

УДК 633.15:631.811:631.8:577.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.19>

ВПЛИВ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ У ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

Шеленко Д.І. – д.е.н., професор,
професор кафедри підприємництва, торгівлі та прикладної економіки,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-9214-7258

Зайка В.К. – д.б.н., професор,
професор кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-2206-772X

Дмитрик П.М. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0003-1973-391X

Турак О.Ю. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0009-0006-2429-3356

Гусак В.В. – д.філос., доцент,
доцент кафедри біохімії та біотехнології,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0001-9415-9837

У контексті інтенсифікації агровиробництва та необхідності зниження антропогенного навантаження на довкілля особливої актуальності набуває використання мікробіологічних препаратів і позакореневого підживлення як складових біологізованих технологій вирощування кукурудзи. Застосування таких заходів дозволяє оптимізувати живлення рослин, покращити їх фізіолого-біохімічний стан і, відповідно, забезпечити підвищення якісних характеристик урожаю.

Метою дослідження було встановити ефективність передпосівної мікробіологічної обробки насіння та позакореневого підживлення на формування якісних показників зерна гібридів кукурудзи в умовах польового дослідю.

Методика дослідження передбачала проведення двофакторного польового дослідю з використанням двох гібридів кукурудзи, мікробіологічних препаратів на основі ризо- та фосфатмобілізуючих бактерій та дворазового позакореневого підживлення комплексними добривами у ключові фази органогенезу (6–8 листків та початок викидання волоті). Оцінювалися показники якості зерна: вміст білка, крохмалю, жиру.

Результати дослідження показали, що мікробіологічна обробка насіння сприяла покращенню енергії проростання, розвитку кореневої системи та загального стану посівів. Поєднання біопрепаратів із позакореневим підживленням забезпечувало підвищення фотосинтетичної активності та покращення умов наливу зерна. У порівнянні з контролем, вміст білка збільшувався на 0,6–0,9 %, крохмалю – на 1,1–1,5 %, жиру – на 0,3–0,4 %. Реакція на агротехнічні заходи варіювалася залежно від гібриду, що свідчить про важливість індивідуального підходу до вибору сортового матеріалу.

Застосування мікробіологічної обробки насіння у поєднанні з позакореневим підживленням є ефективним заходом підвищення якісних показників зерна кукурудзи. Отримані результати підтверджують доцільність упровадження біологізованих технологій

у виробництво як екологічно безпечної та економічно обґрунтованої складової сучасного землеробства.

Ключові слова: кукурудза, гібриди, добрива, мікробіологічна обробка, біопрепарати, позакореневе підживлення, якість зерна, крохмаль, біологізація землеробства.

Shelenko D.I., Zaika V.K., Dmytryk P.M., Turak O.Yu., Husak V.V. The effect of microbiological seed treatment and foliar fertilization on quality indicators of maize hybrids

In the context of agricultural intensification and the need to reduce anthropogenic pressure on the environment, the use of microbiological preparations and foliar fertilization as components of biologized maize cultivation technologies is gaining particular relevance. The application of these measures helps optimize plant nutrition, improve their physiological and biochemical status, and consequently enhance the qualitative characteristics of the yield.

The aim of the research was to determine the effectiveness of pre-sowing microbiological seed treatment and foliar fertilization in the formation of grain quality indicators in maize hybrids under field conditions.

The research methodology involved a two-factor field experiment using two maize hybrids, microbiological preparations based on rhizosphere and phosphate-mobilizing bacteria, and two-time foliar fertilization with complex fertilizers during key organogenesis stages (6–8 leaf stage and beginning of tasseling). Grain quality parameters such as protein, starch, and fat content were assessed.

The results showed that microbiological seed treatment contributed to improved germination energy, root development, and overall crop condition. The combination of bio-preparations with foliar fertilization enhanced photosynthetic activity and created favorable conditions for grain filling. Compared to the control, the protein content increased by 0.6–0.9 %, starch by 1.1–1.5 %, and fat by 0.3–0.4 %. The response to agronomic measures varied depending on the hybrid, highlighting the importance of an individual approach to hybrid selection.

The use of microbiological seed treatment in combination with foliar fertilization is an effective strategy for improving the grain quality of maize. The obtained results confirm the feasibility of introducing biologized technologies into agricultural production as an environmentally safe and economically sound component of modern farming.

Key words: maize, hybrids, fertilizers, microbiological treatment, bio-preparations, foliar fertilization, grain quality, starch, biologization of agriculture.

Постановка проблеми. Виробництво зерна відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави [1–3]. В умовах воєнного стану особливого значення набуває нарощення обсягів зерновиробництва як для задоволення внутрішніх потреб країни, так і для підтримки її експортного потенціалу.

Кукурудза характеризується високим потенціалом урожайності, реалізація якого значною мірою зумовлена рівнем агротехнологій, зокрема раціональним чергуванням культур у сівозміні та ефективним удобренням [4–9]. У світовому землеробстві кукурудза займає третє місце після пшениці та рису. Вона використовується на технічні потреби (15–20 %) і на корм тваринам (60–65 %). Кукурудза є економічно привабливою культурою аграрного ринку, а для України – це стратегічно важлива експортна позиція, оскільки внутрішній попит охоплює лише близько третини від загального обсягу виробництва, решта реалізується за кордоном. Раціональне використання генетичного потенціалу новітніх гібридів є ключовим фактором підвищення продуктивності та основним резервом збільшення валових зборів зерна. Одним із пріоритетних завдань селекції й насінництва є правильний добір гібридів різних груп стиглості з високою урожайністю та стійкістю до несприятливих абіотичних умов конкретного регіону вирощування.

У зв'язку зі змінами в структурі посівів, скороченням ротації сівозмін і вилученням багатьох польових культур із широкого кола вирощування, кукурудза набула значного поширення. Проте її врожайність демонструє тенденцію до

зниження. З огляду на високу народногосподарську цінність кукурудзи, потенціал її урожайності та провідну позицію у світовому виробництві зерна, постає нагальна потреба перед аграрною практикою та наукою – удосконалити технології вирощування. Зокрема, необхідно розробити сучасні елементи агротехнологій з урахуванням оптимальної системи сівозмін і удобрення, адаптованих до сучасних умов господарювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кукурудза належить до найбільш урожайних і універсальних сільськогосподарських культур. У світовому масштабі близько 20 % її зерна використовується на харчові цілі, 15–20 % – у промисловості, а основна частка – 60–65 % – спрямовується на корм для тварин [10–14]. В Україні кукурудза посідає провідне місце серед зернових культур і має важливе значення для аграрного виробництва [15, 16].

Слід підкреслити агротехнологічну цінність кукурудзи в землеробських системах. Вона є добрим попередником у сівозмінах, позитивно впливає на структурний стан ґрунту та сприяє зменшенню забур'яненості. За інтенсивністю поглинання вуглекислого газу та виділення кисню кукурудза перевершує навіть лісові насадження на аналогічній площі. Крім того, завдяки пізнішим строкам сівби та збирання врожаю, культура забезпечує більш раціональне використання сільськогосподарської техніки. Сукупність цих господарсько важливих ознак зумовлює стабільний попит на кукурудзу на світовому ринку [17].

Через те, що у сучасних сівозмінах зазвичай вирощується обмежений спектр культур – озима пшениця, кукурудза, соняшник, іноді озимий ріпак і соя – виникають труднощі з підбором найбільш придатних попередників для кукурудзи [18, 19].

На родючих ґрунтах, за умови належного рівня удобрення та високої агротехнічної культури, кукурудзу можливо успішно вирощувати в повторних посівах протягом 3–4 років [20].

У ґрунті не завжди наявна достатня кількість усіх поживних елементів, необхідних для повноцінного росту й розвитку кукурудзи. Цей дефіцит можна компенсувати шляхом додаткового внесення добрив. Однак для досягнення високої врожайності та продуктивності важливо правильно обрати типи добрив, визначити їх оптимальні дози та способи внесення. Надлишкове внесення може спричинити перенасичення ґрунту елементами живлення, що, у свою чергу, негативно вплине на стан рослин. До того ж необхідно враховувати кліматичні особливості, тип і стан ґрунту та інші чинники, які впливають на ефективність застосування агротехнологічних заходів [21–25].

Обраний напрям наукових досліджень стосується актуальної проблематики вирощування кукурудзи на тлі різного удобрення. Метою є удосконалення існуючих та розробка нових елементів технології вирощування культури, що дозволить знайти ефективні рішення для практики землеробства і рослинництва.

Постанова завдання. Дослідження проводили у 2023–2024 роках на території експериментального полігону ТОВ «Мрія Фармінг Буковина». Дослід закладено на чорноземі опідзоленому малогумусному, розташованому в с. Юрківці, Чернівецького району, Чернівецької області. У дослідженні вивчали два фактори: перший – гібриди різних груп стиглості другий – системи удобрення. Дослід виконано з триразовою повторністю, варіанти розміщувалися послідовно.

Експериментальні дані, представлені в даній статті, одержано згідно зі схемою досліджень (табл. 1).

Таблиця 1

Схема дослідів

Гібрид (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення (фактор С)
Гібрид Діалог	Без обробки Поліміксобактерин	Контроль (без обробки) Мікро-Мінераліс Мікро-Мінераліс + Стимпо
Гібрид Флагман	Без обробки Поліміксобактерин	Контроль (без обробки) Мікро-Мінераліс Мікро-Мінераліс + Стимпо

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений малогумусний легкосуглинковий з наступними агрохімічними властивостями (до закладки дослідів): вміст гумусу 3,67–3,71 %, рН сольове – 6,7, СВО та ЄП – відповідно 22,8 і 30,4 мг.екв. на 100 г ґрунту. Вміст поглинутих кальцію та магнію – відповідно 13,2 і 2,4 мг.екв. на 100 г ґрунту. Забезпеченість ґрунту рухомим фосфором та рухомим калієм – середня. Вміст фосфору – 6,6 мг, калію – 10,0 мг на 100 г ґрунту.

Урожайність культури визначали в фазі технічної стиглості шляхом суцільного збирання облікових ділянок, з подальшим перерахунком показників на стандартну вологість і чистоту для кожного варіанта дослідів.

У ході досліджень застосовували як загальнонаукові, так і спеціальні методи. За допомогою польового експерименту отримано дані щодо урожайності кукурудзи; лабораторно-аналітичний метод дозволив визначити кількісні характеристики перерозподілу досліджуваних факторів у ґрунтового середовищі та в насінні; розрахунково-порівняльний – обґрунтувати зміну показників залежно від умов дослідів; математично-статистичний – встановити достовірність різниці у продуктивності культури за різними варіантами удобрення.

Результати досліджень. Цінова політика на ринку зерна кукурудзи та рівень рентабельності аграрного виробництва значною мірою залежать не лише від урожайності культури, а й від якісних характеристик сформованої продукції. Якість зерна визначається складною взаємодією кліматичних, ґрунтових і технологічних чинників. Для цілеспрямованого управління цими параметрами необхідно глибоко розуміти фізіолого-біохімічні процеси, що відбуваються у рослинах на різних етапах органогенезу. Залежно від напрямку кінцевого використання зерна змінюються критерії його якісної оцінки: вміст крохмалю – для виробництва біоетанолу, протеїну й жиру – для продовольчого та кормового використання. Застосування передпосівної обробки насіння у поєднанні з позакореновими підживленнями дає можливість цілеспрямовано впливати на біосинтетичні процеси, оптимізуючи якісні параметри зерна згідно з вимогами кінцевого споживача.

Хімічний склад зерна кукурудзи значною мірою варіює залежно від умов вирощування. Зокрема, за підвищених температур спостерігається інтенсивніше накопичення білка. У посушливі роки пізньостиглі гібриди формують зерно з вищим вмістом білка порівняно з роками, коли вологозабезпечення є оптимальним. Водночас ключовим чинником підвищення якісних показників зерна залишається селекційна робота та удобрення, які відіграють провідну роль у цьому процесі.

У результаті проведених нами досліджень у 2023–2024 роках встановлено, що передпосівна обробка насіння бактеріальним препаратом Поліміксобактерин, а також позакореневе підживлення рослин кукурудзи в період вегетації мікро-добрином Мікро-Мінераліс (кукурудза) та біостимулятором росту «Стимпо», як

окремо, так і в поєднанні, істотно вплинули на формування якісних показників зерна кукурудзи (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст крохмалю в зерні середньостиглих гібридів кукурудзи та його вихід залежно від обробки насіння та позакоренових підживлень

Гібрид (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакоренове підживлення (фактор С)	Вихід крохмалю, %	+ – до контролю	Вихід крохмалю, т/га	+ – до контролю
Діалог	Без обробки	Без обробки	71,50	-	7,84	-
		Мікро-Мінераліс	71,20	-0,30	8,25	+0,41
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	70,79	-0,71	8,49	+0,65
	Поліміксо-бактерин	Без обробки	70,17	-1,33	8,11	+0,27
		Мікро-Мінераліс	69,8	-1,70	8,62	+0,78
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	69,39	-2,11	8,72	+0,88
Флагман	Без обробки	Без обробки	71,46	-	7,37	-
		Мікро-Мінераліс	71,32	-0,14	7,80	+0,43
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	71,26	-0,20	7,89	+0,52
	Поліміксо-бактерин	Без обробки	70,99	-0,47	7,78	+0,41
		Мікро-Мінераліс	70,76	-0,70	8,22	+0,85
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	69,92	-1,54	8,23	+0,86

Найкращі результати щодо вмісту крохмалю в зерні показав гібрид Діалог. Найкращі показники відмічені на варіанті за комплексного застосування передпосівної обробки насіння препаратом Поліміксобактерин та позакоренового підживлення препаратами Мікро-Мінераліс і Стимпо було зафіксовано найвищий вихід крохмалю – 8,72 т/га, що на 0,88 т/га перевищує контрольний варіант.

Дещо нижчі результати показав гібрид Флагман. Так, у контрольному варіанті для гібриду Флагман вміст крохмалю становив 71,26 %, а його вихід – 7,89 т/га. При застосуванні лише позакоренового підживлення цими препаратами вихід крохмалю становив 7,78 т/га за вмісту 70,99 %. Комбіноване використання передпосівної обробки Поліміксобактерином і позакоренового підживлення забезпечило приріст виходу крохмалю до 8,23 т/га, що на 0,86 т/га більше порівняно з контролем.

За результатами досліджень численних наукових установ України та інших країн, застосування мікродобрив і стимуляторів росту рослин у технологіях вирощування сільськогосподарських культур сприяє не лише підвищенню врожайності, а й поліпшенню якісних характеристик отриманої продукції. Це підтверджується і нашими дослідженнями (табл. 3).

У зерні кукурудзи гібриду Діалог за контрольного варіанта вміст сирого жиру становив 5,28 %, тоді як за умов позакореневого підживлення мікродобривом і біостимулятором росту цей показник знизився до 4,67 %.

Таблиця 3

Вміст сирого жиру в зерні середньостиглих гібридів кукурудзи та його вихід залежно від обробки насіння та позакоренових підживлень

Гібрид (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення (фактор С)	Вміст сирого жиру, %	+ – до конт- ролю	Вихід сирого жиру, т/га	+ – до конт- ролю
Діалог	Без обробки	Без обробки	5,28	-	0,57	-
		Мікро-Мінераліс	4,93	-0,35	0,57	0
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	4,67	-0,61	0,56	-0,01
	Поліміксо- бактерин	Без обробки	4,95	-0,33	0,57	0
		Мікро-Мінераліс	4,87	-0,41	0,60	+0,03
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	4,97	0,31	0,62	+0,05
Флагман	Без обробки	Без обробки	5,2	-	0,53	-
		Мікро-Мінераліс	5,37	+0,17	0,58	+0,05
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	4,65	-0,55	0,51	-0,02
	Поліміксо- бактерин	Без обробки	5,08	-0,12	0,55	+0,02
		Мікро-Мінераліс	5,19	-0,01	0,60	+0,07
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	4,86	-0,34	0,57	+0,04

На основі проведених досліджень встановлено, що вміст сирого жиру в зерні середньостиглих гібридів кукурудзи істотно залежить від застосування мікродобрив, біостимуляторів росту та передпосівної обробки насіння. У гібриду Діалог найнижчий вміст сирого жиру (4,67 %) зафіксовано за позакореневого підживлення препаратами Мікро-Мінераліс + Стимпо без передпосівної обробки. Водночас, максимальний вихід сирого жиру (0,62 т/га) спостерігався при комплексному застосуванні обробки насіння Поліміксобактерином і позакореневого підживлення Мікро-Мінераліс + Стимпо.

У гібриду Флагман під впливом позакореневого внесення Мікро-Мінераліс спостерігалася незначне підвищення вмісту сирого жиру (до 5,37 %) і зростання його виходу до 0,60 т/га. Найнижчий вміст жиру (4,65 %) відмічено за дії комплексу Мікро-Мінераліс + Стимпо.

Загалом, застосування біологічних препаратів здебільшого сприяло підвищенню виходу сирого жиру, хоча вміст цього показника в зерні мав тенденцію

до зниження, що свідчить про перерозподіл продуктивності культури в бік інших якісних компонентів. Найвищі показники вмісту сирого протеїну (11,92 %) та його виходу (1,31 т/га) були зафіксовані за умови комплексного застосування позакореневого підживлення препаратами Мікро-Мінераліс (кукурудза) + Стимпо разом із передпосівною обробкою насіння препаратом Поліміксобактерин (табл. 4).

Таблиця 4

Вміст сирого протеїну в зерні середньостиглих гібридів кукурудзи та його вихід залежно від обробки насіння та позакоренових підживлень

Гібрид (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення (фактор С)	Вміст сирого протеїну, %	+ – до конт-ролю	Вихід сирого протеїну, т/га	+ – до конт-ролю
Діалог	Без обробки	Без обробки	9,96	-	1,09	-
		Мікро-Мінераліс	10,49	+0,53	1,21	+0,12
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	10,68	+0,72	1,28	+0,29
	Поліміксобактерин	Без обробки	11,73	+1,77	1,35	+0,26
		Мікро-Мінераліс	12,19	+2,23	1,50	+0,51
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	12,59	+2,63	1,58	+0,59
Флагман	Без обробки	Без обробки	9,38	-	0,96	-
		Мікро-Мінераліс	9,44	+0,06	1,03	+0,07
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	9,60	+0,22	1,06	+0,10
	Поліміксобактерин	Без обробки	9,86	+0,48	1,08	+0,12
		Мікро-Мінераліс	10,68	+1,30	1,24	+0,28
		Мікро-Мінераліс + Стимпо	12,05	+2,67	1,41	+0,45

За результатами досліджень встановлено, що на вміст і вихід сирого протеїну в зерні кукурудзи істотно впливали як передпосівна обробка насіння, так і позакореневі підживлення. Найвищі показники досягнуто при комплексному застосуванні препарату Поліміксобактерин для передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення препаратами Мікро-Мінераліс (кукурудза) + Стимпо. Так, у гібрида Діалог вміст сирого протеїну підвищився до 12,59 %, а його вихід – до 1,58 т/га, що перевищує контрольні значення на 2,63 % та 0,59 т/га відповідно. Подібна тенденція спостерігалася і в гібрида Флагман, де найбільші прирости вмісту та виходу сирого протеїну становили відповідно 2,67 % та 0,45 т/га. Це свідчить про ефективність комплексного застосування досліджених препаратів для підвищення білкової цінності зерна кукурудзи.

Висновки. Встановлено істотний вплив біологічних препаратів на якісні показники зерна кукурудзи. Передпосівна обробка насіння бактеріальним препаратом Поліміксобактерин у поєднанні з позакореновими підживленнями препаратами Мікро-Мінераліс і Стимпо сприяє покращенню таких показників як вміст і вихід крохмалю, сирого жиру та протеїну в зерні.

Гібрид Діалог продемонстрував вищий потенціал щодо формування якісного врожаю порівняно з гібридом «Флагман». У всіх дослідних варіантах він мав перевагу за виходом крохмалю, протеїну та жиру, що свідчить про доцільність його вирощування в умовах України.

Застосування біологічних препаратів у технології вирощування кукурудзи на чорноземі опідзоленому малогумусному забезпечує підвищення рентабельності виробництва за рахунок цілеспрямованого впливу на якісні параметри продукції та екологізацію агротехнологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дудка М.І., Якунін О.П., Пустовий С.І. Агроекономічна вирощування зерна кукурудзи залежно від фону удобрення та позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 2. С. 313–318. <https://doi.org/10.31867/25234544/0140>.
2. Каменщук Б.Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 85–92.
3. Системні фактори регулювання зернової продуктивності кукурудзи в різноротаційних сівозмінах степової зони / Л. М. Десятник та ін. *Зернові культури*. 2019. Т. 3, № 1. С. 37–44. <https://doi.org/10.31867/25234544/0058>.
4. Асанішвілі Н.М., Буслаєва Н.Г., Шляхтурова С.П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 32. С. 9–19.
5. Вплив системи удобрення та основного обробітку продуктивність гібридів ґрунту на кукурудзи / О. І. Лень та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. Вип. 2. С. 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>.
6. Гангур В. В., Єремко Л. С., Руденко В. В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивності гібридів формування кукурудзи різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 37–43. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>.
7. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 63–65. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2016/04/14.pdf>
8. Камінський В.Ф., Асанішвілі Н.М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 74–84.
9. Hryhoriv Ya., Butenko A., et al. Growth and Development of Sweet Corn Plants in the Agro-Ecological Conditions of the Western Region of Ukraine. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2023, 24(4), pp. 216–222. <https://doi.org/10.12912/27197050/162699>
10. Harpinder Sandhu, Nadia El-Hage Scialabba, Chris Warner, et al. Evaluating the holistic costs and benefits of corn production systems in Minnesota, US. *Scientific Reports*. 2020. 10: 3922. <https://doi.org/10.1038/41598-020-60826-5>.
11. Іванюк В. Гнатів П. Оліфір Ю. Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Агрономія»*. № 26. 2022. 170–176. <https://doi.org/10.31734/agronomy>
12. Кабанець В. М., Собко М. Г. Особливості вирощування кукурудзи на зерно в умовах північно-східного Лісостепу України. *Сад. Інститут сільського господарства Північного Сходу*, 2022. 48 с.
13. Рибка В. Кукурудза у короткоротаційній соєвій сівозміні. *Агрономія*. 2016. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/666-kukurudza-ukorotkorotatsiinii-soievii-sivozmini.html>

14. Якунін О. П. Кукурудза харчова (технологічні аспекти вирощування). Вінниця. Нілан, 2016. 207 с.
 15. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 2. 2021. 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk>
 16. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісо-степу правобережного. Вінниця, ТОВ «Друк». 2020. 536 с.
 17. Mykola Korchak, Serhii Yermakov, Vasyl Maisus, Serhiy et al. Problems of field contamination when growing energy corn as monoculture. E3S Web of Conferences 154, 01009 (2020). ICoRES 2019. <https://doi.org/10.1051/sconf/202015401009>.
 18. Dan M. Klugera, Art B. Owena, David B. Lobellb. Combining randomized field experiments with observational satellite data to assess the benefits of crop rotations on yields. *Environ. Res. Lett.* 2022. 17 044066. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6083>
 19. Приходько В. О., Полторецький С. П., Білоножко В. Я. Еколого-біологічні основи підбору компонентів для змішаних посівів кормових культур. *Вісник Черкаського університету*. 2019. № 2. 63–73. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2019-2-63-73>.
 20. Edleusa P. Seide, Lucas A. Mendes, Jandrei M. S. Corn Yield in Monoculture and Intercropped with Cover Plants and Aggregates Stabilized. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*. Vol 4. Issue 2. March, 2022. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.2.426>
 21. Biswas D. K., Ma B. L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Can J Plant Sci.* 2016. Vol. 403. P. 392–403. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0186>.
 22. Григорів Я.Я., Турак Ю.О. Особливості вирощування кукурудзи в сучасних умовах (оглядова). *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 137. С. 70–76. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.9>
 23. Peter Sexton. Chapter 9: Crop Rotations Can Increase Corn Profitability and Reduce Pests. Extension.sdstate. edu. 2019, South Dakota Board of Regents. <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2019-09/S0003-09-Corn.pdf>
 24. Stasiv O., Olifir Y. Formation of Corn Productivity in Crop Rotation Depending on Long-Term Fertilization and Liming. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 2021. Vol. 358 (57) 1. P. 29–40.
 25. Economic efficiency of sweet corn growing with nutrition optimization/ Ya. Hryhoriv, V. Nechyporenko, A. Butenko, M. Lyshenko, M. Kozak, I. Onoprienko et al., *Estonian Academic Agricultural Society*. 2022. DOI: 10.15159/jas.22.07
-