

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН КУКУРУДЗИ В ПОСІВАХ ТА ЇХ ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ

Представлено результати досліджень з визначення впливу технології вирощування та окремих її елементів на ріст, розвиток та фотосинтетичну діяльність рослин кукурудзи в умовах Лісостепу. Метою досліджень було встановлення впливу елементів технології вирощування на формування та ефективність функціонування асиміляційного апарату рослин кукурудзи. Дослідження проводили впродовж 2013–2019 рр. на темно-сірому опідзоленому ґрунті Лісостепу із застосуванням польового, розрахунково-вагового та математико-статистичного методів. Встановлено особливості динаміки індивідуальної площі листової поверхні рослини та агроценозу кукурудзи в цілому за стадіями розвитку ВВСН. За показниками накопичення вегетативної маси та сухої речовини, чистої продуктивності фотосинтезу, фотосинтетичного потенціалу посіву охарактеризовано фотосинтетичну діяльність рослин ранньостиглого гібриду кукурудзи залежно від рівня інтенсивності технології вирощування. На основі кореляційного та статистичного аналізів виявлено залежності між основними показниками фотосинтетичної діяльності та врожайністю кукурудзи, а також ті, що найбільше змінюються під впливом елементів агротехнології. Показано реакцію культури на зміну рівня інтенсивності технології вирощування, що реалізується через функціональну відповідь індивідуальної фотосинтезуючої системи рослини та посіву в цілому та виявляється в посиленні їх асиміляційної діяльності. Доведено важливість забезпечення якомога довшого періоду активного функціонування листової поверхні за оптимальних, а не максимальних добових значень синтезованої сухої речовини при вирощуванні кукурудзи на зерно. За встановленими параметрами виявлено найефективніші технології вирощування, що в агрокліматичних умовах Лісостепу забезпечують врожайність ранньостиглого гібриду на рівні 9,87–10,39 т/га. Наведено оптимальні межі біометричних та функціональних показників характеристики фотосинтетичної діяльності рослин кукурудзи в посівах, за досягнення яких формується такий врожай зерна.

Ключові слова: кукурудза, листкова поверхня, фотосинтетична діяльність, агроценоз, урожайність, технологія вирощування.

Viktor Kaminskyi, Nadiia Asanishvili
NSC "Institute of Agricultural of NAAS"

Features of growth and development of maize plants in crops and their photosynthetic activity depending on the growing technology in the Forest-Steppe.

The results of research to determine the impact of growing technology and its individual elements on the growth, development and photosynthetic activity of maize plants in the Forest-Steppe were presented. The aim of the research was to establish the influence of elements of growing technology on the formation and efficiency of the assimilation apparatus of corn plants. The research was conducted during 2013–2019 on the dark gray wooded soil of the Forest-Steppe with the use of field, calculation-weight and mathematic-statistical methods. The peculiarities of the dynamics of the individual leaf surface area of the plant and the agroцenosis of corn as a whole according to the stages of development of BBCH are established. According to the indicators of vegetative mass and dry matter accumulation, net photosynthesis productivity, photosynthetic sow potential, the photosynthetic activity of crops of early-ripening maize hybrid depending on the level of growing technology intensity is characterized. On the basis of correlation and statistical analyzes, the relationships between the main indicators of photosynthetic activity and corn yield were revealed, as well as those that change the most under the influence of elements of agrotechnology. The reaction of culture to the change of the level of intensity of growing technology is shown, which is realized through the functional response of the individual photosynthetic system of plants and crops as a whole and is manifested in the strengthening of their assimilation activity. The importance of ensuring the longest possible period of active functioning of the leaf surface at the optimal, rather than the maximal daily values of the synthesized dry matter in the growing of corn for grain. According to the established parameters, the most effective growing technologies have been identified, which in the agro-climatic conditions of the Forest-Steppe provide the yield of early-ripening hybrid at the level of 9.87–10.39 t/ha. The optimal limits of biometric and functional indicators of the photosynthetic activity characteristics of maize plants in crops, at the achievement of which such a grain yield is formed, are given.

Key words: corn, leaf surface, photosynthetic activity, agroцenosis, yield, growing technology.

Вступ. У класичних роботах з питань фотосинтетичної діяльності культурних рослин переконливо доведено визначальну роль оптимального протікання процесу фотосинтезу для підвищення продуктивності посівів. Запропоновано і запроваджено показники, за якими оцінюють ефективність асиміляційної діяльності та для кожної сільськогосподарської культури, і зокрема кукурудзи (*Zea mays* L.),

опрацьовано межі їх допустимого варіювання без зниження врожайності основної продукції [1, 23, 24, 11].

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур базуються на теорії формування врожаю як фотосинтезуючої системи та розробляються з врахуванням біологічних особливостей, зокрема й типу фотосинтезу рослин [8, 21]. У зв'язку з належністю до культур з C₄-типом кукурудза значно ефективніше, ніж культури з C₃-типом засвоює вуглекислий газ і використовує сонячну радіацію на утворення сухої речовини посіву [11]. Це зумовлює суттєво вищу потенційну індивідуальну продуктивність рослин кукурудзи порівняно з іншими злаками, для реалізації якої у господарському врожаї потрібне оптимальне забезпечення факторами життя – світлом, теплом, водою та поживними речовинами [1, 4, 25, 30].

На сьогодні у зв'язку зі стійкими тенденціями до зміни клімату у напрямі потепління та зростання його посушливості основною зоною виробництва зерна кукурудзи є Лісостеп, а найвищі врожаї формуються у зоні Полісся, де лише 50 років тому вона була нетиповою культурою. Відповідно розроблення та удосконалення зональних технологій вирощування кукурудзи потрібно спрямовувати на формування оптимальних за морфоструктурою, стресостійких агроценозів з високою інтенсивністю фотосинтетичної діяльності, що максимально використовуватимуть агрокліматичні та виробничі ресурси [22].

Це актуальне теоретико-прикладне завдання вирішується за рахунок інтегрованого коригування основних елементів технологічного циклу – оптимізації норм висіву, строків сівби, доз та способів внесення мінеральних добрив, стимуляторів росту рослин у різних регламентах застосування, хімічних та механічних заходів контролювання сегетальної рослинності у посівах та ін.

У степовій зоні стабільне виробництво зерна кукурудзи лімітується чинником вологозабезпечення, що знаходиться у першому мінімумі для культури [6, 18, 26]. Разом з тим за зрощення розширюються можливості вирощування гібридів кукурудзи з тривалим вегетаційним періодом та високою потенційною продуктивністю, для реалізації якої потрібне оптимальне вологозабезпечення [14]. Виявлено, що в умовах Південного Степу України накопичення вегетативної маси і сухої речовини більше залежить від гібридного складу (відповідно на 69,5 і 72,3 %), ніж від строку сівби і густоти стояння рослин [3]. За вирощування середньораннього гібриду різні режими зрощення сприяють на 22,2–

27,5 % більшому накопиченню сирової біомаси, тоді як мінеральні добрива забезпечують приріст сухої речовини лише на 9,4–13,7 % [19].

Формування оптимальних за щільністю агроценозів кукурудзи забезпечує адекватність протікання реакції фотосинтезу за рахунок створення відповідного мікроклімату у посівах та достатньої освітленості. Результатами наукового пошуку встановлено, що підвищення густоти різностиглих гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу з 80 до 100 тис. шт./га сприяє зростанню площі листової поверхні на 5–10 %, позитивно впливає на продуктивність фотосинтезу та накопичення сухої речовини [9]. У сумісних посівах кукурудзи та сорго цукрового збільшення норм висіву компонентів та оптимізація площі живлення рослин зумовлює поліпшення їх розвитку і зростання врожайності зеленої маси [5].

До висновку щодо потреби оптимізації норм висіву гібридів кукурудзи залежно від удобрення приєднуються й інші дослідники. У своїх роботах вони експериментально довели, що за збільшення агрохімічного навантаження надмірне загущення агроценозу кукурудзи призводить до погіршення показників чистої продуктивності фотосинтезу та фотосинтетичного потенціалу посіву [12, 27].

Система удобрення залишається одним із найдієвіших чинників формування високопродуктивних агроценозів кукурудзи в усіх агрокліматичних зонах, а комплексне застосування мінеральних макро- та мікродобрив в оптимальних дозах, сидератів, побічної продукції попередника забезпечує поліпшення фотосинтетичної діяльності рослин у посівах [20, 25, 7]. Так, в умовах Західного Лісостепу сумісне застосування соломи, її деструктора та сидератів сприяє зростанню фотосинтетичного потенціалу посіву з 2,285 до 2,896 млн $\text{m}^2 \times \text{дїб/га}$ за досягнення врожайності 11,3 т/га з приростом до контролю 3,1 т/га [28]. Встановлено, що за краплинного способу поливу на Півдні України азотні добрива забезпечують істотне зростання площі листя та поліпшення показників фотосинтетичної діяльності посівів різних гібридів [13]. Натомість забруднення агроєкологічних систем свинцем, кадмієм, цинком призводить до погіршення цих характеристик та зниження врожайності кукурудзи [10].

Важливим резервом ресурсозбереження технології вирощування кукурудзи є використання різних бактеріальних препаратів, фізіологічно активних речовин та антистресантів, що активують механізми імунітету, стресостійкості та адаптивності. Їх застосування у технології вирощування дозволяє прямо та опосередковано впливати

на формування посівів з оптимальними морфоструктурними та функціональними показниками [15, 29, 301].

Дослідженнями в умовах Полісся встановлено, що за рахунок рістстимулюючих властивостей мікробного препарату підвищуються кількісні та поліпшуються якісні параметри фотосинтетичної активності рослин. Його застосування для обробки насіння й посівів забезпечує збільшення на 40,0 % площі листової поверхні та на 63,8 % – чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи [32]. За оброблення стимуляторами росту рослин відбувається збільшення нагромадження фотосинтетичних пігментів (на 12–24 %) за зниження на 9,0–17,5 % вмісту водорозчинних цукрів, що свідчить про функціональну активність фотосинтетичного апарату [16, 17].

Отже, дослідженнями, що проведені в різних агрокліматичних умовах, переконливо доведено потребу створення оптимальних за біометричними параметрами агроценозів кукурудзи для підвищення інтенсивності їх фотосинтетичної діяльності. Експериментально обґрунтовано перспективність інтегрованого управління структурно-функціональним станом посівів для підвищення врожайності культури за рахунок оптимізації елементів технології вирощування.

Тому метою наших досліджень було встановлення впливу елементів технології вирощування на ріст і розвиток рослин кукурудзи, а також особливості їх фотосинтетичної діяльності в умовах Лісостепу. Виявлені закономірності формування та функціонування асиміляційного апарату слугуватимуть теоретичною основою удосконалених технологій вирощування кукурудзи різної інтенсивності, які забезпечать підвищення рівня реалізації потенціалу продуктивності культури та ефективне використання матеріально-технічних і агрокліматичних ресурсів.

Матеріали і методи. Польові дослідження проводили впродовж 2013–2019 рр. у чотирипільній короткоротаційній сівозміні (пшениця озима – кукурудза на зерно – ранні ярі зернові культури (овес, тритикале) – горох) довготривалого стаціонарного досліді ННЦ «Інститут землеробства НААН», що територіально розміщується у північній частині Лісостепу (сmt Чабани Києво-Святошинського р-ну Київської обл.). Дослід закладено у 1987 р. згідно з усіма вимогами методики дослідної справи методом розщеплених ділянок на темно-сірому опідзоленому ґрунті з дуже низьким рівнем забезпеченості азотом, підвищеним і високим – калієм та фосфором.

Погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи впродовж 2013–2019 рр. у цілому характеризувалися перевищенням

температурного режиму понад норму (у середньому за роками на 10,1–25,2 %) за переважної нестачі опадів (34,0–98,3 % від середньобагаторічних значень) та їх нерівномірного розподілу протягом місяців і декад. Вегетаційний період кукурудзи 2013 р. відзначався суттєвою нестачею опадів впродовж травня – серпня за їх перевищення більше ніж у 4,5 разу понад норму у вересні. У 2014 р. температура була близькою до середньобагаторічної за значного перевищення суми опадів у травні (321,2 % від норми) та їх істотної нестачі у наступні місяці. Несприятливими були погодні умови 2015 р., особливо за рівнем вологозабезпечення, адже впродовж квітня – вересня випало лише 34 % опадів від середньобагаторічної кількості. Проте температурний режим був наближеним до норми, що певним чином послабило негативний вплив суттєвої нестачі опадів впродовж усього вегетаційного періоду кукурудзи. Метеорологічні умови 2016 р. були задовільними для росту та розвитку рослин кукурудзи, у 2017 р. відзначено перевищення температурного режиму понад норму на фоні суттєвої нестачі опадів (48,1 %), що негативно вплинуло на рівень врожайності. Погодні умови вегетаційного періоду 2018 та меншою мірою 2019 р. були сприятливими і в цілому відповідали біологічним вимогам кукурудзи.

Для визначення ефективності різних доз мінеральних добрив у поєднанні з використанням як добрива побічної продукції попередника (соломи пшениці озимої) за вирощування кукурудзи впродовж 2013–2015 рр. проводили Дослід 1 за схемою, наведеною у табл. 1. Дослід проведено на фоні післяпосівного внесення ґрунтового гербіциду люмакс 537,5 SE с.е (4,0 л/га).

У напрямі пошуку технологічних ресурсів підвищення врожайності кукурудзи впродовж 2016–2019 рр. проводили Дослід 2 з визначення ефективності різних доз мінеральних добрив та побічної продукції попередника на фоні підвищеного навантаження технології засобами інтенсифікації та ресурсозбереження. Технологія передбачала оброблення насіння стимулятором росту рослин регоплант (250 мл/т), післяпосівне внесення ґрунтового гербіциду примекстра Голд 720 (2,5 л/га), обприскування посівів баковою сумішшю: біостимулятор стимпо (25 мл/га) + мікродобрива фолік Макро (2,0 л/га) і фолік Zn (0,5 л/га) + страховий гербіцид майстер Пауер (1,25 л/га).

Усі препарати та добрива, що використовували у дослідженнях, занесені до Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні. Визначення ефективності агротехнологічних

заходів проводили за вирощування ранньостиглого гібриду кукурудзи Трубіж СВ (ФАО 190) селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН», що з 2014 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні. Норма висіву кукурудзи – на густоту 80 тис. шт./га.

Для досягнення поставленої мети застосовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: польовий – для вивчення взаємозв'язку об'єкта з біотичними та абіотичними факторами; розрахунковий – для визначення площі листкової поверхні шляхом множення найбільшої ширини листка на його довжину і на коефіцієнт 0,75, фотосинтетичного потенціалу посіву як суми площ листків за певний проміжок часу, чистої продуктивності фотосинтезу (за О. О. Ничипоровичем); розрахунково-ваговий – для визначення вегетативної маси рослин і посіву кукурудзи. Маса абсолютно сухої речовини визначали термостатно-ваговим методом; врожайність кукурудзи – ваговим методом, поділяючи, з урахуванням засміченості й вологості. Математико-статистичні методи застосовували для встановлення достовірності отриманих даних та виявлення математичних залежностей.

Результати та обговорення. В процесі росту і розвитку формуються рослини кукурудзи з різними показниками індивідуальної площі листкової поверхні, що впливає як на загальну площу асиміляційної поверхні агроценозу, так і на її функціональну активність та ефективність роботи.

За вирощування впродовж 2013–2015 рр. у Досліді 1 ранньостиглого гібриду кукурудзи Трубіж СВ, що характеризується компактним морфотипом, індивідуальна площа листкової поверхні рослини та площа листя посіву наростали на стадіях ВВСН 15–65, а потім знижувалися до стадії 75 у зв'язку з перерозподілом пластичних речовин у рослинах і їх закономірним відтоком від вегетативних органів на утворення зерна (табл. 1).

Так, найменшими ці показники були на стадії ВВСН 16 – у середньому за всіх варіантів удобрення $0,0314 \pm 0,0021 \text{ м}^2$ і $2,21 \pm 0,1$ тис. $\text{м}^2/\text{га}$. У наступні періоди росту і розвитку кукурудзи спостерігали інтенсивне наростання асиміляційної поверхні – до $0,2725 \pm 0,0180 \text{ м}^2$ і $19,86 \pm 1,7$ тис. $\text{м}^2/\text{га}$ на стадії ВВСН 19 з досягненням максимальних значень на стадії ВВСН 65 – $0,5215 \pm 0,0466 \text{ м}^2$ і $38,19 \pm 4,1$ тис. $\text{м}^2/\text{га}$. До фази молочної стиглості зерна (стадія ВВСН 75) площа листкової поверхні зменшувалася до $0,4233 \pm 0,0380 \text{ м}^2$ і $30,99 \pm 3,4$ тис. $\text{м}^2/\text{га}$.

1. Динаміка площі листової поверхні кукурудзи залежно від удобрення (Дослід 1), середнє за 2013–2015 рр.

Варіант удобрення	Стадія ВВСН			
	16	19	65	75
Площа листової поверхні 1 рослини, м ²				
Без добрив (контроль)	0,0220	0,1906	0,3047	0,2589
Побічна продукція попередника (фон)	0,0243	0,2078	0,3463	0,2755
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,0325	0,2709	0,5368	0,4326
Фон + N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	0,0280	0,2589	0,5099	0,3953
Фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,0334	0,3124	0,5520	0,4529
Фон + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	0,0351	0,3255	0,6316	0,5169
Фон + N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀ (на 10 т/га)	0,0365	0,2955	0,6390	0,5224
Фон + N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₃₀₀ (на 12 т/га)	0,0393	0,3184	0,6516	0,5316
Середнє	0,0314	0,2725	0,5215	0,4233
S _x	0,0021	0,0180	0,0466	0,0380
V, %	19,3	18,7	25,3	25,4
S	0,01	0,05	0,13	0,11
Площа листової поверхні посіву, тис. м ² /га				
Без добрив (контроль)	1,53	11,96	19,11	16,26
Побічна продукція попередника (фон)	1,87	13,32	22,17	17,64
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	2,39	20,02	39,73	32,02
Фон + N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	2,00	19,08	37,57	29,14
Фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	2,41	23,34	41,22	33,82
Фон + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	2,39	24,61	47,82	39,12
Фон + N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀ (на 10 т/га)	2,55	22,31	48,36	39,54
Фон + N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₃₀₀ (на 12 т/га)	2,56	24,23	49,52	40,40
Середнє	2,21	19,86	38,19	30,99
S _x	0,1	1,7	4,1	3,4
V, %	16,8	24,5	30,6	30,7
S	0,4	4,9	11,7	9,5

Величина асиміляційної поверхні кукурудзи суттєво залежала від удобрення, що підтверджується результатами статистичного аналізу. Так, впродовж вегетації рівень мінливості показників площі листя 1 рослини та посіву в цілому за варіантами удобрення був високим (відповідно V = 18,7–25,4 і 16,8–30,7 %), а вплив цього

чинника виявлявся у збільшенні величини асиміляційної поверхні кукурудзи зі зростанням агрохімічного навантаження на агроценоз.

Індивідуальна площа листкової поверхні рослин кукурудзи у період досягнення її максимуму на стадії ВВСН 65 змінювалася залежно від удобрення з $0,3047 \text{ м}^2/\text{рослину}$ у контрольному варіанті (без добрив) до $0,6516 \text{ м}^2/\text{рослину}$, що в 2,1 разу більше, – за внесення $\text{N}_{300}\text{P}_{180}\text{K}_{300}$ на фоні побічної продукції попередника. Значення сумарної площі листкової поверхні посіву зростали аналогічно з 19,11 до 49,52 тис. $\text{м}^2/\text{га}$, що було в 2,6 разу більше.

За проведення впродовж 2016–2019 рр. Дослід 2 виявлено позитивний вплив сумісного застосування мінеральних добрив, побічної продукції попередника, стимуляторів росту рослин, мікродобрив та гербіцидів на формування площі асиміляційної поверхні кукурудзи (табл. 2).

За стадіями розвитку ВВСН 16, 19, 65 і 75 формувалися рослини з середньою площею листа на рівні $0,0509 \pm 0,0055$; $0,2795 \pm 0,0251$; $0,5246 \pm 0,0425$ і $0,4319 \pm 0,0392 \text{ м}^2/\text{рослину}$ та сумарною площею листкової поверхні посіву $3,71 \pm 0,45$; $19,90 \pm 2,12$; $37,17 \pm 3,66$ і $30,74 \pm 30,74$ тис. $\text{м}^2/\text{га}$, а закономірності динаміки цих показників були такими ж, як у Досліді 1.

У відповідних варіантах з аналогічним агрохімічним навантаженням у середньому за 2016–2019 рр., як правило, формувалися рослини і посіви, що характеризувалися вищими параметрами площі фотосинтезуючої поверхні, ніж за 2013–2015 рр. Так, у період максимального її наростання на стадії 65 за внесення оптимальних ($\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$), підвищених ($\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{180}$) та високих ($\text{N}_{240}\text{P}_{120}\text{K}_{240}$) доз мінеральних добрив на фоні побічної продукції попередника індивідуальна площа 1 рослини досягала $0,6075$; $0,6594$ і $0,6717 \text{ м}^2$, що на 10,1; 4,4 і 5,1 % було вище, ніж у Досліді 1.

Щодо показників площі листкової поверхні посіву, то вони досягали $43,44$ – $50,88$ тис. $\text{м}^2/\text{га}$ і перевищували значення аналогічних варіантів Дослід 1. Виявлено також тенденцію до подовження періоду активного функціонування листкової поверхні.

Позитивні зміни у формуванні асиміляційного апарату кукурудзи відбулися за рахунок комплексного впливу додаткових елементів технології вирощування, на фоні яких проводили Дослід 2.

2. Динаміка площі листкової поверхні кукурудзи залежно від удобрення за інтенсифікації технології (Дослід 2), середнє за 2016–2019 рр.

Варіант удобрення	Стадія ВВСН			
	16	19	65	75
Площа листкової поверхні 1 рослини, м ²				
Без добрив (контроль)	0,0325	0,1877	0,3618	0,2744
Побічна продукція попередника (фон)	0,0332	0,2033	0,3798	0,2877
N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀ *	0,0434	0,2493	0,4565	0,3895
Фон + N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	0,0426	0,2628	0,4972	0,4142
Фон + N ₁₂₀ P ₄₅ K ₆₀ **	0,0550	0,2857	0,5634	0,4669
Фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,0600	0,2954	0,6075	0,5107
Фон + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	0,0657	0,3555	0,6594	0,5506
Фон + N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀ (на 10 т/га)	0,0750	0,3964	0,6717	0,5612
Середнє	0,0509	0,2795	0,5246	0,4319
S _x	0,0055	0,0251	0,0425	0,0392
V, %	30,4	25,4	22,9	25,7
S	0,02	0,07	0,12	0,11
Площа листкової поверхні посіву, тис. м ² /га				
Без добрив (контроль)	2,22	12,29	23,24	17,95
Побічна продукція попередника (фон)	2,28	13,47	24,78	19,26
N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀ *	3,10	17,32	31,73	27,07
Фон + N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	3,04	18,20	34,43	28,69
Фон + N ₁₂₀ P ₄₅ K ₆₀ **	4,04	20,64	40,42	33,50
Фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	4,37	21,12	43,44	36,51
Фон + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	4,90	26,13	48,46	40,47
Фон + N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀ (на 10 т/га)	5,73	30,03	50,88	42,52
Середнє	3,71	19,90	37,17	30,74
S _x	0,45	2,12	3,66	3,24
V, %	34,0	30,2	27,8	29,8
S	1,26	6,00	10,35	9,16

Примітка. * до 2016 р. доза добрив становила N₁₂₀P₉₀K₁₂₀; ** впродовж 2011–2015 рр. доза добрив N₂₄₀P₁₂₀K₂₄₀.

У ювенільних рослин ці зміни були індуковані застосуванням стимуляторів росту рослин для обробки насіння, що сприяло

підвищенню польової схожості та енергії проростання, а також зниженню негативного впливу ґрунтового гербіциду на проростки кукурудзи. На пізніших стадіях росту і розвитку інтенсивне наростання площі листової поверхні відбувалося за рахунок оброблення посівів баковою сумішшю стимулятор росту рослин + мікродобрива + страховий гербіцид. Проведення обробки сприяло поліпшенню фітосанітарного стану посівів за показником забур'яненості, підвищенню забезпеченості рослин основними макро- і мікроелементами, а також їх опірності до стресових факторів довкілля та формуванню стійких високопродуктивних агроценозів.

Рівень варіювання площі листової поверхні рослин та посівів кукурудзи залежно від удобрення був високим з коефіцієнтом варіації $V = 22,9-30,4$ та $27,8-34,0$ %, що суттєво перевищував його значення у Досліді 1. Це свідчить про ефективніше використання мінеральних добрив та побічної продукції попередника при вирощуванні кукурудзи за технологією з внесенням ґрунтового і страхового гербіцидів, застосуванням стимуляторів росту рослин у різних регламентах та позакореневого підживлення мікродобривами порівняно до технології з внесенням лише ґрунтового гербіциду. До того ж згідно зі схемою Досліді 1 вивчали варіант з дуже високим агрохімічним навантаженням, що передбачав унесення розрахованої балансовим методом на врожайність 12 т/га дози мінеральних добрив $N_{300}P_{180}K_{300}$, а в Досліді 2 максимальна доза становила $N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га).

Отримані результати щодо впливу системи удобрення на формування асиміляційної поверхні посіву кукурудзи кореспондуються з попередніми дослідженнями, які ми провели впродовж 2006–2008 рр. у напрямі вдосконалення методів боротьби з бур'янами та удобрення кукурудзи [2].

Оцінку фотосинтетичної діяльності посівів сільськогосподарських культур традиційно проводять за сукупністю показників, що кількісно та якісно відображають інтенсивність процесу фотосинтезу та дозволяють прогнозувати господарську врожайність вже на ранніх стадіях росту й розвитку [1, 4, 24, 25].

У середньому за 2013–2015 рр. агроценоз кукурудзи було сформовано рослинами з вегетативною масою на стадії ВВСН $75\ 774 \pm 102$ г, що накопичили біомасу посіву $57,06 \pm 8,43$ т/га та масу сухої речовини $14,26 \pm 2,11$ т/га (табл. 3). У процесі фотосинтезу посіви кукурудзи синтезували за добу $10,49 \pm 0,56$ г/м² сухої речовини, а фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) становив $1738,94 \pm 177,19$ тис. м²×дів/га.

3. Фотосинтетична діяльність посівів та врожайність кукурудзи залежно від удобрення (Дослід 1), середнє за 2013–2015 рр.

Варіант удобрення	Вегетативна маса 1 рослини, г	Вегетативна маса посіву, т/га	Суха речовина посіву, т/га	ЧПФ, г/м ² за добу	ФПП, тис. м ² ×діб/га	Врожайність, т/га
Без добрив (контроль)	374	23,56	5,87	8,40	926,31	3,11
Побічна продукція попередника (фон)	401	25,72	6,41	8,51	1049,41	3,37
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	755	55,93	13,98	10,37	1794,00	7,02
Фон + N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	633	46,66	11,65	9,49	1683,99	5,83
Фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	836	62,48	15,62	10,98	1922,78	7,74
Фон + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	1002	75,86	18,97	11,53	2171,35	9,22
Фон + N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀ (на 10 т/га)	1054	79,74	19,93	11,98	2141,55	9,67
Фон + N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₃₀₀ (на 12 т/га)	1140	86,49	21,62	12,70	2222,15	10,47
Середнє	774	57,06	14,26	10,49	1738,94	7,05
Sx	102	8,43	2,11	0,56	177,19	
V, %	37,4	41,8	41,9	15,2	28,8	
S	289,7	23,8	6,0	1,6	501,2	
НІР ₀₅						0,29

За результатами статистичного аналізу встановлено, що система удобрення серед параметрів, що характеризують інтенсивність фотосинтетичної діяльності, найбільше впливала на накопичення вегетативної маси та сухої речовини ($V = 37,4\text{--}41,9\%$), а найменше – на чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) з $V = 15,2\%$, проте рівень мінливості усіх показників був високим.

Відомо, що А. А. Ничипорович запропонував ідентифікувати посіви з ФП 2,2–3,0 млн м²×діб/га з розрахунку на 100 діб вегетації як високопродуктивні [24]. Для порівняння цих критеріїв з показниками, які ми отримали, потрібно привести їх у відповідність до однієї тривалості періоду розрахунку.

У наших дослідженнях визначення ФПП здійснювали за період від появи сходів до фази молочної стиглості зерна (стадії ВВСН

09–75), що тривав у середньому за роки досліджень 84,3 доби. У перерахунку на 100 діб вегетації у кращих варіантах досліду з внесенням мінеральних добрив у дозах $N_{120}P_{90}K_{120}$ і вище ФПП кукурудзи становив 2,29–2,64 млн $m^2 \times \text{діб}/\text{га}$, тобто відповідав параметрам високопродуктивних агроценозів. У цих варіантах чиста продуктивність фотосинтезу була на рівні 10,98–12,70 $г/м^2$ за добу.

Найбільше у Досліді 1 сирій та сухої біомаси накопичили агроценози за внесення максимальної дози мінеральних добрив $N_{300}P_{180}K_{300}$ на фоні побічної продукції попередника – 86,49 і 21,62 т/га. Проте планового рівня врожайності 12 т/га досягти не вдалося, хоча ЧПФ і ФПП також були найвищими в досліді зі значеннями 12,70 $г/м^2$ за добу та 2222,15 тис. $m^2 \times \text{діб}/\text{га}$.

Очевидно, засвоєння посівами значних обсягів хімічних елементів живлення та синтезування максимальних об'ємів сухої речовини (12,7 $г/м^2$ за добу) не реалізувалося у господарській врожайності через порушення перерозподілу пластичних речовин, що депонувалися у вегетативних (стебло, листя), а не генеративних (качан) органах рослини. Це підтверджується суттєвим непропорційним збільшенням частки листостеблової маси у загальній біомасі врожаю за рахунок зниження частки зерна і свідчить про недоцільність вирощування ранньостиглих гібридів з унесенням надвисоких доз мінеральних добрив.

Комплексним аналізом особливостей фотосинтетичної діяльності посівів та рівня сформованого врожаю зерна встановлено, що у технології вирощування ранньостиглого гібриду кукурудзи з післяпосівним внесенням ґрунтового гербіциду найефективнішою системою удобрення є застосування мінеральних добрив $N_{180}P_{120}K_{180}$ на фоні побічної продукції попередника. Поєднання цих елементів у єдиному технологічному циклі забезпечує отримання врожаю зерна ранньостиглого гібриду кукурудзи на рівні 9,22 т/га, який сформували агроценози з площею листя на стадії ВВСН 65 1 рослини 0,6316 m^2 та посіву – 47,82 тис. $m^2/\text{га}$. До стадії ВВСН 75 такі посіви накопичували 75,86 т/га вегетативної маси та 18,97 т/га сухої речовини за рахунок досягнення показника ЧПФ на рівні 11,53 $г/м^2$ за добу та ФПП – 2171,35 тис. $m^2 \times \text{діб}/\text{га}$.

З врахуванням наведених вище висновків щодо ефективності різного агрохімічного навантаження за вирощування кукурудзи при плануванні Досліду 2 було здійснено коригування схеми у напрямі зниження доз мінеральних добрив та виключення варіанта з внесенням розрахункової дози $N_{300}P_{180}K_{300}$ на планову врожайність 12 т/га.

За результатами досліджень 2016–2019 рр. встановлено, що комплексне застосування мінеральних добрив, побічної продукції попередника, гербіцидів, стимуляторів росту рослин та мікродобрив у технології вирощування сприяє оптимізації фотосинтетичної діяльності посівів та підвищенню врожайності кукурудзи (табл. 4).

4. Фотосинтетична діяльність посівів та врожайність кукурудзи залежно від удобрення за підвищення рівня інтенсивності технології (Дослід 2), середнє за 2016-2019 рр.

Варіант удобрення	Вегетативна маса 1 рослини, г	Вегетативна маса посіву, т/га	Суха речовина посіву, т/га	ЧПФ, г/м ² за добу	ФПШ, тис. м ² ×дів/га	Врожайність, т/га
Без добрив (контроль)	459	30,02	7,30	8,63	1073,26	3,80
Побічна продукція попередника (фон)	503	33,36	8,22	9,70	1152,26	4,29
N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀ *	762	52,97	13,16	11,39	1499,06	6,75
Фон + N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	775	53,69	13,31	10,64	1603,14	6,78
Фон + N ₁₂₀ P ₄₅ K ₆₀ **	857	60,49	15,16	10,72	1869,49	7,56
Фон + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	1011	71,37	17,75	11,30	1989,01	8,77
Фон + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	1102	80,24	20,14	11,50	2281,23	9,87
Фон + N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀ (на 10 т/га)	1150	85,69	21,47	11,72	2471,99	10,39
Середнє	827	58,48	14,56	10,70	1742,43	
Sx	90,8	7,2	1,82	0,4	178,0	
V, %	31,1	34,7	35,4	9,9	28,9	
S	256,9	20,3	5,2	1,1	503,4	
НІР ₀₅						0,35

Примітка. * до 2016 р. доза добрив становила N₁₂₀P₉₀K₁₂₀; ** впродовж 2011–2015 рр. доза добрив N₂₄₀P₁₂₀K₂₄₀.

У всіх варіантах з аналогічною Дослід 1 системою удобрення, як правило, забезпечено поліпшення показників характеристики протікання фотосинтезу, причому інтенсивніше це проявлялося на контролі та за використання як добрива побічної продукції попередника, очевидно, у першу чергу через поліпшення

живлення рослин за рахунок позакореневого підживлення мікродобривами.

У відповідних варіантах дослідів вегетативна маса рослини зростала на 9,1–25,4 %, сира біомаса посіву – на 5,8–29,7 %, маса сухої речовини посіву – на 6,1–28,2 %, ЧПФ – на 2,9–13,9 % (у варіантах з агрохімічним навантаженням нижче $N_{180}P_{120}K_{180}$), ФПП – на 3,4–15,9 % (за винятком варіанта фон + $N_{60}P_{45}K_{60}$).

Варіабельність оціночних показників фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи була меншою ($V = 9,9–35,4$ %), ніж у досліді 1, що обумовлено як зростанням їх значень на природному фоні родючості, так і зменшенням агрохімічного навантаження до $N_{240}P_{120}K_{240}$ порівняно з дослідом 1, де максимальна доза мінеральних добрив становила $N_{300}P_{180}K_{300}$. Усі показники характеризувалися високою мінливістю, крім ФПП, де вона була слабкою.

За інтенсивних технологій з внесенням оптимальних, підвищених і високих доз мінеральних добрив $N_{120-240}P_{90-120}K_{120-240}$ значення ФПП у перерахунку на 100 діб вегетації становили 2,33–2,90 млн $m^2 \times$ діб/га, а за середньої впродовж 2016–2019 рр. тривалості міжстадійного періоду ВВСН 09–75 на рівні 85,25 діб – 1989,01–2471,99 тис. $m^2 \times$ діб/га. Посіви синтезували 11,3–11,72 г/ m^2 за добу сухої речовини, що в умовах дослідів вважаємо оптимальними значеннями за технологій вирощування кукурудзи зернового напрямку.

Збільшення господарської врожайності за інтенсивних технологій на 7,0–13,3 % до 8,77–10,39 т/га забезпечено за рахунок зростання ФПП та певного зниження показника ЧПФ, що з врахуванням результатів Дослідів 1 свідчить про визначальну роль якомога довшого активного функціонування асиміляційної поверхні та подовження періоду створення оптимальної (а не максимальної) добової кількості сухої речовини. За таких умов загальна сира і суха біомаса значно зростає, проте її перерозподіл у рослинах проходить максимально наближено до зернового, а не силосного напрямку.

Особливо чітко встановлена закономірність проявилася за внесення найвищих доз мінеральних добрив $N_{240}P_{120}K_{240}$ (на 10 т/га) сумісно з побічною продукцією попередника, де у середньому за 2016–2019 рр. врожайність кукурудзи перевищила плану і становила 10,39 т/га, що на 7,4 % більше порівняно до аналогічного варіанта Дослідів 1, де отримали лише 9,67 т/га.

За результатами порівняння варіантів з однаковим агрохімічним навантаженням Дослідів 1 і 2 встановлено господарську

ефективність додаткових елементів технології вирощування кукурудзи (рис.).

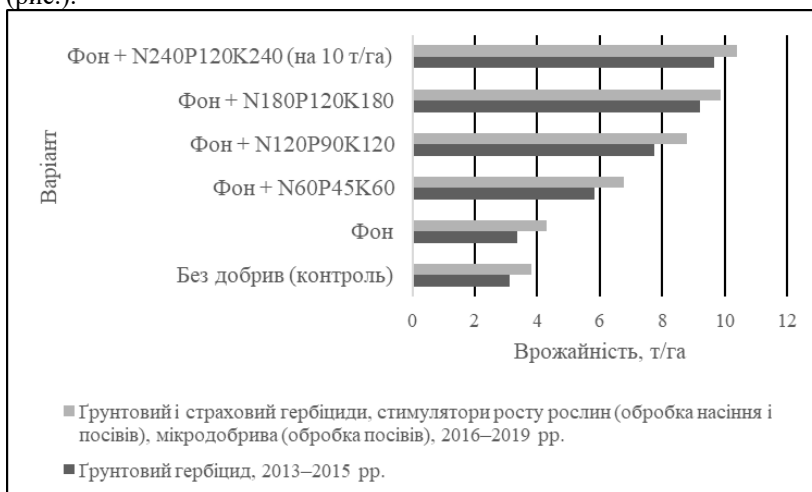


Рис. Порівняльна продуктивність кукурудзи на зерно залежно від інтенсифікації технології вирощування

Так, приріст врожаю зерна становив 7,0–27,3 % і в абсолютних значеннях був найбільшим за надвисоких доз мінеральних добрив N₂₄₀P₁₂₀K₂₄₀ (0,72 т/га), а у відносних – за використання як добрива побічної продукції попередника (27,3 %). Проте за всіх варіантів удобрення зафіксовано підвищення врожайності кукурудзи при навантаженні технології додатковими елементами інтенсифікації та ресурсозбереження. За інтенсивних технологій з внесенням мінеральних добрив у дозах N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ і N₁₈₀P₁₂₀K₁₈₀ на фоні побічної продукції попередника врожайність зросла з 7,74 і 9,22 т/га до 8,77 і 9,87 т/га на 13,3 і 7,0 %.

Кореляційним аналізом результатів досліджень 2016–2019 рр. встановлено, що між врожайністю кукурудзи та показниками площі листової поверхні 1 рослини та посіву в цілому існують прямі тісні кореляційні зв'язки ($r=0,973-0,993$ і $0,968-0,995$), тіснота яких посилюється зі старінням рослинного організму. Між урожайністю та основними оціночними критеріями ефективності фотосинтетичної діяльності ЧПФ і ФПП залежність також була прямою та тісною (відповідно $r = 0,903$ і $0,989$). Вищий показник коефіцієнта кореляції свідчить, що врожайність більшою мірою залежить від ФПП, ніж від

ЧПФ, що математично підтверджує висновок щодо важливості забезпечення якомога довшого періоду активного функціонування листкової поверхні за оптимальних, а не максимальних добових значень синтезованої сухої речовини при вирощуванні кукурудзи на зерно.

Висновки. Виявлено перспективність та експериментально підтверджено можливість підвищення ефективності фотосинтетичної діяльності та продукційного процесу рослин кукурудзи за рахунок створення агроценозів з оптимальними морфоструктурними параметрами та функціональними характеристиками, що досягається застосуванням удосконалених технологій вирощування.

Встановлено, що в умовах Лісо-stepу за вирощування кукурудзи на зерно найефективнішими технологіями, що забезпечують врожайність ранньостиглого гібриду на рівні 9,87 і 10,39 т/га, є технології з внесенням підвищених і високих доз мінеральних добрив $N_{180}P_{120}K_{180}$ і $N_{240}P_{180}K_{240}$ на фоні побічної продукції попередника (соломи пшениці озимої), застосуванням ґрунтового і страхового гербіцидів, стимуляторів росту рослин для обробки насіння і посівів, а також мікродобрив у позакореневе підживлення.

Таку господарську врожайність сформував агроценоз кукурудзи з площею листкової поверхні 1 рослини $0,6594-0,6717 \text{ м}^2$ та посіву в цілому – $48,46-50,88 \text{ тис. м}^2/\text{га}$ на стадії ВВСН 65, індивідуальною вегетативною масою рослини на стадії ВВСН 75 $1102-1150 \text{ г}$, сирою біомасою та сухою речовиною – відповідно $80,24-85,69$ і $20,14-21,47 \text{ т/га}$, чистою продуктивністю фотосинтезу – $11,5-11,72 \text{ г/м}^2$ за добу та фотосинтетичним потенціалом посіву $2281,23-2471,99 \text{ тис. м}^2 \times \text{дїб/га}$.

Експериментально та математично доведено визначальну роль забезпечення якомога довшого періоду активного функціонування сумарної листкової поверхні за оптимальних, а не максимальних добових значень синтезованої сухої речовини у технологіях вирощування кукурудзи зернового напрямку.

Список використаної літератури

1. Андреевко С. С., Куперман Ф. М. Физиология кукурузы (очерки по физиологии развития, роста, фотосинтеза, минерального питания и водного режима) / под общей редакцией Б. А. Рубина. Москва : Изд-во МГУ, 1959. 289 с.
2. Асанішвілі Н. М., Сербенюк Г. А.,

References

1. Andreenko S. S., Kuperman F. M. Physiology of corn (essays on the physiology of development, growth, photosynthesis, mineral nutrition and water regime) / pod obshhej redakciej B. A. Rubina. Moscow : Izd-vo MGU, 1959. 289 p.
2. Asanishvili N. M., Serbeniuk H. A., Bondarchuk A. A. Photosynthetic activity and

- Бондарчук А. А. Фотосинтетична діяльність і продуктивність агрофітоценозів кукурудзи залежно від елементів технології вирощування у Північному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2012. Вип. 3/4. С. 75–81.
3. Влашук А. М., Конашук О. П., Дробіт О. С. Динаміка накопичення сирової та сухої надземної біомаси рослинами кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 4 (74). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.04.006>.
4. Володарский Н. И. Биологические основы возделывания кукурузы. Москва : Агропромиздат, 1986. 189 с.
5. Вплив площі живлення рослин сорго цукрового та кукурудзи на їх ріст, розвиток та урожайність зеленої маси в сумісних посівах / М. Б. Грабовський та ін. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5 (75). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.024>.
6. Вплив строків сівби на урожайність кукурудзи, структурні показники рослин та її водоспоживання / С. І. Капустін та ін. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: «Сільськогосподарські науки»*. 2009. № 11. С. 22–29.
7. Ефективність застосування макро- і мікродобрив при вирощуванні кукурудзи / В. С. Циков та ін. *Зернові культури*. 2017. Т. 1, № 1. С. 75–79.
8. Заїка С. П. Скоростигла кукурудза (селекція, особливості насінництва та інтенсивної технології). Київ : Урожай, 1987. 200 с.
9. Князюк О. В., Липовий В. Г. Фізіолого-біологічні особливості формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Агробіологія*. 2016. № 1. С. 47–53.
10. Корсун С. Г., Буслаєва Н. Г., Довбаш Н. І. Особливості фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи на зерно в умовах забруднення агроєкотопів свинцем, productivity of corn agrophytocenoses depending on the elements of growing technology in the Northern Forest-Steppe. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2012. Issue 3/4. P. 75–81.
3. Vlashchuk A. M., Konashchuk O. P., Drobit O. S. Dynamics of accumulation of raw and dry aboveground biomass by corn plants in the conditions of irrigation of the Southern Steppe of Ukraine. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2018. No 4 (74). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.04.006>
4. Volodarskij N. I. Biological bases of corn growing. Moscow : Agropromizdat, 1986. 189 p.
5. Influence of nutrition area of sugar sorghum and corn plants on their growth, development and yield of green mass in compatible crops / M. B. Hrabovskiy et al. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2018. No 5 (75). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.024>
6. Influence of sowing dates on corn yield, structural indicators of plants and its water consumption / S. I. Kapustin et al. *Naukovyi visnyk Luhanskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: «Silskohospodarski nauky»*. 2009. No 11. P. 22–29.
7. The effectiveness of macro- and microfertilizers in the growing of corn / V. S. Tsykov et al. *Zernovi kultury*. 2017. Vol. 1, No 1. P. 75–79.
8. Zaika S. P. Precocious corn (selection, features of seed production and intensive technology). Kyiv : Urozhai, 1987. 200 p.
9. Kniaziuk O. V., Lypovyi V. H. Physiological and biological features of the productivity formation of maize hybrids depending on the technological measures of growing. *Arobiolohiia*. 2016. No 1. P. 47–53.
10. Korsun S. H., Buslaieva N. H., Dovbash N. I. Peculiarities of photosynthetic activity of corn crops for grain in conditions of agroecotope contamination by lead, cadmium, zinc. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2016. No 1. P. 32–36.
11. Corn: growing, harvesting, storing and using / D. Shpaar et al. Kiev : Izdatel'skij dom «Zerno», 2012. 464 p.
12. Kushenov B. M. Planting density and

- кадмієм, цинком. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 32–36.
11. Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование / Д. Шпаар и др. Киев : Издательский дом «Зерно», 2012. 464 с.
12. Кушенов Б. М. Густота посева и продуктивность фотосинтеза. *Кукуруза и сорго*. 1995. № 5. С. 8–9.
13. Лавриненко Ю. О., Рубан В. Б. Динаміка листової поверхні рослин кукурудзи та фотосинтетичні показники посіву при краплинному способі поливу в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4. С. 122–128.
14. Лавриненко Ю. О., Гож О. А. Ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи ФАО 180–430 за впливу регуляторів росту і мікродобрив в умовах зрошення на Півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2016. № 65. С. 128–131.
15. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Формування площі листової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 1/2. С. 108–114. <http://dx.doi.org/10.31548/bio2018.01.014>.
16. Мамчур О. В. Роль фізіологічно активних речовин в онтогенезі рослин кукурудзи. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2013. Т. 15, № 3 (3). С. 109–119.
17. Мамчур О. В. Фізіолого-біохімічні особливості формування продуктивності кукурудзи за впливу регуляторів росту рослин. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2013. Т. 15, № 1 (2). С. 152–160.
18. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 11–14.
19. productivity of photosynthesis. *Kukuruza i sorgo*. 1995. No 5. P. 8–9.
20. Lavyrenko Yu. O., Ruban V. B. Dynamics of leaf surface of maize plants and photosynthetic indicators of sowing by drip irrigation in the South of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*. 2014. Issue 4. P. 122–128.
21. Lavyrenko Yu. O., Hozh O. A. Growth and development of FAO 180–430 maize hybrid plants under the influence of growth regulators and microfertilizers under irrigation conditions in the South of Ukraine. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2016. No 65. P. 128–131.
22. Mazur V. A., Shevchenko N. V. Formation of leaf surface area of maize hybrids depending on technological measures of growing. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2018. Vol. 10, No 1/2. P. 108–114. <http://dx.doi.org/10.31548/bio2018.01.014>.
23. Mamchur O. V. The role of physiologically active substances in the ontogenesis of maize plants. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2013. Vol. 15, No 3 (3). P. 109–119.
24. Mamchur O. V. Physiological and biochemical features of the formation of corn productivity under the influence of plant growth regulators. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2013. Vol. 15, No 1 (2). P. 152–160.
25. Masliiov S. V. Influence of plant density on the yield of siliceous corn in the conditions of the eastern part of the Ukraine Steppe. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2016. No 3. P. 11–14.
26. Morphobiological indicators of Cross 221 M hybrid maize crops depending on moisture conditions, mineral nutrition background and plant density / V. H. Piliarskyi et al. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2016. Issue 66. P. 52–56.
27. Nad Ya. Corn. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu., 2012. 580 p.
28. Scientific bases of grain farming / V. F. Saiko et al.; za red. V. F. Saika. Kyiv :

19. Морфобіологічні показники посівів кукурудзи гібриду Крос 221 М залежно від умов зволоження, фону мінерального живлення та густоти стояння рослин / В. Г. Пілярський та ін. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 66. С. 52–56.
20. Надь Я. Кукурудза. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2012. 580 с.
21. Наукові основи ведення зернового господарства / В. Ф. Сайко та ін. ; за ред. В. Ф. Сайка. Київ : Урожай, 1994. 336 с.
22. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур / В. Ф. Камінський та ін. Київ : Видавничий дім «Вінніченко», 2017. 580 с.
23. Ничипорович А. А. Теория фотосинтетической продуктивности растений. *Физиология растений*. 1977. № 8. С. 38–44.
24. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах: методы и задачи учета в связи с формированием урожая. Москва : Изд-во Академии наук СССР, 1961. 135 с.
25. Паников В. Д., Минеєв В. Г. Почва, климат, удобрення и урожай. Москва : Колос, 1977. 416 с.
26. Пашченко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи. Дніпропетровськ : Арт-прес, 2009. 224 с.
27. Семіна С. А., Гаврюшина І.В., Палийчук А. С. Влияние минеральных удобрений и густоты растений на параметры фотосинтеза и продуктивность кукурузы. *Земледелие*. 2017. № 4. С. 15–18.
28. Сендешкий В. М. Особливості фотосинтетичної діяльності гібридів кукурудзи залежно від застосування соломи та сидератів в умовах Лісостепу Західного. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 4 (46). С. 71–76.
29. Томашук О. В., Каменчук Б. Д. Urozhai, 1994. 336 p.
22. Scientific bases of use efficiency of production resources in various models of growing technologies of grain crops / V. F. Kaminskyi et al. Kyiv : Vydavnychiy dim «Vinichenko», 2017. 580 p.
23. Nychiporovich A. A. The theory of photosynthetic productivity of plants. *Fiziologija rastenij*. 1977. No 8. P. 38–44.
24. Nychiporovich A. A. Photosynthetic activity of plants in crops: methods and tasks of accounting in connection with the formation of yields. Moscow : Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1961. 135 p.
25. Pannikov V. D., Mineev V. G. Soil, climate, fertilization and harvest. Moscow : Kolos, 1977. 416 p.
26. Pashchenko Yu. M., Borysov V. M., Shyshkina O. Yu. Adaptive and resource-saving technologies for growing maize hybrids. Dnipropetrovsk : Art-pres, 2009. 224 p.
27. Semina S. A., Gavryushina I. V., Palijchuk A. S. Influence of mineral fertilizers and plant density on the parameters of photosynthesis and corn productivity. *Zemledelie*. 2017. No 4. P. 15–18.
28. Sendetskyi V. M. Features of photosynthetic activity of maize hybrids depending on the use of straw and green manure in the Western Forest-Steppe. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu*. 2017. No 4 (46). P. 71–76.
29. Tomashuk O. V., Kamenshchuk B. D. Photosynthetic productivity of maize crops under the influence of different farming systems in the Right-bank Forest-Steppe. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. 2018. No 100, Vol. 2. P. 91–97.
30. Chekalin N. M., Tishhenko V. N., Batashova M. E. Breeding and genetics of corn. Selection and genetics of individual crops. Poltava : FOP Govorov S. V., 2008. 368 p.
31. Shevchenko L. The effect of the microbial drug polymyxobacterin – a plant growth stimulator on the photosynthetic activity of maize plants. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu : ahronomiia*. 2017. No 21. P. 62–68.
32. Shevchenko L. A., Tokmakova L. M. Formation and productivity of the

Фотосинтетична продуктивність посівів кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 100, т. 2. С. 91–97.

30. Чекалин Н. М., Тищенко В. Н., Баташова М. Е. Селекція и генетика кукурузы. Селекція и генетика отдельных культур. Полтава : ФОП Говоров С. В., 2008. 368 с.

31. Шевченко Л. Дія мікробного препарату поліміксобактерину – стимулятора росту рослин на фотосинтетичну активність рослин кукурудзи. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія*. 2017. № 21. С. 62–68.

32. Шевченко Л. А., Токмакова Л. М. Формування і продуктивність фотосинтетичного апарату рослин кукурудзи за дії поліміксобактерину – стимулятора росту рослин. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2018. Т. 20, № 89. С. 47–51. <https://doi.org/10.32718/nvlvet8908>

photosynthetic apparatus of maize plants under the action of polymyxobacterin – a plant growth stimulator. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinarnoi medytsyny ta biotekhnologii imeni S. Z. Gzhytskoho. Serii: Silskohospodarski nauky*. 2018. Vol. 20, No 89. P. 47–51. <https://doi.org/10.32718/nvlvet8908>.

Отримано 03.08.2020