

УДК 633.15:620.952(477.4+292.485)
DOI:10.37128/2707-5826-2024-1-2

**ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА
ЗЕРНОВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ
ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ
ПРИДАТНИХ ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ**

В.Д. ПАЛАМАРЧУК, доктор с.-г. наук,
доцент

В.Ю. КРИЧКОВСЬКИЙ, доктор
філософії з агрономії

В статті представлені результати вивчення впливу строків сівби на формування елементів структури врожаю, продуктивність та вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Дослідження проводились в умовах ТОВ «Органік-Д» с. Сутиски Вінницької області на протяжі 2021-2022 рр. Ґрунти дослідної ділянки сірі лісові із середньо-суглинковим механічним складом та слабо кислою реакцією ґрунтового розчину. Вміст основних елементів живлення типовий для даного типу ґрунту. В дослідженнях використовували гібриди кукурудзи Амарос (ФАО 230), Каньйонс (ФАО 230), Р9071 (ФАО 280), Богатир (ФАО 290), Р9170 (ФАО 320) та Буріто (ФАО 390) різних груп стиглості за використання трьох строків сівби залежно від температури ґрунту на глибині загортання насіння ранній – +6-8°C, середній – +8-10°C та пізній – +10-12°C. Встановлено, що елементи структури врожаю досліджуваних гібридів кукурудзи залежали від генетичних особливостей кожного гібриду та змінювалися в залежності від застосування різних строків сівби. Найкращі умови для формування продуктивності досліджуваних гібридів кукурудзи за надходженням і розподілом теплових ресурсів та вологи склалися в 2021 році в порівнянні із 2022 роком, що в кінцевому результаті вплинуло на накопичення крохмалю у зерні та рівень урожайності. Найвище значення довжини качана, кількості зерен з качана, ваги зерна із одного качана, маси 1000 зерен отримано, в середньому по досліді, за використання ранньої сівби – 18,9 см, 469,5 шт., 149,2 г, 276,1 г, тоді як застосування середнього строку сівби забезпечило довжину качана на рівні 18,3 см, 455,8 шт., 140,7 г, 261,5 г а пізнього – 17,9 см, 419,2 шт., 128,5 г, 254,1 г, відповідно. Застосування раннього строку сівби (за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +6-8°C) дозволило сформувати урожайність, в середньому за роки досліджень, на рівні 7,87 т/га, середнього (за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +8-10°C) – 7,23 т/га та пізнього (за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +10-12°C) – 6,60 т/га. Застосування ранніх строків сівби сприяло формуванню кількості крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи на рівні 71,33 %, середніх – 71,84 % та пізніх – 72,54 %. Тобто, запізнення з проведенням строків сівби від ранніх до пізніх в деякій мірі підвищує накопичення крохмалю у зерні, але за рахунок зменшення урожайності загальний вихід крохмалю у таких посівів менший ніж у ранніх. Запізнення з строками сівби призводить до зменшення виходу крохмалю із одиниці площі на 0,415-0,829 т/га, в порівнянні з ранніми строками сівби.

Ключові слова: зерно, біопаливо, біоетанол, гібрид, структура врожаю, урожайність, крохмаль, строк сівби.

Табл. 3. Літ. 15.

Постановка проблематики досліджень. Вирощування кукурудзи є запорукою не лише продовольчої, але і енергетичної безпеки України. За умови істотного зростання виробництва продукції даної культури існує реальна можливість переробки її в якості сировини для виробництва альтернативних джерел енергії (біоетанолу та біогазу). Одним із чинників зростання продуктивності кукурудзи є оптимізація строків її сівби в конкретних ґрунтово-кліматичних зонах.

Особливої актуальності дане питання набуває в умовах зміни клімату, високої вартості традиційних видів палива та зростання асортименту нових гібридів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В зерновому господарстві України кукурудзі відводиться пріоритетна роль, оскільки вона є зернофуражною та продовольчою культурою і може розглядатися за зростання урожайності як сировина для виробництва біопалив (біоетанолу та біогазу). В Світі Україна відноситься до найбільших експортерів зерна даної культури. Один із шляхів диверсифікації вирощування кукурудзи є реалізація на світовому ринку не зерна, а наприклад крохмалю, або біоетанолу [1].

Це досить легко можна зробити, оскільки площі кукурудзи в Україні досить значні, і згідно даних статистичної звітності в 2021 році складали 5,5 млн. га, що є досить значна частка структурі посівних площ. Звичайно військова агресія росії проти України, зростання вартості засобів інтенсифікації, збільшення затрат на досушування проблеми із енергетичними ресурсами які необхідні на досушування зерна внесли свої корективи у площу посіву кукурудзи і в 2022 році вона зменшилась до 4,267 млн. га [2].

Варто відмітити, що потенціал урожайності сучасних гібридів кукурудзи за умови використання новітніх підходів до технології вирощування та біокліматичного потенціалу ґрунтово-кліматичних зон України дозволяє отримувати 10-16 т/га зерна та 50-80 а то і більше т/га силосної маси [3, 4].

Основним завданням сьогодні в сучасних технологіях вирощування є скорочення розриву між виробничою та генетичною продуктивністю рослин кукурудзи [4]. Важливість вирощування кукурудзи полягає ще і у тому, що її продукція для народного господарства України немає альтернативи, особливо для галузі тваринництва, харчової, медичної та енергетичної промисловості [1, 5]. Використання кукурудзи стосується виготовлення борошна, круп, патоки, різних напоїв в тому числі й пива, пластівців, спириту етилового, фітину декстрину, гідролу, харчового крохмалю, глюкози, меду, поп-корну та іншої продукції [1].

За урожайністю кукурудза знаходиться на одну із перших місць серед зернових культур, зерно має високий вміст крохмалю та досить сприятливе співвідношення між амілазою та амілопектином, силосна маси характеризується значним вмістом сухої речовини, високим показником вуглеводневого складу та має досить не поганий вміст сирого протеїну, що дозволяє рекомендувати її як сировину для виробництва біогазу та біоетанолу [1, 4]. Крім того і біологічні особливості кукурудзи в умовах зміни клімату, що практично зняло проблему забезпечення кукурудзи теплом та дозволило вирощувати її на всій території України [6], високий попит на світовому ринку сприяють її поширенню в структурі посівних площ зернових культур України [4].

Фотосинтез у кукурудзи, в умовах глобального потепління дозволяє рослинам навіть за зростання температури ефективно поглинати вуглець з повітря та утворювати органічну речовину в значній кількості. Сприяє цьому метаболізм C_4 типу фотосинтезу, який характерний для кукурудзи, сорго та цукрової тростини,

який збільшує кількість засвоєння CO₂ та урожайність органічної речовини. За рахунок зменшеного фотодихання рослини C₄ типу фотосинтезу мають можливість «економити» значну частину енергії, яка формується в процесі фотосинтезу особливо за нормального функціонування в умовах високих температур. Дані культури, при цьому, ефективно використовують вологу та азот [1, 7, 8]

Кукурудза, як типовий представник C₄ типу фотосинтезу тропічного походження здатна краще використовувати світло завдяки можливості фіксації CO₂ однією молекулою з чотирма атомами вуглецю [1, 9], навіть за температури повітря +35-40°C [10]. Сьогодні можна відмітити деякий спад виробництва кукурудзи в Україні причиною чого стали економічні чинники, зокрема порушення паритету цін зерна та засобів виробництва та необхідність значних затрат на досушування [1, 10]. В свою чергу використання оптимальних строків сівби не потребує затрат на впровадження даного елементу технології та є досить ефективним в умовах економії енергетичних та грошових ресурсів. разі Наукове обґрунтування строків сівби кукурудзи набуває особливого значення під час розробки інтенсивної технології вирощування [11].

Для вирощування кукурудзи правильний вибір термінів сівби це один із основних факторів майбутньої урожайності зерна та силосної маси. Сьогодні у науковому крузі вчених немає єдиного підходу щодо оптимального строку сівби. Є рекомендації, як більш ранніх, в порівнянні з оптимальними, так і більш пізніх строки сівби [7, 10].

Згідно даних Яноша Надь [12] запізнення із сівбою кукурудзи, навіть на один день, може викликати зниження урожайності на 1 %, частки качанів в масі рослин – на 0,5 %, сухої речовини – на 0,3-0,5 %. Крім того за відхилення строків сівби кукурудзи в межах одного дня часто викликає розрив контакту первинної кореневої системи із доступною ґрунтовою вологою, у зв'язку із випаровуванням води із верхніх шарів ґрунту набагато швидше ніж формується коренева система рослин [7, 10].

Правильний вибір строків сівби визначають такі чинники, як тепло- та вологозабезпеченість (особливо на перших етапах вегетації), інтенсивність наростання температури ґрунту та повітря, строки і частота заморозків (осінніх та весняних), фотоперіодизм, генетичні особливості конкретного гібриду, фітосанітарні умови тощо у фазі проростання [10, 12, 13].

Строки сівби визначають повноту та дружність сходів їх своєчасність і особливо рівень продуктивності за ефективного використання біокліматичного потенціалу зони розташування господарства.

В зв'язку із цим дослідження в даному напрямі є актуальними, практичними та необхідними.

Метою досліджень було вивчення впливу строків сівби на формування зернової продуктивності сучасних гібридів кукурудзи та вивчення якості отриманої продукції з можливістю переробки її на біоетанол.

Матеріал та методика проведення досліджень. Дослідження проводили

впродовж 2021-2022 рр. в умовах ТОВ «Органік-Д» смт. Сутиски на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах.

Кліматичні умови зони досліджень сприятливі для вирощування усіх сільськогосподарських культур в тому числі і кукурудзи. Гідротермічні умови характеризуються теплим помірним кліматом з нестійким сніговим покривом зимою. В 2021 році в період оптимальних строків сівби було добре забезпечення вологою, що сприяло отриманню дружніх сходів. В 2022 році кліматичні умови характеризувалися збільшенням температурних режимів та нерівномірним розподілом вологи в період вегетації кукурудзи, що в кінцевому результаті негативно вплинуло на урожайність.

Ґрунт дослідної ділянки характеризується такими показниками: гумусу (за Тюрінім) – 1,9-2,11%, легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 74,5–97,2 мг/кг ґрунту, рухомих форм фосфору (за Кірсановим) – 109-124, обмінного калію (за Кірсановим) – 140-154 мг/кг ґрунту, рНсол – 5,1-5,5.

В дослідженнях використовували три строки сівби, залежно від температури ґрунту на глибині загортання насіння ранній – +6-8°C, середній – +8-10°C та пізній – +10-12°C.

Посівна площа ділянки – 25 м², облікова – 10,5 м². Повторність у досліді 3-разова. Для досліду використовували гібриди Амарос (ФАО 230), Каньйонс (ФАО 230), Р9071 (ФАО 280), Богатир (ФАО 290), Р9170 (ФАО 320) та Буріто (ФАО 390).

Технологія вирощування загальноприйнята для зони Лісостепу за винятком досліджуваних елементів (строку сівби).

Попередник кукурудзи – морква. Після збирання попередника проводили та оранку на глибину 20-22 см. Передпосівний обробіток ґрунту включав ранньовесняне боронування та культивування на глибину 8-10 см.

Сівбу гібридів кукурудзи проводили, відповідно до схеми досліду, сівалкою Джон Дір із густотою стояння 75 тис. шт. /га на глибину 7-8 см. Система захисту містила внесення гербіцидів Харнес, Маро, Гроділ Максі, Пріма.

Облік урожаю зерна кукурудзи проводили вручну з кожної ділянки збиранням по 10 качанів і зважуванням зерна [14]. Статистичний аналіз отриманих експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу за допомогою прикладних комп'ютерних програм Agrostat [15].

Виклад основного матеріалу досліджень. Результатами проведених досліджень відмічена важливість для майбутньої продуктивності формування структури врожайності, кількості рядів зерен та зерен в ряді, маси 1000 зерен та інші. Обмеження формування одного елементу структури веде до загального зниження продуктивності. На важливість даних елементів для зернової продуктивності вказує в своїх дослідженнях Р.А. Вожегова, Ю.О. Лавриненко, Т.Ю. Марченко та ін. [4].

Характеристику досліджуваних гібридів кукурудзи за елементами структури врожаю залежно від строків сівби представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Характеристика структури врожаю гібридів кукурудзи залежно від
строків сівби, (середнє за 2021-2022 рр.)**

Гібриди кукурудзи (Фактор А)	Строки сівби (Фактор В)	Довжина качана, см	Кількість зерен з качана, шт.	Вага зерна з одного качана, г	Маса 1000 насінин, г
Амарос (ФАО 230)	ранній*	18,7	474	135,76	266,5
	середній**	18,1	438	129,81	252,7
	пізній***	17,2	382	116,95	245,4
Каньйонс (ФАО 230)	ранній*	17,8	410	131,56	264,8
	середній**	17,1	395	119,25	255,3
	пізній***	16,9	378	110,48	249,5
Р9071 (ФАО 280)	ранній*	19,3	477	154,26	272,8
	середній**	18,4	469	147,33	257,7
	пізній***	18,2	398	125,18	250,9
Богатир (ФАО 290)	ранній*	18,7	475	149,62	276,2
	середній**	17,9	467	140,59	268,7
	пізній***	17,5	405	130,35	261,2
Р9170 (ФАО 320)	ранній*	19,5	492	164,72	288,5
	середній**	19,2	486	155,69	264,8
	пізній***	18,7	477	144,75	257,4
Буріто (ФАО 390)	ранній*	19,2	489	159,47	287,8
	середній**	19,0	480	151,28	269,5
	пізній***	18,9	475	143,55	260,3

Примітка: * – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +8°C;
** – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +10°C;
*** – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +12°C.

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень

Із даних таблиці один видно, що довжина качана залежала від генетичних особливостей гібриду, і коливалася в середньому за два роки у ранньостиглих форм Амарос від 17,2 до 18,7 см, Каньйонс – 16,9-17,8 см, середньоранніх Р9071 – 18,2-19,3 см та Богатир – 17,5-18,7 см, середньостиглих – Р9170 – 18,7-19,5 см та Буріто – 18,9-19,2 см. При цьому зростання довжини у гібридів середньостиглої групи становило 1,45 см та середньоранньої на 0,70 см в порівнянні із ранньостиглою групою досліджуваних гібридів (17,63 см).

Що стосується строків сівби, то найвище значення довжини качана отримано середньому по досліді за використання ранньої сівби – 18,9 см, тоді як застосування середнього строку сівби забезпечило довжину качана на рівні 18,3 см, а пізнього – 17,9 см. Найбільшу кількість зерен з качана у досліджуваних гібридів кукурудзи отримано за використання раннього строку сівби (за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +8°C) – 469,5 шт., тоді як за використання середнього строку сівби вона становила – 455,8 шт., а запізнення з сівби забезпечувало найменше значення даного показника – 419,2 шт.

В розрізі гібридів, які вивчалися в середньому за роки досліджень,

найбільшою кількістю зерен із качана характеризувалися гібриди із тривалим вегетаційним періодом, зокрема у групі середньостиглих гібридів вона склала Р9170 (ФАО 320) – 485,0 шт., та Буріто (ФАО 390) – 481,3 шт., тоді як у середньоранніх гібридів Р9071 (ФАО 280) – 448,0 шт. та Богатир (ФАО 290) – 449,0 шт., а у ранньостиглих Каньйонс (ФАО 230) – 394,3 шт. та Амарос (ФАО 230) – 431,3 шт.

Подібну тенденцію впливу досліджуваних чинників встановлено на прояв ознаки «вага зерна із одного качана». Досліджувані гібриди відрізнялися за значенням маси зерна із качана, у Амарос (ФАО 230) вона становила 127,5 г, Каньйонс (ФАО 230) – 120,4 г, Р9071 (ФАО 280) – 142,3 г, Богатир (ФАО 290) – 140,2 г, Р9170 (ФАО 320) – 155,1 г та Буріто (ФАО 390) – 151,4 г. Найвище значення маси зерна із одного качана забезпечує ранній строк сівби досліджуваних гібридів кукурудзи – 149,2 г, тоді як за середнього воно становило – 140,7 г, а за пізнього – 128,5 г. Маса 1000 зерен у досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому за роки досліджень, за використання раннього строку сівби склала – 276,1 г, середнього 261,5 г та пізнього – 254,1 г. Найбільше значення маси 1000 зерне відмічене у гібридів середньостиглої групи – Р9170 (ФАО 320) – 270,2 г та Буріто (ФАО 390) – 272,5 г, найменше у ранньостиглих гібридів Амарос (ФАО 230) – 254,9 г та Каньйонс (ФАО 230) – 256,5 г. Зростання маси 1000 зерне у гібридів із більш тривалим вегетаційним періодом склало 15,4-17,7 г, в порівнянні із ранньостиглою групою гібридів.

Отже, в цілому варто відмітити, що запізнення із проведенням сівби може негативно вплинути на формування елементів структури врожаю досліджуваних гібридів кукурудзи.

Нами встановлено, що формування урожайності досліджуваних гібридів кукурудзи істотно залежало від різних строків сівби (табл. 2). Із даних таблиці 2 видно, що урожайність зерна досліджуваних гібридів кукурудзи змінювалась в залежності від кліматичних умов, року. Зокрема у 2021 році в середньому по досліді урожайність становила 7,83 т/га, а в 2022 році за рахунок погіршення розподілу вологи в період вегетації кукурудзи та високих температурних показників вона знизилась і становила 6,63 т/га. На формування продуктивності істотний вплив здійснювали і генетичні особливості гібридів, рівень урожайності у групі ранньостиглих гібридів, в середньому за два роки досліджень склав Амарос – 6,27 т/га та Каньйонс – 6,05 т/га, середньоранніх: Р9071 – 6,67 т/га та Богатир – 7,96 т/га, середньостиглих: Р9170 – 9,04 т/га та Буріто – 7,42 т/га. Тобто використання гібридів середньостиглої групи в умовах господарства дозволяє отримувати додатково 1,15-2,99 т/га зерна в порівнянні із ранньостиглою групою. Варто відмітити залежність рівня урожайності та строків проведення сівби, зокрема застосування раннього строку сівби (за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +6-8°C) дозволило сформувати урожайність, в середньому за роки досліджень, на рівні 7,87 т/га, середнього (за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +8-10°C)

Таблиця 2

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від строків сівби
(за 2021-2022 рр.), т/га

Гібриди кукурудзи	Строки сівби	Урожайність зерна		
		2021 р.	2022 р.	Середнє за 2021-2022 рр.
Амарос (ФАО 230)	ранній*	7,81	6,34	7,08
	середній**	6,79	5,55	6,17
	пізній***	5,83	5,29	5,56
Каньйонс (ФАО 230)	ранній*	7,53	6,11	6,82
	середній**	6,56	5,43	6,00
	пізній***	5,62	5,04	5,33
Р9071 (ФАО 280)	ранній*	8,12	6,71	7,42
	середній**	7,65	5,84	6,75
	пізній***	6,22	5,46	5,84
Богатир (ФАО 290)	ранній*	8,85	8,11	8,48
	середній**	8,32	7,59	7,96
	пізній***	8,04	6,87	7,46
Р9170 (ФАО 320)	ранній*	10,09	8,51	9,30
	середній**	9,62	8,35	8,99
	пізній***	9,33	8,31	8,82
Буріто (ФАО 390)	ранній*	9,04	7,23	8,14
	середній**	8,47	6,62	7,55
	пізній***	7,09	6,04	6,57
НІР ₀₅ , т/га	Фактор А	0,41	0,30	—
	Фактор В	0,44	0,35	
	Взаємодія	0,51	0,48	
	АВ			

Примітка: * – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +6-8°C;

** – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +8-10°C;

*** – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +10-12°C.

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень

– 7,23 т/га та пізнього (за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +10-12°C) – 6,60 т/га.

Отже, використання ранніх строків сівби дозволяє отримувати на 0,64-1,28 т/га більшу урожайність в порівнянні із середнім та пізнім строком сівби.

Крім урожайності для виробництва біоетанолу важливе значення має хімічний склад зерна, зокрема вміст у ньому крохмалю, адже саме крохмаль визначає вихід палива із одиниці продукції. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи є досить високим і може коливатися в межах 60-85%. Переробляючи зерно кукурудзи в Україні із 10 млн. тон можна щорічно отримувати біля 4 млн. тон біоетанолу [1, 7, 10].

Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежить від багатьох чинників, зокрема, біологічних особливостей конкретного гібриду та його групи стиглості, гідротермічних умов вирощування та елементів технології вирощування.

У таблиці 3 представлені результати вивчення впливу строків сівби гібридів кукурудзи на формування вмісту крохмалю у зерні.

Таблиця 3

**Вміст та вихід крохмалю у гібридів кукурудзи залежно від строків сівби, %
(середнє за 2021-2022 рр.)**

Гібриди кукурудзи	Строки сівби	Вміст крохмалю в АСР, %	Вихід крохмалю, т/га
Амарос (ФАО 230)	ранній*	69,38	4,909
	середній**	69,54	4,291
	пізній***	70,65	3,928
Каньйонс (ФАО 230)	ранній*	70,13	4,783
	середній**	70,56	4,230
	пізній***	71,45	3,808
Р9071 (ФАО 280)	ранній*	71,75	5,320
	середній**	72,38	4,882
	пізній***	72,95	4,260
Богатир (ФАО 290)	ранній*	71,85	6,093
	середній**	72,23	5,746
	пізній***	72,97	5,440
Р9170 (ФАО 320)	ранній*	72,49	6,742
	середній**	73,31	6,587
	пізній***	73,52	6,484
Буріто (ФАО 390)	ранній*	72,38	5,888
	середній**	73,01	5,509
	пізній***	73,69	4,838

Примітка: * – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +8°C;

** – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +10°C;

*** – за температури ґрунту (РТГ) на глибині загортання насіння +12°C.

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень

Вміст крохмалю залежав від генетичних особливостей гібриду, і в середньому за роки досліджень склав Амарос – 69,86 %, Каньйонс – 70,71 %, Р9071 – 72,36 %, Богатир – 72,35 %, Р9170 – 73,11 % та Буріто – 73,03 %. Варто відмітити зростання кількості крохмалю (на 2,31-3,25 %) у гібридів із більш тривалим вегетаційним періодом, в порівнянні із ранньостиглими формами.

Застосування ранніх строків сівби сприяло формуванню кількості крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи на рівні 71,33 %, середніх – 71,84 % та пізніх – 72,54 %. Тобто, запізнення з проведенням строків сівби від ранніх до пізніх в деякій мірі підвищує накопичення крохмалю у зерні, але за рахунок зменшення урожайності загальний вихід крохмалю у таких посівів менший ніж у ранніх (див. табл. 3). Вихід крохмалю, у середньому за роки досліджень, становив у гібриду Амарос – 4,376 т/га, Каньйонс – 4,274 т/га, Р9071 – 4,821 т/га, Богатир – 5,760 т/га, Р9170 – 6,604 т/га та Буріто – 5,411 т/га.

Застосування ранніх строків сівби забезпечило у досліджуваних гібридів в середньому за два роки вихід крохмалю 5,622 т/га, середніх – 4,274 т/га та пізніх –

4,793 т/га. Тобто, запізнення з строками сівби призводить до зменшення виходу крохмалю із одиниці площі на 0,415-0,829 т/га, в порівнянні з ранніми строками сівби.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Встановлено, що формування елементів структури врожаю кукурудзи істотно залежно від біологічних особливостей гібриду а використання ранніх строків сівби досліджуваних гібридів різних груп стиглості забезпечує найкращі параметри структури врожаю (довжина качана – 18,9 см, кількість зерен з качана – 469,5 шт., вага зерна із одного качана – 149,2 г та масу 1000 зерен 276,1 г).

Застосування раннього строку сівби дозволяє отримувати на 0,64-1,28 т/га більшу урожайність в порівнянні із середнім та пізнім строком сівби досліджуваних гібридів кукурудзи. Вміст крохмалю зростав на 2,31-3,25 % у гібридів із більш тривалим вегетаційним періодом, в порівнянні із ранньостиглими формами. Застосування ранніх строків сівби сприяло формуванню кількості крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи на рівні 71,33 %, середніх – 71,84 % та пізніх – 72,54 %. Запізнення із строками сівби призводить до зменшення виходу крохмалю із одиниці площі на 0,415-0,829 т/га, в порівнянні з ранніми строками сівби.

Список використаної літератури

1. Калетнік Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В., Ємчик Т.В., Телекало Н.В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю.В., 2021. 260 с.
2. Вернера І.Є. Статистичний щорічник України. Державна служба статистики України. Київ, 2022. 438 с.
3. Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Забара П.П. Селекційні надбання та їх роль в стабілізації виробництва зерна кукурудзи в Україні. *Міжнародний тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство»*. 2019. Вип. 72. С. 160-174. DOI:<http://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.21>.
4. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Бояркіна Л.В., Шарій В.О., Біднина І.О. Порівняльний аналіз формування врожайності гібридів кукурудзи різних груп ФАО за краплинного зрошення. *Аграрні інновації*. 2023. №18. С. 24-31. DOI:<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.3>.
5. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Забара П.П. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від елементів технології за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 91–99. DOI:<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14>.
6. Адаменко Т. Особливості погодних умов весняного періоду 2015 р. *Агроном*. 2015. № 2 (48). С. 18-19.
7. Паламарчук В.Д., Колісник О.М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с.

8. Степаненко М.В., Грабовський М.Б. Вплив системи удобрення на лінійні розміри рослин кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 104-109. DOI: <https://doi.org/10.32848/agr.ar.innov.2023.21.16> <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/issue/view/21>.

9. Ярошко М., Штангела Й. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. *Агроном*. 2012. № 2 (36). С. 138-140.

10. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ТОВ Друк. 2020. 536 с.

11. Влащук А., Прищепко М., Желтова А. Цариця полів. Чинники урожайності. *Farmer*. 2017. №3 (87). С. 12-13.

12. Надь Янош. Кукурудза. Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с.

13. Чернобай Л., Музафаров Н., Попова К. Вектори адаптації. *Farmer*. 2017. №3 (87). С. 20-24.

14. Вовкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). К.: 2001. 356 с.

15. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліджу: навч. посіб. Херсон: Грінь, 2014. 448 с.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Kaletnik H.M., Palamarchuk V.D., Honcharuk I.V., Yemchuk T.V., Telekalo N. V. (2021). Perspektyvy vykorystannia kukurudzy dla enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia [*Prospects of corn use for energy efficient and environmentally friendly development of rural areas: monograph*]. Vinnytsia: FOP Kushnir Yu.V. [in Ukrainian].

2. Vernera I.Ye. (2022). Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [*Statistical Yearbook of Ukraine. State Statistics Service of Ukraine*]. Kyiv. [in Ukrainian].

3. Lavrynenko Yu. O., Marchenko T. Yu., Zabara P. P. (2019). Seleksiini nadbannia ta yikh rol v stabilizatsii vyrobnytstva zerna kukurudzy v Ukraini [*Breeding achievements and their role in stabilizing corn grain production in Ukraine*]. Mizhnarodnyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zroshuvane zemlerobstvo» – Interagency thematic scientific collection «Irrigated agriculture». 72. 160-174. DOI:<http://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.21>. [in Ukrainian].

4. Vozhehova R.A., Lavrynenko Yu.O., Marchenko T.Iu., Boiarkina L.V., Sharii V.O., Bidnyna I.O. (2023). Porivnialnyi analiz formuvannia vrozhaivosti hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO za kraplynnoho zroshennia [*Comparative analysis of the formation of yield of maize hybrids of different FAO groups under drip irrigation*]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*. №18. 24-31. DOI:<https://doi.org/10.32848/agr.ar.innov.2023.18.3>. [in Ukrainian].

5. Vozhehova R.A., Lavrynenko Yu.O., Marchenko T.Iu., Piliarska O.O., Zabara P.P. (2021). Morfolohichni pokaznyky hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO zalezhno vid elementiv tekhnolohii za umov zroshennia [*Morphological parameters*

of maize hybrids of different FAO groups depending on technology elements under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*. № 8. 91-99. DOI:<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14>. [in Ukrainian].

6. Adamenko T. (2015). Osoblyvosti pohodnykh umov vesnianoho periodu 2015 r [Peculiarities of weather conditions in the spring period of 2015]. *Ahronom – Agronomist*. № 2 (48). 18-19. [in Ukrainian].

7. Palamarchuk V.D., Kolisnyk O.M. (2022). Suchasna tekhnolohiia vyroshchuvannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia [Modern technology of maize cultivation for energy-efficient and environmentally friendly development of rural areas: monograph]. Vinnytsia: TOV Druk. [in Ukrainian].

8. Stepanenko M.V., Hrabovskyi M.B. (2023). Vplyv systemy udobrennia na liniini rozmiry roslyn kukurudzy [Influence of fertilization system on linear dimensions of maize plants]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*. № 21. 104-109. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.16> <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/issue/view/21> [in Ukrainian].

9. Yaroshko M., Shtanhela Y. (2012). Kukurudza – osnovni vymohy do vyroshchuvannia [Corn - basic requirements for cultivation]. *Ahronom – Agronomist*. № 2 (36). 138-140. [in Ukrainian].

10. Palamarchuk V.D., Didur I.M., Kolisnyk O.M., Aleksieiev O.O. (2020). Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannia vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho: monohrafiia [Aspects of modern technology of growing high-starch corn in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe: monograph]. Vinnytsia: TOV Druk. [in Ukrainian].

11. Vlashchuk A., Pryshchepko M., Zheltova A. (2017). Tsarytsia poliv. Chynnyky urozhaivosti [Queen of the Fields. Yield factors]. *Farmer*. №3 (87). 12-13. [in Ukrainian].

12. Nad Yanosh (2012). Kukuza [Maize]. Vinnytsia.: FOP D.Iu. Korzun. [in Ukrainian].

13. Chernobai L., Muzafarov N., Popova K. (2017). Vektory adaptatsii [Vectors of adaptation]. *Farmer*. №3 (87). 20-24. [in Ukrainian].

14. Vovkodav V.V. (2001). Metodyka derzhavnoho sortovyprobuвання silskohospodarskykh kultur (zernovi, krupiani ta zernobobovi) [Methodology of state variety testing of agricultural crops (cereals, cereals and legumes)]. [in Ukrainian].

15. Ushkarenko V.O., Vozhehova R.A., Holoborodko S.P., Kokovikhin S.V. (2014). Metodyka polovoho doslidu: navch. Posib [Methods of field experience: a textbook]. Kherson: Hrin. [in Ukrainian].

ANNOTATION

INFLUENCE OF SOWING TIME ON GRAIN PRODUCTIVITY OF CORN HYBRIDS SUITABLE FOR BIOETHANOL PRODUCTION

The article presents the results of studying the influence of sowing dates on the formation of elements of the yield structure, productivity and starch content in the grain of maize hybrids of different maturity groups. The research was conducted in the conditions of LLC "Organic-D" in the village of

Sutisky, Vinnytsia region, during 2021-2022. The soils of the experimental plot are gray forest soils with medium loamy texture and slightly acidic reaction of the soil solution. The content of the main nutrients is typical for this type of soil. In the research, corn hybrids Amaros (FAO 230), Canyons (FAO 230), P9071 (FAO 280), Bogatyr (FAO 290), P9170 (FAO 320) and Burito (FAO 390) of different maturity groups were used in three sowing dates depending on the soil temperature at the depth of seed placement: early - +6-8°C, middle - +8-10°C and late - +10-12°C. It was found that the elements of the yield structure of the studied maize hybrids depended on the genetic characteristics of each hybrid and varied depending on the use of different sowing dates. The best conditions for the formation of the productivity of the studied maize hybrids in terms of the supply and distribution of heat and moisture resources were in 2021 compared to 2022, which ultimately affected the accumulation of starch in the grain and the level of yield. The highest values of cob length, number of grains per cob, weight of grains per cob, weight of 1000 grains were obtained, on average, in the experiment, when using early sowing - 18.9 cm, 469.5 pcs, 149.2 g, 276.1 g, while the use of the middle sowing period provided a cob length of 18.3 cm, 455.8 pcs., 140.7 g, 261.5 g and late sowing - 17.9 cm, 419.2 pcs., 128.5 g, 254.1 g, respectively. The use of early sowing (at a soil temperature of +6-8°C) allowed to form a yield, on average over the years of research, at the level of 7.87 t/ha, medium (at a soil temperature of +8-10°C) - 7.23 t/ha and late (at a soil temperature of +10-12°C) - 6.60 t/ha. The use of early sowing dates contributed to the formation of the amount of starch in the grain of the studied maize hybrids at the level of 71.33%, medium - 71.84% and late - 72.54%. That is, the delay in sowing dates from early to late to some extent increases the accumulation of starch in the grain, but due to a decrease in yield, the total starch yield of such crops is lower than in early crops. Delayed sowing leads to a decrease in starch yield per unit area by 0.415-0.829 t/ha, compared to early sowing.

Key words: grain, biofuel, bioethanol, hybrid, crop structure, yield, starch, sowing time.

Table 3. Lit. 15.

Відомості про авторів

Паламарчук Віталій Дмитрович – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва, факультету агрономії, садівництва та захисту рослин навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. email: vd-palamarchuk@ukr.net).

Кричковський Вадим Юрійович – доктор філософії з агрономії, старший викладач кафедри рослинництва та садівництва факультету агрономії, садівництва та захисту рослин навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. email: 2112kv@gmail.com).

Palamarchuk Vitalii Dmytrovych – Doctor of agricultural sciences, associate professor of the department of plant production and horticulture, faculty of agronomy, horticulture and plant protection, educational and research institute of agricultural technologies and nature management, Vinnytsia national agrarian university (21008, Vinnytsia, Sonyachna st., 3 email: vd-palamarchuk@ukr.net).

Krychkovskiy Vadym – PhD in agronomy, senior lecturer at the department of plant growing and horticulture, faculty of agronomy, horticulture and plant protection, educational and research institute of agricultural technologies and nature management, Vinnytsia national agrarian university (21008, Vinnytsia, Sonyachna st., 3 email: 2112kv@gmail.com).