

The influence of sowing dates and plant density on the yield of corn hybrids in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe

V. Hanhur  | M. Pelykh

Article info

Correspondence Author

V. Hanhur

E-mail:

volodimirganguur@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Hanhur, V., & Pelykh, M. (2025). The influence of sowing dates and plant density on the yield of corn hybrids in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 75–80. doi: 10.31210/spi2025.28.01.13

Maize is one of the most important crops and one of the three most important grains in the world. Ensuring stable yields of this crop is a priority for modern farmers, as it is used as animal feed, raw material for the food industry, and a source of energy for bioethanol production. Therefore, the development of individual agronomic practices for each hybrid is of particular importance. The aim of the research was to determine the effect of different sowing dates and plant density on the formation of productivity of mid-season corn hybrids. Studies have shown that, on average, according to variants of different seeding rates, the maize hybrid DKS 3969 formed a maximum weight of 1000 seeds at the second sowing date, respectively 230.3 g. It was noted that early and late sowing dates led to a decrease in the above indicator, respectively, by 8.3 g and 9.9 g or 3.6 and 4.3 %. The weight of 1000 seeds of hybrids SI Ozone and P 9127 was almost the same at both the first and second sowing dates. The research has shown a significant effect of the sowing rate on the weight of 1000 seeds of corn hybrids. The maximum value of this indicator (225.6–238.4 g) was formed at the lowest seeding rate (35 thousand/ha). In the experiment was found that the maximum level of grain productivity, at all sowing dates, was formed by the hybrid P 9127 (6.40–7.84 t/ha). The yields of hybrids SI Ozone and DKS 3969 were lower than the best, respectively, by 0.07–0.13 and 0.16–0.30 t/ha or 0.9–2.0 and 2.1–4.7 %. As for the effect of seeding rates on the yield of corn hybrids, during the first sowing period, a gradual increase was observed from the lowest to the highest seeding rate. In the middle term, a significant increase in yield was observed only up to the norm of 55 thousand units/ha. At the same time, the third-term sowing of corn hybrids did not show a significant effect of sowing rates on grain yield. The difference between the variants of the experiment, according to the hybrids studied, was within the limits of the smallest significant difference. Thus, according to the results of two years of research (2023–2024), it was found that in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe, the most appropriate period for sowing corn is April 20–30 at a sowing rate of 65 thousand germinating seeds per hectare.

Keywords: maize (*Zea mays* L.), hybrids, sowing dates, seeding rate, weight of 1000 seeds, yield.

Вплив строків сівби та густоти рослин на урожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу

В. В. Гангур | М. А. Пелих

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Кукурудза займає провідне місце серед сільськогосподарських культур і входить до трійки найважливіших зернових у світі. Метою досліджень було з'ясувати вплив різних строків сівби та густоти рослин на формування продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи. Дослідженнями встановлено, що у середньому за варіантами різних норм висіву, гібрид кукурудзи ДКС 3969 формувалася максимальна маса 1000 насінин за другого строку сівби, відповідно 230,3 г. Відзначено, що ранній і пізній строки сівби призводили до зниження вище зазначеного показника, відповідно на 8,3 і 9,9 г або 3,6 і 4,3 %. У гібридів СИ Озон та Р 9127 маса 1000 насінин була практично однаковою як за першого, так і другого строку висівання. Дослідженнями виявлено помітний вплив норми висіву на масу 1000 насінин гібридів кукурудзи. Максимальне значення цього показника (225,6–238,4 г) формувалося за найменшої норми висіву (35 тис./га). У досліді встановлено, що максимальний рівень зернової продуктивності, за всіх строків сівби, формувалася гібрид Р9127 (6,40–7,84 т/га). Урожайність гібридів СИ Озон та ДКС 3969, поступалася кращому, відповідно на 0,07–0,13 і 0,16–0,30 т/га або 0,9–2,0 і 2,1–4,7 %. Що стосується впливу норм висіву на врожайність гібридів кукурудзи, то за першого строку сівби спостерігали поступове її збільшення від найменшої до найбільшої норми висіву. За середнього строку істотний приріст урожайності був лише до норми 55 тис.шт./га. Водночас сівба гібридів кукурудзи у третій строк не виявила істотного впливу норм висіву на рівень урожайності зерна. Різниця між варіантами досліді, за гібридами, що вивчали, знаходилася в межах найменшої істотної різниці. Отже, за підсумками дворічних досліджень (2023–2024) встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу найбільш доцільним періодом для сівби кукурудзи є 20–30 квітня за норми висіву 65 тис. схожих насінин на гектар.

Ключові слова: кукурудза (*Zea mays* L.), гібриди, строки сівби, норма висіву, маса 1000 насінин, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Гангур В. В., Пелих М. А. Вплив строків сівби та густоти рослин на урожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 75–80.

Вступ

В сучасних умовах, сільське господарство є ключовою галуззю національної економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку держави та валютні надходження до бюджету країни від експорту товарної продукції [3–5]. Серед експортоорієнтованих сільськогосподарських культур провідне місце належить кукурудзі, яка входить до трійки найважливіших зернових культур у світі [23]. Забезпечення стабільної врожайності кукурудзи є актуальним завданням для сучасних аграріїв, оскільки ця культура використовується як корм для тварин [19], сировина для виробництва харчових продуктів та джерело енергії для завантаження потужностей біопаливної промисловості [22]. Перспективним напрямом диверсифікації вирощування кукурудзи є вихід на світовий ринок не із зерном, а з продуктами її переробки, такими як крохмаль або біоетанол [8].

Основними перевагами кукурудзи є висока продуктивність і універсальність, що сприяє значному збільшенню виробництва зерна та формування міцної кормової бази для тваринництва. Ранньостиглі гібриди кукурудзи можна використовувати як страхову культуру для пересіву у разі загибелі озимих.

Слід зазначити, що сучасні гібриди кукурудзи, за умови застосування передових технологій вирощування та врахування біокліматичного потенціалу ґрунтово-кліматичних зон України, здатні забезпечувати урожайність зерна на рівні 10–16 т/га та силосної маси біля 50–80 т/га, а іноді й більше [2, 9].

Головною метою сучасних технологій вирощування кукурудзи є зменшення розриву між її генетичним потенціалом продуктивності та фактичним рівнем урожайності в умовах виробництва [2].

Поряд з цим, біологічні особливості кукурудзи в умовах кліматичних змін, які фактично усунули проблему теплового забезпечення культури та зробили можливим її вирощування по всій території України, разом із високим попитом на світовому ринку сприяють збільшенню посівних площ цієї культури в структурі зернового виробництва країни [1].

В умовах глобальних кліматичних змін стабільність вирощування зернових культур, зокрема кукурудзи, стає все більш проблемним. Це зумовлює необхідність науково обґрунтованого підбору гібридів адаптованих до регіональних умов, розробки та впровадження у виробництво інноваційних технологічних прийомів, які б максимально враховували біологічні особливості культур і забезпечували високий рівень реалізації їх продуктивного потенціалу [24].

Встановлення оптимальних строків сівби та густоти стояння рослин сприяє раціональному використанню земельних ресурсів, зниженню виробничих витрат і підвищенню врожайності кукурудзи, що, своєю чергою, позитивно впливає на стабільність аграрного сектору та продовольчу безпеку [18]. Густота рослин є ключовим фактором у формуванні високих врожаїв кукурудзи, оскільки відчутно впливає на умови вегетації рослин цієї

культури. Різна густота стояння рослин призводить до зміни темпів росту кукурудзи, тривалості фаз розвитку та вегетаційного періоду і, в кінцевому підсумку, до різниці у продуктивності кукурудзи [20, 21].

Правильний вибір строків сівби є одним із ключових чинників, що істотно впливають на майбутній рівень врожайності зерна та силосної маси кукурудзи. Наразі серед науковців немає єдиної думки щодо оптимальних строків сівби. Частина із них рекомендує висівати кукурудзу у більш ранні строки, інші вважають за доцільне зміщувати їх до пізніших, відносно загальноприйнятих [12, 13].

За даними Яноша Надь [11], навіть одностороннє запізнення із сівбою кукурудзи може призвести до зниження зернової продуктивності культури на один відсоток, зменшення частки качанів на 0,5 % відносно загальної маси рослин, а вмісту сухих речовин – на 0,3–0,5 %. Разом з тим, зміщення строків сівби всього на один день часто спричиняє порушення контакту первинної кореневої системи з доступною вологою ґрунту через інтенсивне її випаровування з верхніх шарів, що випереджає розвиток кореневої системи рослин [12, 13].

За визначення оптимальних строків сівби враховують рівень середньодобових температур повітря та ступінь прогрівання ґрунту, вміст доступної вологи в ґрунті (особливо на початкових етапах вегетації), прогностичні темпи наростання суми активних температур, терміни та частота весняних і осінніх заморозків, фотоперіодичну чутливість, біологічні властивості конкретного гібриду, фітосанітарний стан посівів та інші умови, що впливають на проростання насіння, послідовний ріст і розвиток рослин [16]. Водночас термін сівби впливає на рівномірність, своєчасність і дружність з'явлення сходів, а також визначає майбутній рівень продуктивності рослин, який досягається в наслідок ефективного використання біокліматичного потенціалу конкретної зони господарювання.

Таким чином, вдосконалення технологій вирощування кукурудзи сприяє створенню оптимальних умов для реалізації потенціалу продуктивності конкретного гібриду. У зв'язку з цим, розробка індивідуальних елементів агротехніки для кожного гібриду кукурудзи набуває вагомого значення.

Мета дослідження

Метою досліджень було з'ясувати вплив різних строків сівби та густоти рослин на формування продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи.

Завдання дослідження: вивчити вплив строків сівби на зернову продуктивність гібридів кукурудзи; визначити урожайність зерна кукурудзи за різної густоти рослин.

Матеріали і методи

Базою для проведення досліджень було «ФГ Наталі», Чутівського району Полтавської області. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий, що містить 3,1 % гумусу. За результатами

агрохімічних аналізів встановлено, що в 0–30 см шарі ґрунту земельної ділянки, на якій було проведено польові дослідження вміст азоту, що легко гідролізується (за Тюрнім і Коновою) становив 6,31 мг, а рухомого фосфору (за Чириковим) і обмінного калію (за Масловою) – відповідно 17,7 мг і 21,4 мг на 100 г ґрунту. рН водної витяжки дорівнював 6,8 одиниці, це свідчить про те, що реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної. За основними показниками, що характеризують агрофізичний стан ґрунту та його родючості, цей тип ґрунту загалом сприятливий для вирощування кукурудзи різних груп стиглості – від ранньостиглих до середньопізніх.

Посівна площа ділянки 140 м², а облікова – 105 м². Схема досліду передбачала дослідження трьох середньостиглих гібридів кукурудзи ДКС 3969, СИ Озон, Р 9127 та чотирьох норм висіву – 35, 45, 55 та 65 тис/га. Система удобрення культури в досліді включала внесення одночасно за сівби по 100 кг/га фізичної маси нітроамфоски (N₁₆P₁₆K₁₆) та карбаміду (N₄₆).

Погодні умови впродовж періоду вегетації істотно різнилися за роками досліджень. Так, квітень 2023 р. почався з інтенсивних опадів та тимчасового похолодання (рис. 1; рис. 2). За цей місяць середньодобова температура повітря становила 10,0°C.

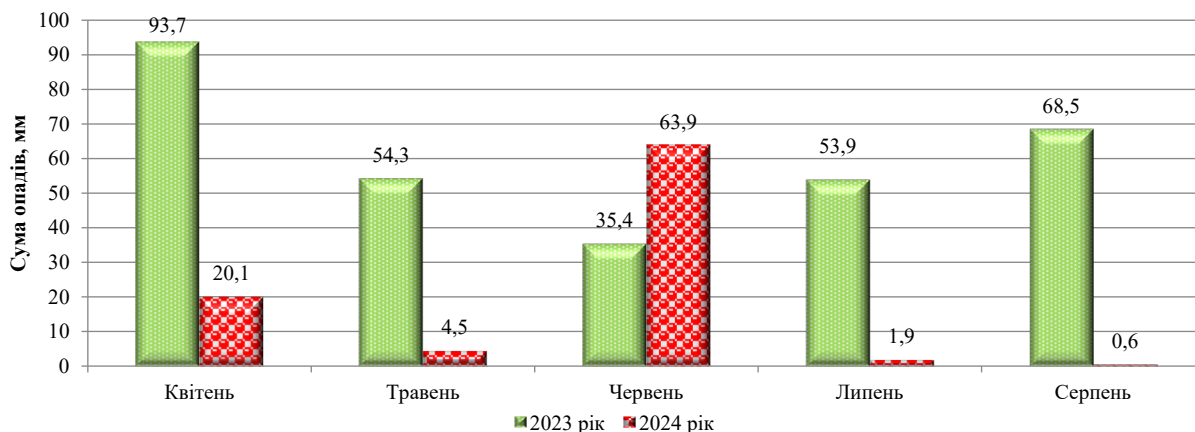


Рис. 1. Сума опадів за період вегетації кукурудзи

Опадів випало 93,7 мм, що перевищує середній багаторічний показник практично у два рази. Періодично на поверхні ґрунту спостерігали приморозки від мінус 3°C до 0°C. Травень був достатньо /теплим, спостерігалися часті опади. Середня добова температура повітря місяця становила 15,7°C. Опадів випало 54,3 мм або в межах норми. Червень в цілому був теплим, але із нестійким зволоженням. Середньодобова температура повітря у червні знаходилася на рівні 19,3°C, що на 3,6 °C вище ніж у травні.

Сума опадів становила 35,4 мм, що нижче багаторічного показника. У липні середньодобова температура повітря продовжувала зростати і становила 21,5°C. В цілому місяць був теплим, а в окремі дні і жарким. Сума опадів становила 53,9 мм, проте рослини кукурудзи відчували дефіцит вологи. В серпні середньодобова температура повітря також зростала і становила 22,8°C. Опадів випало 68,5 мм, або на 23,5 мм більше за багаторічне значення.

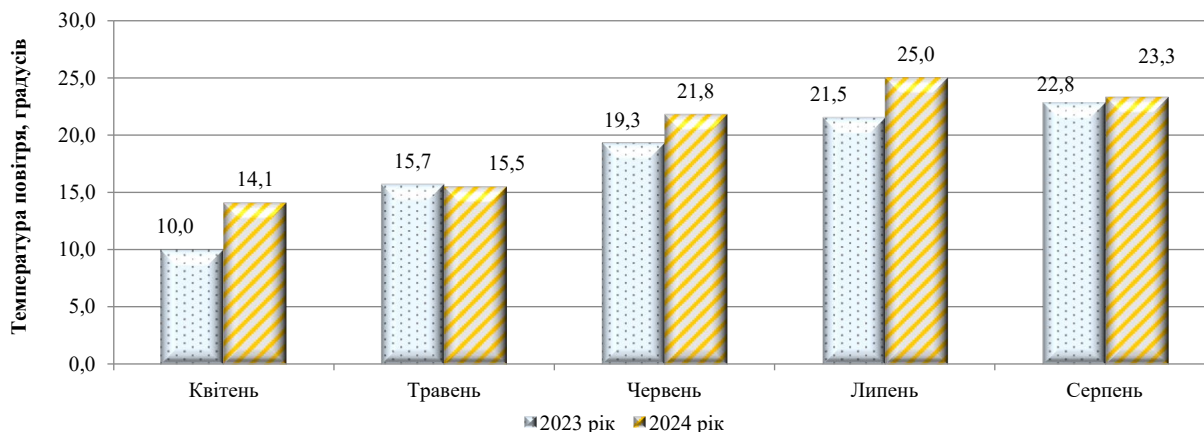


Рис. 2. Середня температура повітря за період вегетації кукурудзи

Погодні умови періоду вегетації 2024 р. виявилися вкрай несприятливими для росту і розвитку як ранніх, так і пізніх ярих культур, в тому числі і для кукурудзи (див. рис. 1; рис. 2). Практично всі місяці активного періоду росту і розвитку кукурудзи, за виключенням

червня, характеризувалися великим дефіцитом вологи опадів. Особливо великий недобір опадів був у травні, липні, серпні, де сума опадів за три місяці становила лише 7,0 мм, тобто агрономічно ефективні опади були відсутніми.

Температура повітря впродовж квітня-серпня 2024 р., була вищою, порівняно з аналогічним періодом минулого року. Особливо жаркими виявилися червень, липень, серпень. Слід відзначити і короточасні приморозки, які мали місце в першій декаді травня. Такий характер погодних умов негативно позначився біометричних параметрах рослин та урожайності зерна культури.

Облік урожайності кукурудзи проводили суцільно з облікової площі ділянки за допомогою селекційного комбайну Baural SP2100. Урожайність з облікової ділянки перераховано на один гектар за вологості зерна 14 %.

Статистичну обробку одержаних даних проведено методом дисперсійного аналізу [6].

Результати та їх обговорення

Важливим елементом структури урожаю кукурудзи є маса 1000 насінин. Нашими дослідженнями встановлено, що маса тисячі зерен гібридів кукурудзи визначалась як погодними умовами року, так і чинниками, що вивчали (*табл. 1*). Так, у середньому за варіантами різних норм висіву, гібрид кукурудзи ДКС 3969 максимальну масу 1000 насінин формував за другого строку сівби, відповідно 230,3 г. За сівби 20 квітня і 10 травня значення вище зазначеного показника було меншим, відповідно на 8,3 і 9,9 г або 3,6 і 4,3 %. Дещо по іншому змінювалася маса 1000 насінин у гібридів СИ Озон та Р9127 залежно від строків сівби. Дослідження свідчать, що цей показник у вище зазначених гібридів кукурудзи був практично однаковим як за першого, так і другого строку висівання. Найменшу масу 1000 насінин спостерігали за сівби 10 травня. Різниця між першим і третім строками за цим показником становила 6,8 і 3,5 г або 2,9 і 1,5 %. Варто відзначити, що найменшою амплітуда коливання маси 1000 насінин за строками сівби була у гібриду Р 9127.

Дослідження свідчать про помітний вплив норми висіву на масу 1000 насінин гібридів кукурудзи. Так, за експериментальними даними виявлено, що за всіх строків сівби, максимальне значення цього показника формувалося на варіанті, де норма висіву була

найменшою (35 тис./га). Збільшення норми висіву від 35 до 45, 55 і 65 тис./га супроводжувалося поступовим зменшенням маси 1000 насінин. Наприклад, за першого строку сівби різниця за вище зазначеним показником між найменшою і найбільшою нормою висіву становила у гібриду ДКС 3969 4,4 г або 10,1 %, СИ Озон – 3,5 г або 8,2 % та Р 9127 – 1,9 г або 4,5 %. За другого строку сівби зменшення маси 1000 насінин за норми висіву 65 тис./га, порівняно із 35 тис./га було найбільшим і становило у гібриду ДКС 3969 7,4 г або 17,6 %, СИ Озон – 7,2 г або 17,1 % та Р9127 – 3,4 г або 8,1 %. У разі сівби гібридів кукурудзи 10 травня відзначено аналогічну тенденцію щодо формування маси 1000 насінин за варіантами різних норм висіву, але із меншим її варіюванням.

Таблиця 1

Маса 1000 насінин гібридів кукурудзи залежно від строків сівби та норми висіву, г (середнє за 2023–2024 рр.)

Строки сівби	Норма висіву, тис./га	Гібриди		
		ДКС 3969	СИ Озон	Р 9127
20.04	35	228,3	237,2	238,4
	45	222,3	233,9	236,4
	55	219,1	230,0	234,9
	65	218,2	229,0	233,9
30.04	35	237,3	237,6	237,1
	45	236,0	235,8	235,3
	55	228,2	232,5	234,7
	65	219,7	220,5	229,0
10.05	35	225,6	228,9	235,3
	45	223,7	228,3	232,0
	55	220,7	222,5	230,6
	65	211,5	223,0	231,5
НІР 0,95	фактор (А) – 11,3; фактор (В) – 9,6; фактор (С) – 8,3. Взаємодія факторів (А, В, С) – 9,1.			

Узагальнюючим показником оцінки ефективності взаємного впливу окремих чинників або їх комплексу є рівень досягнутої урожайності. Проведені нами дослідження свідчать про істотний вплив чинників, що досліджували на рівень реалізації продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи. Так, виявлено, що максимальний рівень урожайності за всіх строків сівби формував гібрид Р 9127 (*рис. 3*).

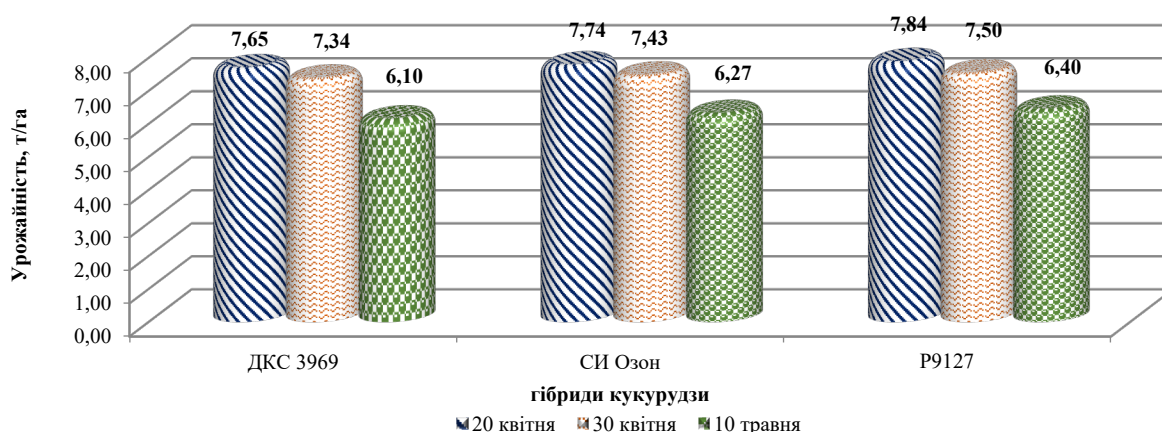


Рис. 3. Вплив сортових особливостей гібридів кукурудзи на урожайність насіння за строками сівби

Урожайність гібридів СИ Озон та ДКС 3969, поступалася кращому, відповідно на 0,07–0,13 і 0,16–0,30 т/га або 0,9–2,0 і 2,1–4,7 %. Приведені вище результати досліджень свідчать, що незважаючи на те, що гібриди, які вивчали в досліді, відносяться до однієї групи стиглості, проте гібрид Р 9127 проявив кращу реалізацію генетично обумовленого рівня продуктивності, за регіональних умов вирощування.

Що стосується впливу норм висіву на зернову продуктивність гібридів кукурудзи, то результати досліджень свідчать про поступове збільшення цього показника від найменшої до найбільшої норми висіву, за першого строку сівби (табл. 2). За сівби 30 квітня також спостерігали зростання урожайності по мірі збільшення норми висіву, однак істотний приріст цього значення був лише до норми 55 тис.шт./га, а далі різниця в урожайності знаходилася в межах помилки досліді. За третього строку сівби не виявлено істотного впливу норм висіву на формування урожайності зерна гібридів кукурудзи. Різниця між варіантами досліді, за гібридами, що вивчали, знаходилася в межах найменшої істотної різниці.

Таблиця 2

Урожайність гібридів залежно від густоти стояння та строків сівби, т/га (середнє за 2023–2024 рр.)

Строки сівби	Густота рослин, тис./га	Гібриди		
		ДКС 3969	СИ Озон	Р9127
20.04	35	7,07	7,19	7,23
	45	7,52	7,60	7,58
	55	7,87	7,95	8,11
	65	8,12	8,22	8,45
30.04	35	7,21	7,24	7,24
	45	7,20	7,40	7,25
	55	7,48	7,50	7,70
	65	7,45	7,57	7,80
10.05	35	6,06	6,19	6,30
	45	6,24	6,32	6,54
	55	6,05	6,27	6,44
	65	6,04	6,30	6,30
НІР 0,95		фактор (А) – 0,47; фактор (В) – 0,36; фактор (С) – 0,43. Взаємодія факторів (А, В, С) – 0,41.		

Таким чином результати дворічних (2023–2024) досліджень свідчать, що найвищий рівень урожайності формують гібриди кукурудзи за раннього строку сівби, коли ще достатньо вологи для одержання повних, вирівняних сходів та формування кращих стартових умов для послідуочого росту і розвитку культури. Тому найбільш доцільним для сівби кукурудзи слід вважати період із 20 по 30 квітня. Дослідження проведені в умовах ТОВ «Органік-Д» впродовж 2021–2022 рр., також підтверджують доцільність застосування раннього строку сівби кукурудзи, тобто у період стійкого прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до 6–8°C, який забезпечив формування урожайності на рівні 7,87 т/га, маси 1000 зерен 276,1 г [14]. Одержані нами результати досліджень також узгоджуються з експериментальними даними С. Aguilar Carpio et al, 2015 [17].

Проведеними нами дослідженнями також встановлено, що за раннього строку сівби найбільш доцільною є норма висіву насіння 65 тис. шт. схожих насінин/га, за середнього – 55 тис./га, а за пізнього – 45 тис./га. Дослідження Білоцерківського НАУ свідчать, що середньоранній гібрид кукурудзи ДН Орлик, за ранньої сівби, формував максимальний рівень урожайності (9,60 т/га) за густоти рослин 75 тис./га [15]. Подібну закономірність виявлено за результатами досліджень одержаних рядом науковців [7, 10].

Висновки

Виявлено, що за всіх строків сівби, максимальне значення маси 1000 насінин формувалося на варіанті, де норма висіву була найменшою (35 тис./га). Збільшення норми висіву від 35 до 45, 55 і 65 тис./га супроводжувалося поступовим зменшенням значень цього показника.

Встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України середньостиглі гібриди кукурудзи Р 9127, СИ Озон та ДКС 3969 найвищий рівень урожайності формують за раннього строку сівби, тому найбільш доцільним для сівби культури слід вважати період із 20 по 30 квітня. Також встановлено, що за раннього строку сівби кращою є норма висіву насіння 65 тис. шт. схожих насінин/га, за середнього – 55 тис./га, а за пізнього – 45 тис./га.

Перспективи подальших досліджень в цьому напрямі. Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні придатності гібридів кукурудзи до вирощування на фоні мінімізованих технологій основного обробітку ґрунту.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Adamenko, T. (2015). Osoblyvosti pohodnykh umov vesnianoho periodu 2015 r. *Ahronom*, 2 (48), 18–19. [in Ukrainian]
2. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Iu., Boiarkina, L. V., Sharii, V. O., & Bidnyina, I. O. (2023). Porivniálny analiz formuvannia vrozhaïnosti hibrydiv kukurudzy rıznykh hrup FAO za kraplynnoho zroshennia. *Ahrarni Innovatsii*, 18, 24–31. <https://doi.org/10.32848/agra.in-nov.2023.18.3> [in Ukrainian]
3. Hangur, V. V., Yeremko, L. S., & Rudenko, V. V. (2021). The impact of cultivation technology elements on productivity formation in maize hybrids of different maturity groups. *Taurian Scientific Herald*, 117, 37–43. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>
4. Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, Yu. M. (2017). Produktyvniat korotkorotatsiinykh sivozmin za maksimalnoi chastky v nykh soi ta kukurudzy pry vyroshchuvanni v umovakh nedostatnoho zvo-lozhennia livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zernovi Kultury*, 1-2, 313–319. [in Ukrainian]
5. Hanhur, V., & Rudenko, V. (2023). Biometric parameters of plants and maize (*Zea mays* L.) productivity depending on sowing period. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 36–41. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.07>
6. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: Pidruchnyk*. Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K»» [in Ukrainian]

7. Kalenska, S. M., Taran, V. H., & Danyliv, P. O. (2018). Osoblyvosti formuvannia urozhainosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid udobrennia, hustoty stoiannia roslyn ta pohodnykh umov. *Tavriskyyi Naukovyi Visnyk*, 101, 42–48. [in Ukrainian]
8. Kaletnik, H. M., Palamarchuk, V. D., Honcharuk, I. V., Yemchuk, T. V., & Telekalo, N. V. (2021). *Perspektyvy vykorystannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia*. Vinnytsia: FOP Kushnir Yu.V. [in Ukrainian]
9. Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Iu., & Zabara, P. P. (2019). Breeding properties and their role in stabilizing corn grain production in Ukraine. *Interagency Thematic Scientific Collection «Irrigated Agriculture»*, 72, 91–100. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.21>
10. Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2016). Vplyv strokiv sivby, hustoty roslyn ta abiotychnykh faktoriv na formuvannia vrozhainosti hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoї Zony NAAN Ukrainy*, 11, 31–38. [in Ukrainian]
11. Nad Yanosh. (2012). *Kukurudza*. Vinnytsia: FOP D. Iu. Korzun [in Ukrainian]
12. Palamarchuk, V. D., Didur, I. M., Kolisnyk, O. M., & Aleksieiev, O. O. (2020). *Aspekty suchasnoi tekhnologii vyroshchuvannia vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho: monohrafiia*. Vinnytsia: TOV Druk [in Ukrainian]
13. Palamarchuk, V. D., & Kolisnyk, O. M. (2022). *Suchasna tekhnolohiia vyroshchuvannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia*. Vinnytsia: TOV Druk [in Ukrainian]
14. Palamarchuk, V., & Krychkovskyyi, V. (2024). influence of sowing time on grain productivity of corn hybrids suitable for bioethanol production. *Agriculture and Forestry*, 1 (32), 15–26. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-2>
15. Polyakov, V. (2020). Yield of corn hybrids depending on plant /density and fertilization systems. *Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 27 (41). [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27\(41\)-22](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-22)
16. Chernobai, L., Muzafarov, N., & Popova, K. (2017). Vektory adaptatsii. *Farmer*, 3 (87), 20–24. [in Ukrainian]
17. Aguilar Carpio, C., Escalante Estrada, J. A. S., & Aguilar Mariscal, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maiz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 33, 51–62. Retrieved from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v33n1/2395-8030-tl-33-01-00051.pdf>
18. Assefa, Y., Carter, P., Hinds, M., Bhalla, G., Schon, R., Jeschke, M., Paszkiewicz, S., Smith, S., & Ciampitti, I. A. (2018). Analysis of long term study indicates both agronomic optimal plant density and increase maize yield per plant contributed to yield gain. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23362-x>
19. Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, 14 (5), 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
20. Haarhoff, S. J., & Swanepoel, P. A. (2018). Plant population and maize grain yield: A global systematic review of rainfed trials. *Crop Science*, 58 (5), 1819–1829. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0003>
21. Paraginski, J. A., Toebe, M., Mello, A. de C., Souza, R. R. de, Moraes, M. P., & Marchioro, V. S. (2024). Corn hybrids grain yield submitted to different sowing densities in the medium-high Uruguay region of Rio Grande do Sul. *Revista Ceres*, 71. <https://doi.org/10.1590/0034-737x2024710025>
22. Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312 (1), 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>
23. Szarecki, V. J., Carvalho, I. R., Kehl, K., Pelegrin, A. J. de, Nardino, M., Demari, G. H., Barbosa, M. H., Lautenchleger, F., Smaniotto, D., Aumonde, T. Z., Pedó, T., & Souza, V. Q. de. (2018). Interrelations of characters and multivariate analysis in corn. *Journal of Agricultural Science*, 10 (2), 187. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n2p187>
24. Testa, G., Reyneri, A., & Blandino, M. (2016). Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings. *European Journal of Agronomy*, 72, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.006>

ORCID

V. Hanhur 

<https://orcid.org/0000-0002-5619-492X>



2025 Hanhur V. and Pelykh M. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.