

Agrobiological evaluation of sowing dates and techniques for grain corn

A. Mushinsky  | V. Onipko

Article info

Correspondence Author

A. Mushinsky

E-mail:

andrii.mushynskiy@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Mushinsky, A., & Onipko, V. (2025). Agrobiological evaluation of sowing dates and techniques for grain corn. *Scientific Progress & Innovations*, 28(3), 56–62. doi: 10.31210/spi2025.28.03.09

The article presents an agrobiological analysis of the influence of sowing dates and methods on the growth, development and productivity of corn (*Zea mays* L.) in the conditions of the central Forest-Steppe zone of Ukraine. The relevance of the topic is associated with increased climatic risks, changes in agrometeorological conditions and increasing requirements for the effective use of soil and climatic resources. The purpose of the study is to generalize modern scientific approaches to optimizing the timing of corn sowing, taking into account biological, climatic and technological factors. The review analyzed publications by Ukrainian and foreign scientists devoted to the influence of sowing on the morphometric parameters of corn, biomass formation and yield. It is shown that early sowing dates provide better initial conditions for plant development, a longer growing season and better realization of the genetic potential of yield. At the same time, the use of ridge sowing contributes to the preservation of moisture in the soil and improvement of the development of the root system, which is confirmed by research data. On the other hand, late sowing dates significantly reduce the biological productivity of plants and lead to crop losses of up to 25–30 %, which is proven by domestic and international studies. The regional features of corn adaptation to sowing dates in the conditions of the Forest-Steppe are highlighted, as well as the relationship between weather conditions and morphological characteristics of plants. The obtained generalization results can be used as a scientific basis for adaptive management of corn cultivation technology in conditions of climate change. It is noted that the results of the review deepen the understanding of the factors that determine the efficiency of sowing and serve as a guideline for the development of practical recommendations in modern agricultural production. Another promising direction is the use of remote monitoring and artificial intelligence for operational decision-making in field conditions. The obtained data can form the basis of adaptive technologies for corn cultivation in conditions of increased climatic instability.

Keywords: corn, sowing date, sowing method, agrobiological evaluation, yield, growth parameters, Forest-Steppe.

Агробіологічна оцінка строків і способів сівби кукурудзи на зерно

А. А. Мушинський | В. В. Оніпко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено агробіологічний аналіз впливу строків і способів сівби на ріст, розвиток та продуктивність кукурудзи (*Zea mays* L.) в умовах центральної Лісостепової зони України. Актуальність теми зумовлена підвищенням кліматичних ризиків, змінами агрометеорологічних умов і зростанням вимог до ефективного використання ґрунтово-кліматичних ресурсів. Метою дослідження є узагальнення сучасних наукових підходів щодо оптимізації строків сівби кукурудзи з урахуванням біологічних, кліматичних і технологічних чинників. У межах огляду проаналізовано публікації українських і зарубіжних вчених, присвячені впливу сівби на морфометричні параметри кукурудзи, формування біомаси та врожайності. Показано, що ранні строки сівби забезпечують кращі стартові умови для розвитку рослин, довший вегетаційний період та кращу реалізацію генетичного потенціалу врожайності. При цьому, використання гребневої сівби сприяє збереженню вологи в ґрунті та покращенню розвитку кореневої системи, що підтверджено даними досліджень. Натомість пізні строки сівби значно зменшують біологічну продуктивність рослин та призводять до втрат врожаю до 25–30 %, що доведено вітчизняними й міжнародними дослідженнями. Висвітлено регіональні особливості адаптації кукурудзи до строків сівби в умовах Лісостепу, а також залежність між погодними умовами та морфологічними характеристиками рослин. Отримані результати узагальнень можуть бути використані як наукова основа для адаптивного управління технологією вирощування кукурудзи в умовах кліматичних змін. Зазначено, що результати огляду поглиблюють розуміння факторів, що визначають ефективність сівби, та слугують орієнтиром для розроблення практичних рекомендацій у сучасному агропромисловості. Перспективним напрямом є також застосування дистанційного моніторингу та штучного інтелекту для оперативного прийняття рішень у польових умовах. Отримані дані можуть лягти в основу адаптивних технологій вирощування кукурудзи в умовах підвищеної кліматичної нестабільності.

Ключові слова: кукурудза, строки сівби, спосіб сівби, агробіологічна оцінка, урожай, ріст, Лісостеп.

Бібліографічний опис для цитування: Мушинський А. А., Оніпко В. В. Агробіологічна оцінка строків і способів сівби кукурудзи на зерно. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (3). С. 56–62.

Рациональне визначення строків сівби кукурудзи на зерно є важливим завданням сучасного агро-виробництва, особливо в умовах кліматичної нестабільності та необхідності обґрунтованого використання природних і економічних ресурсів. Від правильно обраних способу та часу сівби залежить збалансований розвиток культури, зокрема тривалість і повнота проходження вегетаційних фаз, ефективність фотосинтезу, водоспоживання, а також здатність рослин адаптуватися до несприятливих погодних умов. Невідповідність строків сівби агро-кліматичним умовам регіону нерідко призводить до зниження врожайності, погіршення якісних показників зерна та збільшення втрат внаслідок стресових факторів. У працях вітчизняних та зарубіжних учених активно висвітлюється питання впливу строків сівби на ріст і продуктивність кукурудзи. Так, S. Mason, T. Galusha, Z. Kmail виявили, що строки сівби істотно впливають на урожай гібридів різної тривалості вегетації, особливо в умовах посухи [30]. У масштабному синтез-аналітичному дослідженні V. Nguyen та ін. підтверджено стійкий негативний тренд урожайності при запізненні сівби, що було встановлено на основі даних польових дослідів у США [33]. L. Zhou та ін. [35] продемонстрували, що строки та щільність сівби значно впливають на водоспоживання та ефективність фотосинтезу, що на пряму корелює з урожайністю. У регіональному контексті A. Khalifa та ін. дослідили інбредні лінії жовтої кукурудзи в умовах Єгипту та виявив суттєві зміни ростових характеристик залежно від строків сівби [28]. M. Mousavi Nasab та ін. [31] в Ірані зафіксували чіткий взаємозв'язок між строками сівби і показниками якості зерна у гібридів кукурудзи. Аналогічні результати отримали J. Shrestha M. Kandel, A. Chaudhary, які дослідили вплив строків на вегетаційний ріст і розвиток кукурудзи в умовах Непалу [34] та M. Javed та ін., проаналізували взаємодію між способами сівби, джерелами азоту й урожайністю в умовах Пакистану [27].

Дослідники України також вносять вагомий внесок у розробку ефективних агротехнологій для кукурудзи. Так, В. Гангур, М. Пелих довели, що оптимальні строки сівби забезпечують масу 1000 зернин і високу урожайність в умовах Лівобережного Лісостепу [8]. У свою чергу, О. Міщенко, В. Гангур і Є. Даніленко встановили, що найвищу продуктивність можливо отримати за оптимальної густоти рослин/га з урахуванням особливостей гібриду [14].

Попри значний обсяг наукових напрацювань, досі бракує систематизованих досліджень, які комплексно враховують біологічні особливості гібридів кукурудзи, варіативність строків сівби, кліматичні чинники та новітні агротехнології в конкретних агро-кліматичних зонах. Це визначає актуальність дослідження, яке спрямоване на оптимізацію технологічних прийомів вирощування кукурудзи на зерно в умовах адаптивного землеробства.

Саме тому метою роботи є узагальнення та характеристика сучасних наукових підходів щодо впливу способів та строків сівби на ріст, розвиток і продуктивність кукурудзи в різних кліматичних

умовах, яка передбачала розгляд основних чинників, що впливають на вибір строків та способів сівби кукурудзи, аналіз сучасних досліджень щодо умов сівби на біометричні показники урожайності кукурудзи та взаємозв'язок з погодними умовами регіону.

Рациональний вибір строків та способів сівби кукурудзи (*Zea mays* L.) є критично важливим елементом адаптивного землеробства, що визначає ефективність росту, розвитку та продуктивність культури. Загальновідомо, що формування урожаю сільськогосподарських культур залежить від взаємодії комплексу природних і технологічних чинників, серед яких найвагомішими є температурний режим ґрунту на момент висіву, вологозабезпечення, біологічні особливості сорту чи гібриду, характер агротехнічних заходів, а також регіональні агрокліматичні умови [7, 26, 32].

Зокрема, С. Кравець встановив вплив способів сівби та густоти рослин на ріст, розвиток і формування врожайності кукурудзи в південно-західному Степу України. Поєднання надшироких міжрядь (210 см) та смугової сівби (210 × 70 см) із загущенням посівів (до 60–70 тис. рослин/га) порівняно із традиційною шириною міжрядь 70 см і густотою до 40 тис. рослин/га дозволило підвищити врожайність зерна на 15,8–26,3 %. Варіанти стрічкової сівби показали найбільші переваги, особливо при загущенні рослин. Проте при надшироких міжряддях збільшення врожаю обмежується скупченістю рослин у рядку. Загалом нові способи сівби дають змогу ефективніше використовувати ресурси ґрунту й опадів, покращуючи продуктивність кукурудзи в умовах степу [12].

Згідно з результатами досліджень S. Mason, T. Galusha, Z. Kmail температура ґрунту на глибині загортання насіння має бути не нижчою за 10 °С, оскільки саме цей температурний поріг забезпечував дружне й рівномірне проростання насіння та зменшує ризик розвитку хвороб на ранніх етапах вегетації. У роботі акцентовано на тому, що сівба у холодний або надмірно зволожений ґрунт унеможлиблює реалізацію потенціалу продуктивності через скорочення вегетаційного періоду, що своєю чергою зумовлювало зсув критичних фаз розвитку кукурудзи (цвітіння, налив зерна) у несприятливі погодні вікна [30]. Дослідження О. Бараболі та І. Косенка, засвідчують перевагу сівби 20 квітня для середньостиглих гібридів, зокрема ДКС 3939, у якого зафіксовано приріст урожайності до 20,1 % порівняно з ранішими термінами. Водночас за умови пізнішої сівби, 5 травня, спостерігалось підвищення врожайності, що автори пов'язують із кращим прогріванням ґрунту й сприятливим гідротермічним режимом у початковий період вегетації, що забезпечувало більш активне формування кореневої системи та рівномірні сходи [3]. Систематичний метааналіз V. Nguyen та ін. на базі масштабного синтезу даних польових дослідів в США продемонстрував стабільне зростання продуктивності кукурудзи на 10–15 % у разі дотримання ранніх строків сівби [33]. Особливо це проявлялось в регіонах із коротким вегетаційним періодом, де своєчасний висів є запорукою повного проходження фенологічних фаз. Дослідники також

підкреслюють, що строки сівби є критичним елементом адаптаційної стратегії управління посівами, оскільки вони визначають взаємодію із сезонною мінливістю кліматичних умов – зокрема, розподілом опадів та амплітудою температур [9, 16, 17, 21].

Не менш важливими є результати досліджень L. Zhou та ін., які довели, що строки сівби мають тісний взаємозв'язок із густотою рослин і рівнем забезпеченості культури поживними речовинами. Оптимізація цих агротехнічних параметрів у поєднанні зі сівбою в сприятливій агрокліматичній терміні дали змогу досягти високої ефективності фотосинтетичних процесів і підвищити коефіцієнт використання вологи, що особливо важливо в умовах дефіциту опадів [35]. Крім того, результати експериментів A. Khalifa та ін., проведених у посушливих регіонах Єгипту, продемонстрували, що строки сівби істотно вплинули на рівень стресостійкості рослин, зокрема, за ранньої сівби фіксувалася краща адаптація до теплового стресу в критичні фази розвитку, що прямо корелює з продуктивністю. Такі висновки є релевантними і для умов України, особливо в періоди підвищеної кліматичної нестабільності [28].

У національному контексті, зокрема в умовах Лівобережного Лісостепу України, дослідження В. Гангура і М. Пелиха підтвердили високий рівень варіативності оптимальних строків сівби, що пов'язано зі зростанням кліматичних ризиків, зокрема весняних заморозків і нерівномірного розподілу опадів. Науковці наголошують на доцільності гнучкого підходу до планування строків висіву, орієнтованого на погодні прогнози та локальні агрометеорологічні показники [8]. У дослідженні А. Влащука, О. Колпакової та О. Конашук розглянуто вплив строків сівби та щільності посіву на врожайність нових гібридів кукурудзи різних строків стиглості в умовах зрошення степової зони півдня України, так за середніми показниками 2014–2016 років, найвищу врожайність, 13,69 т/га продемонстрував середньостиглий гібрид «Каховський» при другому строку сівби та густоті посіву 70 тис. рослин/га. Скоростиглий гібрид «Тендра» досяг максимуму врожайності, 10,96 т/га – за аналогічного строку сівби, але при більшій щільності – 90 тис. рослин/га. Середньоранній гібрид «Скадовський» виявив найкращі результати, 11,92 т/га – також за другого строку сівби і тієї ж густоти стояння [4].

За результатами досліджень З. Глука і А. Форостині, встановлено, що врожайність кукурудзи суттєво залежить від строків сівби та групи стиглості гібридів. Найвищі показники продуктивності у ранньостиглих і середньостиглих гібридів були зафіксовані за раннього висіву, тоді як пізньостиглий гібрид демонстрував максимальну врожайність при сівбі за умови прогрівання ґрунту до 10–12 °С. Несприятливі погодні умови, зокрема прохолодна весна та дефіцит вологи у 2021 році, знизили врожайність усіх гібридів на 0,5–1,3 т/га [9].

На Хмельницькій ДСГДС вчені, Ж. Молдован, С. Собчук досліджували вплив строків сівби та густоти стояння рослин на врожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Встановлено,

що найвищу врожайність забезпечувала сівба у третій декаді квітня. Оптимальна густота стояння для ранньостиглих і середньоранніх гібридів становила 90 тис. рослин/га, для середньостиглого, 85 тис./га. Найвищу врожайність, 9,11 т/га – сформував гібрид Красилів 327 МВ. Результати показали, що строк сівби мав найбільший вплив на врожайність (до 64 %), а також відзначено значну варіабельність урожайності залежно від погодних умов [16].

Таким чином, вибір строків сівби кукурудзи має базуватися на комплексному аналізі погодних умов, типу ґрунту, особливостей гібриду та технологічних аспектів вирощування. Системна інтеграція кліматичних, біологічних і агротехнічних чинників є обов'язковою умовою забезпечення стабільної і високої врожайності культури в умовах глобального потепління та зростаючої нестачі природних ресурсів.

Строки та способи сівби мають значний вплив на біометричні показники кукурудзи, від них залежать такі характеристики рослини, як висота, кількість листків, площа листової поверхні, діаметр стебла, маса рослини, довжина та маса качана, кількість рядів зерен у качані, а також маса тисячі зерен. Підтвердженням чого є дослідження А. Дробітько, Н. Нікончук які переконують, що спосіб сівби та густота рослин суттєво впливають на структуру рослин кукурудзи, особливо на морфометричні показники качанів. Найвищі значення маси рослин і показників структури качанів (кількість рядів зерен, зерен у ряді, маса 1000 зерен) спостерігались у варіантах із надширокими міжряддями (210 см) та смуговими посівами (210 × 70 см). Загущення посівів призводило до зменшення цих показників, однак на стрічкових посівах врожайність зростала до 26,3 %, тоді як на звичайних із міжряддям 70 см – максимум на 15,8 %. Висока озерненість качанів (80,1–83,2 %) зберігалася за всіх способів сівби, але поступово зменшувалась із підвищенням густоти. Висока кореляція між густотою і зниженням озерненості ($R^2 = 0,74$) підтверджує вплив густоти на структуру врожаю [11]. Найефективнішим виявився смуговий спосіб сівби при загущенні до 60–70 тис. рослин/га. М. Степаненко, М. Грабовський, підтверджують істотний вплив способу сівби, гібридних особливостей та кліматичних умов на масу 1000 зерен кукурудзи. У дослідженнях, проведених у Правобережному Лісостепу України, максимальні значення маси зерна спостерігалися при схемі сівби 20,3 × 91,4 см. Гібриди з більшим вмістом ендосперму, зокрема СИ Зефір і НК Термо, формували важче зерно, що є важливим чинником для біоетанольного виробництва. Погодні умови також значно впливали на результати: у сприятливі роки зерно було важчим, ніж у стресових [25]. При ранньому строковій сівбі, коли посів проводили у середині квітня, кукурудза мала більше часу для росту та розвитку. Це може сприяти збільшенню висоти рослин, площі листової поверхні, а також маси вегетативної частини. Проте, у таких умовах існував ризик потрапляння сходів під вплив низьких температур, що може призводити до затримки проростання та можливого ураження хворобами.

Оптимальні строки сівби, як правило, припадають на кінець квітня – початок травня. У цей період температура ґрунту зазвичай досягає 10–12 градусів Цельсія, що сприяло швидкому проростанню насіння, активному росту рослин і формуванню повноцінного врожаю. Саме за такого строку сівби фіксувалися найвищі показники біометричних ознак: максимальна висота рослин, найбільша площа листкової поверхні, оптимальна довжина качана та найвища маса зерна. Пізній строк сівби, який припадає на середину або другу половину травня, часто призводив до погіршення біометричних показників. Через скорочений вегетаційний період, рослини не встигали повноцінно розвиватися. Висота рослин зменшувалася, листкова поверхня формувалася меншою, знижувалася маса качана та кількість зерен у ньому. Крім того, за високих температур і нестачі вологи в ґрунті на ранніх етапах розвитку кукурудза може переживати стрес, що негативно впливає на її ріст [1, 10, 19, 23]. Саме тому, строки сівби є критичним фактором у формуванні біометричних показників кукурудзи. Дотримання оптимальних строків сприяє кращому розвитку рослин і підвищенню врожайності, тоді як занадто ранні або пізні посіви можуть зменшити продуктивність культури.

Біометричні параметри кукурудзи, такі як висота рослини, площа листкової поверхні, маса зерен і продуктивність, тісно пов'язані зі строками сівби. Вчасна сівба сприяє повноцінному проходженню всіх фаз розвитку і максимальному використанню потенціалу гібриду. Згідно з дослідженнями В. Гангура і В. Руденка ранні строки сівби забезпечували більш швидке проростання насіння і формування потужної рослини, тоді як пізні строки призводили до скорочення висоти рослин, меншої площі листя і загального зниження біомаси [5]. Як встановлено в дослідженнях В. Паламарчука, найбільші лінійні розміри рослин кукурудзи (висота, площа листя) фіксувалися за ранніх строків сівби (t° ґрунту $+8^{\circ}\text{C}$), особливо в гібридів із довшим вегетаційним періодом [20]. Так, S. Mason, T. Galusha, Z. Kmail констатують, що у гібридів з тривалим періодом вегетації пізні строки сівби знижували біометричні показники на 12–18 %, що призводило до меншої продуктивності [30], V. Nguyen та ін. відзначають, що параметри, такі як маса 1000 зернин і загальна біомаса, істотно корелювали із датою сівби, де ранні строки позитивно впливали на накопичення сухої речовини [33].

L. Zhou та ін. доводять, що строки сівби взаємодіяли із густотою рослин, впливаючи на площу листя і, як наслідок, на фотосинтетичну активність та продуктивність кукурудзи [35]. Тоді як A. Khalifa та ін. зазначає, що у посушливих регіонах строки сівби визначали не лише ріст стебла, але й розвиток кореневої системи, яка забезпечує стійкість до стресів [28]. Погодні умови – важливий фактор, що модулює вплив строків сівби на врожайність. Неприятливі температури, нерівномірний розподіл опадів і екстремальні погодні явища здатні істотно зменшити продуктивність культури. Так, S. Mason, T. Galusha, Z. Kmail, довели, що у посушливих умовах рання сівба сприяла

формуванню розвиненої кореневої системи, що покращувало водопостачання рослин у критичні фази, підвищуючи врожайність на 10–20 % [30]. V. Nguyen та ін. акцентують, що зміни клімату призвели до зсуву оптимальних строків сівби, що викликало зниження врожайності через дисбаланс фаз розвитку і екстремальних температур [33]. L. Zhou та ін. підкреслюють, що строки сівби впливають на водоспоживання, при цьому запізнення з сівбою збільшує ризик водного дефіциту під час наливу зерна, що суттєво знижує урожайність [35]. Урожайність кукурудзи значною мірою залежить від погодних умов та застосованих агротехнічних прийомів. У досліджах W. Li та ін. було відкалібровано параметри моделі CERES у складі системи DSSAT, що дозволило підтвердити її ефективність для умов Південно-Західного Китаю. Модель Результати досліджень свідчать, що затримка з сівбою на кожні 7 днів на початку травня знижувала врожайність у середньому на 3 %. Також встановлено, що врожайність значно зменшувалася при підвищенні максимальної температури та зменшенні кількості опадів у репродуктивний період. Ранній посів часто спричиняв нестачу вологи у фазі вегетації, тоді як пізніший посів, навпаки, забезпечував кращі умови зволоження та вищу сумарну сонячну радіацію, що позитивно впливало на формування врожаю [29].

Дослідники Полтавського державного аграрного університету В. Гангур і В. Пелих показали, що середньодобова температура ґрунту повинна бути не нижче 10°C для нормального проростання. Це забезпечувало оптимальний старт вегетації і підвищує урожайність до 8 т/га [8]. Є. Базиленко, Т. Марченко переконують, через стрімкі кліматичні зміни важливого значення набувало впровадження сучасних гібридів кукурудзи, які характеризуються високою здатністю адаптуватися до різноманітних умов вирощування [2]. Саме такі гібриди можуть стати основою для стабільного виробництва кукурудзи в регіонах, де спостерігається дефіцит вологи. Важливою складовою ефективного вирощування пластичних гібридів є впровадження спеціалізованих сортових технологій, у яких вирішальне значення мають оптимальні строки сівби. У ході досліджень було визначено, що певні гібриди демонстрували стабільні біометричні характеристики за різних погодних умов та строків сівби. Зокрема, для гібридів Степовий і Олешківський виявлено тісний зв'язок між біометричними показниками та рівнем урожайності зерна, що дозволило використовувати ці показники як орієнтир для попереднього прогнозу врожайності. Разом із тим, гібриди кукурудзи з групи стиглості ФАО 380–420 виявилися більш уразливими до нестачі вологи та запізнілих строків сівби, особливо у посушливі роки в умовах степу. За весняної нестачі ґрунтової вологи використання таких гібридів може зумовити зменшення біометричних параметрів і, відповідно, втрати врожайності [2].

Регіональні особливості реакції кукурудзи на строки сівби пов'язані з кліматичними умовами, типами ґрунтів, рівнем зволоження, а також адаптивністю гібридів, що вирощуються в конкретній зоні. В Україні, зокрема, розрізняють кілька основних

агрокліматичних регіонів: Полісся, Лісостеп, Степ. У кожному з них строки сівби кукурудзи мають різний вплив на біометричні показники та урожайність культури. У зоні Полісся, де клімат відносно вологий, а весна настає пізніше, оптимальним вважається висів кукурудзи у другій декаді травня, коли температура ґрунту досягає 10–12°C [15, 23]. Умови вологозабезпечення в цій зоні дозволяють дещо зміщувати строки сівби без суттєвого зниження врожайності. Проте запізнення з посівом на кінець травня може скоротити вегетаційний період, що призведе до зменшення висоти рослин, площі листкової поверхні та обмеженого формування качана. У Лісостеповій зоні строки сівби мають вирішальне значення. Тут посів проводять найчастіше в останні дні квітня – на початку травня. Це забезпечує рівномірні сходи, добру динаміку наростання біомаси та оптимальні умови для закладки генеративних органів. У разі запізнення із сівбою або настання посушливих умов у фазі сходів, кукурудза часто демонструє зниження темпів росту, меншу кількість листків та знижену продуктивність качанів [6, 14]. У Степовій зоні, особливо за умов недостатнього зволоження, строки сівби мають критичне значення. Ранній посів дозволяє максимально використати вологу, накопичену в ґрунті за зиму, і забезпечити сприятливий старт розвитку рослин. Пізні строки сівби в умовах степу супроводжуються високими температурами, дефіцитом вологи на початкових етапах вегетації, що негативно впливає на біометричні показники – зменшується висота рослин, знижується маса качанів і погіршується налив зерна. У посушливі роки це може призводити до суттєвих втрат урожайності [13, 18, 22, 24]. Загалом, реакція кукурудзи на строки сівби має чітко виражену регіональну специфіку, яка має враховуватись при впровадженні сортових технологій. Вибір адаптованих гібридів і дотримання оптимальних строків посіву в кожному регіоні є ключем до ефективного вирощування культури та отримання стабільно високих урожаїв. В умовах різних кліматичних зон кукурудза по-різному реагує на строки сівби, що потребує регіональної адаптації агротехнологій. V. Nguyen та ін. відмічають, що у північних регіонах США строки сівби мають бути ранніми для повного проходження вегетації, тоді як у південних – сівба відбувається пізніше, щоб уникнути спеки і посухи [33]. A. Khalifa та ін. підкреслюють особливості середземноморського регіону, де важливо адаптувати строки сівби до високих температур і обмеженої вологи влітку [28]. О. Міщенко, В. Гангур, Є. Даниленко показали, що на півночі України строки сівби зсуваються пізніше через холодний клімат, тоді як на півдні вони ранніші, що відповідає різним кліматичним і ґрунтовим умовам [14]. Важливим напрямом є вивчення адаптивної реакції гібридів різних груп стиглості на строки сівби в умовах посушливих сезонів та за різної густоти стояння. Доцільним є також застосування агромоделювання (DSSAT) для прогнозування ефективності сівби залежно від строку та регіону, як продемонстровано в дослідженнях W. Li, та ін. [29].

Урожайність кукурудзи значною мірою залежить від погодних умов та застосованих агротехнічних прийомів. У досліджах було відкалібровано параметри моделі CERES у складі системи DSSAT, що дозволило підтвердити її ефективність для умов Південно-Західного Китаю. Результати досліджень засвідчили, що затримка з сівбою на кожні 7 днів до початку травня знижувала врожайність у середньому на 3 % [29]. Також встановлено, що врожайність значно зменшувалася при підвищенні максимальної температури та зменшенні кількості опадів у репродуктивний період. Ранній посів часто спричиняв нестачу вологи у фазі вегетації, тоді як пізніший посів, навпаки, забезпечував кращі умови зволоження та вищу сумарну сонячну радіацію, що позитивно впливало на формування врожаю.

Висновки

Метою дослідження є узагальнення сучасних наукових підходів щодо оптимізації строків сівби кукурудзи з урахуванням біологічних, кліматичних і технологічних чинників. Аналіз наукових публікацій підтверджує, що строки сівби мають істотне значення для формування продуктивності кукурудзи, визначаючи темпи росту, розвитку фенофаз, тривалість вегетаційного періоду та здатність культури ефективно використовувати доступні ресурси. Строки сівби безпосередньо впливають на біометричні характеристики рослин, включно з висотою, площею листкової поверхні, розвитком кореневої системи та кількістю продуктивних качанів. Значну роль відіграє взаємодія строків сівби з погодними умовами – зокрема, температурним режимом, вологозабезпеченням і кількістю опадів протягом критичних фаз розвитку. Оптимальні строки висіву дозволяють уникнути стресових періодів у фазах цвітіння та наливу зерна, що є критичними для майбутньої врожайності. Проведений аналіз показав, що взаємодія строків сівби та густоти стояння значною мірою впливає на реалізацію потенціалу урожайності. Результати досліджень свідчать, що найкращі показники формуються при сівбі в другій декаді квітня, особливо за умови використання гребневої або рядкової технології, яка покращує умови для проростання та збереження вологи. Регулярне порівняння реакції різних гібридів на строки сівби в різних ґрунтово-кліматичних умовах показало високу варіабельність результатів, що підкреслює необхідність адаптивного підходу. Таким чином, вибір оптимальних строків сівби має здійснюватися з урахуванням погодних прогнозів, регіональних агрокліматичних умов та морфобіологічних особливостей конкретного гібриду. Узагальнені результати можуть бути використані для формування рекомендацій щодо вдосконалення технологій вирощування кукурудзи в умовах кліматичних змін.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях доцільно зосередитися на розробці інтегрованих моделей прогнозування оптимальних строків сівби з урахуванням зміни клімату та гібридної специфіки. Особливо актуальним є

вивчення взаємодії строків сівби з іншими агротехнологічними чинниками, зокрема нормою висіву, удобренням і способами обробітку ґрунту. Перспективним напрямом є також застосування дистанційного моніторингу для оперативного прийняття рішень у польових умовах. Отримані дані можуть лягти в основу адаптивних технологій вирощування кукурудзи в умовах підвищеної кліматичної нестабільності.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bahatchenko, V. V., Tahantsova, M. M., & Symonenko, N. V. (2019). Formation of crop structure of corn hybrids at different seeding dates. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15 (2), 182–187. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173570>
2. Bazilenko, Y. O., & Marchenko, T. Y. (2024). Biometric indicators of innovative maize hybrids of different FAO groups under different sowing dates in the conditions of the Northern Steppe. *Agrarian Innovations*, 24, 15–23. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.2>
3. Barabolia, O. V., & Kosenko, I. V. (2024). Influence of sowing dates on maize yield. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 41–46. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.07>
4. Vlashchuk, A. M., Kolpakova, O. S., & Konashchuk, O. P. (2017). Influence of sowing dates on productivity and grain quality of maize hybrids under irrigation conditions. *Agroecological Journal*, 3, 89–95. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2017.219912>
5. Hangur, V. V., & Rudenko, V. V. (2023). Biometric parameters of plants and productivity of maize (*Zea mays* L.) depending on sowing dates. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 36–41. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.07>
6. Hangur, V. V., Totskiy, V. M., & Len, O. . (2014). Yield of maize hybrids depending on sowing dates. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine*, 6, 138–142.
7. Hanhur, V., Len, O., Onipko, V., Hanhur M., & Mykolenko, K. (2023). Influence of methods of main tillage on crop pollution and yield of spring barley in the conditions of the Left-Bank Forest Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 41–46. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.08>
8. 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. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.13>
9. Hlupak, Z., & Forostina, A. (2023, September 22). Maize yield depending on sowing dates in the Ukrainian Forest-Steppe. *Collection of Scientific Papers "SCIENTIA"*, 69–70.
10. Hrabovskyi, M. B., Hrabovska, T. O., & Obrazhii, S. V. (2014). Forming the productivity of maize hybrids of different maturity groups under the influence of sowing dates. *Agrobiology*, 2 (113), 81–86.
11. Drobitko, A. V., & Nikonchuk, N. V. (2011). Plant structure and maize yield depending on sowing method and plant density. *Scientific works [Petro Mohyla Black Sea State University of the "Kyiv-Mohyla Academy"]*. Series: Ecology, 138 (150), 15–17.
12. Kravets, S. S. (2013). Optimization of sowing methods for maize in the northern part of the Steppe. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine*, 4, 58–61.
13. Lavrynenko, Y. O., Kokovikhin, S. V., Plotkin, S. Ya., & Naidionov, V. H. (2007). Adaptive characteristics of new maize hybrids. *Tavriiskiy Scientific Herald*, 52, 76–82.
14. Mishchenko, O., Hanhur, V., & Danilenko, Y. (2024). Productivity formation of maize hybrids depending on plant density in the conditions of Left-Bank Forest-Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 16–21. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.03>
15. Mokriienko, V. A., & Tsentilo, L. V. (2011). Features of maize growth and development depending on sowing dates and plant density. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 3, 25.
16. Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2016). Influence of sowing dates, plant density, and abiotic factors on grain yield formation of maize hybrids of different maturity groups in the Western Forest-Steppe. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine*, 11, 39–45.
17. Muliar, M. M. (2011). Influence of sowing dates on yield of maize initial hybrids under conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Proceedings of the Podilskyi State Agrarian and Technical University*, 19, 62–65.
18. Nosov, S. S. (2014). Biometric indicators and grain productivity of maize hybrids depending on sowing dates and plant density in the northern sub-zone of the Steppe of Ukraine. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 2, 86–90.
19. Palamarchuk, V. (2018). Influence of sowing dates on the linear sizes of corn hybrids. *Scientific Horizons*, 21 (2), 35–41.
20. Palamarchuk, V. D., & Kovalenko, O. A. (2018). Formation of ear placement height in maize hybrids depending on sowing dates. *Tavriiskiy Scientific Herald*, 100 (2), 26–32.
21. Pankin, V. S., & Pavlyuk, O. O. (2004). Formation of agroecological conditions for maize hybrids of different maturity groups depending on sowing dates in the central Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 16–19.
22. Pashchenko, Y. M., Ostapenko, M. A., & Yeremko, L. S. (2008). Productivity of maize at different sowing dates and plant densities under conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 65–68.
23. Furmanets, O. A., Furman, V. M., Moroz, O. S., Solodka, T. M., & Zinkevych, A. R. (2023). Features of productivity formation of new maize hybrids of different maturity groups on sod-podzolic soils. *Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering*, 1 (101), 206–222. <https://doi.org/10.31713/vs1202314>
24. Polupan, M. I., Solovey, V. B., & Velychko, V. A. (2010). Natural-economic, social and environmental conditions of agricultural production in the Steppe. In *Scientific Foundations of Agro-Industrial Production in the Steppe Zone of Ukraine* (pp. 14–53). Kyiv: Agrarna Nauka
25. Stepanenko, M. V., & Hrabovskyi, M. B. (2023). Vmist krokhmalu v zemі kukurudzy zalezno vid sposobu sivyb. *Aktualni problemy ahropromyslovoho vyrobnytstva Ukrainy: vykyky i shliakhy rozvytku v umovakh viiny i povoiemnoi vidbudovy : materialy KhII vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh (s. Obroshyne, 23 lystop. 2023 r.)*. (114–115). Lviv-Obroshyne [in Ukrainian]
26. Fedorus, V. O., & Onipko, V. V. (2023). Influence of herbicides on weed infestation of maize crops during vegetation period. In *Modern Aspects and Technologies in Plant Protection: Materials of the IV International Scientific-Practical Internet Conference* (144–147). Poltava.
27. Javed, M., Shafiullah, Kashif, M., Ullah, I., Ali, A., Alam, J. E., Siraj, S., ur Rahman, A., Khan, A., & Jawad, M., & (2018). Effect of planting methods and nitrogen sources on yield of spring maize. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 11 (4), 555818.
28. Khalifa, A. A., Abd El-Latif, M. S., Mohamed, H. A. A., Darwish, M. M. D., Mostafa, A. K., & Hasan, N. A. (2023). Impact of planting date on growing degree units, grain yield and growth traits of some Egyptian yellow maize inbred lines. *Annual Research & Review in Biology*, 38 (6), 44–54. <https://doi.org/10.9734/arrb/2023/v38i630592>
29. Li, W., Liu, W., Huang, Y., Xiao, W., Xu, L., Pan, K., Fu, G., Chen, X., & Li, C. (2024). Modeling the effects of sowing dates on maize in different environments in the tropical area of southwest China using DSSAT. *Agronomy*, 14 (12), 2819. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122819>
30. Mason, S. C., Galusha, T. D., & Kmail, Z. (2018). Planting date influence on yield of drought-tolerant maize with different maturity classifications. *Agronomy Journal*, 110 (1), 293–299. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.06.0326>
31. Mousavi Nasab, M. S., Tohidi Nejad, E., Afshar Manesh, G., & Heidari Sharifabad, H. (2023). Yield and quality of some maize hybrids (*Zea mays* L.) under different planting dates. *Turkish Journal of Field Crops*, 28 (2), 203–212. <https://doi.org/10.17557/tjfc.1329608>

32. Mugiyo, H., Mhizha, T., Chimonyo, V. G. P., & Mabhaudhi, T. (2021). Investigation of the optimum planting dates for maize varieties using a hybrid approach: A case of Hwedza, Zimbabwe. *Heliyon*, 7 (2), e06109. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06109>
33. Nguyen, V. L., Assefa, Y., Schwalbert, R., & Ciampitti, I. A. (2017). Maize yield and planting date relationship: A synthesis analysis for US high yielding contest winner and field research data. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2106. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02106>
34. Shrestha, J., Kandel, M., & Chaudhary, A. (2018). Effects of planting time on growth, development and productivity of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 1 (1), 43–50. <https://doi.org/10.3126/janr.v1i1.22221>
35. Zhou, L., Liu, B., Wang, E., & Wang, Z. (2021). Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, 7, 100184. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126246>

ORCID

A. Mushinsky 

<https://orcid.org/0009-0008-5580-992X>

V. Onipko 

<https://orcid.org/0000-0002-2260-971X>



2025 by the author(s). 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.