УДК 633.15:631.51:664.788:633.16
DOI:10.37128/2707-5826-2024-2-9

ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ І ГЛИБИНИ ЗАГОРТАННЯ

***В.Д. ПАЛАМАРЧУК**, доктор с.-г. наук, доцент*
***В.Ю. КРИЧКОВСЬКИЙ**, доктор PhD, старший викладач*
***М.М. НЕЇЛИК**, кандидат с.-г. наук, доцент, Вінницький національний аграрний університет*

У статі наведено результати досліджень впливу фракційного складу зерна гібридів кукурудзи і глибини його загортання на якісні показники. Ґрунти дослідної ділянки чорноземного типу, середньо-суглинкового механічного складу. Для досліджень використали гібриди кукурудзи ДКС 2971, ДКС 2960, ДКС 3795, ДКС 3472, ДК 315 і ДКС 4082 різних груп стиглості. У дослідженнях присутні три фракції насіння (велика, середня та дрібна), а також три глибини загортання насіння (4-5 см, 7-8 см і 10-11 см). Формування ендосперму в кукурудзи, значно залежить від низки факторів, таких як група стиглості гібридів, сортові особливості й елементи технології вирощування – фракції насіння та глибини їхнього загортання. Нами встановлено вплив погодних умов вегетації на вміст у зерні й вихід з одиниці площі крохмалю у досліджуваних гібридів. Найвищим він був у 2021 році – 73,23 % і 7,215 т/га. Найвищий вихід крохмалю отримано в гібридів ДКС 4082 – 7,475 т/га і ДК 315 – 7,51 т/га. Вміст крохмалю істотно залежав від групи стиглості гібридів, зокрема найбільший вихід і вміст крохмалю в середньому за роки досліджень – 75,40 % і 7,405 т/га встановлено у групі середньостиглих гібридів. Відмінність виходу крохмалю між середньоранньою групою стиглості гібридів і середньостиглою, порівнюючи з ранньостиглою, становила 0,775–1,555 т/га.

Найкращі значення вмісту і виходу крохмалю відзначено для фракції крупного зерна – 72,95 % і 5,975–7,765 т/га та 6,95 т/га. Застосування мілкої глибини загортання зерна (4-5 см) сприяло вмісту й виходу крохмалю на рівні 70,73–73,88 % і 5,795–7,385 т/га, або в середньому 6,645 т/га, середньої глибини загортання 7–8 см – 70,84–74,67 % і 5,745–7,605 т/га, або в середньому 6,675 т/га, значної глибини – 10–11 см – 70,69–74,23 % і 5,575–7,515 т/га, або в середньому 6,555 т/г. Встановлено, що найвищий вміст крохмальних сполук у зерні кукурудзи, у середньому за роки досліджень, становив за глибини загортання 7–8 см – 72,96 %, тоді як за глибини загортання 4–5 см – 72,45 %, а за глибини 10–11 см – 72,76 %.

Аналогічні тенденції спостерігалися і для виходу біоетанолу в досліджуваних гібридів кукурудзи. Найвищий вихід біоетанолу відзначено у 2021 році – 3,905 тис. л/га, за використання великої фракції насіння 3,225–4,205 тис. л/га, або в середньому для фракції 3,735 тис. л/га. Глибина загортання насіння мала неоднозначний вплив на вихід біоетанолу в досліджуваних гібридів кукурудзи.

***Ключові слова:** якість, крохмаль, зерно, біоетанол, гібрид, фракція насіння, структура врожаю, урожайність.*

Табл. 2. Рис. 1. Літ. 14.

Постановка проблематики досліджень. Кукурудза у світовому землеробстві займає одне з провідних місць. Вона, у поєднанні з пшеницею та рисом, є основною зерновою культурою світу, яка має пріоритетне значення за площами посіву і валовими зборами зерна. Якісні показники зерна, поряд з урожайністю, не лише впливають на напрями використання продукції кукурудзи, а й на ефективність її вирощування. Покращення якісного складу зерна кукурудзи дозволить поліпшити обсяги переробки завдяки збільшенню асортименту готової продукції, а також збільшити прибуток від реалізації

продукції з доданою вартістю. Якість зерна кукурудзи істотно залежить від чинників навколишнього середовища, генетичних особливостей кожного гібриду й елементів технології вирощування. Саме реалізація біологічних особливостей гібридів кукурудзи щодо якісних показників зерна, визначаються такими елементами технології, як глибина загортання насіння та його фракційний склад.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зацікавленість товаровиробників вирощуванням кукурудзи обумовлене високою її врожайністю, порівнюючи з іншими зерновими культурами, пристосованістю до усіх ґрунтово-кліматичних умов України й різнобічними сферами використання. Зокрема, останнім часом, крім традиційних напрямків використання продовольчого, технічного і кормового, долучилася переробка на біопаливо (біогаз і біоетанол), обсяги виробництва якого можуть становити 5–12 % від загального обсягу використання традиційних видів палива [1, 2]. До анатомічної структури зерна кукурудзи належать такі складові: ендосперм, зародок і оболонки. В ендоспермі міститься до 98 % крохмалю та 75 % білкових речовин, зокрема основна частина білка знаходиться у верхньому шарі ендосперму – алейроновому шарі [3, 4].

Основними запасними речовинами зерна кукурудзи, які визначають якісні показники, є вуглеводи, білки, жири, вітаміни, макро- і мікроелементи тощо. Вуглеводи у структурі зерна кукурудзи займають 75–80 %, що й створює істотні перспективи використання його для отримання біоетанолу [5].

Для виробництва біоетанолу важливе значення має вміст вуглеводів (крохмалю) у зерні, а для харчової промисловості найбільш цінним є зерно з високим вмістом протеїну і крохмалю [6, 7]. Зокрема, підвиди кукурудзи відрізняються за показниками якості зерна, що обумовлює відповідний напрям їхнього використання [8]. Потрібно відзначити, що на процес стабільного формування якісних показників зерна кукурудзи важливий вплив може здійснювати такий чинник, як клімат, що впливає на засвоєння елементів живлення кукурудзи. Крім того, кліматичні умови впливають на ефективність виконання інших елементів технології, що необхідно враховувати у сучасних технологіях вирощування [9].

Тому дослідження якісних показників зерна кукурудзи за використання селекційно-генетичних і агротехнічних заходів є актуальними й необхідними, особливо в умовах зміни клімату.

Метою досліджень було виявлення впливу фракційного складу і глибини загортання насіння на якісні показники зерна кукурудзи, напрямки його використання.

Матеріал і методика проведення досліджень. Дослідження проводили впродовж 2019–2021 рр. в умовах ДП ДГ «Корделівське» ІК НААН на чорноземних середньо-суглинкових ґрунтах, які характеризувалися середньо-суглинковим механічним складом, вмістом гумусу (за Тюріним) – 4,60 %, рухомого азоту (за Корнфілдом) – 106 мг на 1 кг ґрунту, фосфору (за Чиріковим) – 186 і калію 160 мг на 1 кг ґрунту. Ґрунт мав близьку до нейтральної реакцію

ґрунтового розчину (pH 5,7–6,5) і досить непогану забезпеченість мікроелементами (бором, марганцем, міддю та цинком). Кліматичні умови в роки досліджень не були близькими до оптимальних. Зокрема у 2019 році спостерігали підвищення середньодобових температур на початку квітня, у травні відмічено настання весняних заморозків, що негативно вплинуло на ранні посіви кукурудзи. Загалом можна відзначити, що в цей рік ріст і розвиток кукурудзи відбувалися під впливом високого температурного режиму й достатнього забезпечення вологою. У 2020 році на початку вегетаційного періоду спостерігалося випадання значної кількості опадів, але в подальшому спостерігався нерівномірний характер випадання опадів. У липні спостерігалося різке погіршення забезпеченості рослин кукурудзи вологою, яке продовжувалося і в серпні, що в кінцевому результаті вплинуло на урожайність і якість зерна досліджуваних гібридів. У 2021 році відслідковувалося настання ранньої весни, а в третій декаді квітня спостерігалися заморозки на поверхні ґрунту. У травні-липні спостерігали сприятливі умови для росту й розвитку кукурудзи. У третій декаді липня максимальні температури сягали до +35 °С, місцями й вище. Площа досліду становила 0,35 га, облікова ділянка – 10,5 м^2 за трьохразової повторності для кожного гібриду. У досліді ділянки розміщувались методом рендомізованих блоків. Насіння досліджуваних гібридів розділили на три фракції за масою (велика, середня та мілка), яке висівалося на різну глибину (4–5, 7–8 і 10–11 см). Для поділу на фракції використовували решета з круглими отворами різного діаметру. Діаметр отворів для великої фракції насіння становив 8–9 мм, для середньої – 6–7 мм, дрібної – 5,5 мм [10]. Технологія, яка використовувалась у досліді, загальноприйнята для досліджуваного регіону, крім чинників, які досліджувались. У досліді попередником кукурудзи була пшениця озима. Після збирання попередника проводили лущення стерні важкими боронами (БДТ-7) й оранку на глибину 25 см. Передпосівний обробіток складався з вирівнювання поверхні ґрунту, створення насіннєвого ложе й оптимальної структури. Сівби здійснювали в оптимальні строки сівалкою СУПН-8 густотою 75 тис. шт./га. Догляд за посівами складався з внесення ґрунтового гербіциду Харнес (ацетохлор) нормою 3 л/га й у фазу 5–7 листків кукурудзи селективного гербіциду Мелагро (д. р. нікосульфурон) – 1,25 л/га. В удобренні використовували лише рядкове удобрення аміачною селітрою нормою 60 кг/га фізичної ваги. Збирання урожаю проводили вручну відповідно до загальноприйнятих методик [11, 12].

Визначення якісних показників зерна кукурудзи проводили в акредитованій та сертифікованій лабораторії моніторингу якості кормів і сировини Інституту кормів і сільського господарства Поділля НААН України [13].

Розрахунковий вихід біоетанолу із зерна обчислювали як вихід етанолу. Водночас вихід етанолу розраховували як співвідношення його кількості, що отримують з тони вуглеводів у перерахунку на крохмаль. За відносної густоти етанолу d^4_{20}=0,78927 його теоретичний (орієнтовний) вихід складає 64,79 л [14]. Вихід біоетанолу порівнювали з показниками переробних підприємств.

Виклад основного матеріалу досліджень. У складі зерна кукурудзи

ендосперм відіграє роль поживного середовища. Саме ендосперм містить найбільшу кількість крохмалю, який є джерелом енергії для росту і розвитку молодих рослин на початкових стадіях вегетації. Відповідно, більший розмір зерна кукурудзи, зазвичай, вказує на більшу кількість поживних речовин (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика вмісту і виходу крохмалю у кукурудзи залежно від досліджуваних чинників, (середнє за 2019–2021 рр.)

Група стиглості гібридів (А)	Назва гібридів (В)	Фракція насіння (С)	Глибина загортання насіння (D)	Вміст крохмалю в АСР,%	Вихід крохмалю, т/га
1	2	3	4	5	6
Ранньостиглі гібриди	ДКС 2971	Дрібна (195 г)	4–5 см	70,29	5,465
			7–8 см	70,39	5,371
			10–11 см	70,11	4,958
		Середня (255 г)	4–5 см	71,12	5,909
			7–8 см	70,87	5,878
			10–11 см	71,19	5,849
		Велика (278 г)	4–5 см	70,77	6,000
			7–8 см	71,26	5,996
			10–11 см	70,77	5,919
	ДКС 2960	Дрібна (186 г)	4–-5 см	70,33	5,446
			7–8 см	70,65	5,458
			10–11 см	70,52	5,071
		Середня (239 г)	4–5 см	71,36	6,085
			7–8 см	72,00	6,140
			10–11 см	71,72	6,024
		Велика (281 г)	4–5 см	70,97	6,091
			7–8 см	71,52	6,070
			10–11 см	71,76	6,243
Середньоранні гібриди	ДКС 3795	Дрібна (167 г)	4–5 см	72,30	6,058
			7–8 см	72,59	5,969
			10–11 см	72,27	5,674
		Середня (209 г)	4–5 см	73,05	6,731
			7–8 см	73,57	6,410
			10–11 см	74,01	6,532
		Велика (288 г)	4–5 см	73,50	6,841
			7–8 см	74,38	6,673
			10–11 см	74,14	6,785
	ДКС 3472	Дрібна (250 г)	4–5 см	72,31	6,619
			7–8 см	72,69	6,502
			10–11 см	72,91	6,315
		Середня (327 г)	4–5 см	73,25	7,175
			7–-8 см	73,78	7,150
			10–11 см	73,58	7,150
		Велика (386 г)	4–5 см	72,36	7,046
			7–8 см	73,03	7,119
			10–11 см	72,60	6,991

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6
Середньостиглі гібриди	ДК 315	Дрібна (225 г)	4–5 см	73,11	6,995
			7–8 см	73,37	6,967
			10–11 см	72,97	6,673
		Середня (296 г)	4–5 см	74,35	7,489
			7–8 см	74,81	7,671
			10–11 см	74,34	7,623
		Велика (325 г)	4–5 см	74,18	7,682
			7–8 см	74,31	7,864
			10–11 см	74,01	7,669
	ДКС 4082	Дрібна (176 г)	4–5 см	72,45	6,896
			7–8 см	73,27	6,866
			10–11 см	73,01	6,627
		Середня (230 г)	4–5 см	74,78	7,552
			7–8 см	75,43	8,012
			10–11 см	75,11	8,022
		Велика (281 г)	4–5 см	73,58	7,468
			7–8 см	75,29	7,943
			10–11 см	74,57	7,892
$НІР_{05\ група\ стиглості}$				1,66	0,09
$НІР_{05\ гібрид}$				2,78	0,88
$НІР_{05\ фракція\ насіння}$				1,52	0,54
$НІР_{05\ глибина\ загортання}$				0,16	0,55

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень

Нами встановлено вплив погодних умов вегетації на вміст у зерні й вихід з одиниці площі крохмалю у досліджуваних гібридів. У розрізі років досліджень, які істотно відрізнялися за показниками надходження вологи й температури від середньобагаторічного значення, вміст крохмалю також змінювався, зокрема у 2019 році, у середньому в досліджуваних гібридів вміст і вихід крохмалю становив 74,11 % і 6,665 т/га, у 2020 році – 70,82 % і 5,995 т/га, а у 2021 році – 73,23 % і 7,215 т/га. Зміна вмісту й виходу крохмалю у гібридів кукурудзи пов'язана із забезпеченістю рослин вологою та рівнем температурного режиму. У роки з нерівномірним розподілом вологи й зростанням кількості температурних ресурсів відбувається зміна хімічного складу зерна кукурудзи, зокрема особливостей накопичення основних запасних речовин крохмалю та білку. Зміни клімату, до яких належать підвищення температури й зниження кількості опадів, мають значний вплив на хімічний склад зерна, зокрема, підвищують вміст білка й знижують вміст крохмалю. Це має важливе значення для вибору напрямків використання кукурудзи. Вміст крохмалю істотно залежав від групи стиглості гібридів, зокрема найбільший вихід і вміст крохмалю, у середньому за роки досліджень – 74,05 % і 7,435 т/га встановлено у групі середньостиглих гібридів, вони істотно ($НІР_{05\ група\ стиглості}$ = 1,66 % і 0,121 т/га)

відрізнялися від його вмісту й виходу в групі ранньостиглих гібридів (70,98 % і 5,775 т/га) і середньоранніх гібридів кукурудзи. (73,13 % і 6,665 т/га). Більш пізньостиглі гібриди здебільшого були представлені зубовидним підвидом. Генетичні особливості цього гібриду також істотно впливали на показники якості зерна досліджуваних гібридів кукурудзи. Зокрема, найбільший вихід крохмалю відзначено в гібридів середньостиглої групи ДКС 4082 – 7,475 т/га й ДК 315 – 7,405 т/га, а інші досліджувані гібриди характеризувалися істотно нижчим виходом крохмалю, що складав: ДКС 2960 – 5,845 т/га, ДКС 2971 – 5,705 т/га, ДКС 3472 – 6,895 т/га, ДКС 3795 – 6,405 т/га ($НІР_{05\ гібрид}$ = 0,156 т/га).

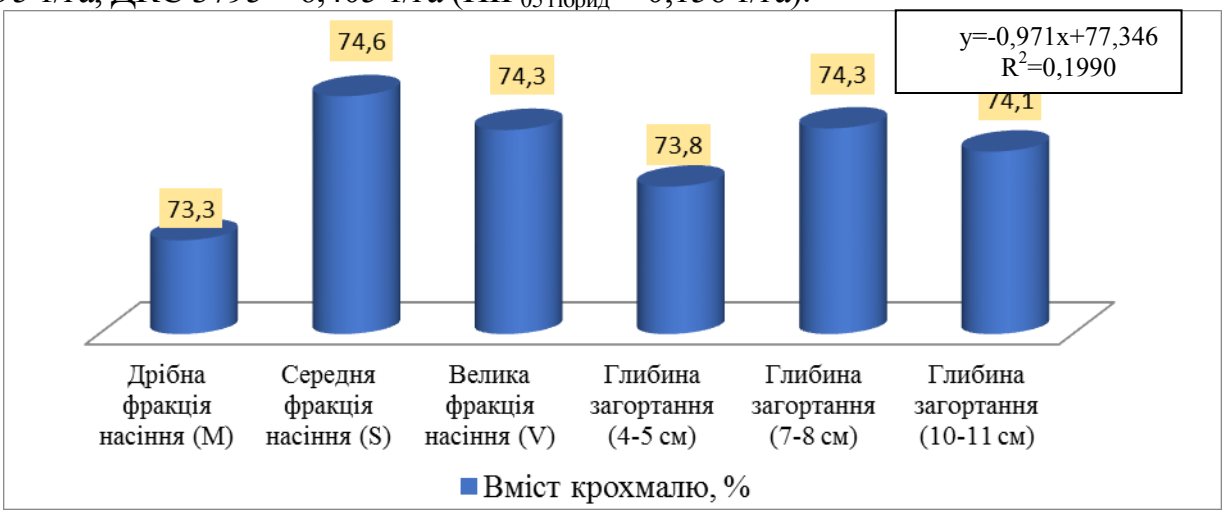

Рис. 1. **Вплив фракційного складу і глибини загортання насіння на вміст крохмалю у зерні**, % (середнє за 2019–2021 рр.)

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень

Відмінність виходу крохмалю між середньоранньою групою стиглості гібридів і середньостиглою, порівнюючи з ранньостиглою становила 0,775–1,555 т/га. Зокрема збільшення тривалості вегетаційного періоду позитивно впливає на вихід крохмалю з одиниці площі. Це пов'язано з тим, що більш тривалий вегетаційний період дозволяє рослинам накопичувати більше поживних речовин, зокрема, і крохмалю. Рослини мають більше часу для фотосинтезу, що сприяє утворенню більшої кількості органічних речовин, зокрема крохмалю.

Розміри фракції насіння також впливали на вміст і вихід крохмалю із зерна кукурудзи досліджуваних гібридів. Найкращі значення цих величин відзначено для фракції крупного зерна. Зокрема, за сівби дрібною фракцією насіння вміст крохмалю у зерні складав – 71,98 %, а його вихід – 5,325–6,875 т/га, що в середньому складало 6,105 т/га, середньою – 73,24 % і 5,875–7,865 т/га й 6,855, великою – 72,95 % і 5,975–7,765 т/га й 6,905 т/га ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 0,26 % і 0,453 т/га). Застосування мілкої глибини загортання зерна (4–5 см) сприяло вмісту й виходу крохмалю на рівні 70,73–73,88 % і 5,795–7,385 т/га, або в середньому 6,645 т/га, середньої глибини загортання 7–8 см – 70,84–74,67 % і 5,745–7,605 т/га, або в середньому 6,675 т/га, значної глибини – 10–11 см – 70,69–74,23 % і 5,575–7,515 т/га, або в середньому 6,555 т/га ($НІР_{05\ глибина\ загортання}$ = 0,21 % і 0,209 т/га). Встановлено, що найвищий вміст крохмальних зерен у зерні кукурудзи, в

середньому за роки досліджень, становив за глибини загортання 7–8 см – 72,96 %, тоді як за глибини загортання 4–5 см – 72,45 %, а за глибини 10–11 см – 72,76 %.

За результатами проведених досліджень вихід біоетанолу суттєво залежав від групи стиглості гібридів, їхніх генетичних особливостей, а також досліджуваних елементів технології (табл. 2).

Таблиця 2

Розрахунковий вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та досліджуваних чинників, тис. л /га (за 2019–2021 рр.)

Група стиглості гібридів (A)	Назва гібриду (B)	Фракція насіння (C)	Глибина загортання насіння (D)	Рік			середнє
				2019	2020	2021	
1	2	3	4	5	6	7	8
Ранньостиглі гібриди	ДКС 2971	Дрібна (195 г)	4–5 см	2,833	2,700	3,308	2,947
			7–8 см	2,727	2,686	3,272	2,895
			10–11 см	2,641	2,553	2,813	2,669
		Середня (255 г)	4–5 см	3,149	3,065	3,356	3,190
			7–8 см	3,122	2,942	3,455	3,173
			10–11 см	3,236	2,861	3,376	3,158
		Велика (278 г)	4–5 см	3,295	3,007	3,419	3,240
			7–8 см	3,259	2,925	3,530	3,238
			10–11 см	3,344	2,876	3,366	3,195
	ДКС 2960	Дрібна (186 г)	4–5 см	2,896	2,643	3,270	2,936
			7–8 см	3,057	2,699	3,073	2,943
			10–11 см	2,825	2,573	2,796	2,731
		Середня (239 г)	4–5 см	3,658	2,706	3,495	3,286
			7–8 см	3,655	2,886	3,408	3,316
			10–11 см	3,522	2,863	3,374	3,253
		Велика (281 г)	4–5 см	3,554	2,698	3,617	3,290
			7–8 см	3,490	2,822	3,523	3,278
			10–11 см	3,532	2,936	3,651	3,373
Середньоранні гібриди	ДКС 3795	Дрібна (167 г)	4–5 см	3,283	3,016	3,516	3,272
			7–8 см	3,153	3,064	3,453	3,223
			10–11 см	3,125	2,883	3,175	3,061
		Середня (209 г)	4–5 см	3,574	3,522	3,825	3,640
			7–8 см	3,618	3,203	3,573	3,465
			10–11 см	3,703	3,259	3,631	3,531
		Велика (288 г)	4–5 см	3,677	3,583	3,843	3,701
			7–8 см	3,774	3,131	3,920	3,608
			10–11 см	3,760	3,305	3,945	3,670
	ДКС 3472	Дрібна (250 г)	4–5 см	3,269	3,076	4,392	3,579
			7–8 см	3,340	3,035	4,170	3,515
			10–11 см	3,240	3,004	3,993	3,412
		Середня (327 г)	4–5 см	3,671	3,529	4,451	3,884
			7–8 см	3,674	3,422	4,514	3,870
			10–11 см	3,741	3,431	4,438	3,870
		Велика (386 г)	4–5 см	3,617	3,383	4,439	3,813
			7–8 см	3,707	3,482	4,370	3,853
			10–11 см	3,724	3,268	4,357	3,783

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Середньостиглі гібриди	ДКС 4082	Дрібна (176 г)	4–5 см	3,619	3,596	3,978	3,731
			7–8 см	3,674	3,512	3,957	3,714
			10–11 см	3,580	3,301	3,869	3,583
		Середня (230 г)	4–5 см	3,866	3,818	4,586	4,090
			7–8 см	4,336	3,891	4,800	4,342
			10–11 см	4,520	3,785	4,738	4,348
		Велика (281 г)	4–5 см	3,983	3,798	4,352	4,044
			7–8 см	4,332	3,871	4,711	4,305
			10–11 см	4,383	3,799	4,648	4,277
	ДК 315	Дрібна (225 г)	4–5 см	3,711	3,404	4,240	3,785
			7–8 см	3,796	3,372	4,142	3,770
			10–11 см	3,758	3,125	3,943	3,609
		Середня (296 г)	4–5 см	4,079	3,740	4,347	4,055
			7–8 см	4,261	3,736	4,469	4,155
			10–11 см	4,341	3,653	4,393	4,129
		Велика (325 г)	4–5 см	4,090	3,906	4,489	4,162
			7–8 см	4,391	3,827	4,566	4,261
			10–11 см	4,184	3,749	4,531	4,155
$НІР_{05\ група\ стиглості}$				0,07	0,04	0,04	-
$НІР_{05\ гібрид}$				0,04	0,04	0,05	-
$НІР_{05\ фракція\ насіння}$				0,06	0,05	0,05	-
$НІР_{05\ глибина\ загортання}$				0,06	0,06	0,08	-

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень

Вихід біоетанолу істотно залежав від виходу крохмалю та умов року. У розрізі років досліджень вихід біоетанолу в 2019 році становив 3,595 тис.л/га, у 2020 році – 3,235 тис. л/га й у 2021 році – 3,905 тис. л/га. Відповідно найбільш сприятливим роком для виходу біоетанолу за вологозабезпеченням і температурними показниками був 2021 рік (3,905 тис. л/га).

Фракція зерна також впливала на показник розрахункового виходу біоетанолу ($НІР_{05\ фракція\ насіння}$ = 0,298 тис. л/га), за сівби насінням дрібної фракції розрахунковий вихід біоетанолу знаходився в межах 2,835–3,675 тис. л/га, або у середньому для фракції 3,305 тис. л/га, за сівби насінням середньої фракції – 3,175–4,255 тис. л/га або в середньому для фракції 3,705, а за сівби насінням великої фракції – 3,225-4,205 тис. л/га або в середньому для фракції 3,735 тис. л/га. Встановлено також неоднозначний вплив глибини загортання насіння кукурудзи ($НІР_{05\ глибина\ загортання\ насіння}$ = 0,109 тис. л/га) на розрахунковий вихід біоетанолу із зерна. Визначено, що застосування глибини загортання насіння 4–5 см забезпечує вихід біоетанолу, у середньому за роки досліджень, у межах 3,125–4,005 тис. л/га, або в середньому – 3,592 тис. л/га, за глибини загортання 7–8 см – 3,105–4,125 тис. л/га, або в середньому – 3,608 тис. л/га, а за глибини 10–11 см – 3,005–4,065 тис. л/га, або в середньому – 3,543 тис. л/га.

Загалом зростання глибини загортання насіння викликає зменшення виходу біоетанолу з одиниці посіву кукурудзи.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Ендосперм кукурудзи є поживним середовищем для зародку й складається з крохмальних і білкових зерен. Водночас вміст крохмалю, його вихід і розрахунковий вихід біоетанолу залежить від умов вирощування, генетичних особливостей кожного гібриду, групи стиглості та розмірів фракції і глибини загортання насіння.

Найвищий вміст і вихід крохмалю відзначено у 2021 році – 73,23 % і 7,215 т/га, який виявився найбільш сприятливим за вологозабезпеченням і температурними показниками. Найвищий вихід крохмалю отримано у гібридів ДКС 4082 – 7,475 т/га і ДК 315 – 7,405 т/га. Вміст крохмалю істотно залежав від групи стиглості гібридів, зокрема найбільший вихід і вміст крохмалю, у середньому за роки досліджень – 74,05 % і 7,435 т/га встановлено у групі середньостиглих гібридів. Відмінність виходу крохмалю між середньоранньою групою стиглості гібридів і середньостиглою, порівнюючи з ранньостиглою становила 0,775–1,555 т/га. Найкращі значення вмісту і виходу крохмалю відзначено для фракції крупного зерна – 72,95 % і 5,975–7,765 т/га і 6,905 т/га.

Застосування мілкої глибини загортання зерна (4–5 см) сприяло вмісту і виходу крохмалю на рівні 71,97–73,88 % і 5,795–7,385 т/га, або в середньому 6,645 т/га, середньої глибини загортання 7–8 см – 70,84–74,67 % і 5,745–7,605 т/га, або в середньому 6,675 т/га, значної глибини – 10–11 см – 70,69–74,23 % і 5,575–7,515 т/га, або в середньому 6,555 т/га. Встановлено, що найбільший вміст крохмальних зерен у насінні кукурудзи, у середньому за роки досліджень, становив за глибини загортання 7–8 см – 72,96 %, тоді як за глибини загортання 4–5 см – 72,45 %, а за глибини 10–11 см – 72,76 %. Аналогічні тенденції спостерігалися і для виходу біоетанолу в досліджуваних гібридах кукурудзи. Найвищий вихід біоетанолу відзначено у 2021 році – 3,905 тис. л/га, за використання великої фракції насіння 3,225–4,205 тис. л/га або в середньому для фракції 3,735 тис. л/га. Глибина загортання насіння мала неоднозначний вплив на вихід біоетанолу в досліджуваних гібридів кукурудзи.

Список використаної літератури

1. Калетнік Г.М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 169–176. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811&21.

2. Фурман І. Перспективи виробництва біогазу та біоетанолу на спиртових заводах. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 36. URL:https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1163/1120. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-36-42.

3. Шаповаленко О.І., Рибчинський Р.С., Кустов І.О. Технологічна характеристика зерна кукурудзи. *Наукові праці*. 2019. Том 83, Вип. 2. С. 39–43. DOI: https://doi.org/10.15673/swonaft.v2i83.1531.

4. Паламарчук В.Д., Доронін В.А., Колісник О.М., Алєксєєв О.О. Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика): монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 392 с. URL:http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=30594.

5. Лавриненко Ю.О., Рубан В.Б., Михайленко В.Б. Наукове обґрунтування технології вирощування кукурудзи при краплинному способі поливу: монографія. Херсон: Айлант, 2014. 198 с.

6. Глушко Т.В., Войташенко Д.П. Урожайність та якість зерна кукурудзи під впливом біопрепаратів в умовах зрошення Південного Степу України. *Міжнародний тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство».* 2013. Вип. 59. С. 44–47.

7. 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: ФОП Кушнір Ю.В., 2021. 260 с. URL: http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=31069.

8. Осокіна Н.М., Костецька К.В., Євчук Я.В. Технологічні властивості зерна гібриду кукурудзи ПР39Б58. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 86 (1). С. 37–43.

9. Поляков В.І. Особливості формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від комплексу елементів технології вирощування. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 132–138. DOI:10.33245/2310-9270-2020-161-2-132-138.

10. 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.

11. Вовкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). К.: 2001. 64 с.

12. Лебідь Є.М., Циков В.С., Пащенко Ю.М. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.

13. ДСТУ 46.045:2003 «Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості». 25.07.2003. № 250.

14. Блюм Я.Б., Гелетуха Г.Г., Григорюк І.П., Дубровін В.О., Ємець А.І., Забарний Г.М., Калетнік Г.М., Мельничук М.Д., Мироненко В.Г., Рахметов Д.Б., Циганков С.П. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія. К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. 326 с.

Список використаної літератури / References

1. Kaletnik H.M. (2018). Dyversyfikatsiia rozvytku vyrobnytstva biopalyv – osnova zabezpechennia prodovolchoi, enerhetychnoi, ekonomichnoi ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy [*Diversification of the development of biofuel production is the basis for ensuring Ukraine's food, energy, economic and environmental security*]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of agrarian science*. № 11. 169-176. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811&21. [in Ukrainian].

2. Furman I. (2022). Perspektyvy vyrobnytstva biohazu ta bioetanolu na spyrtovykh zavodakh [*Prospects of biogas and bioethanol production at distilleries*].

Ekonomika ta suspilstvo − Economy and society. Issue. 36. URL: https://economyandsociety. in.ua/index.php/journal/article/view/1163/1120. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-36-42. [in Ukrainian].

3. Shapovalenko O.I., Rybchynskyi R.S., Kustov I.O. (2019). Tekhnolohichna kharakterystyka zerna kukurudzy [*Technological characteristics of corn grain*]. *Naukovi pratsi – Scientific works.* Vol 83. Issue. 2. 39-43. DOI: https://doi.org/10.15673/swonaft.v2i83.1531. [in Ukrainian].

4. Palamarchuk V.D., Doronin V.A., Kolisnyk O.M., Alieksieiev O.O. (2022). Osnovy nasinnieznavstva (teoriia, metodolohiia, praktyka): monohrafiia [*Basics of seed science (theory, methodology, practice): monograph*]. Vinnytsia: TOV Druk. URL: http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=30594. [in Ukrainian].

5. Lavrynenko Yu.O., Ruban V.B., Mykhailenko V.B. (2014). Naukove obgruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy pry kraplynnomu sposobi polyvu [*Scientific substantiation of corn cultivation technology with drip irrigation*]. monohrafiia. Kherson: Ailant. [in Ukrainian].

6. Hlushko T.V., Voitashenko D.P. (2013). Urozhainist ta yakist zerna kukurudzy pid vplyvom biopreparativ v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy [*Yield and quality of corn grain under the influence of biological preparations under irrigation conditions of the Southern Steppe of Ukraine*]. *Mizhnarodnyj tematychnyj naukovyj zbirnyk «Zroshuvane zemlerobstvo» – International thematic scientific collection "Irrigated agriculture"*. Issue. 59. 44-47. [in Ukrainian].

7. Kaletnik H.M., Palamarchuk V.D., Honcharuk I.V., Yemchyk T.V., Telekalo N.V. (2021). Perspektyvy vykorystannia kukurudzy dlia 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. URL: http://socrates.vsau.org/ repository/ card.php?lang=uk&id=31069. [in Ukrainian].

8. Osokina N.M., Kostetska K.V., Yevchuk Ya.V. (2014). Tekhnolohichni vlastyvosti zerna hibrydu kukurudzy PR39B58 [*Technological properties of corn hybrid PR39B58*]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Collection of scientific works of the Uman national university of horticulture*. № 86 (1). 37-43. [in Ukrainian].

9. Poliakov V.I. (2020). Osoblyvosti formuvannia yakisnykh pokaznykiv zerna kukurudzy zalezhno vid kompleksu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [*Peculiarities of the formation of quality indicators of corn grain depending on the complex of elements of growing technology*]. *Ahrobiolohiia − Agrobiology.* № 2. 132-138. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-132-138. [in Ukrainian].

10. Stoliarenko V.S., Ostapenko L.I., Ponchyk L.I. (2003). Do posivna, pisliazbyralna pidhotovka ta posivni vlastyvosti riznoiakisnoho nasinnia kukurudzy [*Pre-sowing, post-harvest preparation and sowing properties of different quality corn seeds*]. *Biuleten instytutu zernovoho hospodarstva UAAN – Bulletin of the Institute of grain management of the Ukrainian academy of sciences*. № 20. 59-60. [in

Ukrainian].

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

12. Lebid Ye.M., Tsykov V.S., Pashchenko Yu.M. (2008). Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu [*Methodology of conducting field experiments with corn*]. Dnipropetrovsk. [in Ukrainian].

13. DSTU 46.045:2003 «Zerno. Metody vyznachennia umovnoi krokhmalystosti» [*Grain. Methods of determining conditional starchiness*]. 25.07.2003. № 250. [in Ukrainian].

14. Blium Ya.B., Heletukha H.H., Hryhoriuk I.P., Dubrovin V.O., Yemets A.I., Zabarnyi H.M., Kaletnik H.M., Melnychuk M.D., Myronenko V.H., Rakhmetov D.B., Tsyhankov S.P. (2010). Novitni tekhnolohii bioenerhokonversii: Monohrafiia [*New technologies of bioenergy conversion: Monograph*]. K.: «Ahrar Media Hrup». [in Ukrainian].

ANNOTATION

QUALITY INDICATORS OF CORN GRAIN DEPENDING ON THE FRACTIONAL COMPOSITION AND DEPTH OF WRAPPING

The article presents the results of research on the influence of the fractional composition of the grain of corn hybrids and the depth of its wrapping on quality indicators. The soils of the experimental site are of the chernozem type, with a medium-loamy mechanical composition. Corn hybrids DKS 2971, DKS 2960, DKS 3795, DKS 3472, DK 315 and DKS 4082 of different maturity groups were used for research. There are three seed fractions (large, medium and small) and three seed wrapping depths (4-5 cm, 7-8 cm and 10-11 cm) in the research.

The formation of endosperm in corn largely depends on a number of factors, such as the maturity group of hybrids, varietal characteristics, and elements of growing technology - the fraction of seeds and the depth of their wrapping. We determined the influence of weather conditions of the growing season on the grain content and starch yield per unit area in the studied hybrids, it was the highest in 2021 – 73.23% and 7.215 t/ha. The highest yield of starch was obtained in hybrids DKS 4082 - 7.475 t/ha and DK 315 - 7.51 t/ha. Starch content significantly depended on the maturity group of hybrids, in particular, the highest yield and starch content, on average over the years of research – 75.40% and 7.405 t/ha was found in the group of medium maturity hybrids. The difference in starch yield between the mid-early maturity group of hybrids and the mid-mature compared to the early maturity was 0.775-1.555 t/ha. The best values of starch content and yield were noted for the coarse grain fraction - 72.95% and 5.975-7.765 t/ha and 6.95 t/ha.

The use of a shallow grain wrapping depth (4-5 cm) contributed to the content and yield of starch at the level of 70.73-73.88% and 5.795-7.385 t/ha, or an average of 6.645 t/ha, with an average wrapping depth of 7-8 cm - 70.84-74.67% and 5.745-7.605 t/ha, or on average 6.675 t/ha, significant depth - 10-11 cm - 70.69-74.23% and 5.575-7.515 t/ha, or in an average of 6.555 t/h. It was established that the highest content of starch compounds in corn grains, on average over the years of research, was 72.96% at a wrapping depth of 7-8 cm, while at a wrapping depth of 4-5 cm it was 72.45%, and at a depth of 10-11 cm – 72.76%.

Similar trends were observed for the yield of bioethanol in the studied hybrids of corn. The highest yield of bioethanol was recorded in 2021 – 3,905 thousand l/ha, for the use of a large fraction of seeds 3,225-4,205 thousand l/ha, or on average for the fraction 3,735 thousand l/ha. The depth of seed wrapping had an ambiguous effect on the yield of bioethanol in the studied corn hybrids.

Key words: *quality, starch, grain, bioethanol, hybrid, seed fraction, crop structure, productivity.*

Table 2. Fig. 1. Lit. 14.

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).

Неїлик Микола Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії, факультету агрономії, садівництва та захисту рослин навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: neilyk@vsau.vin.ua).

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).

Krychkovskyi 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).

Neilyk Mykola Mykolaievych – candidate of agricultural sciences, docent at Agriculture, soil science and agrochemistry department, faculty of agronomy, horticulture and plant protection, educational and research institute of agricultural technologies and nature management, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Sonyachna str., 3; e-mail: neilyk@vsau.vin.ua).