. Економічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 №12. С. 18-27.

235. Господаренко Г. Удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2010. № 10(185). С. 18-19.

236. Іващенко О.О. Перспективи вирощування кукурудзи і сорго. *Хімія. Агрономія. Сервіс.* 2011. № 12. С. 38-41.

237. Молдован В.Г., Галиш Ф.С., Молдован Ж.А., Войтов О.Д. Рекомендації по вирощуванню кукурудзи на зерно в агроформуваннях Хмельницької області. УААН, Хмельниц. держ. с-г. дослід. ст. Самчаки. 2008. 18 с.

238. Здольник Н., Гопчак В. Рослини кукурудзи потребують захисту. *Дім, сад, город*. 2005. № 6. С. 6-7.

239. Цехмейструк М.Г., Музафаров Н.М., Манько К.М. Аспекти вирощування кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8. С. 28-32.

240. Кірчук І.С., Федоренко І.Є. Вплив системи удобрення, обробітку ґрунту та погодних умов на урожай зерна кукурудзи у сівозмінах південно-західної підзони Степу України. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2008. №33-34. С. 167-171.

241. Зубрейчук М.С., Газінська Т.В., Ткаченко І.С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації. *Насінництво*. 2012. № 3. С. 7-12.

242. Муляр М.М. Водний режим ґрунту і забур'яненість посівів вихідних форм гібридів кукурудзи залежно від строків сівби в південному Степу. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2012. Вип. 79. С. 76-81.

243. Косолап Н., Кобец Р. Пик лета: недостаток влаги и жара. *Зерно*. 2015. №7(112). С. 144-145.

244. Семеняка І., Андрієнко А. За і проти удобрення кукурудзи в умовах ризикованого землеробства. *Агроном*. 2011. № 3(33). С. 92-96.

245. Бурикіна С. І., Ляховська Н. А. Удобрення кукурудзи на силос у сівозміні. *Вісн. аграр. науки*. 2000. Спец. вип. С. 38-39.

246. Демидась Г.І., Ямкова В.В. Вологозабезпеченість сумісних посівів кукурудзи з бобовими культурами залежно від густоти стояння компонентів у Правобережному лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокор. України*. 2010. №149. С. 239-245.

247. Бойко П., Коваленко Н. Традиційно й по «нулю». *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 14-16.

248. Лихочвор В.В. Рослинництво. Львів: Афіша, 2004. С. 283-307.

249. Васильев В. Жаростойкость и засухоустойчивость гибридов кукурузы на Юго-Востоке. *Зерно*. 2014. № 6(99). С. 74-75.

250. Якунін О.П., Заверталюк В.Ф. Підвищення врожайності кукурудзи в умовах північного Степу. *Хранение и переработка зерна*. 2002. №6(36). С. 26-28.

251. Шумигай І.В., Дементьєва О.І. Вирощування гібридів кукурудзи на Півдні України в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 2. С. 74-78.

252. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Поліщук І.С., Колісник О.М., Паламарчук О.Д. Вплив елементів технології на розвиток кукурудзи для виробництва біоетанолу. *Збірник наукових праць «Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків»*. Київ, 2013. Вип. 19 (том І). С. 96-101.

253. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 №14. С. 43-53.

254. Андрієнко А., Семеняка І. Підбір гібрида – складова успіху. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 9. С. 36-41.

255. Ткаліч Ю., Кохан А., Гирка А. Адаптація рослин соняшнику та кукурудзи в умовах зміни клімату. *Зерно*. 2013. № 4. С. 171.

256. Кифорчук В. Гібриди кукурудзи Декалб – відповідно на потреби товаровиробника. *Зерно*. 2014. № 3(96). С. 92-93.

257. Адаменко Т. Коливання врожайності зернових культур внаслідок зміни клімату. *Агроном*. 2011. № 1(31). С. 12-22.

258. Коваленко О.А., Ковбель А.І. Вплив елементів живлення на стресовий стан польових культур. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 24-27.

259. Чернобай Л., Музафаров Н., Попова К. Вектори адаптації. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 20-24.

260. Паламарчук В.Д. Вплив строків сівби на площу листкової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2018. №22(1). С. 290-299.

261. Паламарчук В.Д. Вплив строків сівби на лінійні розміри рослин гібридів зернової кукурудзи. *Науковий журнал «Наукові горизонти», «Scientific horizons»*. 2018. № 2 (65). С. 35-41.

262. Шевченко М. Клімат диктує обробіток ґрунту. *Farmer*. 2015. №5(65). С. 16-18.

263. Адаменко Т. Особливості погодних умов весняного періоду 2015 р. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 18-19.

264. Степанова Л. Урожай-2016: не кількість, а якість. *Farmer the Ukrainian*. 2016. №5(77). С. 72-73.

265. Мірошниченко М., Гладкіх Є. Агротехніка за стресових умов. *Farmer (the ukrainian)*. 2015. №10(70). С. 36-39.

266. Позняк В. Кукурудза починається із насіння. *ІнтерАгро (7 міжнародна виставка рентабельного сільського господарства)*. 2011. №2-4. С. 30-31.

267. Чайка В.М., Адаменко Т.І. Зміна клімату та фітосанітарний стан агроценозів у Лісостепу. *Агроном*. 2008. № 2(20). С. 10-12.

268. Грушка Я. Монография о кукурузе. (Перевод с чешского М.П. Умнова.). М.: Колос, 1965. 743 с.

269. Бомба М.Я., Бомба М.І. Використаємо кукурудзу сповна. *Пропозиція*. 2001. №3. С. 40-43.

270. Сіроха О.Л. Вплив удобрення на біометричні показники та показники вирівняності рослин кукурудзи різної групи стиглості. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2014. Вип. 5(82). С. 37-47.

271. Паламарчук В.Д. Кореляція міцності бокової стінки стебла та інших господарсько-цінних ознак у самозапилених ліній кукурудзи. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вінниця, 2007. Вип. 31. С. 22-27.

272. Семюэл Олдрич. Обусловлено природой факторы, влияющие на урожай кукурузы. *Зерно*. 2007. № 2. С. 12-15.

273. Сторчоус І. Методи контролю. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 3(202). С. 20-21.

274. Кроветто К. Катионообменная способность почвы и гумус. *Зерно*. 2014. № 6(99). С. 97-108

275. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Паламарчук О.Д. Характеристика основних елементів технології вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 57-64.

276. Паламарчук В.Д., Гуць В.О. Вплив розмірів та глибини загортання насіння на прояв морфологічних ознак у гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С. 94-101.

277. Паламарчук В.Д. Вплив глибини загортання та фракції насіння на вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2018. №2. С. 55-65.

278. Шелганов И.И., Воронин А.Н. Особенности минерального питания кукурузы. *Кукуруза и сорго*. 2008. № 4. С. 10-11.

279. Півень А.С., Анеляк М.М., Головашич О.П. Удосконалення технологічного процесу вирощування кукурудзи з посівом на малу. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2003. №20. С. 31-33.

280. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Характеристика міцності бокової стінки стебла у самозапилених ліній кукурудзи. *Вісник Сумського національного*

аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». 2004. Вип. 1(8). С. 46-48.

281. Паламарчук В.Д. Вплив висоти рослин та висоти прикріплення качанів на придатність гібридів кукурудзи до механізованого вирощування. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 3. С. 23-24.

282. Cedergreen N. Химический стресс может повышать урожайность культур. Перевод с английского – Нина Уляницкая, Научная редакция-Николай Косолап, НУБиП. *Зерно*. 2010. №10(54). С. 60-65.

283. Заверталюк В.Ф., Мареніченко М.В. Зернова продуктивність гібрида Кадр 195 СВ при різних фонах живлення і густоти стояння рослин. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2003. №20. С. 55-56.

284. Паламарчук В.Д. Створення та вирощування гібридів кукурудзи для інтенсивних технологій. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2012. Ч. 1. Агрономія, Вип. 80. С. 68-74.

285. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Паламарчук О.Д. Вплив системи удобрення на стійкість гібридів кукурудзи до стеблового кукурудзяного метелика. *Збірник наукових праць «Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків»*. Київ, 2013. Вип. 17 (том І). С. 240-244.

286. Кобилецька М.С., Терек О.І. Вплив хлориду кадмію на вміст та активність цитокінінів у рослинах кукурудзи. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2005. № 6. С. 513-518.

287. Панфилова О.Н., Сергеев С.Ю. Влияние высоты растений на продуктивность инцухт-линий кукурузы в различных погодных условиях северо-западной части Волгоградской области. *Кукуруза и сорго*. 2005. №5. С. 4-6.

288. Паламарчук В.Д. Залежність стійкості до вилягання рослин самозапилених ліній кукурудзи від морфологічних ознак. *Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вінниця, 2006. Вип. 57. С 55-59.

289. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І. Характеристика морфологічної будови качана у самозапилених ліній кукурудзи. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вінниця, 2007. Вип. 29. С. 11-18.

290. Лавриненко Ю.О., Плоткін С.Я. Мінливість кореляційної залежності адаптивних ознак у гібридів кукурудзи залежно від групи стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2005. Вип. 38. С. 17-23.

291. Паламарчук В.Д. Взаємозв'язок висоти прикріплення качанів із господарсько-цінними ознаками та властивостями. *Збірник матеріалів четвертої міжвузівської науково-практичної конференції аспірантів „Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан та перспективи" 5-7 квітня 2004 року. Вінниця*, 2004. С. 86-87.

292. Козубенко Л.В., Гурьева И.А. Селекция кукурузы на раннеспелость. Харьков, 2000. 210 с.

293. Паламарчук В.Д. Оцінка впливу морфологічних ознак на механізоване вирощування та збирання кукурудзи. *Хранение и переработка зерна*. 2008. №5. С. 23-24.

294. Kumar A. Growth, yield and water use efficiency of different maize (Zea mays L) based cropping systems under varying planting methods and irrigation levels.

Indian Journal of Agricultural Sciences. 2008, 78(3): P. 244-247.

295. Khazaei F., Alikhani M., Yari I., Khandan A. Study the correlation, regression and path coefficient analysis in sweet corn (Zea mays var. saccharata) under different levels of plant density and nitrogen rate. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 2010. 5(6). P. 212-216.

296. Massey J. X., Gaur B. L. Effect of plant population and fertility levels on growth and NPK uptake by sweet corn (Zea mays L.) cultivars. *Annals Agricultural Research New series*. 2006; 27(4): P. 365-368.

297. Chen X., Chen F., Chen Y., Gao Q., Yang X. et al. Modern maize hybrids in Northeast China exhibit increased yield potential and resource use efficiency despite adverse climate change. *Global Change Biol*. 2013. 19: P. 923-936.

298. Grassini P., Thorburn J., Burr C., Cassman K. High-yield irrigated maize in the Western US Corn Belt: I. On-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices. *Field Crops Res*. 2011. 120: P.142-150.

299. Touch V., Martin R.J. and Scott J.F. Economics of weed management in maize in pailin province cambodia. International journal of environmental and rural development. 2013. 4: P. 215-219.

300. Martin R. and Pol C. Weeds of upland crops in Cambodia. Australian centre for international agricultural research: Canberra. ACIAR. *Monograph*. 2009. № 141. P. 204.

301. Mehmeti A., Demaj A., Sherifi E., Waldhardt R. Growth and productivity of weeds in two maize crop production systems. *Herbologia*. 2011. 12(2): P. 105-112.

302. Demjanova E.M., Macak S., Dalovic T., Smatana J. Effects of tillage systems and crop rotation on weed populations, density, diversity and weed biomass in maize. *Herbologia*, 2007. 8 (1): P. 45-55.

303. Congreve M., Daniel R. Get the first second and third punch in on Feathertop Rhodes Grass. *GRDC Update Papers 3*. August 2015.

304. Грабовська Т.О., Грабовський М.Б. Морфобіологічні показники рослин кукурудзи, відібраних на осматичних розчинах сахарози. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету*. 2009, Біла церква. Випуск 59. С. 73-77.

305. Самойленко В.В., Самойленко А.Т. Особливості прояву взаємозв'язків між кількісними ознаками у соргових культур. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2001. №15-16. С. 62-66.

306. Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

307. Ciampitti I.A., Vyn T.J. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: a review. *Field Crops Res*. 2012. 133: P. 48-67.

308. Якунін О.П., Румбах М.Ю. Економічна і біоенергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2010. №1. С.7 - 10.

309. Сахненко В. Наблюдать и защищать. *Зерно*. 2012. №11. С. 74-76.

310. Туренко В. Безпечні пестициди – запорука високого урожаю в

майбутньому. *Зерно*. 2014. № 3(96). С. 190-191.

311. Новик Вольфранг (W. Nowick). Возобновляя плодородие. Комбинации регуляторов и гуминовых препаратов на полях Германии/ Вольфранг Новик (W. Nowick). *Зерно*. 2015. №11(116). С. 48-56.

312. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Оцінка самозапилених ліній кукурудзи на стійкість до вилягання. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2005. Том 4 (23). С. 7-11.

313. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Характеристика самозапилених ліній за комплексом ознак придатності до механізованого вирощування. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія «Агрономія»*. Львів, 2005. №9. С. 353-357.

314. Танчик С., Бабенко А., Шпирка О. Захист посівів кукурудзи від бур'янів. *Пропозиція*. 2012. № 6. С. 80-81.

315. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур О.В., Паламарчук В.Д. Мікробіологічні основи агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 32-43.

316. Гуляк Н. Хто їстиме нашу кукурудзу. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 34-36.

317. Іванова В.В. Роль добрив у підвищенні енергетичної ефективності агротехнологій. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 3. С. 20-23.

318. Palamarchuk V., Telekalo N.. The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. 24 (№ 5) P. 783-790.

319. Лихочвор В.В., Демчишин А.М. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. *Famer the Ukrainian*. 2016. №1(73). С. 36-39.

320. Паламарчук В.Д., Паламарчук О.Д., Волчанська І.В., Мельник В.В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність зернової кукурудзи. *Сільськогосподарські науки*. Вінниця, 2012. Вип. 1(57). С. 75-80.

321. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А., Кричковський В.Ю. Підвищення ефективності біогазових комплексів за рахунок використання дигестату при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2020. № 73. С. 95-101.

322. Бендер Р.Р., Хаегеле Дж.В. , Руффо М.Л. и Белоу Ф.Е. Динамика поглощения элементов питания современными гібридами кукурузы. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 122-128.

323. Паламарчук В.Д. Вплив чинників технології на формування маси 1000 зернин і продуктивності гібридів кукурудзи. *Агроном*. 2019. №4(66). С. 86-92.

324. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Біоенергетична оцінка гібридів кукурудзи залежно від факторів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник.* Херсон, 2019. Вип. 107. С. 137-144.

325. Palamarchuk V., Honcharuk I., Honcharuk T., Telekalo N. Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018, Vol. 8, Issue 3. 8(3), 47-53.

326. Веремеєнко С., Олійник О. Вплив стимуляторів росту на кукурудзу. *Агро Перспектива*. 2010. №7. С. 72-73.

327. Косолап Н. Кукуруза – за 120, соя – за 30. *Зерно*. 2012. №11. С. 102-110.

328. Андриенко А.Л. Ресурсосбережение в выращивании кукурузы на зерно. Степь Украины. *Агровісник України*. 2008. №10. С. 40-43.

329. Зозуля О.Л., Паламарчук В.Д. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи в селекції на придатність до механізованого вирощування та збирання. *Збірник наукових праць СГІ. «Сучасні пріоритети селекції с.-г. культур»*. Одеса, 2006. Вип. 8(48). С. 153-157.

330. Паламарчук В.Д. Характеристика самозапилених ліній та простих гібридів кукурудзи за міцністю бокової стінки стебла. *Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вінниця, 2007. Вип. 59. С. 27-31.

331. Рибка В.С., Кулик А.О., Романенко О.Л. Витрати енергоресурсів і коштів на вирощування різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи в умовах Південного регіону Запорізького Степу. *Агроном*. 2008. № 2. С. 144-146.

332. Паламарчук В.Д., Зозуля О.Л. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи за міцністю бокової стінки стебла. *Селекція і насінництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Харків, 2008. Вип. 95. С. 41-49

333. Черенков А.В., Шевченко М.С., Рибка В.С. Зернове виробництво степової зони України: стан і стратегічні напрямки ефективного розвитку. *Хранение и переработка зерна*. 2013. № 8(173). С. 12-14.

334. Паламарчук В.Д., Алєксєєв О.О. Математичні моделі високо крохмальних гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. №16. С. 28-47.

335. Паламарчук В.Д. Характер розміщення судинно-волокнистих пучків у самозапилених ліній кукурудзи. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вінниця, 2006. Вип. 28. С. 29-32.

336. Паламарчук В.Д. Взаємозв’язок діаметра та довжини третього міжвузля стебла зі стійкістю до вилягання у селекційних зразків кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* Полтава,2007, № 2. С. 66-68.

337. Паламарчук В.Д., Колісник О.М. Stalk lodging resistance of corn hybrids depending on the planting date. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 №15. С. 94-110.

338. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Характеристика мікробіологічного та агрохімічного складу органічного добрива Ефлюент. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019 №15. С. 45-55.

339. Гирка Т., Горщук О. Стратегія захисту кукурудзи. *Farmer*. 2015. №4(64). С. 44-46.

340. Черчель В.Ю., Федоренко Е.М., Бондаренко А.С. [та ін.]. Дослідження в селекції кукурудзи ІЗГ НААН України. *Агроном*. 2011. №1(31). С. 100-101.

341. Моргун В.В., Хроменко В.О., Гаврилюк В.М. Гібриди кукурудзи різних груп стиглості. *Насінництво*. 2006. №6. С. 1-10.

342. Карл-Герд Хармс. Возделывание кукурузы. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 140-141.

343. Пащенко Ю.М., Андрієнко А.Л., Пащенко О.Ю. Продуктивність гібридів кукурудзи в технологічних системах. *Вісник аграрної науки*. 2006. №1. С. 19-23.

344. Трибель С.О., Стригун О.О., Ретьман С.В. Вдосконалена система захисту посівів кукурудзи, вирощуваних на зерно та насіння. *Насінництво*. 2011. № 5. С. 14-20.

345. Трибель С., Стригун О. Ризики для кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2012. №3(226). С. 22-23.

346. Адаменко С., Костюшко І. Управління мінеральним живленням кукурудзи. *Зерно*. 2015. №4(109). С. 112.-113.

347. Паламарчук В.Д., Мазур В.А., Дидур И.Н. Иммунологическое состояние посевов зерновой кукурузы в зависимости от сроков посева. *Вестник белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. №2. С. 83-87.

348. Якунін О.П., Котченков М.В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від умов вирощування. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2007. №2. С. 13-16.

349. Пащенко Ю.М., Хмара В.В., Євтушенко В.В. Реакція кукурудзи на глибину обробітку ґрунту і попередники. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 19-21.

350. Філіпов Г.Л., Максимов Л.О. Бінарний посів кукурудзи. *Агроном*. 2014. № 2(44). С. 128-129.

351. Стерний О. Куда клонится кукурудза. *Зерно*. 2013. № 9 (90). С. 57-58.

352. Мокрієнко В.А. Мінеральне живлення кукурудзи. *Агроном*. 2009. №2. С. 102-104.

353. Гуляк Н.В., Філіпов Г.Л., Максимов Л.О. Стебловий кукурудзяний метелик регулювання чисельності в посівах кукурудзи на зерно. *Агроном*. 2014. № 2(44). С. 132-134.

354. Любар В., Балан М. Торк СТ – стабілізуючий інокулянт для насіння кукурудзи. *Зерно*. 2015. №1(106). С. 104-106.

355. Гаркава О.М. Екологічна пластичність та адаптивна здатність гібридів кукурудзи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2007. №2. С. 37-41.

356. Музафаров Н.М., Чернобай Л.М., Барсуков І.П. Екологічне випробування гібридів кукурудзи у Лісостепу. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 6. С. 38-40.

357. Лебідь Є.М., Коваленко В.Ю., Чабан В.І., Льоринець Ф.А. Використання побічної продукції попередника під кукурудзу. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 9-11.

358. Дзюбецький Б.В., Черчель В.Ю. [та ін.]. Нові гібриди кукурудзи Інститут зернового господарства. *Хранение и переработка зерна*. 2010. №6(132). С. 45-46.

359. Ройер Т., Леонард Б.Р., Вагнер Р., Лезер Д., Стезей К., Грей М.,

Венцирл Р. Борьба с насекомыми. *Агроном*. 2008. № 2(20). С. 60-71.

360. Секрети високоякісного силосу з кукурудзи. 2019. [Електронний ресурс]: режим доступу: https://mais.ua/ru/publykatsyy/sekreti-visokoyakisnogo-silosu-z-kukurudzi/

361. Кіфорук В. Вирощування кукурудзи на силос. Агробізнес сьогодні. 2019. [Електронний ресурс]: режим доступу http://agro-business.com.ua

362. Непреходящий В.В. Особенности выращивания кукурузы и условия получения максимального урожая с единицы площади. *Агрохимия, агротехника, агротехнологии*. 2012. № 4. С. 28-30.

363. Фрідбер Горстсанн. Більше продуктивності з кукурудзою Stay young. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 4. С. 29.

364. Паламарчук В.Д. Фактори, що впливають на придатність кукурудзи до механізованого вирощування та збирання. – «Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений». *Сборник тезисов 2-й международной конференции молодых ученых (19-23 мая)*. Харьков, 2003. С. 198-199.

365. Паламарчук В.Д. Фактори, що впливають на придатність до механізованого збирання кукурудзи. *Збірник матеріалів другої міжвузівської науково-практичної конференції аспірантів „Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан та перспективи" 27-28 лютого 2002 року*. Вінниця, 2002. С. 9-10.

366. Паламарчук В.Д. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи на стійкість до вилягання. *Збірник матеріалів третьої міжвузівської науково-практичної конференції аспірантів «Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан та перспективи» 17-19 березня 2003 року*. Вінниця, 2003. С. 97-98.

367. Примак І.Д., Рошко В.Г., Демидась Г.І. та ін. Раціональні сівозміни в сучасному землеробстві. Біла Церква, 2003. 384 с

368. Танчик С.П., Мокрієнко В.А. Особливості вирощування кукурудзи в Степу України. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2006. №17/18. С. 10-12.

369. Орлова О. Бережіть ресурси для захисту цариці. *Зерно*. 2014. №2(95). С. 182-186.

370. Ретьман С.В., Мельничук Ф.С. Більш, ніж фунгіцидний захист соняшнику та кукурудзи. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 70-72.

371. Дерменко О. Сажкові хвороби кукурудзи. *Пропозиція*. 2012. № 8. С. 76-78.

372. Лебедь Е.М., Крамарев С.М., Подгорная Л.Г., Шевченко В.Н. Влияние агротехники на устойчивость кукурузы к болезням и вредителям. *Кукуруза и сорго*. 2000. №2. С. 15-16.

373. Мокрієнко В.А. Інтегрована система захисту кукурудзи. *Агросектор*. 2005. № 1. С. 15.

374. Столяр А. Сажка на кукурудзі. *Farmer*. 2013. №5. С. 58-61.

375. Довгань С., Гук Т. Бавовникова совка на кукурудзі. *Farmer*. 2010. № 3. С. 72-74.

376. Малаканова В.П., Ломоновской Д.В., Ласкин Р.В., Таран Д.А., Вакуленко И.Н. На старте кукурузы. Фермерське господарство (газета). 2012.

№15(575). С. 18-19.

377. Макарчук С.М., Пльонсак В.А., Лотанюк С.В., Франков С.В. та ін. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів та рекомендації щодо захисту сільськогосподарських рослин від шкідників, хвороб та бурянів у господарствах Вінницької області у 2007 році. Вінниця, 2007. 99 с.

378. Климчук О.В. Кукурудза при монокультурі. *Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан і перспективи: Збірник матеріалів третьої міжвузівської науково-практичної конференції аспірантів 17-19 березня 2003 р*. Вінниця: ВДАУ. 2003. С. 114-115

379. Дишлева Г.В. Особливості формування врожаю зерна кукурудзи залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення в сівозміні. *Збірник наукових праць Уманського ДАУ*. 2007. Ч. 66. С. 15-23.

380. Твердохлеб А. Кукуруза и подсолнечник по No-till: 4 секрета, гарантирующих урожайность. *Зерно*. 2011. № 3. С. 56-58.

381. Петриченко В.Ф., Колісник С.І., Панасюк О.Я., Єрмолаєв М. М. Продуктивність кукурудзи залежно від глибини оранки на різних системах удобрення в Лісостепу України. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. 4(63). С. 3-8.

382. Губар О.В. Водний і поживний режими ґрунту в посівах розлусної кукурудзи залежно від способу основного обробітку та рівня мінерального живлення. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2008. № 33/34. С. 160-163.

383. Цицюрик О.І., Горобець А.Г., Горбатенко А.І. [та ін.]. Нульовий обробіток ґрунту пд. Кукурудзу в умовах Степу. *Агроном*. 2011. №4. С. 62-65.

384. Багринцева В.Н., Борщ Т.І., Шмалько І.А. Засміченість і врожайність кукурудзи при різній обробці ґрунту. *Агроном*. 2006. № 3. С. 132-133.

385. Любар В. Цінність – у простих речах. Передпосівний обробіток ґрунту як важливий чинник реалізації потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи. *Зерно*. 2014. №3(96). С. 90-91.

386. Пергаев О. Вредители сорговых культур. *Аграрний тиждень*. 2013. №31-32 (273). С. 15-16.

387. Paul Jean RENOUX. Технология выращивания кукурузы. *Зерно*. 2014. №2(95). С. 216-217.

388. Кордін О.І. Особливості появи сходів холодостійких гібридів кукурудзи за ранньої сівби. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2008. №33-34. С. 199-202.

389. Краснєнков С., Дудка М., Ісаєнко В., Березовський С., Ляшенко Н., Носов С. Коли розпочинати сіяти. Про терміни сівби кукурудзи на зерно в умовах північного Степу України. *Farmer*. 2014. №3(51). С. 47-48.

390. Красновський С. Рекомендації щодо строків сівби кукурудзи. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 138-140.

391. Федоренко В.П., Пащенко Ю.М. , Дудка Е.Л. Защита кукурузы при интенсивной технологии ее возделывания. *Агроном*. 2011. №4 (34). С. 74-83.

392. Бидова А.М., Кравченко Р.В. Сроки сева и поврежденность гибридов кукурузы чешуекрылыми вредителями. *Аграрная наука*. 2007. №5. С. 15-16.

393. Неверовська Т., Чайка В., Федоренко А. [та ін.]. Багатоїдні шкідники: прогноз розвитку на 2013. *Агробізнес сьогодні*. 2013. №7. С. 54-59.

394. Гречкосій В., Омеляненко В. Для сівби кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2013. № 4(251). С. 40-42.

395. Ковальчук І., Лук'янченко А. Гібриди кукурудзи та система захисту від компанії «Сингента» для різних ґрунтово-кліматичних зон України. *Famer the Ukrainian*. 2016. №1(73). С. 36-39.

396. Іващук П.В. Вплив погодно-кліматичних умов Західного Лісостепу на формування продуктивності гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2007. №8. С. 75-78.

397. Олексюк О.М., Філіпов Л.Г., Гришин О.М. Перспективи смугового розміщення культур на одному полі. *Хранение и переработка зерна*. 2007. №7. С. 28-30.

398. Гуменюк Л.В. Шкідники кукурудзи заходи захисту посівів культури від кукурудзяного стеблового метелика та інших фітофагів у Лісостепу України. *Агроном*. 2008. № 2. С. 150-153.

399. Півень А., Головашич О. Сійте кукурудзу в гребені. *Farmer*. 2009. №4. С. 48.

400. Центило Л.В. Продуктивність кукурудзи залежно від строку сівби на чорноземах типових. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 162. С. 69-74.

401. Семикін В., Пигорів І., Оксаненко І. Вирощувати кукурудзу на зерно цілком реально без гербіцидів. *Зерно і хліб*. 2010. № 4. С. 41.

402. Грабовський М. Сівба кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №18(217). С. 30-31.

403. Зуза В. Захист для кукурудзи. *Farmer*. 2015. №5(65). С. 56-57.

404. Кирпа М., Черчель В. Ми так і не отримуємо максимальної віддачі від нових гібридів кукурудзи. *Зерно і хліб*. 2010. № 1. С. 46-48.

405. Пащенко Ю.М. Вплив післяжнивних решток на формування густоти посіву, ріст і розвиток рослин і оптимізацію умов вирощування кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2008. Вип. 61. С. 25-31.

406. Крамарьов С. Захист кукурудзи на старті. *Farmer*. 2011. №11. С. 36-38.

407. Заверталюк В.Ф. Продуктивність сортів кукурудзи цукрової різних груп стиглості залежно від строків сівби. *Вісник Дніпропетровського держ. аграрного університету*. 2008. № 1. С. 15-17.

408. Дудченко В.І., Голуб С.М., Мороз О.С., Луцюк О.П.. Вплив строків сівби та густоти стояння рослин на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах західного Полісся. *Збірник наукових праць Волинського інституту агропромислового виробництва*. Луцьк, «Надстир'я». 2006. С. 112-117.

409. Єрмакова Л.М., Івановська Р.Т., Дем'янчук О.П. Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строку сівби. *Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН*. 2005. Вип. 1-2. С. 87-92.

410. Фадеев Л.В. Обязательное условие отборных семян – выполненность. *Насінництво*. 2014. № 4. С. 15-18.

411. Кирпа Н. За миг до посева (про качество семян). *Зерно*. 2011. №3.

С. 19-20.

412. Паламарчук В.Д., Доронін В.А., Колісник О.М., Алєксєєв О.О. Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика). Монографія. Вінниця: ТОВ «Друк». 392 с.

413. Кирпа М.Я. Зберігання та передпосівна підготовка насіння кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 8. С. 58-61.

414. Клименко А.М. Посівні якості та мікрофлора насіння кукурудзи за впливу препаратів захисної дії. *Агроекологічний журнал*. 2014. №1. С. 111-113.

415. Фадєєв Л. Пшениця та кукурудза: сини й пасинки на материнській рослині. *Агромаркет*. 2014. №4(61). С. 14.

416. Фадєєв О. Що посіємо? *Агромаркет. Ділова аграрна газета*. 2016. С. 28-29.

417. Жатов О.Г., Троценко В.І., Жатова Г.О. Способи підвищення якості насіння при зберіганні в передпосівний період. *Вісник Сумський національний аграрний університет*. 2005. №12(11). С. 36-39.

418. Гаврилюк М.М. Насінництво й насіннєзнавство польових культур. К.: Аграрна наука, 2007. 216 с.

419. Їжик М.К. Сільськогосподарське насіннєзнавство: Навч. посібник для підгот. фахівців з аграр. спец. у вищих аграр. закл. освіти III-IV рівнів акредитації. Харківський держ. аграрний ун-т ім. В.В.Докучаєва. Х., 2000. Ч. 1: Формування, будова та властивості насіння. 104 с.

420. Фадеев Л.В. Отборные семена на каждое поле (щадящая пофракционная технология Фадеева). *Насінництво*. 2014. № 3. С. 12-16.

421. Фадеев Л.В. Обязательное условие отборных семян – выполненность. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 178-180.

422. Кирпа М.Я. Якість насіння кукурудзи та методологія її визначення. *Образовательная публичная библиотека*. 2013. № 11. С. 37-40.

423. Кирпа М.Я. Визначення якості насіння кукурудзи та його підготовка до сівби. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 3. С. 18-22.

424. Кирпа М.Я., Скотар С.О. Крупність насіння кукурудзи та її агрономічне значення. *Селекція і насінництво*. 2008. Вип. 96. С. 35-39.

425. Кирпа М.Я. Теоретичне обґрунтування процесів післязбиральної обробки та методів контролю якості насіння кукурудзи. *Наук. пр.* Сімферополь, 2009. Вип. 127. С. 244–247.

426. Кирпа М.Я., Пащенко Н.О. Методи визначення схожості різноякісного насіння кукурудзи. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 60-62.

427. Фадеев Л.В. Щадящая нория – нория будущего. Насінництво. 2011. №9. С. 17-20.

428. Каленська С.М. Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння с-г культур: Навчальний посібник / За ред. С.М. Каленської. Вінниця.: ФОП Данилюк, 2011. 320 с.

429. Жатова Г.О. Загальне насіннєзнавство: навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2009. 273 с.

430. Фадеев Л.В. Кукуруза. Снизить травмирование – повысить

урожайность. *Чим хата багата*. 2010. № 11. С. 4.

431. Мокрієнко В.А. Захистимо кукурудзу від шкідливих організмів. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 6. С. 20-25.

432. Чернобай Л.М., Петренкова В.П., Фаррахова М.О. Фузаріозні хвороби кукурудзи та система захисту. *Агроном*. 2007. №1. С. 62-66.

433. Орлянский Н.А., Орлянская Н.А. Поведения кукурузы в условиях искуственного стресса, вызванного загущеним посевов. *Кукуруза и сорго*. 2005. № 4. С. 5-8.

434. Білоткач М. Оптимальна ширина міжрядь при вирощуванні кукурудзи. *Аграрний тиждень*. 2011. № 17. С. 6.

435. Андрієнко А., Романенко М. Густота як фактор продуктивності кукурудзи. *Пропозиція*. 2013. № 3. С. 60-63.

436. Андрієнко А., Романенко М. Густота як фактор продуктивності кукурудзи. *Фермерське господарство*. 2013. № 42. С. 18.

437. Скалій І.М. Особливості формування продуктивності зеленої маси рослин кукурудзи та сої залежно від густоти стояння. *Науковий вісник національного аграрного університету*. 2005. №84. С. 189-193.

438. Ткаліч Ю., Шевченко О., Матюха В., Кравець С. Кукурудза із різною шириною міжрядь. *Пропозиція*. 2013. № 5. С. 76-77.

439. Шабанов Е. Зернова кукурудза на крапельному. *Farmer*. 2013. № 1. С. 47-48.

440. Ткаліч Ю.І., Кравець С.С. Впровадження енергетичного способу контролювання бур'янів. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 124-126.

441. Панічев Р. Кукурудза трикутниками. *Агросектор*. 2004. № 3. С. 20-21.

442 Панічев Р. Технологію вузькорядного висівання кукурудзи трикутниками найкраще застосовувати на півдні України. *Зерно і хліб*. 2010. № 3. С. 49.

443. Ткаліч Ю.І., Кравець С.С. Енергетичний принцип контролювання бур'янів у посівах кукурудзи. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 2. С. 7-9.

444. Марков І. Здоров'я кукурудзи: ймовірна загроза вирощеному врожаю. *Пропозиція*. 2013. № 11. С. 86-89.

445. Марков І. Здоров'я кукурудзи: ймовірна загроза вирощеному врожаю. *Пропозиція*. 2013. № 12. С. 93-95.

446. Джура Н.М. Вплив екологічних чинників на поширення кукурудзяного стеблового метелика в агроценозах кукурудзи в умовах Вінницької області. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 7(47). С. 113-119.

447. Рибка В., Ляшенко Н.Як почувається, недавня «королева полів» у зоні Степу України? *Зерно і хліб*. 2007. №3. С. 42-45.

448. Дукач В.Н. Защита кукурузы от сорной растительности. *Агровісник Україна*. 2008. №4(27). С. 55-58.

449. Анішин Л. Урожай залежатиме від догляду за посівами. *Фермерське господарство (газета)*. 2012. № 22(582). С. 29.

450. Деревенець-Шевченко К., Шевченко О. Зернова кукурудза на крапельному. *Farmer*. 2013. № 1. С. 50-51.

451. Колісник О.М., Ватаманюк О.В., Колісник О.О. Стійкість самозапилених ліній кукурудзи до Ustilago zeae Beckm. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 8 (134). С. 28-30.

452. Баннікова К.В., Шевчук О.В. Пухирчаста сажка кукурудзи. *Карантин і захист рослин*. 2011. №4. С. 15-16.

453. Тимошенко С.П., Вечера О.М. Порівняльна характеристика протруювачів насіння. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 198-202.

454. Кирик Н., Пиковский М. Бурая пятнистость, или гельминтоспориоз кукурузы. *Овощеводств*о. 2011. № 5. С. 54-56.

455. Марков І. Діагностуємо хвороби кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 5. С. 22-24.

456. Грикун О. Хвороби кукурудзи. *Фермерське господарство (газ.)*. 2012. №37(597). С. 18-19.

457. Снігур Г., Поліщук В., Коваленко О. Віруси і вірусні хвороби кукурудзи та заходи боротьби з ними. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 116-119.

458. Патика В.П., Пасічник Л.А., Буценко Л.М. Бактеріальні хвороби зернових культур та заходи захисту від них. *Сучасні аграрні технології*. 2012. № 8/9. С. 39-44.

459. Душейко А., Каделя С. Кукурудза: поради практика. 2013. №2. С. 40-42.

460. Петренкова В., Красиловець Ю., Попов С., Авраменко С., Чорнобай Л. Що загрожує кукурудзі цього року. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 7 (48). С. 38-41.

461. Банникова К., Манжора О. Когда болит головня. Особенности развития болезней на зерновых культурах в сезоне-2015. *Зерно*. 2015. №12(117). С. 42-44.

462. Пінчук Н., Черчель В. Кукурудзяні хвороби літа – 2015. *Famer the Ukrainian*. 2015. №6(668). С. 86-89.

463. Марков І.Л. Діагностика хвороб кукурудзи та біоекологічні особливості їх збудників. *Агроном*. 2015. №3(49). С. 128-138.

464. Пиковский М., Кирик Н. Болезни кукурузы. *Настоящий хозяин*. 2010. №5. С. 54-57.

465. Кириченко В.В., Петренкова В.П. та ін. Шкідники та хвороби кукурудзи. *Посібник Українського хлібороба 2008*. К.: Вища школа, 2008. С. 14-23.

466. Литвиненко К.В. Розвиток хвороб та їх шкідливість залежно від видів та доз внесення добрив в північному Лісостепу України. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2008. №33-34. С. 208-210.

467. Баннікова К. Готуємося захищати кукурудзу. *Farmer*. 2013. №12 (49). С. 68-70.

468. Жирак-Петерсон Дженифер, Эксер Поль. Антракноз кукурудзы: новые исследования старой проблемы. *Зерно*. 2011. № 8. С. 84-93.

469. Цз. Цзинь, Кс. Лиу, П. Хэ. Кому принадлежит доминирующая роль в подавлении стеблевых гнилей кукурузы при применении хлористого калия: калию или хлору? *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 116-118.

470. Дудка Є.А., Пінчук Н.І., Панчик Л.І. Мікрофлора зерна кукурудзи. *Хранение и переработка зерна*. 2002. №8. С. 27-28.

471. Євтушенко М.Д., Лісовий М.П., Пантелєєв В.К., Слюсаренко О.М. Імунітет рослин. К.: Колобіг, 2004. 303 с.

472. МакМуллен Марсиа. Конечно, кукурудза есть. Да кто такую буде есть? *Зерно*. 2007. №7 (16). С. 87-89

473. Моісеєва М. Кукурудзяні пристрасті. *Пропозиція*. 2006. №11. С. 38-41.

474. Петренкова В.П. Фузаріозні хвороби кукурудзи. *Сельская жизнь в Украине*. 2006. №27. С. 7.

475. Кириченко В.В., Чернобай Л.М., Чупіков М.М. Селекція кукурудзи на стійкість проти основних хвороб. *Вісник аграрної науки*. 2005. №10. С. 36-39.

476. Іванов Г. Технологія вирощування цукрової кукурудзи. *Настоящий хозяин*. 2006. №5. С. 27-32.

477. Нетреба О.О., Лавриненко Ю.О. Мінливість збиральної вологості зерна самозапилених сімей кукурудзи, створених за участю ліній, різних за довжиною вегетаційного періоду. *Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений (Сборник тезисов 2-й международной конференции молодых ученых (19-23 мая 2003 года)*. Харьков, 2003. С. 194-195.

478. Чубко О. Кукурудза – культура кормова. *Агросектор*. 2007. №1. С. 24-25.

479. Галиакберов А.Г. Возделывание кукурузы на гребнях. *Кукуруза и сорго.* 2006. №5. С. 14-16.

480. Макарчук С.М., Пльонсак В.А., Телефус В.А., Латанюк С.В., Франков С.В., Борона В.Л., Буткалюк Т.О., Пінчук Н.В., Вергелес О.М. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів та рекомендації щодо захисту сільськогосподарських рослин від шкідників, хвороб та бур'янів у господарствах Вінницької області у 2009 році. Вінниця, 2009. 64 с.

481. Макаров С., Бондарев Є. Українські пристрої для збирання кукурудзи. *Техніка АПК*. 2004. № 6-7. С. 10-11.

482. Митрофанов О., Альохін А., Демидов С. Вдосконалена технологія вирощування кукурудзи на Півдні України без застосування гербіцидів. *Техніка АПК*. 2007. №10. С. 26-29.

483. Санін Ю.В., Санін В.А., Санін О.Ю. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Агроном*. 2015. № 4(50). С. 31-33.

484. Трибель С.О., Гетьман М.В., Бахмут О.О. Захист кукурудзи від шкідників. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 58-62.

485. Банникова К. Регулируем численность вредителей. *Зерно*. 2014. №2(95). С. 195-200.

486. Токар О.П., Орлова О.М. Прогноз фітосанітарного стану та рекомендації щодо захисту основних сільськогосподарських рослин у господарствах України в червні 2011 року. *Хімія. Агрохімія. Сервіс*. 2011. №6-7. С. 10-17.

487. Лісовий М.М., Чайка В.М. Ентомологічне різноманіття та його еколого-економічне значення. *Агроекологічний журнал*. 2007. №4. С. 18-24.

488. Байдак Г. Бавовникова совка – багатоїдний шкідник сільськогосподарських культур. *Зерно*. 2015. №7(112). С. 126-127.

489. Дрозда В.Ф., Кочерга М.О., Рябов Ю.Б. Оптимізація біологічного захисту кукурудзи від лускокрилих фітофагів. *Біоресурси і природокористування*. 2012. Том 4. №5-6. С. 60-66.

490. Конверская В. Уничтожает на стадии яйца. Применение трихоргмаммы на кукурузе. *Зерно*. 2015. №12(117). С. 86-90.

491. Банникова К. Кукурудза должна быть чистой. *Зерно*. 2015. №3(108). С. 186-190.

492. Круть М. Кукурудзяний метелик: небезпека та ефективні заходи захисту. *Пропозиція*. 2013. № 7. С. 96-97.

493. Круть М.В. Кукурудзяний метелик на полях України. *Хранение и переработка зерна*. 2006. №6. С. 19.

494. Гаврилюк В. Сахара слаще кукурудза. *Агровісник Україна*. 2007. №10. С. 21-26.

495. Цилюрик О. Без зайвих втрат. *Farmer*. 2015. №3(63). С. 44-46.

496. Зозуля О. Кукурудзяного стеблового метелика можна перемогти. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 14. С. 37.

497. Круть М.В. Ефективная борьба с кукурузным мотыльком. *Настоящий хозяин*. 2008. №4. С. 47-48.

498. Банникова К., Банникова А. Как обезопасить царицу полей? Вредители и болезни зерновой кукурузы, организация ее защиты в северной Лесостепи. *Зерно*. 2013. № 9 (90). С. 95-98.

499. Чайка В.М., Мельничук М.Д., Григорюк І.П., Білявський Ю.В. Вплив змін клімату на стан популяції стеблового (кукурудзяного) метелика (Ostrinia Nubilalis Hbn.) в агроценозах кукурудзяно-соєвого поясу Полтавської області. *Аграрна наука і освіта*. 2008. Том 9, №5-6. С. 51-60.

500. Гуляк Н.В. Стебловий кукурудзяний метелик. *Карантин і захист рослин*. 2013. №1. С. 1-3.

501. Баннікова К.В. Кондратенко Л.В. Прогноз поширення багатоїдних шкідників в Київські області. *Агроном*. 2011. № 1(31). С. 40-46.

502. Трибель С.О., Стригун О.О., Бахмут О.О., Бойко М.Г. Шкідники кукурудзи. К.: Колобіг, 2009. 52 с.

503. Борзих О.І., Скрипник Н.В., Філатова Н.К., Жуйборода О.В. Моніторинг західного кукурудзяного жука Diabrotica virgifera virgifera Le Conte. *Карантин і захист рослин*. 2013. №12. С. 17-20.

504. Банникова К. Совки тревоги нашей. Многоядный вредители в начале лета. *Зерно*. 2015. №6(111). С. 118-119.

505. Кроссон Ф., Туссен-Феррейроль Ж. Болезни кукурузы. *Зерно*. 2012. № 6. С. 62-63.

506. Фокін А. Система захисту кукурудзи від шкідників. *Пропозиція*. 2009. №4(166). С. 78-86.

507. Любович О.А., Лебідь Є.М., Шемавньов В.І., Дзюбецький Б.В. та ін. Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області. Дніпропетровськ, 2006. 422 с.

508. Циков В.С., Матюха Л.П., Ткаліч Ю.І. Ефективність засобів знищення бур'янів при вирощуванні кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2007. №7. С. 19-23.

509. Дидье Лассер. Направление в удобрении кукурудзы – локальное внесение азотных удобрений. *Зерно*. 2013. № 4. С. 80-82.

510. Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М. Вплив способів, строків і видів застосування мінеральних добрив на поживний режим ґрунту та продуктивність кукурудзи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2011. №1. С.76-80.

511. Філіп'єв І.Д., Гамаюнова В.В., Нікішенко В.Л. Ефективність зеленого добрива під кукурудзу в ланці зрошувальної сівозміни. *Таврійський науковий вісник*. 2007. № 54. С. 15-20.

512. Вильфрид Цорн. Диагностика симптомов истощения. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 40-48.

513. Марчук І.У., Ящєнко Л.А. Застосування тукосумішей в сільському господарстві України. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 30-34.

514. Балюк С.А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 6. С. 5-10

515. Ярошко М. Марганець та цинк значення мікроелементів у живленні рослин. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 30-32.

516. Гончаров А. Не сыпь мне соль на корень… Могут ли минеральные удобрения… навредить. *Зерно*. 2015. №6(111). С. 85-94.

517. Чумак В.С., Олексенко В.І. Ефективність удобрення кукурудзи в інтенсивній зерно просапній сівозміні. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 57-58.

518. Скрипник Л.Н., Подобед О.Ю. Влияние различных систем удобрений на накопление микроелементов растениями кукурузы и вынос их урожаем. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 26-28.

519. Бука А.Я., Дружченко А.В. Енергетична оцінка застосування добрив у Лівобережному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 3. С. 13-15.

520. Ярошко М. Принципи внесення мінеральних добрив та виявлення потреби в азоті. *Агроном*. 2011. № 3(33). С. 24-27.

521. Корнієнко С. І., Гончаренко В. Ю., Ходєєва Л. П., Гладкіх Р. П., Парамонова Т. В., Куц О. В., Горова Т.К., Кормош С. М., Гордієнко І. М., Колтунов В. А., Пащенко В. Ф., Іллюшенко Г. Я.: [за ред. докторів с.-г. наук В. Ю. Гончаренка і С. І. Корнієнка]. Удобрення овочевих та баштанних культур: Монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 370 с.

522. Марчук І.У., Макаренко В.М., Розстальний В.Є., Савчук А.В., Філонов Є.А. Добрива та їх використання довідник. Посібник українського хлібороба. Київ: «Академдрук». 2012. 348 с.

523. Грицаєнко З.М., Дімчев В.А. Новітні хелати мікроелементний комплекс «Аватар – 1». *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 48-49.

524. Пастернак В. Елементи мінерального живлення рослин. 2015, УкрАгроРесурс. 30 с.

525. Адаменко С.М., Машинник С.В. Застосовуйте «Нутрі вант Плюс™»

та отримуйте щедрий врожай кукурудзи. *Агроном*. 2008. № 2(20). С. 10-12.

526. Ямковий В. Добрива «Росток» ефективний спосіб забезпечення рослин кукурудзи та соняшнику поживними елементами. *Агроном*. 2014. № 2(44). С. 29.

527. Божеданевич Ю. Баланс важливіше максимуму. Агробізнес сьогодні. 2010. № 21/22(197). С. 36-37.

528. Іванчук М.Д. Мікродобрива «Нановіт» в системі живлення кукурудзи та соняшника. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 14-15.

529. Суворов М. Оптимізація мінерального живлення кукурудзи за використання біостимулятора Аппетайзер. *Famer the Ukrainian*. 2016. №6(78). С. 64-65.

530. Логінова І.В., Мартинюк О. С. Результати випробування композиційного азотного добрива пролонгованої дії з водоутримуючим ефектом у лабораторному досліді. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 9(49). С. 25-34.

531. Кутолей Д. Інновації від «Реакому». *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 28.

532. Крамарьов С.М., Шевченко М.С., Шевченко В.М. Позакореневе підживлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2000. № 12-13. С. 36-39.

533. Крамарьов С. Живлення через листок. *Farmer*. 2013. № 5. С. 38-40.

534. Городній М.М., Мельник С.І., Маліновський А.С. та ін. Агрохімія. К.: Алефа, 2003. 778 с.

535. Манько Ю.П., Литвиненко І.В. Вплив екологізації землеробства на баланс поживних речовин ґрунту в полі кукурудзи на зерно. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 162. С. 50-55.

536. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин: Підручник. Суми: Університетська книга, 2004. 463 с.

537. Краєвський А.М., Карпенко О.О., Суслов О.А., Мельничук Т.М., Пархоменко Т.Ю. Застосування мікроорганізмів комплексної дії при вирощуванні кукурудзи. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 143-149.

538. Синтия Грант (Cynthia Grant). Влияние удобрений на окружающую среду и безопасность пищевых продуктов. *Зерно*. 2015. №6(111). С. 102-107.

539. Санін Ю.В. Вітаміни для рослин! Максимальне розкриття потенціалу гібридів кукурудзи компанії «Монсанто» завдяки застосуванню позакореневого підживлення добривами «Басфоліар» компанії «Адоб». *Агроном*. 2011. № 4 (34). С. 28-29.

540. Корчагіна І. Польовий раціон для кукурудзи. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2011. № 5. С. 14-17.

541. Лихочвор В., Демчишин А. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. *Зерно*. 2015. №12(117). С. 112-116.

542. Доломанов О.М. Сучасні мікродобрива та інокулянти від ТОВ НВФ «Агро світ». *Зерно*. 2015. №3(108). С. 194.-195.

543. Гаврилюк В.А., Абрамович О.В., Повх О.В. Мікродобрива «Аватар-1» на варті вашого врожаю. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 40-41.

544. Драганчук М. Удобрення в спеку. *Farmer the Ukrainian*. 2016. №5(77). С. 16-17.

545. Кутолей Д.А., Шедей Л.А. Новые хелатирующие клмпозиции для некорневых подкормок растений мікроелементами. *Перлини степового краю. Матеріали другої регіональної науково-практичної агроекологічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених*. Миколаїв, 2009, 4-6 листопада. С. 30-33.

546. Йожеф Міхріна. Авейкен, ілд плюс, рут – комплексні препарати для позакореневого підживлення з ефектом стимуляції росту. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 26-27.

547. Білоконь О.А. Вплив застосування препаратів Віталист, Неофіт та Оазис на накопичення важких металів зеленою масою кукурудзи. *Агроекологічний журнал*. 2014. №2. С. 107-111.

548. Булыгин С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве. Дніпропетровськ, 2003. 78 с.

549. Карельсон О. Вирощуємо цукрову кукурудзу. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2011. № 3 (32). С. 30-32.

550. Радченко Л.А., Женченко К.Г. Популярно о микроминеральных удобрениях. *Агроном.* 2012. № 2(36). С. 26-28.

551. Усманов Т.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос, 2001. 224 с.

552. Балюк С.А., Фатєєв А.І. Наукові та технологічні основи управління мікроелементним живленням сільськогосподарських культур (наукоіва доповідь). Х.: КП «Міськдрук», 2012. 32 с.

553. Кутолей Д. Хелантні мікродобрива у питаннях та відповідях. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 24-25.

554. Гоголєв А.І., Черкашена Г.В. Вплив pH на засвоєння бору рослинами. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 36-39.

555. Богдан М.М. Взгляд на проблему: исследование роли макро- и микроэлементов в метаболизме растительных организмов. *Исследования в области естественных наук*. Август, 2012 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2012/08/1020

556. Матыченков В.В., Кособрюхов А.А., Шабнова Н.И., Бочарникова Е.А. Кремниевые удобрения как фактор повышения засухоустойчивости растений. *Агрохимия*. 2007. № 5. С. 63-67.

557. Рубец А., Демещук В. Генеральная уборка (Технический и технологический аспекты уборочной компании). 2015. № 2(107). С. 106-108.

558. Соколов В.М. Технологія вирощування та стислі характеристики кращих гібридів кукурудзи Селекційно-генетичного інституту. *Насінництво*. 2009. №4. С. 7-9.

ДОДАТКИ

Додаток А

Технологічна карта вирощування кукурудзи після пшениці озимої, 10 т/га

№ п/п	Найменування технологічних операцій	Одиниці виміру	Обєм робіт	Склад агрегату		Обслуговуючий персовал				Норма виробітку	Кіль-кість нормо-змін	Витрати пального	
						трактористи		роб. ручної праці					
				трактори	с/г машини	кількість	розряд	кількість	розряд			л/га	кількість, л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Основний обробіток грунту													
1.	Дискування на глибину 6-8 см	га	200	ХТЗ-17022	БДТ-7	1	4			56,6	3,5	3,50	700,0
2.	Навантаження мінеральних добрив	т	60	Case	ПС-0,5/0,8	1	5			162,0	0,4	0,32	19,2
3.	Внесенння мінеральних добрив	га	200	Case IH	МВУ-6		5			35,0	5,7	2,1	412,0
4.	Дискування на глибину 10-12 см	га	100	ХТЗ-17022	БДТ-7	1	5			25,0	4,0	10,0	1000,0
5.	Оранка на глибину 25-27 см	га	100	ХТЗ-17022	ПО-5	1	6			6,3	15,9	19,5	1950,0
	Всього										**29,5**		**4081,2**
Ранньовесняний обробіток грунту і сівба													
6	Ранньовесняне боронування	га	200	ХТЗ-17022	КШН-5,6	1	5			65,0	3,1	4,1	820,0
7	Погрузка насіння і добрив	т	42,5	Case IH	ПС-0,5/0,8	0	0	2	3	5,0	8,5	0,3	13,6
8	Транспорт. добрив і насіння в поле	т	42,5	Газ 53		1	2				3,3	0,6	26,4
9	Внесення добрив, 20 т	га	100	Case IH	МВУ-6	1	4			30,1	3,3	2,1	210,0
10	Внесення грунтового гербіциду	га	100	Case IH	ОПШ-3524	1	6			31,9	3,1	1,6	320,0
11	Передпосівний обробіток	га	100	ХТЗ-17022	АП-6	1	5			25,0	4,0	4,2	420,0
12	Сівба з внесенням добрив, 1ц/га	га	100	Case IH	ВЕГА 8	1	5	2	4	13,2	7,6	2,4	240,0
	Всього										**32,9**		**2050,0**
13.	Транспортування гербіцидів в поле	т	0,075	Mitsubishi L200				1			6,3	0,1	10,0
14.	Транспортування води 2р	т	30	Case IH	РЖТ-4	1	4				6,3	0,4	100,0

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Догляд за посівами													
15.	Внесення гербіцидів	га	100	Case IH	ОПШ-3524	1	6			31,9	3,1	1,6	160,0
	Всього										**15,7**		**270,0**
Збирання урожаю													
16.	Обмолот прямим комбайнув	га	100	John Deere		1	6			11,2	8,9	22,3	2230,0
17.	Транспортування урожаю	т	1000	КРАЗ		1				78,4	12,8	0,5	500,0
18.	Сушіння зерна (послуги)	т	1000	ел. Двиг.	КЗС-40								
	Всього										**21,7**		**2730,0**
	Разом										**99,8**		**9131,2**

Витрати ресурсів

№ з/п	Матеріали	Од. виміру	Кількість
	1. Мінеральні добрива		
1.1.	Суперфосфат, 3 ц/га	**т**	**30**
1.2.	Калій хлористий,3 ц/га	**т**	**30**
1.3.	КАС, 4 ц/га	**т**	**40**
1.4.	Нітроамофоска, 1 ц/га	**т**	**10**
	2. Засоби захисту рослин		
2.1.	Майстер, 0,15 кг/га	**кг**	**15**
2.2.	Тренд-90, 0,2 л/га	**л**	**20**
2.3.	Харнес, 3 л/га	**л**	**300**
	3. Насіння	**п. о.**	**1,2**
	4. Пальне	**л**	**9131**

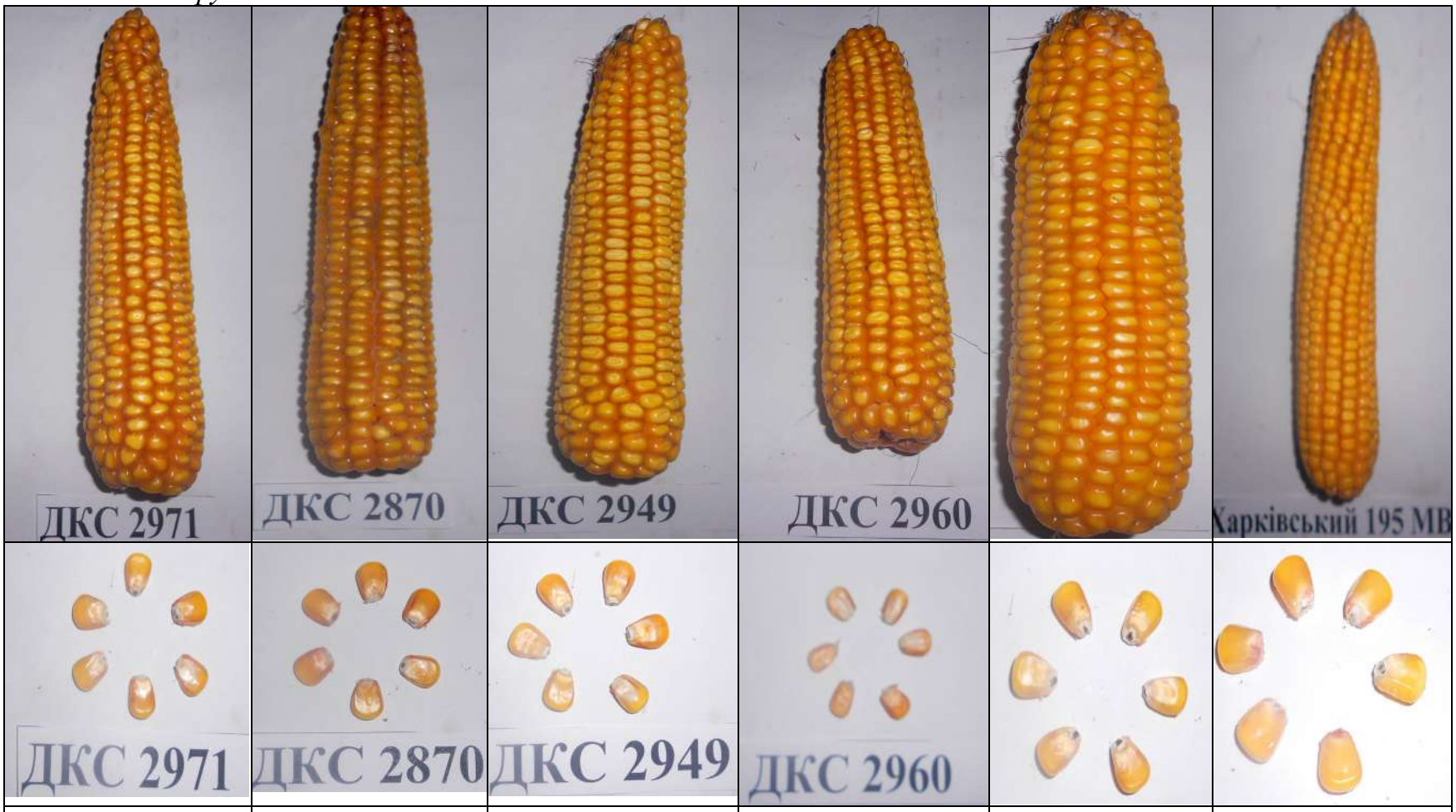
Захист рослин
1. Внесення гербіцидів - Харнем (3 л/га) під передпосівну культивацію; **2. Майстер (150 г/га+тренд 90 (200 мл/га)в фазу 5-7 листків**

Удобрення
1. КАС, 2 + Суперфосфат, 3+ калімагнезія, 3 ц/га восени під оранку. **2. КАС, 2 ц/га під передп. культивацію.** **3. Нітроамофоска, 1 ц/га в рядки при сівбі.**

Додаток Б

Морфологічні особливості качанів та зернівок досліджуваних гібридів кукурудзи

Ранньостигла група:

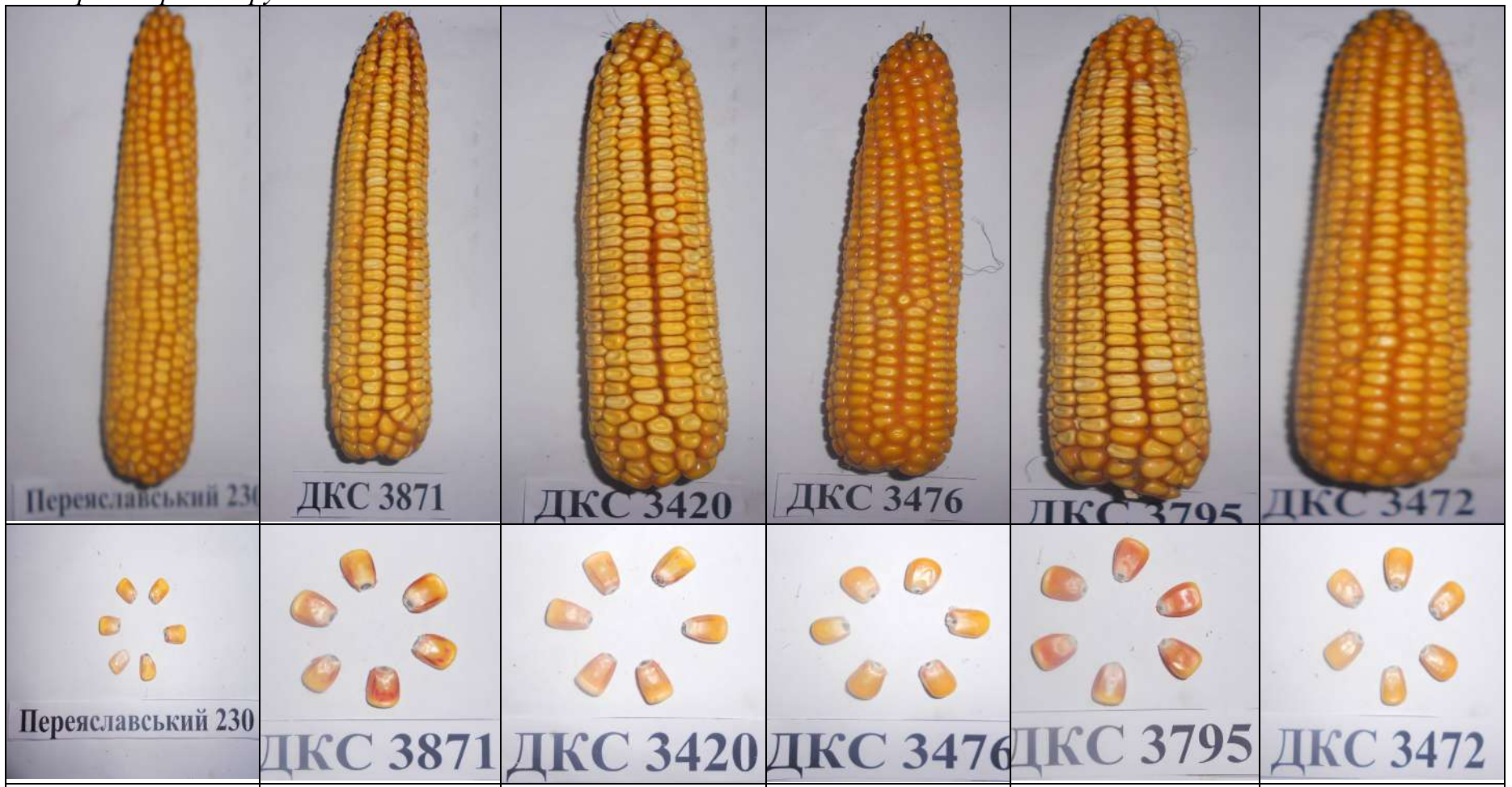


DKC 2971 (ФАО 200) (st)	DKC 2870 (ФАО 210)	DKC 2949 (ФАО 190)	DKC 2960 (ФАО 250)	DKC 2787 (ФАО 190)	Харківський 195 МВ (ФАО 190)

Додаток Б1

Морфологічні особливості качанів та зернівок досліджуваних гібридів кукурудзи

Середньорання група:



Переяславський 230 СВ (ФАО 230)	DKC 3871 (ФАО 280) (st)	DKC 3420 (ФАО 280)	DKC 3476 (ФАО 260)	DKC 3795 (ФАО 250)	DKC 3472 (ФАО 270)

Додаток Б₂

Морфологічні особливості качанів та зернівок досліджуваних гібридів кукурудзи

Середньостигла група:

ДКС 4626 (ФАО360)	ДКС 4964 (ФАО 390)	ДКС 3511 (ФАО 330)	ДК 391 (ФАО 320)	ДК 440 (ФАО350)	ДК 315 (ФАО 310) (st)	ДКС 4082 (ФАО 330)

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Підписано до друку 02.09.2022
Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Друк цифровий. Гарнітура Times new roman.
Умовних друкованих аркушів 24,13 Наклад 100 прим.
Зам. № 0209 від 02.09.2022
Видавець ТОВ «Друк»
Реєстраційне свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців серія ДК №5909 від 18.09.2017 р.
Віддруковано з оригіналу макету замовника в ТОВ «Друк»
м. Вінниця, вул. 600-річчя, 25, 21027.