

The impact of sowing time on corn yield capacity

O. Barabolia  | I. Kosenko

Article info

Correspondence Author

O. Barabolia

E-mail:

olga.barabolia@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody Str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Citation: Barabolia, O., & Kosenko, I. (2024). The impact of sowing time on corn yield capacity. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 41–46. doi: 10.31210/spi2024.27.01.07

The research was conducted as to studying the effect of sowing time on corn hybrids' yield capacity under climate change. The investigation was made during 2021–2023 in field conditions of a farm in Pyriatyn territorial community of Poltava region. Mid-ripening DKC 3939 and DKC 4408 corn hybrids were taken as the research objects. The preliminary study of weather conditions calculated by hydro-thermal moistening coefficient showed that April was humid enough, but insufficiently warm, which affected corn yield, sown on April 5. The yield of 84.7–98.5 hundredweight/ha for both hybrids was obtained, which was the lowest indicator in comparison with other sowing periods. However, the yield was higher than the average level in Ukraine (56.2–76.8 hundredweight/ha) and in Poltava region (64.5–85.1 hundredweight/ha). It has been substantiated that rather early corn seeding in insufficiently warmed soil extends the duration of the period from sowing to seedlings, and thus, the plant general vegetation, which decreases the yield. Seeding the corn on April 20 was more favorable and enabled to increase the yield capacity of DKC 3939 hybrid by 10.8–20.1 % (at the level of 95.3–110.7 hundredweight/ha), while that of DKC 4408 hybrid – by 3.0–14.0 % (89.1–112.3 hundredweight/ha). Moreover, DKC 3939 hybrid had higher yield than DKC 4408 when sown on April 20 in 2021 and 2023 – by 6.5 and 9.4 %, respectively. When sown on May 5, still higher yields for all the hybrids were received owing to favorable conditions at the beginning of growth and development (more warmed soil and sufficient soil moisture content). The yield of DKC 3939 hybrid was at the level of 98.7–112.4 hundredweight/ha (with the maximal indicator in 2023), while the yield of DKC 4408 hybrid was 93.2–114.5 hundredweight/ha (2022 was the most yielding). Thus, under unstable moistening and changeable temperature conditions, DKC 3939 hybrid turned out to be the most yielding when it was sown on May 5. The main factors affecting corn yields are sowing date and variety selection, including soil fertility, temperature and precipitation. The timing of sowing plays a key role in maximising corn yields and grain quality, as delayed sowing can lead to a linear decline in grain yields.

Keywords: climate, temperature conditions, precipitation, hydro-thermal moistening coefficient, hybrid, vegetation.

Вплив строків сівби на врожайність кукурудзи

O. В. Бараболя | I. В. Косенко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Проведено дослідження щодо вивчення впливу строків сівби на врожайність гібридів кукурудзи за умов змін клімату. Дослідження проведено протягом 2021–2023 років у польових умовах фермерського господарства Пирятинської територіальної громади Полтавської області. Об'єктами дослідження обрано середньостиглі гібриди кукурудзи ДКС 3939 і ДКС 4408. Попереднє дослідження погодних умов за розрахованим гідротермічним коефіцієнтом зволоження засвідчило, що квітень був достатньо вологим, тільки недостатньо стабільно теплим, що відобразилося на врожайності кукурудзи, посіяної 5 квітня. Отримано врожайність обох гібридів у межах 84,7–98,5 ц/га, що є найменшим показником порівняно з іншими строками сівби, однак вищим за середній рівень по Україні (56,2–76,8 ц/га) і Полтавській області (64,5–85,1 ц/га). Обґрунтовано, що достатньо ранній посів кукурудзи у недостатньо прогрітій ґрунт продовжує тривалість періоду від сівби до сходів, а отже, і загальної вегетації рослини, що зменшує врожайність. Посів кукурудзи 20 квітня був більш сприятливим і дозволив збільшити врожайність гібрида ДКС 3939 на 10,8–20,1 % (на рівні 95,3–110,7 ц/га), тоді як гібрида ДКС 4408 – на 3,0–14,0 % (89,1–112,3 ц/га). За такої умови гібрид ДКС 3939 показав більшу врожайність відносно ДКС 4408 у разі посіву 20 квітня 2021 і 2023 років – на 6,5 і 9,4 % відповідно. У разі посіву 5 травня отримано ще більшу врожайність за всіма гібридами завдяки сприятливим умовам на початку росту та розвитку (більш прогрітому ґрунту та достатній вологості). Врожайність гібрида ДКС 3939 була на рівні 98,7–112,4 ц/га (з максимумом 2023 року), тоді як врожайність гібрида ДКС 4408 – 93,2–114,5 ц/га, де найбільш врожайним був 2022 рік. Отже, за умов нестабільного зволоження та мінливого температурного режиму найбільш урожайним виявився гібрид кукурудзи ДКС 3939 за умови посіву 5 травня.

Ключові слова: клімат, температурний режим, опади, гідротермічний коефіцієнт зволоження, гібрид, вегетація.

Бібліографічний опис для цитування: Бараболя О. В., Косенко І. В. Вплив строків сівби на врожайність кукурудзи. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 41–46.

Вступ

Кукурудза (*Zea mays* L.) є третьою за значенням зерновою культурою після пшениці та рису. Значні площі вирощування цієї культури знаходяться у помірних, тропічних і субтропічних регіонах світу. Зерно кукурудзи є цінним джерелом білка (10,4 %), жиру (4,5 %), крохмалю (71,8 %), вітамінів і мінеральних речовин, таких як кальцій, фосфор і сірка. Воно також є сировиною для виробництва крохмалю та використовується для приготування багатьох продуктів [1].

Основними факторами, що впливають на врожайність кукурудзи, є строк сівби та вибір сорту, зокрема родючість ґрунту, температурний режим і опади [2]. Терміни посіву відіграють вирішальну роль у максимізації врожайності кукурудзи і якості зерна [3, 4], оскільки затримка строків посівів може призвести до лінійного зниження врожайності зерна [5]. Також стверджується, що рання посадка навесні є оптимальною і ефективнішою, тоді як затримка строків посіву призводить до зниження врожайності зерна кукурудзи.

Крім того, середовище вирощування також може впливати на якість і склад зерен кукурудзи [6]. У дослідженні [7] спостерігали помітний вплив строків сівби на врожайність кукурудзи та її компоненти. В результаті ранній строк сприяв підвищенню продуктивності зерна кукурудзи і якості, оскільки рослини досягають своєї фізіологічної зрілості до настання низьких температур. Тоді як затримка посіву призвела до скорочення днів фази формування китиць, шовку, тривалості збору врожаю, співвідношення свіжої маси листя до загальної маси силосу та, зрештою, врожаю зерна [8]. З цього приводу дослідження [9, 10] продемонстрували, що ранній строк сівби кукурудзи корелюють із потенційно оптимальними ґрунтовими та кліматичними умовами, тоді як пізній строк піддає рослини кукурудзи скороченню вегетаційного періоду, низьким температурам градусів і зменшенню кількості сонячного тепла. Крім того, неоптимальні умови навколишнього середовища можуть обмежити виробництво насіння через асинхронні процеси (наприклад, несприятливий вплив на швидкість росту та фенологію сільськогосподарських культур, перешкоджаючи засвоєнню макроелементів і процесам синтезу) [11]. Оскільки кукурудза є літньою культурою, то пізні строки сівби обмежують її продуктивність через невеликий час для завершення життєвого циклу [12, 13].

Дослідження [14, 15] показало, що пізні строки сівби кукурудзи спричиняють значне зниження як біомаси, так і врожайності зерна. Також терміни посіву впливали на фенологію культури (кількість днів до появи китиць, шовковистість і зрілість), морфологію (висоту рослини, висоту колоса, включаючи довжину колоса), ознаки врожайності (кількість рядків у колосі, кількість зерен у колосі, вагу 1000 зерен).

Особливої актуальності вивчення впливу строків сівби на врожайність кукурудзи набуло із глобальним потеплінням і зміною клімату, оскільки згідно з

прогнозами NASA врожаї кукурудзи до 2030 року можуть знизитися на чверть [16]. Також згідно з висновками Центру досліджень сільськогосподарських ландшафтів Ляйбніці зміна клімату в Європі буде супроводжуватися зменшенням опадів, а сухий стрес негативно впливає на кукурудзу та призводить до зменшення її врожайності. Отже, сільськогосподарським виробникам Європи необхідно брати до уваги те, що проблема посухи незабаром може стати постійною. Тому вже доцільно сконцентруватися на нових посухостійких сортах і гібридах сільськогосподарських культур, налагодити встановлення зрошувальних систем [17, 18]. Отже, зміни клімату призводять до змін агрокліматичних умов вирощування кукурудзи, котрі впливають на зміну темпів розвитку культури, показники формування продуктивності, що значно відзначається на рівні врожайності [19].

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у вивченні впливу строків сівби на врожайність кукурудзи за умов змін клімату.

Завдання дослідження:

- здійснити оцінку кліматичних умов за допомогою гідротермічного коефіцієнта зволоження за роки досліджень;
- проаналізувати врожайність дослідних гібридів кукурудзи за строками посіву;
- зробити висновки щодо найбільш сприятливого строку посіву для отримання максимальної врожайності за умови нестабільних погодних умов.

Матеріали і методи

Дослідження було закладене впродовж 2021–2023 років у польових умовах ТОВ «Малютинці-АГРО» Пирятинської територіальної громади (Лубенський район) Полтавської області. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем глибокий малогумусний на лесових породах, який має помірну агрохімічну оцінку $N_3P_4K_3$ і добру родючість (80–87 балів) [20]. На території Пирятинської територіальної громади протікають річки Удай (протяжністю – 327 км) і Перевод (протяжністю – 50 км). Ландшафт території Пирятинської громади представляє собою лівобережну заплаву низького рівня з декількома підвищеннями, котрі вкриті трав'янистим покривом або лісом природного походження [21].

Матеріалом дослідження обрано два гібриди кукурудзи, які мають зубовидний вид зерна, і характеризуються [22, 23]:

- ДКС 3939 (ФАО 320) виробництва Байер, середньостиглий, рекомендована зона – Степ, висота рослин – 220–250 см, висота кріплення качана – 100–110 см, зерен у ряду – 38–44, кількість рядів зерен – 14–18, маса 1000 зерен – 300–350 г;
- ДКС 4408 (ФАО 340) виробництва Монсанто, середньостиглий, рекомендована зона – Полісся, Лісостеп, Степ, висота рослин – 230–250 см, висота кріплення качана – 105–115 см, зерен в ряду – 37–43,

кількість рядів зерен – 16–18, маса 1000 зерен – 290–330 г.

Закладення дослідів, оцінювання й аналіз отриманих результатів проводили згідно з методикою Державного сортовипробування сільськогосподарських культур [24] і «Методики польового дослідю» [25]. Площа загальної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Повторність дослідів – трикратна. Розміщення посівів – рендомізованим методом.

Використана загальноприйнята технологія вирощування кукурудзи для зони Лісостепу. Попередник – соя. Проведено основний обробіток ґрунту після збору попередника – дискування глибиною 6–8 см. Восени виконано оранку на глибину 23–25 см. Норма висіву – 72 тис./га з шириною міжряддя – 70 см. Навесні проведено закриття вологи – культивування на глибину загортання насіння. Внесені добрива під гібрид ДКС 3939 – карбамід (150 кг/га) з посівом, ДКС 4408 – КАС 32 (150 л/га). Посів на глибину 6 см виконано у такі терміни: 5 квітня, 20 квітня, 5 травня.

Результати та їх обговорення

Клімат на території Пирятинської територіальної громади помірно-континентальний, переважно м'який і достатньо вологий. Зима нестійка, малосніжна, порівняно тепла, літо помірно вологе та тепле. За рік середня температура повітря становить 7,6–8,6 °С, а завдяки наявності двох річок забезпечується позитивний режим зволоження та створюється загалом позитивний баланс вологи у ґрунті [21].

Отже, погодно-кліматичні та ґрунтові умови господарства дозволяють отримувати вищий врожай кукурудзи, ніж по області й взагалі по Україні (рис. 1). Наприклад, 2021 року середня врожайність по господарству становила 92 ц/га, що на 42,6 і 63,7 % більше, ніж по області й Україні відповідно. 2022 року урожайність кукурудзи в дослідному господарстві зросла на 18,5 % або 17 ц/га, що вище за обласні та національні показники на 28,1 і 41,9 % відповідно.

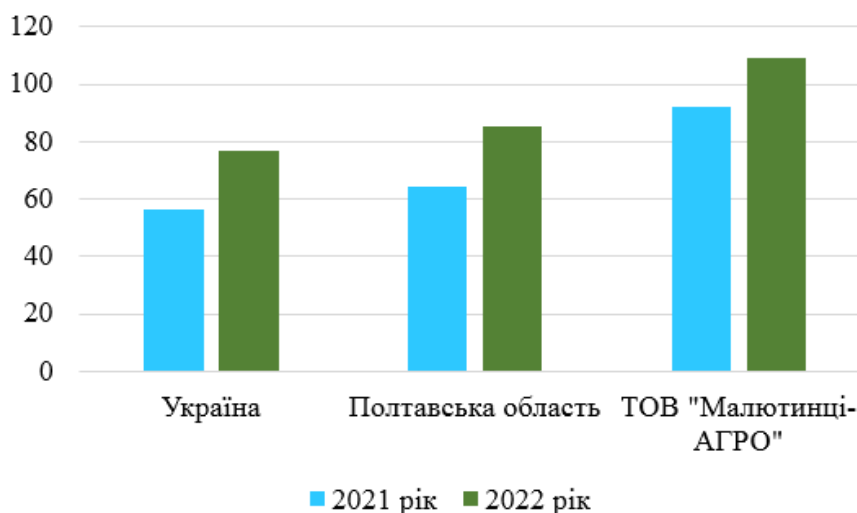


Рис. 1. Динаміка врожайності кукурудзи, 2021–2022 роки, ц/га
Джерело: побудовано за [26].

В умовах Лісостепу гарними попередниками для кукурудзи на зерно є пшениця озима, люпин, зернобобів, картопля, що, зважаючи на її високу потребу в поживних речовинах (особливо в азоті), зумовлює найкращого попередника для кукурудзи – зернобобів чи сидерати. Тому в дослідному господарстві кукурудза сіється після сої, що сприяє отриманню вищих урожаїв, ніж по області (див. рис. 1).

Відомо, що в період вегетації рослин особливо істотна роль належить запасу доступної вологи у ґрунті. Для кукурудзи найбільше значення має не сумарна кількість опадів за час вегетації, а якраз наявність цієї вологи у критичні для культури періоди: при переході на живлення власних коренів, у фазу цвітіння та період наливу зерна [27]. Також для набухання та проростання насінню кукурудзи необхідно приблизно 40 % вологи [28].

Погодні умови періоду вегетації кукурудзи протягом дослідного періоду мали певні особливості.

Отже, проаналізувавши температурний режим і опади протягом вегетаційного періоду кукурудзи 2021–2023 років, доцільно зазначити, що за агрометеорологічними показниками досліджувані роки значно відрізнялися, а це по-різному впливає на формування врожайності культури.

За проведеними розрахунками гідротермічного коефіцієнта зволоження (ГТК) видно, що у квітні й травні було достатньо волого (ГТК = 1,0–1,5), а 2022 року – навіть надмірно волого (ГТК > 1,5). Це досить позитивно вплинуло на ріст і розвиток кукурудзи за умови відповідного температурного режиму. Тоді як вже у червні 2022 року була середня посуха (ГТК < 0,65), а в липні цього ж року – достатньо волого. До того ж червень 2021 і 2023 років характеризувався достатньою вологою, а липень – сильною та середньою посухою. У серпні–вересні 2021–2022 років рівень зволоження коливався від слабкої посухи до надмірно вологого, тоді як 2023 року – сильна посуха (див. рис. 2).

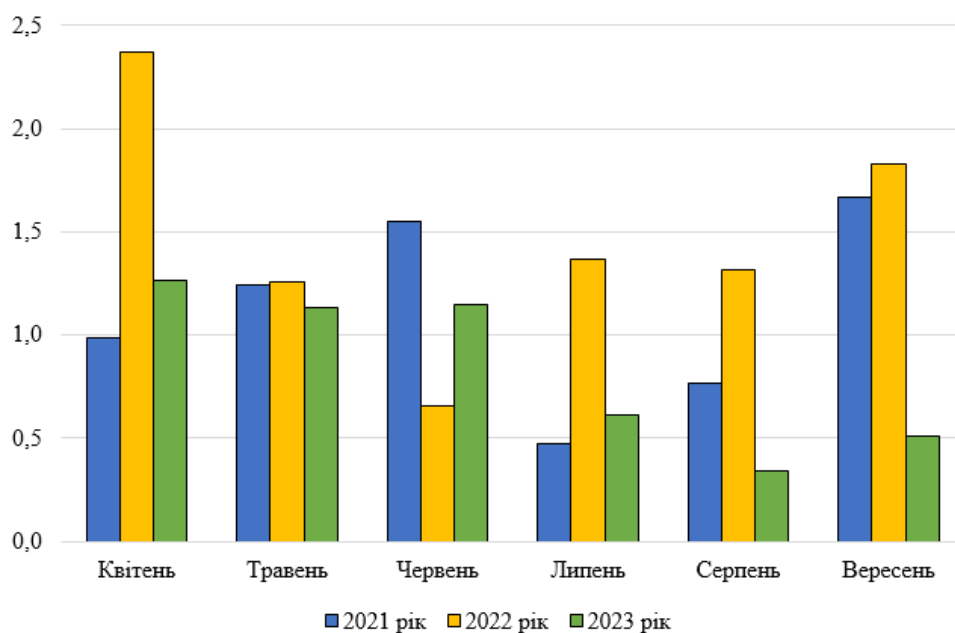


Рис. 2. Динаміка гідротермічного коефіцієнта зволоження Г. Т. Селянінова, 2021–2023 рр.

Оптимальним строком сівби кукурудзи вважається час, коли настає стійке прогрівання ґрунту до 8–10 °С (за температури повітря 12–15 °С), що відповідає часовому проміжку із середини квітня до середини травня [29]. Отже, у разі посіву 5 квітня було отримано найменший рівень урожайності культури обох гібридів за всі роки досліджень (див. табл. 1), оскільки ґрунт був недостатньо

прогрітий (середня температура коливалась від 5 °С 2022 року до 13,8 °С 2023 року з нестабільними циклами). До того ж урожайність гібрида ДКС 4408 була вищою за урожайність гібрида ДКС 3939 у середньому на 2,1–3,9 %, що пов'язано з його більшою вимогливістю до вищих температур (орієнтований для вирощування в Степу).

Таблиця 1

Урожайність дослідних гібридів кукурудзи за різних строків сівби, середнє за 2021–2023 рр., ц/га

Гібриди	2021 рік			2022 рік			2023 рік		
	5.04	20.04	5.05	5.04	20.04	5.05	5.04	20.04	5.05
ДКС 3939	84,7	95,3	98,7	96,4	106,8	109,2	92,2	110,7	112,4
ДКС 4408	86,5	89,1	93,2	98,5	112,3	114,5	95,8	100,3	104,3

Посів кукурудзи 20 квітня відбувався за середньої температури 7,5–9 °С, однак вже через 2–3 дні середньодобова температура була вище 10 °С, що сприяло більшій урожайності кукурудзи, ніж при посіві 5 квітня (див. табл. 1). Так, урожайність гібрида ДКС 3939 завдяки пізнішому терміну посівів була вищою на: 12,5 % 2021 року; 10,8 % 2022 року; 20,1 % 2023 року. Врожайність гібрида ДКС 4408 теж збільшилася через більш пізній термін посіву на 3,0, 14,0 і 4,7 % 2021–2023 років відповідно. За такої умови гібрид ДКС 3939 показав більшу урожайність відносно ДКС 4408 за умови посіву 20 квітня 2021 і 2023 років – на 6,5 і 9,4 % відповідно.

За умови посіву 5 травня отримано ще більшу урожайність усіх гібридів завдяки сприятливим умовам на початку росту та розвитку (більш прогрітому ґрунту та достатній вологості). Отже, урожайність гібрида ДКС 3939 становила 98,7–112,4 ц/га, зростаючи протягом 2021–2023 років, тоді як урожайність гібрида ДКС 4408 перебувала у межах 93,2–114,5 ц/га, де найбільш урожайним був 2022 рік (на 4,9 % більше за гібрид ДКС 3939).

Отже, за умови раннього посіву (5 квітня) найбільшу урожайність можна отримати з гібрида ДКС 4408 – 93,6 ц/га, що на 2,7 % більше, ніж середня урожайність гібрида ДКС 3939. Тоді як останній має більшу урожайність за більш пізніх строків посів – 104,3 ц/га (20 квітня) та 106,8 ц/га (5 травня), що на 3,7 і 2,7 % більше відповідних показників гібрида ДКС 4408. Середня урожайність за роками досліджень гібрида ДКС 3939 коливалась у межах 92,9–105,1 ц/га, а гібрида ДКС 4408 – 89,6–108,4 ц/га.

Оцінюючи результати, доцільно зазначити, що строки посівів кукурудзи мають відбуватися не за календарними датами, а за сприятливими погодно-кліматичними умовами, коли ґрунт буде стабільно прогрітий понад 10 °С при значній вологості. Отже, не доцільно за умов нестабільного клімату планувати посів кукурудзи декілька років поспіль на одну календарну дату. Доречніше застосовувати щорічно дані щодо настання оптимальної температури та вологості ґрунту для проростання насіння кукурудзи.

Висновки

Отже, через швидкі темпи зміни клімату, наявність гібридів кукурудзи нового покоління, які мають різну адаптивність до умов вирощування, відрізняються агротехнічними заходами та потенційною врожайністю є доцільним вивчення найбільш сприятливих строків сівби. За результатами проведених досліджень упродовж 2021–2023 років із залученням двох гібридів ДКС 3939 (FAO 320) і ДКС 4408 (FAO 340) було визначено оптимальні строки сівби, за яких отримано найбільшу врожайність. Попереднє дослідження погодних умов за розрахованим гідротермічним коефіцієнтом зволоження засвідчило, що квітень був достатньо вологим, тільки недостатньо стабільно теплим, що відобразилося на врожайності кукурудзи, посіяної 5 квітня. Так, отримано врожайність обох гібридів у межах 84,7–98,5 ц/га. Посів кукурудзи 20 квітня був більш сприятливим і дозволив збільшити врожайність гібрида ДКС 3939 на 10,8–20,1 %, тоді як гібрида ДКС 4408 – на 3,0–14,0 %. За посіву 5 травня отримано ще більшу врожайність всіх гібридів завдяки сприятливим умовам на початку росту та розвитку (більш прогрітому ґрунту та достатній вологості). Урожайність гібрида ДКС 3939 була до 98,7–112,4 ц/га, тоді як урожайність гібрида ДКС 4408 – 93,2–114,5 ц/га, де найбільш урожайним був 2022 рік.

Перспективи подальших досліджень передбачають аналіз продуктивності гібридів кукурудзи за строками сівби.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Zhemela, H. P., Barabolia, O. V., Liashenko, V. V., Liashenko, Y. S., & Podoliak, V. A. (2021). Formation of maize hybrids grain productivity depending on sowing rate. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 97–105. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.11>
2. Ramankutty, N., Foley, J. A., Norman, J., & McSweeney, K. (2002). The global distribution of cultivable lands: current patterns and sensitivity to possible climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 11 (5), 377–392. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2002.00294.x>
3. Abaza, A. S. D., Elshamly, A. M. S., Alwahibi, M. S., Elshikh, M. S., & Ditta, A. (2023). Impact of different sowing dates and irrigation levels on NPK absorption, yield and water use efficiency of maize. *Scientific Reports*, 13 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40032-9>
4. Zakaria, O. E., El-Rouby, M. M., & Hemeid, M. M. (2020). Grain quality of maize cultivar Giza 168 as affected by levels of irrigation, sowing date, plant density and macronutrients. *Alexandria Science Exchange Journal*, 41 (6), 455–470. <https://doi.org/10.21608/asejaqjsae.2020.127606>
5. Anapalli, S. S., Ma, L., Nielsen, D. C., Vigil, M. F., & Ahuja, L. R. (2005). Simulating planting date effects on corn production using RZWQM and CERES-Maize models. *Agronomy Journal*, 97 (1), 58–71. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0058>

6. Tamagno, S., Greco, I. A., Almeida, H., Di Paola, J. C., Ribes, F. M., & Borrás, L. (2016). Crop management options for maximizing maize kernel hardness. *Agronomy Journal*, 108 (4), 1561–1570. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0590>
7. Djaman, K., Allen, S., Djaman, D. S., Koudahe, K., Irmak, S., Puppala, N., Darapuneni, M. K., & Angadi, S. V. (2022). Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, 6, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100417>
8. Alipour-Abookheili, F., Mobasser, H.-R., Siavoshi, M., & Golmaei, F. (2019). The effects of seed priming, planting date and density on the silage yield of corn (*Zea mays* L.) in summer delayed sowing. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 64 (2), 133–145. <https://doi.org/10.2298/jas1902133a>
9. Parker, P. S., Shonkwiler, J. S., & Aurbacher, J. (2016). Cause and consequence in maize planting dates in Germany. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203 (3), 227–240. <https://doi.org/10.1111/jac.12182>
10. Abbas, G., Ahmad, S., Hussain, M., Fatima, Z., Hussain, S., Iqbal, P., Ahmed, M., & Farooq, M. (2020). Sowing date and hybrid choice matters production of maize-maize system. *International Journal of Plant Production*, 14 (4), 583–595. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00104-6>
11. Elshamly, A. M. S. (2023). Minimizing the adverse impact of drought on corn by applying foliar potassium humate combined with chitosan. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23 (2), 1913–1929. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01146-1>
12. Akmal, M., Ahmed, N., Amanullah, Bibi, F., & Ali, J. (2014). *Climate change and adaptation farmers experience from rainfed areas of Pakistan*. Peshawar, Pakistan: Inter cooperation, climate change center, The University of Agric.
13. Hanif, M., & Ali, J. (2014). *Climate scenarios 201-2014*. Districts Haripur, Sawabi, Attock and Chakwal-Pakistan. Publication, Inter-Cooperation Pakistan.
14. Liaqat, W., Akmal, M., & Ali, J. (2018). Sowing dates effect on production of high yielding maize varieties. *Sarhad Journal of Agriculture*, 34 (1), 102–113.. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2018/34.1.102.113>
15. Liaqat, W., Jan, M. F., & Ahmad, H. (2018). Sowing maize on optimum time in season is unavoidable for higher yield. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 8 (5), 555750. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2018.08.555750>
16. Knysh, O. (2021). Naibilshe klimatychni zminy vplynut na vrozhai pshenytsi ta kukurudzy. *Meta*. Retrieved from: <https://meta.ua/uk/news/science/29720-u-nasa-peredbachayut-scho-zmni-klmatu-vidchutno-poznachatsya-na-vrozhayah-uzhecherez-10-rokv/> [in Ukrainian]
17. Vid zmin klimatu v Yevropi bilshe postrazhdaie kukurudza, nizh pshenytsia – naukovtsi. *GrowHow.in.ua*. Retrieved from: <https://www.growhow.in.ua/vid-zmin-klimatu-v-yevropi-bilshe-postrazhdaye-kukurudza-nizh-pshenytsya-naukovtsi/> [in Ukrainian]
18. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O., & Chaika, T. O. (2019). Droughts in the context of climate changes in Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 134–146. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.18>
19. Kostiukievych, T. K. (2018). Vplyv klimatychnykh zmin na perspektvy vyroshchuvannya kukurudzy v Ukraini. *Vplyv zmin klimatu na otnohenez roslyn: zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Mykolaiiv: MNAU [in Ukrainian]
20. Karta gruntiv Ukrainy. *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#w15> [in Ukrainian].
21. Pryiatynska miska obiednana terytorialna hromada: Investytsiyni pasport (2020). Retrieved from: <http://pledgd.org.ua/wp-content/uploads/2020/03/Pryiatynska-OTG-Investpasport.pdf> [in Ukrainian]
22. Kukurudza DKS 3939 (FAO 320). *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/nasinnya-kukurudza/dks-3939-monsanto-id11188> [in Ukrainian]
23. Kukurudza DKS 4408 (FAO 340). *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/nasinnya-kukurudza/dks-4408-monsanto-id10507> [in Ukrainian]
24. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]

25. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2020). *Metodyka polovoho doslidu*. Odesa: Oldi+ [in Ukrainian]
26. *Roslynnytstvo Ukrainy 2021 rik : statystychnyi zbirnyk*. (2022). Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [in Ukrainian]
27. Kalambet, V. Vplyv strukturnykh pokaznykiv na vrozhaunist kukurudzy. *Agro-Online*. Retrieved from: <https://app.agro-online.com/50537/details/> [in Ukrainian]
28. Mazorenko, D. I., Mazniev, H. Ye., & Tishchenko, L. M. (2008). *Tekhnolohii vyroshchuvannia zernovykh i tekhnichnykh kultur v umovakh Lisostepu Ukrainy*. Kyiv: NNTs IAE [in Ukrainian]
29. Lysa, A. (2023). «Maksymalni pokaznyky vrozhaiu» – eksperty rozpovily pro optimalni stroky posivu kukurudzy. *Landlord*. Retrieved from: <https://landlord.ua/news/maksymalni-pokaznyky-vrozhaiu-eksperty-rozpovily-pro-optimalni-stroky-posivu-kukurudzy/> [In Ukrainian]

ORCID

O. Barabolia  <https://orcid.org/0000-0002-5563-8445>



2024 Barabolia O. and Kosenko I. 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.