

ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ ТА СИСТЕМ ЗАХИСТУ РОСЛИН В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

ГАДЗАЛО Я.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-5028-2048

Національна академія аграрних наук України

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

ЛІКАР Я.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-1241-8634

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Кожен гібрид кукурудзи має свій генетичний потенціал, а також різну реакцію на позитивні та негативні впливи чинників зовнішнього середовища. Строки сівби суттєво впливають на ураженість шкідливими організмами на різних етапах органогенезу. Слід зауважити, що у захисних заходах дуже важливе значення має фітосанітарний моніторинг посівів на всіх етапах росту й розвитку рослин, а також біологічний контроль у збиральний період. За результатами моніторингу чисельності і небезпекою ураження шкідливими для кукурудзи організмами необхідно використовувати весь комплекс захисних заходів, зокрема й біологічні препарати, що вирішують ряд найважливіших проблем сучасного землеробства – зменшують антропогенний тиск на довкілля, забезпечують отримання органічної продукції, мають економічні та екологічні переваги [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впровадження у виробництво зональних інтегрованих систем захисту може вирішити проблему оптимізації фітосанітарного стану посівів кукурудзи на зрошуваних землях. Ці системи раціонально поєднують екологічно безпечні та економічно доцільні організаційно-господарські, агротехнічні, біологічні, хімічні та інші методи [2, 3].

Дослідженнями Базиленко Є.О., Марченко Т.Ю. встановлено, що інноваційні гібриди кукурудзи різних груп ФАО мають різну специфічну реакцію на строки сівби в умовах Північного Степу. Найбільша стабільність прояву урожайності була притаманна ранньостиглим гібридам. Гібриди з ФАО 190 та ФАО 280 на період збирання мали вологість зерна нижче базисної. Ці гібриди можливо використовувати за енергоощадних технологій вирощування кукурудзи. Урожайність цих гібридів мало різнилась за строками сівби тому їх можливо використовувати за різних технологій, що передбачають надранні та пізні строки сівби. Було встановлено, що в роки з низькими осінньо-зимовими запасами вологи в ґрунті та прогнозами посушливої погоди в весняно-літній період, висівати гібриди з ФАО понад 350 недоцільно у зв'язку

з різким падінням урожайності за посушливих умов. За оптимальних погодних умов гібриди такого типу мають підвищену збиральну вологість зерна, що погіршує економічний показник їх виробництва [4].

Основою формування урожаю, будь-якої агрокультури, в тому числі і кукурудзи є фотосинтетична діяльність. В умовах глобального потепління вирощування високих рівнів урожайності лишається досить перспективним за рахунок C_4 типу фотосинтезу. Крім того у рослин кукурудзи відсутнє світлове дихання (денне виділення вуглекислоти), завдяки чому вони відрізняються найбільш інтенсивним-фотосинтезом (до 80–90 мг CO_2 на 1 dm^2 за годину), створюючи суху речовину до 15–20 г/ m^2 за добу і використовуючи сонячну енергію до 3–5% [5].

Для вивчення продуктивності фотосинтезу кукурудзи важливе місце має розмір площі листової поверхні. Площа листової поверхні – це показник, який дає можливість визначити потенційну ефективність фотосинтетичної діяльності посівів [6].

Дослідженнями встановлено, що із зменшенням площі живлення змінюється морфологія рослин кукурудзи, збільшується висота і зменшуються товщина стебла, довжина й ширина листових пластинок [7]. На 1 га кукурудза утворює 20–50 тис. m^2 асиміляційної зеленої поверхні, що використовує сонячну енергію. Тривалість світлової фази залежно від гібрида становить 30–40 діб [8]. На залежність площі листової (асиміляційної) поверхні гібридів кукурудзи і строків сівби вказує ряд авторів. Така залежність пов'язана, перш за все, із забезпеченням посівів за різних строків сівби різною кількістю вологи, інсоляції та тепла [9]. Згідно даних С.П. Танчика, В.А. Мокрієнка [10], Л.М. Єрмакової, Р.Т. Івановської, О.П. Дем'янчук [11] та Скакуна В.М., Марченко Т.Ю. [12] застосування раннього та пізнього строку сівби гібридів кукурудзи призводить до зменшення площі листової поверхні рослин кукурудзи за рахунок понижених температур та посух порівняно із

середнім (оптимальним) строком сівби. В інших дослідженнях [13] встановлено збільшення асиміляційної поверхні кукурудзи за пізнього строку сівби.

За результатами досліджень В.Г. Липового, О.В. Князюка [14] для ефективного використання сонячної енергії велике значення має не тільки розмір асиміляційної поверхні листків кукурудзи, але й тривалість її активної роботи.

Кукурудза має широкий спектр патогенів та шкідників, які здатні викликати суттєве зниження польової схожості насіння. В умовах прохолодної та вологої весни проростки уражуються цілим комплексом збудників хвороб грибною етіологією з родів *Pythium spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Alternaria spp.* та інші. Крім цього, сходи пошкоджуються шведською мухою (*Oscinella spp.*), коваликами (*Elateridae*), чорнишами (*Tenebrionidae spp.*), озимою совкою (*Agrotis segetum Schiff.*), хлібною смугастою блішкою (*Phyllotreta vittula R.*). За даними ФАО щорічні втрати врожаю від шкідливих організмів оцінюються на сьогодні в межах 20–40%, подібно до тих втрат, що були 50 років тому [15].

Зміни клімату також вносять певні корективи у напрямі погіршення фітосанітарного стану посівів цієї культури. А саме, глобальне потепління зумовлюють збільшення кількості патогенів і шкідників, скорочення інтервалу їх розвитку та зростання чисельності покоління. В інтенсивному землеробстві з прогресивним розвитком агрохімічної промисловості вже тривалий час домінує хімічний метод захисту агрокультури [16, 17].

Проблема забезпечення зерном кукурудзи в Україні має вирішуватися в основних напрямках: шляхом нарощування виробництва зерна за рахунок підвищення врожайності гібридів, їх адаптивності до стресових факторів середовища, застосування сучасних технологій вирощування з використанням хімічних засобів захисту, застосування біологічних засобів захисту.

Наявність неоднозначних висновків щодо впливу строків сівби та засобів захисту рослин на фотосинтетичні показники посівів кукурудзи за істотних змін клімату вимагають подальшого дослідження даних питань.

Тому актуальним науковим напрямом є дослідження, що спрямовані на розробку екологічно безпечних та економічно доцільних технологій захисту кукурудзи від шкідливих організмів, удосконалення технологій для розкриття потенціалу урожайності інноваційних гібридів кукурудзи залежно від строків їх сівби.

Мета. Дослідити вплив строків сівби та захисту рослин на фотосинтетичні показники посівів гібридів кукурудзи в умовах зрошення.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2017–2019 років на дослідному полі Інституту зрошувального землеробства НААН: фактор А – гібриди кукурудзи різних груп стиглості: Скадовський (ФАО 290), Тронка (ФАО 380) селекції Інституту зрошувального землеробства НААН; фактор В – строк сівби: перший (25.04); другий (05.05); третій (15.05); фактор С – система захисту: контроль (обробка водою); біологічна; хімічна.

Технологія вирощування кукурудзи була загальноприйнятною для зрошуваних умов і відповідає вимо-

гам технології виробництва кукурудзи для агроєкологічних умов Степової зони України, крім досліджуваних факторів.

Гібрид **Скадовський**. Оригінація: Інститут зрошувального землеробства НААН, ДУ Інститут зернових культур НААН, Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН. Гібрид середньоранній (ФАО 290). Дозріває на зерно в зоні Південного Степу за 100–105 діб. Має стійкість до вилягання вище середньої. Стійкість до пухирчастої та летючої сажок – висока. Посухостійкість висока.

Гібрид **Тронка**. Оригінація: Інститут зрошувального землеробства НААН. Придатний для вирощування на зерно в степовій та лісостеповій зонах України. Гібрид середньостиглий (ФАО 380). У Південному Степу дозріває на зерно за 110–115 діб. Рослина середньоросла (245–255 см). Стійкість до вилягання, пухирчастої та летючої сажок – висока. Посухостійкість висока. Має генетично зумовлену низьку збиральну вологість зерна, оптимальний габітус.

Використовували загальноновизнані методичні рекомендації з проведення польових дослідів [18–20].

Результати досліджень. Площа листової поверхні істотно варіювала під впливом досліджуваних факторів (табл. 1). Свого максимального значення (на рівні 52,9 тис. м²/га) площа асиміляційної поверхні досягла за вирощування гібриду кукурудзи Тронка з сівбою у перший строк (25 квітня) та дотриманням хімічного захисту рослин від шкідників і збудників хвороб. Зниження цього фотосинтетичного показника в 1,4 рази (до 38,2 тис. м²/га) проявилось за вирощування гібриду Скадовський, який висівали 15 травня (третій строк сівби) без застосування засобів захисту рослин.

У середньому по гібридному складу (фактор А) проявилась статистично достовірна перевага за формуванням площі листової поверхні посівами досліджуваної культури у гібриду Тронка. У середньому за всіма факторами, у варіанті, де висівали гібрид Скадовський даний показник становив 43,4 тис. м²/га, а у гібриду Тронка він підвищився на 5,3% (або на 2,3 тис. м²/га за НІР₀₅ по фактору А – 1,5 тис. м²/га), відповідно до 45,7 тис. м²/га.

Сівба обох досліджуваних гібридів у перший строк забезпечила одержання найбільшої величини площі асиміляційної поверхні посівів кукурудзи у фазу цвітіння. В середньому по фактору С, у гібриду Скадовський площа листя за сівби 25 квітня (перший строк) становила 46,5 тис. м²/га, що було більше за другий і третій строки сівби на 5,6 і 16,9%, відповідно. Ідентичний результат отримано і стосовно гібриду Тронка. Перший строк (25.04) був найкращим, за якого листові площа зросла до 48,6 тис. м²/га. За другого (05.05) й третього (15.05) строків вона зменшилась на 5,9 та 13,6%.

Формування систем біологічного й, особливо, хімічного захисту рослин, сприяли сталому зростанню площі листової поверхні досліджуваної культури. Так, у середньому по фактору В (контроль без обробки) польового досліді, вона склала 41,4 тис. м²/га, за обробки посівів кукурудзи біопрепаратами зафіксовано її зростання на 7,7% (44,6 тис. м²/га), а за хімічного захисту рослин – площа листя сягнула свого максимуму – 47,6 тис. м²/га,

Таблиця 1

Площа листової поверхні гібридів кукурудзи у фазу цвітіння залежно від строку сівби та захисту рослин, тис. м²/га (середнє за 2017–2019 рр.)

| Гібрид (фактор А) | Строк сівби (фактор В) | Захист рослин (фактор С) | | | Середнє по факторах | |
|--|------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------|------|
| | | контроль | біозахист | хімзахист | В | А |
| Скадовський | Перший (25.04) | 43,6 | 47,4 | 48,4 | 46,5 | 43,4 |
| | Другий (05.05) | 42,9 | 43,5 | 45,6 | 44,0 | |
| | Третій (15.05) | 38,2 | 38,8 | 42,3 | 39,8 | |
| Тронка | Перший (25.04) | 45,3 | 47,5 | 52,9 | 48,6 | 45,7 |
| | Другий (05.05) | 39,7 | 47,3 | 50,6 | 45,9 | |
| | Третій (15.05) | 38,4 | 43,9 | 45,9 | 42,7 | |
| Середнє по фактору С | | 41,4 | 44,6 | 47,6 | 44,6 | |
| НІР ₀₅ часткових відмінностей, тис. м ² /га: А – 1,1; В – 1,2; С – 1,2 головних ефектів, тис. м ² /га: А – 1,3; В – 0,8; С – 0,8 | | | | | | |

що більше за контроль на 15,0%, а за варіант з біозахистом – на 6,7%.

За результатами продуктивної роботи листя кукурудзи визначено, що у міжфазний період від формування 3–5 листків і до цвітіння волоті чиста продуктивність фотосинтезу за оптимального сполучення досліджуваних факторів і варіантів перевищувала 7 г/м² за добу (рис. 1).

Порівняння за цим показником між досліджуваними гібридами свідчить про перевагу гібриду Тронка, який у першу половину вегетаційного періоду забезпечив формування 7,8 г/м² надземної біомаси за добу. Цей показник був на 7,4% більше за середньофакторіальне значення чистої продуктивності у варіанті з гібридом Скадовський, яке склало 6,8 г/м².

Строки сівби також мали певні відмінності щодо добового нагромадження надземної біомаси рослинами куку-

рудзи. Так, максимальний рівень даного показника був за першого строку сівби – 25 квітня, при якому він дорівнював, у середньому по фактору 7,5 г/м² за добу. За другого строку сівби (5 травня) відбулося зниження на 8,7% (до 6,9 г/м² за добу), а за третього строку (15 травня), ще більш істотно – на 22,9% (до 6,1 г/м² за добу).

Захист рослин від збудників хвороб та шкідників обумовив стале зростання чистої продуктивності фотосинтезу, що пояснюється більш ефективною діяльністю збереженого від пошкоджень листового апарату кукурудзи. У контрольному з обробкою рослин чистою водою цей показник склав 5,9 г/м² за добу. За використання системи біологічного захисту проявилось його зростання на 15,2% (до 6,8 г/м² за добу), а найбільшої величини – 7,1 г/м² за добу, він сягнув за хімічного захисту рослин, що було 20,3% більше за контроль.

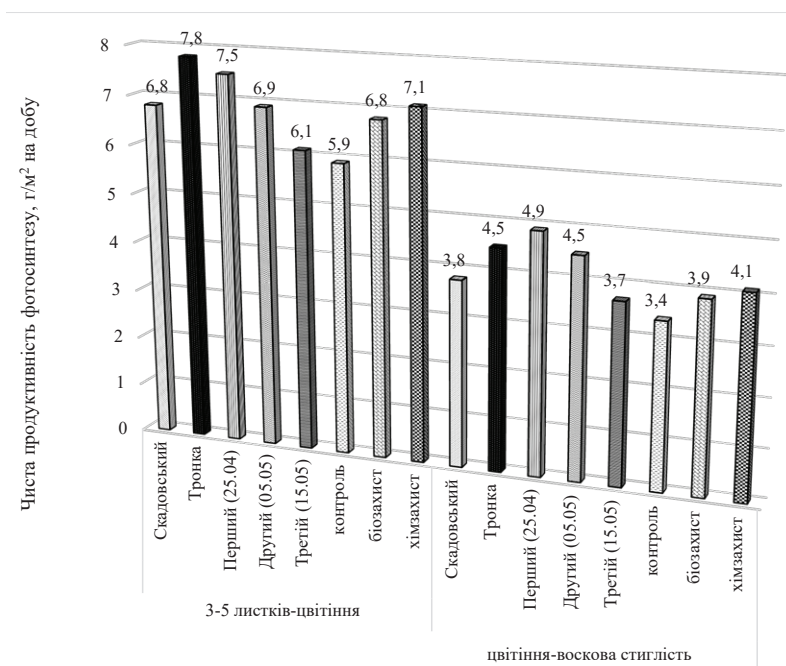


Рис. 1. Динаміка середньофакторіальних показників чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи за різними міжфазними періодами рослин, г/м² за добу (середнє за 2017–2019 рр.)

У міжфазний період «цвітіння – восковий стан зерна» зафіксовано істотне в 1,5–1,8 рази падіння значень чистої продуктивності фотосинтезу, особливо у варіанті з гібридом Скадовський, а також у варіанті з біологічним захистом рослин. У цей міжфазний період мінімальні значення досліджуваного показника фотосинтетичної діяльності посівів становили 3,4 г/м² за добу, у контрольному варіанті без захисту рослин, а найбільший рівень (4,9 г/м² за добу) – у варіанті з сівбою у перший строк (25 квітня).

Фотосинтетичний потенціал посівів змінювався у широких межах – від мінімального значення (1,67 млн м²/га × діб) у гібриду Скадовський за третього строку сівби (15 травня) та без захисту рослин, до 2,27 млн м²/га × діб – у варіанті з гібридом Тронка, який висівали у перший строк (25 квітня) та дотримувались хімічного захисту рослин від шкідливих організмів (табл. 2). Різниця між цими показниками становила 36,5%.

У гібриду Скадовський, у середньому за фактором А, фотосинтетичний потенціал дорівнював 1,89 млн м²/га × діб. Найбільшої величини цей показник набув у гібриду Тронка – 2,02 млн м²/га × діб, що більше за перший досліджуваний гібрид на 6,9%.

Перенесення сівби на більш пізні строки обумовило від'ємну тенденцію щодо формування фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи. Так, у гібриду Скадовський за ранньої сівби (25 квітня) фотосинтетичний потенціал був найбільшим і становив, у середньому по фактору С, 2,00 млн м²/га × діб. За другого строку цей показник зменшився на 4,9% (до 1,91 млн м²/га × діб), а за третього, ще більш істотно – на 14,7% (до 1,75 млн м²/га × діб). Схожа закономірність проявилася й відносно формування величини фотосинтетичного потенціалу посівів досліджуваної культури у варіанті з гібридом Тронка. За сівби 25 квітня (перший строк) цей показник мав найвищий рівень – 2,08 млн м²/га × діб, а за висівання

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи залежно від гібридного складу, строку сівби та захисту рослин, млн м²/га × діб (середнє за 2017–2019 рр.)

| Гібрид (фактор А) | Строк сівби (фактор В) | Захист рослин (фактор С) | | | Середнє по факторах | |
|--|------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------|------|
| | | контроль | біозахист | хімзахист | В | А |
| Скадовський | Перший (25.04) | 1,85 | 2,06 | 2,10 | 2,00 | 1,89 |
| | Другий (05.05) | 1,82 | 1,91 | 2,00 | 1,91 | |
| | Третій (15.05) | 1,67 | 1,70 | 1,87 | 1,75 | |
| Тронка | Перший (25.04) | 1,92 | 2,06 | 2,27 | 2,08 | 2,02 |
| | Другий (05.05) | 1,80 | 2,05 | 2,19 | 2,01 | |
| | Третій (15.05) | 1,71 | 2,06 | 2,10 | 1,96 | |
| Середнє по фактору С | | 1,79 | 1,97 | 2,09 | 1,95 | |
| НІР ₀₅ часткових відмінностей, тис. м ² /га × діб: А – 0,11; В – 0,09; С – 0,09 головних ефектів, тис. м ² /га × діб: А – 0,08; В – 0,05; С – 0,05 | | | | | | |

цього гібриду у другий і третій строки – він зменшився відповідно на 3,6 та 6,5%.

Біологічний та хімічний захист рослин від шкідливих організмів мав пряму позитивну дію на фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи. Найменшого значення (1,79 млн м²/га × діб) цей показник набув у контрольному варіанті (обробка посівів чистою водою). На дослідних ділянках з використанням біологічної системи захисту кукурудзи відзначено його зростання на 9,9% (до 1,97 млн м²/га × діб). Максимальну фотосинтетичну продуктивність забезпечив хімічний захист рослин. У цьому варіанті фотосинтетичний потенціал посівів мав найвище середньфакторіальне значення – 2,09 млн м²/га × діб, що було більше за контроль на 16,4%. Варіант з біологічним захистом забезпечив зростання фотосинтетичного потенціалу на 5,9%, порівняно з контролем.

Висновки. Сівба гібридів Скадовський та Тронка у перший строк забезпечила одержання найбільшої величини площі асиміляційної поверхні посівів кукурудзи. В середньому по С (захист рослин), у гібриду Скадовський площа листя склала за сівби 25 квітня

(перший строк) 46,5 тис. м²/га, що було більше за другий і третій строки сівби на 5,6 і 16,9%, відповідно. Ідентичний результат отримано і стосовно гібриду Тронка. Перший строк сівби (25.04) був оптимальним, за якого листкова площа зросла до 48,6 тис. м²/га. За другого (05.05) й третього (15.05) строків вона зменшилась на 5,9 та 13,6%.

Чиста продуктивність фотосинтезу у гібриду Тронка склала у першу половину вегетації, у середньому по фактору, 7,3 г/м², що на 7,4% перевищувало цей показник на гібриді Скадовський, яке склало 6,8 г/м². За використання системи біологічного захисту проявилось зростання чистої продуктивності фотосинтезу на 15,2%, а за хімічного захисту – на 20,3%. Захист рослин від збудників хвороб та шкідників обумовив стале зростання більш ефективною діяльністю збереженого від пошкоджень листового апарату кукурудзи. У контрольному варіанті фактору С з обробкою рослин чистою водою цей показник склав 5,9 г/м² за добу. У другої поливної вегетації проявилось суттєве зниження в 1,5–1,8 рази чистої продуктивності фотосинтезу, особливо у варіанті з гібридом Скадовський.

Фотосинтетичний потенціал посівів коливався у широких межах – від 1,67 млн м²/га × діб – у гібриду Скадовський за сівби 15 травня й без захисту рослин і до 2,27 млн м²/га × діб – на гібриді Тронка за сівби 25 квітня та дотримання хімічного захисту. Встановлено одновекторний суттєвий вплив строків сівби та засобів захисту рослин на фотосинтетичні показники інноваційних гібридів різних груп ФАО в умовах зрошення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву і обробітку біопрепаратами за умов зрошення / Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О. та ін. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 41–47. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.7>.
2. Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Бельченко В. М. Вплив біопрепаратів на продуктивність інноваційних гібридів кукурудзи інтенсивного типу та їх батьківських форм в умовах краплинного зрошення. *Системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства*. Розділ 3. Системи застосування засобів біологізації землеробства. Київ: Аграрна наука, 2023. С. 358–369.
3. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Сучасні технології у рослинництві в історичному ракурсі і світлі євроінтеграційних викликів. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 9. С. 5–10.
4. Базиленко Є. О., Марченко Т. Ю. Урожайність та збиральна вологість зерна гібридів кукурудзи за різних строків сівби. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 7–15. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.1>.
5. Hormesis in plants: The role of oxidative stress, auxins and photosynthesis in corn treated with Cd or Pb. / Małkowski E., Sitko K., Szopiński M., Gieroiń Z., Pogrzeba M., Kalaji H. M., Zieleźnik-Rusinowska P. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. №21(6). P. 2099.
6. Паламарчук В. Д. Вплив строків сівби на площу листової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2018. №22(1). С. 290–299.
7. Паламарчук В. Д., Коваленко О. А. Формування висоти закладання качанів у гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 100 (Т.2). С. 26–32.
8. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного: *монографія*. Вінниця: Друк, 2020. 536 с.
9. Заверталюк О. В. Вологозабезпеченість посівів і врожайність качанів кукурудзи цукрової залежно від строків сівби та заходів контролювання забур'яненості. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. №3. С. 80–83.
10. Танчик С. П., Мокрієнко В. А. Строки сівби та водоспоживання кукурудзи. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2003. Вип. 1-2. С. 109–112.
11. Єрмакова Л. М., Івановська Р. Т., Дем'янчук О. П. Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строку сівби. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2005. Вип. 1-2. С. 87–92.
12. Скакун В. М., Марченко Т. Ю. Особливості фотосинтетичної діяльності ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи залежно від елементів технології. *Зрошуване землеробство*. 2023. №79. С. 69–77. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.10>.
13. Афонін Н. М. Терміни посіву, густина рослин та продуктивність кукурудзи. *Кукурудза та сорго*. 1996. №2. С. 7–8.
14. Липовий В. Г., Князюк О. В. Фотосинтетична продуктивність одновидових і сумісних посівів кукурудзи з соєю. *Збірник наукових праць. Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 6. Том 2. С. 44–50.
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Електронний ресурс]. URL: <http://www.fao.org> (дата звернення : 30.07.2024).
16. Kierzek R., Paradowski A., Kaczmarek S. Chemical methods of weed control in maize (*Zea mays* L.) in variable weather conditions in variable weather conditions. *Acta Sci. Pol., Agricultura*. 2012. Vol. 11 (4). P. 35–52.
17. Жеребко В. М. Хімічний метод контролю забур'яненості посівів в інтенсивних технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 2. С. 22–24.
18. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів: монографія / Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Херсон: Айлант, 2009. 372 с.
19. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство) / Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Херсон: Гринь Д.С., 2014. 448 с.
20. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю. Теоретичні основи та практичні результати селекції гібридів кукурудзи інтенсивного типу для умов зрошення : монографія. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 338 с. ISBN 978-966-289-527-8.

REFERENCES:

1. Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Yu., Pilyarska, O.O., Kobizeva, L.N., Mishchenko, S.V., & Grabovskiy, M.B. (2022). Fotosyntetychni pokaznyky hibrydiv kukurudzzy zalezchno vid hustoty posivu i obrobittku biopreparatamy za umov zroshennia [Photosynthetic indicators of corn hybrids depending on the density of sowing and treatment with biological preparations under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 12, 41–47. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.7> [in Ukrainian].
2. Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Yu., Pilyarska, O.O., & Belchenko, V.M. (2023). *Vplyv biopreparativ na produktyvnist innovatsiinykh hibrydiv kukurudzzy intensyvnoho typu ta yikh batkivskykh form v umovakh kraplynnoho zroshennia [The effect of biological preparations on the productivity of innovative hybrids of intensive type corn and their parent forms under drip irrigation conditions]*. Systemy vyrobnytstva i zastosuvannia zasobiv biolohizatsii zemlerobstva. Rozdil 3. Systemy zastosuvannia zasobiv biolohizatsii zemlerobstva – Systems of production and application of means of biologization of agriculture. Chapter 3. Systems of application of means of biologization of agriculture. Kyiv: Ahrarna nauka, 358–369. [in Ukrainian].

3. Petrychenko V.F., & Lykhochvor V.V. (2017). Suchasni tekhnolohii u roslinnytstvi v istorychnomu rakursi i svitli yevrointehratsiinykh vyklykiv [Modern technologies in crop production in a historical perspective and in the light of European integration challenges]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 9, 5–10. [in Ukrainian].
 4. Bazylenko, Ye.O., & Marchenko, T.Yu. (2024). Urozhainist ta zbyralna volohist zerna hibrydiv kukurudzy za riznykh strokiv sivby [Yield and harvesting moisture content of corn hybrids at different sowing times]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 23, 7–15. <https://doi.org/10.32848/ahgrar.innov.2024.23.1> [in Ukrainian].
 5. Małkowski, E., Sitko, K., Szopiński, M., Gieroń, Ż., Pogrzeba, M., Kalaji, H. M., & Zieleźnik-Rusinowska, P. (2020). Hormesis in plants: The role of oxidative stress, auxins and photosynthesis in corn treated with Cd or Pb. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(6), 2099.
 6. Palamarchuk, V.D. (2018). Vplyv strokiv sivby na ploshchu lystkovoї poverkhni hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti [The influence of sowing dates on the leaf surface area of corn hybrids of different maturity groups]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia – Bulletin of the Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 22(1), 290–299 [in Ukrainian].
 7. Palamarchuk, V.D., & Kovalenko, O.A. (2018). Formuvannya vysoty zakladannya kachaniv u hibrydiv kukurudzy zalezno vid strokiv sivby. [Formation of the height of cob laying in corn hybrids depending on the timing of sowing]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky. – Taurian Scientific Herald. Series: Agricultural sciences*, 100(2), 26–32 [in Ukrainian].
 8. Palamarchuk, V.D., Didur, I.M., Kolisnyk, O.M., & Alekseev, O.O. (2020). *Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannya vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Aspects of modern technology for growing high-starch corn in the conditions of the Right Bank Forest Steppe]*. Vinnytsia: Druk [in Ukrainian].
 9. Zavertaliuk, O.V. (2012). Volohozabezpechenist posiviv i vrozhainist kachaniv kukurudzy tsukrovoi zalezno vid strokiv sivby ta zakhodiv kontroliuvannya zabur'ianenosti [Crop moisture availability and yield of sweet corn cobs depending on sowing dates and weed control measures]. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine – Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*, 3, 80–83 [in Ukrainian].
 10. Tanchyk, S.P., & Mokriienko, V.A. (2003). Stroky sivby ta vodospozhyvannya kukurudzy [Sowing periods and water consumption of corn]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN – Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences*, 1-2, 109–112 [in Ukrainian].
 11. Yermakova, L.M., Ivanovska, R.T., & Demyanchuk, O.P. (2020). Urozhainist hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti zalezno vid stroku sivby [The yield of corn hybrids of different maturity groups depending on the time of sowing]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN – Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences*, 1-2, 87–92 [in Ukrainian].
 12. Skakun, V.M., & Marchenko, T.Yu. (2023). Osoblyvosti fotosyntetychnoi diialnosti linii – batkivskykh komponentiv hibrydiv kukurudzy zalezno vid elementiv tekhnolohii [Peculiarities of the photosynthetic activity of lines – parental components of corn hybrids depending on the elements of technology]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 79, 69–77. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.10> [in Ukrainian].
 13. Afonin, N.M. (1996). Terminy posivu, hustota roslin ta produktyvnist kukurudzy [Sowing dates, plant density and corn productivity]. *Kukurudza ta sorho –Maize and sorghum*, 2, 7–8. [in Ukrainian].
 14. Lypovy, V.G., & Knyazyuk, O.V. (2017). Fotosyntetychna produktyvnist odnovydovykh i sumisnykh posiviv kukurudzy z soieiu [Photosynthetic productivity of single-species and combined crops of corn with soybeans]. *Zbirnyk naukovykh prats. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Collection of scientific works. Agriculture and forestry*, 6(2), 44–50. [in Ukrainian].
 15. Food and Agriculture Organization of the United. URL: <http://www.fao.org>.
 16. Kierzek, R., Paradowski, A., & Kaczmarek, S. (2012). Chemical methods of weed control in maize (*Zea mays* L.) in variable weather conditions in variable weather conditions. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 11 (4), 35–52. [in Ukrainian].
 17. Zharebko, V.M. (2014). Khimichniy metod kontroliu zabur'ianenosti posiviv v intensyvnykh tekhnolohiiakh vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur [A chemical method of controlling weediness of crops in intensive technologies of growing agricultural crops]. *Karantyn i zakhyst roslin – Quarantine and plant protection*, 2, 22–24 [in Ukrainian].
 18. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2009). *Dyspersiyni i koreliatsiyni analiz rezultativ polovykh doslidiv [Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments]*. Kherson: Ailant [in Ukrainian].
 19. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (irrigated agriculture)]*. Kherson: Hrin D.S. [in Ukrainian].
 20. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., & Marchenko, T.Yu. (2021). Teoretychni osnovy ta praktychni rezultaty selektsii hibrydiv kukurudzy intensyvnoho typu dlia umov zroshennia [Theoretical foundations and practical results of the selection of intensive type corn hybrids for irrigation conditions]. Kherson: OLDI-PLUS [in Ukrainian].
- Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від строків сівби та систем захисту рослин в умовах зрошення**
Мета статті – дослідити вплив строків сівби та захисту рослин на фотосинтетичні показники посівів гібридів кукурудзи в умовах зрошення. **Методи та матеріали досліджень.** Польові досліді проводили впродовж 2017–2019 рр. на дослідному полі Інституту зрошувального землеробства НААН. Методологічною основою даного дослідження є: емпіричні (польові експерименти та спостереження; вимірювання показників об'єкту

дослідження; порівняння впливу елементів агротехнологій), теоретичні (висунення гіпотези та формування висновків за результатами досліджень; статистичний; математичний). **Результати.** Максимального значення (на рівні 52,9 тис. м²/га) площа асиміляційної поверхні досягла за вирощування гібриду кукурудзи Тронка у перший строк сівби – 25 квітня та дотриманням хімічного захисту рослин. Зниження фотосинтетичного показника в 1,4 рази (до 38,2 тис. м²/га) проявилось за вирощування гібриду Скадовський, який висівали 15 травня (третьої строку сівби) без застосування засобів захисту рослин. Сівба обох досліджуваних гібридів у перший строк забезпечило одержання найбільшої величини площі асиміляційної поверхні посівів кукурудзи. Перший строк (25.04) був найкращим, за якого листкова площа зросла до 48,6 тис. м²/га, за другого (05.05) й третього (15.05) строку вона зменшилась на 5,9 та 13,6%. Строки сівби мав вплив на показник «чистий продуктивність фотосинтезу». Так, максимальний рівень даного показника був за першого строку сівби – 25 квітня, при якому він дорівнював, у середньому по фактору 7,5 г/м² за добу. За другого строку сівби (5 травня) відбулося зниження на 8,7% (до 6,9 г/м² за добу), а за третього строку (15 травня), ще більш істотно – на 22,9% (до 6,1 г/м² за добу). Фотосинтетичний потенціал посівів змінювався у широких межах – від мінімального значення 1,67 млн м²/га × діб – у гібриду Скадовський за третього строку сівби (15 травня) та без захисту рослин до 2,27 млн м²/га × діб – у варіанті з гібридом Тронка, який висівали у перший строк (25 квітня) та дотримувались хімічного захисту рослин від шкідливих організмів. Отже різниця між цими протилежними показниками склала 36,5%. Максимальну фотосинтетичну продуктивність забезпечив хімічний захист рослин. У цьому варіанті фотосинтетичний потенціал посівів мав найвище середньофакторіальне значення – 2,09 млн м²/га × діб, що було більше за контроль на 16,4%, а за варіант з біологічним захистом – на 5,9%, відповідно. **Висновки.** Сівба гібридів Скадовський та Тронка у перший строк забезпечило одержання найбільшої величини площі асиміляційної поверхні посівів кукурудзи. В середньому по фактору В, у гібриду Скадовський площа листя склала за сівби 25 квітня (перший строк) 46,5 тис. м²/га, що було більше за другий і третій строки сівби на 5,6 і 16,9%, відповідно. Ідентичний результат отримано і стосовно гібриду Тронка. Перший строк (25.04) був найкращим, за якого листкова площа зросла до 48,6 тис. м²/га. За другого (05.05) й третього (15.05) строку вона зменшилась на 5,9 та 13,6%. Чиста продуктивність фотосинтезу у гібриду Тронка склала у першу половину вегетації, у середньому по фактору, 7,3 г/м², що на 7,4% перевищувало цей показник на гібриді Скадовський, яке склало 6,8 г/м². За використання системи біологічного захисту проявилось зростання чистої продуктивності фотосинтезу на 15,2%, а за хімічного захисту – на 20,3%. Фотосинтетичний потенціал посівів коливався у широких межах – від 1,67 млн м²/га × діб – у гібриду Скадовський за сівби 15 травня й без захисту рослин і до 2,27 млн м²/га × діб – на гібриді Тронка за сівби 25 квітня та дотримання хімічного захисту. Встановлено одновекторний суттєвий вплив строку сівби та засобів захисту рослин на фотосинтетичні показники інноваційних гібридів різних груп ФАО в умовах зрошення.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, група ФАО, строк сівби, захист рослин, фотосинтетичний потенціал, площа асиміляційної поверхні.

Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Likar Ya.O. Photosynthetic indicators of corn hybrids depending on sowing dates and plant protection systems under irrigation conditions

The purpose – to investigate the influence of sowing dates and plant protection on the photosynthetic performance of corn hybrid crops under irrigation conditions. **Research methods and materials.** Field experiments were conducted during 2017–2019 at the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Sciences. The methodological basis of this research is: empirical (field experiments and observations; measurement of indicators of the research object; comparison of the impact of elements of agricultural technologies), theoretical (proposing a hypothesis and forming conclusions based on the results of research; statistical; mathematical). **The results.** The maximum value (at the level of 52.9 thousand m²/ha) of the assimilation surface area was reached by growing the Tronka corn hybrid in the first sowing period – April 25 and by observing chemical plant protection. A decrease in the photosynthetic rate by 1.4 times (up to 38.2 thousand m²/ha) was manifested during the cultivation of the Skadovsky hybrid, which was sown on May 15 (the third sowing period) and biological plant protection was observed. The sowing of both researched hybrids in the first season provided the largest assimilation surface area of corn crops. The first term (25.04) was the best, during which the leaf area increased to 48.6 thousand m²/ha, during the second (05.05) and third (15.05) terms it decreased by 5.9 and 13.6%. Sowing dates had an impact on the "net productivity of photosynthesis" indicator. Thus, the maximum level of this indicator was during the first sowing period – April 25, when it was equal, on average, by a factor of 7.5 g/m² per day. During the second sowing period (May 5) there was a decrease by 8.7% (to 6.9 g/m² per day), and during the third period (May 15), even more significantly – by 22.9% (to 6.1 g/m² per day). The photosynthetic potential of crops varied widely – from a minimum value of 1.67 million m²/ha × days – in the Skadovsky hybrid during the third sowing period (May 15) and without plant protection to 2.27 million m²/ha × days – in the variant with hybrid Tronka, which was sown in the first period (April 25) and chemical protection of plants against harmful organisms was observed. Therefore, the difference between these opposite indicators was 36.5%. Maximum photosynthetic productivity was ensured by chemical protection of plants. In this option, the photosynthetic potential of crops had the highest average factorial value – 2.09 million m²/ha × days, which was 16.4% more than the control, and 5.9% more than the option with biological protection, respectively. **Conclusions.** Sowing Skadovsky and Tronka hybrids in the first season provided the largest assimilation surface area of corn crops. On average, according to factor B, the Skadovsky hybrid had a leaf area of 46.5 thousand m²/ha during sowing on April 25 (the first season), which was 5.6 and 16.9% more than in the second and third seasons of sowing, respectively. An identical result was obtained in relation to the Tronka hybrid. The first term (April 25) was the best, during which the leaf area increased to 48.6 thousand m²/ha. During the second (05.05) and third (15.05) terms, it decreased by 5.9 and 13.6%. The net productivity of photosynthesis in the Tronka hybrid was 7.3 g/m² on average in the first half of the growing season, which was 7.4% higher than that of the Skadovsky hybrid, which was 6.8 g/m². With the use of the biological protection

system, the net productivity of photosynthesis increased by 15.2%, and with chemical protection – by 20.3%. The photosynthetic potential of crops varied widely – from 1.67 million m²/ha × days – in the Skadovsky hybrid for sowing on May 15 and without plant protection to 2.27 million m²/ha × days – for the Tronka hybrid for sowing on April 25 and adherence to chemical protection. A one-vec-

tor significant influence of sowing dates and plant protection agents on photosynthetic indicators of innovative hybrids of different FAO groups under irrigation conditions was established.

Key words: mays, hybrid, FAO group, sowing time, plant protection, photosynthetic potential, assimilation surface area.