

УДК 633.34:631.5:631.67

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.21>

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ СХЕМ ЗАХИСТУ РОСЛИН

Лікар Я.О. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри ентомології інтегрованого захисту та карантину рослин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Гадзало Я.М. – д.с.-г.н., професор, академік Національної академії аграрних наук,
Президент,

Національна академія аграрних наук України

Вожегова Р.А. – д.с.-г.н., професор, академік Національної академії аграрних наук,
директор,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук

У статті наведено результати вивчення енергетичний аналіз технології вирощування кукурудзи залежно від різних схем захисту рослин. Дослідження за першою схемою проводили протягом 2017–2019 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Фактор А – гібриди кукурудзи різних груп ФАО Скадовський (ФАО 290), Тронка (ФАО 380) селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН. Фактор В – строк сівби: перший (25.04); другий (05.05); третій (15.05). Фактор С – система захисту: контроль (обробка водою); біологічна; хімічна. Дослідження другого досліді проводили у 2017–2019 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Фактор А – гібриди кукурудзи різних груп ФАО: Степовий (ФАО 190), Скадовський (ФАО 290), Інгульський (ФАО 350), Чонгар (ФАО 420), Арабат (ФАО 430) селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН. Фактор В – система захисту: контроль, обробка водою; біологічна; хімічна; інтегрована. У першому досліді з кукурудзою верхнє порогове значення надходження енергії з врожаєм зерна кукурудзи у межах 107,5 ГДж/га отримали на гібриді Тронка за сівби 25 квітня та за хімічного захисту. Приріст енергії був мінімальним 38,8 ГДж/га на гібриді Тронка за сівби у третій строк та без захисту рослин. Коефіцієнт енергетичної ефективності був найбільшим 2,73 на гібриді Тронка за сівби 25 квітня та хімічному захисту. Енергоємність мала найбільший рівень на гібриді Скадовський (ФАО 290) за сівби 15 травня та за біо-захисту та у контрольному варіанті – 3,70–3,74 ГДж/т. У другому польовому досліді з гібридами кукурудзи енергетичними розрахунками визначено тенденція зростання надходження енергії за напрямом від ранньостиглих до пізньостиглих гібридів, а також від контролю до варіантів з хімічним та інтегрованим захистом рослин. Цей показник перевищив 80 ГДж/га на гібриді Арабат (ФАО 430). Витрати енергії були мінімальними – 31,5 ГДж/га у гібриду Степовий (ФАО 190). Коефіцієнт енергетичної ефективності мав найбільше значення – 2,29 на гібриді Арабат (ФАО 430) за інтегрованого захисту. Енергоємність продукції (зерно кукурудзи) мала найвищий рівень на гібриді Степовий (ФАО 180) без захисту рослин, а у гібриду Арабат (ФАО 430) відзначено його суттєве зменшення на 67,3–69,8%.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, енергетичний аналіз, строк сівби, система захисту рослин, урожайність.

Likar Ya.O., Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A. Energy analysis of corn growing technology depending on various plant protection schemes

The article presents the results of the study of the energy analysis of corn growing technology depending on different plant protection schemes. Research according to the first scheme was conducted during 2017–2019 at the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS (now the Institute of Climate-Oriented Agriculture of the NAAS). Factor A – corn

hybrids of different groups of FAO Skadovsky (FAO 290), Tronka (FAO 380) selected by the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS. Factor B – sowing date: first (25.04); second (05.05); third (15.05). Factor C – protection system: control (water treatment); biological; chemical. Research on the second experiment was conducted in 2017–2019 at the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS (now the Institute of Climate-Oriented Agriculture of the NAAS). Factor A – corn hybrids of different FAO groups: Steppe (FAO 190), Skadovsky (FAO 290), Ingulsky (FAO 350), Chongar (FAO 420), Arabat (FAO 430) selected by the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS. Factor B – protection system: control, water treatment; biological; chemical; integrated. In the first experiment with corn, the upper threshold value of energy input with maize grain yield within 107.5 GJ/ha was obtained on the Tronka hybrid when sowing on April 25 and with chemical protection. The energy gain was minimal, 38.8 GJ/ha, on the Tronka hybrid when sowing in the third term and without plant protection. The energy efficiency coefficient was the highest, 2.73, on the Tronka hybrid when sowing on April 25 and with chemical protection. Energy intensity was highest on the Skadovsky hybrid (FAO 290) when sown on May 15 and under bioprotection and in the control variant – 3.70–3.74 GJ/t. In the second field experiment with maize hybrids, energy calculations determined a trend of increasing energy intake from early to late-ripening hybrids, as well as from control to variants with chemical and integrated plant protection. This indicator exceeded 80 GJ/ha on the Arabat hybrid (FAO 430). Energy consumption was minimal – 31.5 GJ/ha on the Stepovy hybrid (FAO 190). The energy efficiency coefficient had the highest value – 2.29 on the Arabat hybrid (FAO 430) under integrated protection. The energy intensity of the product (corn grain) was highest in the Stepovy hybrid (FAO 180) without plant protection, and in the Arabat hybrid (FAO 430) its significant decrease by 67.3–69.8% was noted.

Key words: maize, hybrid, energy analysis, sowing date, plant protection system, yield.

Постановка проблеми. Перехід аграрного виробництва до ринкової економіки і необхідність формування ринку агропродукції потребує визначення напрямку розвитку галузі в нових умовах, організаційно-економічних і технологічних проблем її функціонування, обґрунтування заходів виходу з кризи. Для цього велике значення має об'єктивність оцінки витрат на виробництво продукції. На нашу думку, саме оцінка витрат в енергетичних одиницях надає переваги в умовах нестабільної економіки та інфляції. Навіть використання розрахунків у резервній валюті залежить від політичних факторів. Саме витрати в енергетичних одиницях вільні від упередженості поглядів та диспропорції цін на продукцію промисловості і сільського господарства. Тому, аналіз енергетичних витрат та надходжень від удосконалених технологій вирощування є важливим показником ефективності запроваджених елементів виробництва агропродукції, що і було предметом наведених досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед зернових культур кукурудза найбільш високопродуктивна, яку вирощують для продовольчого, кормового і технічного використання. Зерно кукурудзи стало основною товарною одиницею експортного сегмента зернового ринку України. Кукурудза – культура, що домінує у загальному світовому зерновому виробництві. На загальній площі в 162 млн га виробляється понад 1 млрд тонн зерна кукурудзи при середній врожайності 5,2 т/га. Виробництво зерна цієї культури в світі за останній період зросло до вказаних рекордних показників і основними виробниками є США, Китай, Бразилія, Євро-союз [1].

В Україні кукурудза займає 4,5–5,0 млн га, що становить майже чверть усіх зернових культур. У зв'язку з розширенням посівних площ під кукурудзою, Україна стала важливим експортером зерна кукурудзи, попит на яке невинно зростає. Це вимагає переоцінки всіх елементів технології вирощування кукурудзи, з тим щоб суттєво збільшити обсяги виробництва зерна та прибутки в нашій державі [2, 3].

В теперішніх умовах значної актуальності набуває запровадження екологічно безпечних технологій вирощування зернових культур. Серед складових технологічного регламенту вирощування кукурудзи на зерно за екологічно безпечною технологією важливе значення має застосування біологічних препаратів для стабілізації фізіологічного стану рослин кукурудзи в екстремальних умовах навколишнього середовища, підвищення їх стійкості до ураження патогенними організмами та збільшення їх зернової продуктивності [4].

На сьогодні підвищення врожайності агрокультур потребує збільшення витрат невідновлюваної енергії на одиницю продукції в 10–30 разів, що сприяло переводу сільського господарства на індустріальну основу. Але додаткові енерговитрати не завжди окуповуються приростом енергії. У зв'язку з цим виникла необхідність вивчення і впровадження в агропромисловий комплекс країни енергетичного аналізу [5].

Основним завданням енергетичного аналізу є пошук і планування тих методів виробництва, що забезпечують раціональне використання невідновлюваної енергії. Метою оцінки біоенергетичної ефективності технології є визначення окупності затрат загальної енергії, накопиченої в урожаї культури, а також визначити рівень енергоємності отриманої продукції [6].

Одним із шляхів підвищення ефективності невідновлюваних енергетичних витрат при виробництві продукції рослинництва є оптимізація технологій та збільшення виходу продукції з одиниці площі. Енергетичний аналіз, який є концентрованим вираженням закону збереження та перетворення енергії, дозволяє зробити порівняння енерговитрат і вмісту енергії в одержаному врожаї [7, 8].

Виробництво енергії та її радикальне використання в наш час та найближчі 50–100 років буде розглядатись як одна із головних задач людства. Сільське господарство – єдина галузь матеріального виробництва, яка здатна не тільки використовувати, але і завдяки фотосинтетичній діяльності рослин накопичувати енергію в урожаї. Основна задача енергетичного аналізу – пошук і планування методів агровиробництва, які забезпечують раціональне використання невідновлюваної та відновлюваної енергії, охорону навколишнього середовища [9].

Важливою продовольчою кормовою культурою в Україні є кукурудза. У зв'язку зі зростаючою потребою в зерні кукурудзи для харчування, в якості важливого компонента кормових раціонів сільськогосподарських тварин і птиці, значення цієї культури зростає, особливо в умовах Степу України. Вже відомо, що метою енергетичного аналізу в сільському господарстві є оптимізація енергетичних витрат на основі вивчення руху енергії на «вході» та «виході» технології вирощування агрокультури. Критерієм оцінки ступеня оптимізації є коефіцієнт енергетичної ефективності, який виражається відношенням отриманої енергії з врожаєм, до загальних енергетичних витрат на вирощування даного врожаю. В свою чергу біоенергетичний коефіцієнт розраховується, відношенням енергії отриманої від основної та побічної продукції до затраченої на її вирощування [10, 11].

Все більшого значення набуває енергетична цінність виробництва рослинної сировини та продукції її переробки. Відомо, що сільськогосподарська продукція рослинного походження є сукупним джерелом енергії, одержаної за рахунок процесу фотосинтезу і витрат енергії на її виробництво. Ефект перетворення останнього виду енергії в енергію продукції тваринництва є критерієм оцінки енергозберігаючого балансу. Енергетична ефективність виробництва зерна – одна із найбільш економічно доцільних, оскільки процес його вирощування, зберігання та переробки менш енергоємний в порівнянні, наприклад, із

виробництвом м'яса. На отримання 1 ккал кукурудзяного зерна витрачається біля 0,2–0,3 ккал енергії, а для виробництва цукрового буряку – 0,8 ккал, а м'яса яловичини – 10–15 ккал [12].

Таким чином, питання енергетичного аналізу, при впровадженні у виробництво нових гібридів кукурудзи різних за вегетаційним періодом з метою підвищення їх урожайності та якості зерна, є ще недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень.

Постановка завдання. Мета дослідження – провести енергетичний аналіз розроблених елементів агротехніки вирощування гібридів кукурудзи. Польові досліді закладено згідно методичних рекомендацій з проведення польових дослідів на зрошенні [6, 11, 13, 14].

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження за першою схемою проводили протягом 2017–2019 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН).

Фактор А – гібриди кукурудзи різних груп ФАО Скадовський (ФАО 290), Тронка (ФАО 380) селекції Інституту зрошуваного 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 загальноприйнятою для зрошуваних умов і відповідала вимогам технології виробництва кукурудзи для агроекологічних умов Степової зони України.

Внаслідок високого рівня врожайності зерна гібридів кукурудзи вдалося досягнути максимальних величин показників надходження сукупної енергії, які перевищили за найоптимальнішими варіантами 100 ГДж/га (табл. 1). Найбільшим – 107,5 ГДж/га цей показник був встановлений у варіанті з гібридом Тронка за першого строку сівби (25 квітня) на фоні хімічного захисту рослин від шкідливих організмів. Його зниження на 46,1% (до 73,6 ГДж/га) проявилось у варіанті з гібридом Скадовський (ФАО 290) за сівби у третій строк (15 травня) та без захисту рослин (контроль з обробкою чистою водою).

Витрати сукупної енергії на формування технології вирощування досліджуваної культур на зрошуваних землях також зросли порівняно з іншими культурами сівозміни до 34,8–39,4 ГДж/га, а різниця між цими діаметрально протилежними значеннями склала 13,2%.

Приріст енергії мав широкий діапазон значень та характеризувався сталим зростанням у варіантах з гібридом Тронка з його висіванням 25 квітня за біологічного та хімічного захисту рослин, де він підвищився до 65,2–68,1 ГДж/га. Слід зауважити, що мінімальним, у межах 38,8 ГДж/га, цей енергетичний показник також одержали у варіанті з гібридом Тронка, але за третього строку сівби та без захисту рослин (контроль).

Коефіцієнт енергетичної ефективності в усіх варіантах даного польового досліді перевищував 2,0. При цьому найвищим цей показник – 2,73, виявився у варіанті, де висівали гібрид Тронка у ранній строк (25 квітня) та дотримувались хімічного захисту рослин. Коефіцієнт енергетичної ефективності зменшився на 28,8% (до 2,12) за вирощування гібриду Скадовський (ФАО 290) з його висіванням у третій строк (15 травня) та без захисту рослин від шкідливих організмів.

Енергоємність вирощеної продукції (зерна кукурудзи) сягнула максимального рівня у варіанті з гібридом Скадовський (ФАО 290) за сівби 15 травня на фоні

формування біологічного захисту або без нього – 3,70–3,74 ГДж/т. Найошадливіше використання енергії для виробництва зерна кукурудзи з коефіцієнтом лише 2,77 ГДж/т зафіксовано у варіанті з гібридом Тронка за сівби 25 квітня та дотримання хімічного захисту рослин.

Таблиця 1

Енергетична ефективність вирощування зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби і захисту рослин, (середнє за 2017–2019 рр.)

Гібрид (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Захист рослин (фактор С)	Енергетичні показники				
			надходження енергії, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності	енерго-ємність, ГДж/т
Скадовський	Перший (25.04)	Контроль	87,6	36,3	51,3	2,42	3,24
		Біозахист	98,7	38,2	60,5	2,58	3,03
		Хімзахист	100,7	38,6	62,1	2,61	2,99
	Другий (05.05)	Контроль	86,1	36,1	50,0	2,38	3,28
		Біозахист	91,3	37,4	53,9	2,44	3,20
		Хімзахист	95,6	38,1	57,5	2,51	3,23
	Третій (15.05)	Контроль	73,8	34,8	39,0	2,12	3,70
		Біозахист	81,0	36,3	44,7	2,23	3,74
		Хімзахист	83,1	36,8	46,4	2,26	3,47
Тронка	Перший (25.04)	Контроль	97,0	37,3	59,8	2,60	3,01
		Біозахист	103,9	38,8	65,2	2,68	2,92
		Хімзахист	107,5	39,4	68,1	2,73	2,77
	Другий (05.05)	Контроль	79,4	35,4	44,0	2,24	3,28
		Біозахист	88,4	37,1	51,3	2,38	3,07
		Хімзахист	92,7	37,8	54,9	2,45	2,95
	Третій (15.05)	Контроль	73,6	34,8	38,8	2,12	3,41
		Біозахист	77,9	36,0	41,9	2,17	3,30
		Хімзахист	80,2	36,5	43,8	2,20	3,23

Дослідження другого досліді проводили у 2017–2019 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Фактор А – гібриди кукурудзи різних групи ФАО: Степовий (ФАО 190), Скадовський (ФАО 290), Інгульський (ФАО 350), Чонгар (ФАО 420), Арабат (ФАО 430) селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН. Фактор В – система захисту: контроль, обробка водою; біологічна; хімічна; інтегрована. Технологія вирощування кукурудзи була загальноприйнятою для зрошуваних умов і відповідала вимогам технології виробництва кукурудзи для агроекологічних умов Степової зони України.

В системі захисту використовували пестициди: Іншур® Перформ – перший двокомпонентний фунгіцидний протруйник насіння зернових культур широкого спектру дії, що містить стробілури, з ефективним контролем хвороб і яскраво вираженим фізіологічним ефектом **AgCelence®**. Група ЗЗР – Протруйники. Виробник BASF. Діюча речовина: Піраклостробін, 40 г/л, Тритіконазол, 80 г/л. Препаративна форма – текучий концентрат для обробки насіння (т.н). Хімічна група: стробілури, триазоли. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Інсектицид Канонір Дуо – контактний-системний препарат, який захищає культурні рослини від багатьох видів комах-шкідників. Група ЗЗР – інсектицид. Діюча речовина: Імідаклопрід, 300 г/л, Лямбда-цигалотрин, 100 г/л. Препаративна форма – концентрована суспензія. Хімічна група: неонікотиніди і піретроїди. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – II.

Харнес (ацетохлор, 2,0 л/га) – селективний досходовий ґрунтовий гербіцид для застосування на посівах кукурудзи, засіб боротьби з однорічними злаковими бур'янами. Група ЗЗР – гербіцид. Діюча речовина: ацетохлор 900 г/л. Хімічний група: хлорацетаніліди. Препаративна форма – концентрована емульсія. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Мілагро (нікосульфурон, 1,0 л/га) – гербіцид для кукурудзи. Група ЗЗР – гербіцид. Вміст діючої речовини: 40 г/л Нікосульфурон. Хімічна група: Сульфонілсечовини. Препаративна форма: Концентрат суспензії. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Біологічний інсекто-фунгіцид Гаупсін, 150 мл (Гаупсин) – біологічний інсекто-фунгіцидний препарат для захисту рослин від грибних захворювань і шкідників. Склад: водна суспензія штамів бактерії *Pseudomonas aureofaciens* B-111 (IBM B-7096) і *Pseudomonas aureofaciens* B-306 (IBM B-7097), продукти їх метаболізму, стартові дози макроелементів (N, P, K). Захищає рослини як фунгіцид від корневих та листових хвороб, і як інсектицид від комах-шкідників; стимулює ріст кореневої системи і покращує живлення рослин; збільшує стійкість культур до заморозків і посухи; не викликає резистентності патогенів; збільшує врожайність. Строки обробки: I фаза – обробка насіння, II фаза – кушіння, III фаза – вихід в трубку.

Внаслідок посушливих умов 2019 р. у польовому досліді з гібридами кукурудзи відзначено деяке зниження надходження енергії з врожаєм (табл. 2). Проявилась тенденція зростання даного показника за напрямом від ранньостиглих до пізньостиглих гібридів, а також від контролю до варіантів з хімічним та інтегрованим захистом рослин. Понад 80 ГДж/га надходження енергії відбулося у варіанті з пізньостиглим гібридом та застосуванням хімічного та інтегрованого захисту рослин. Зниження його у понад 2 рази відбулося у контрольному варіанті фактора В на ділянках гібриду Степовий (ФАО 180).

Витрати енергії були мінімальними (31,5 ГДж/га) також одержано у вищезгаданому варіанті. Зростання його на 20,3% (до 37,9 ГДж/га) відбулося у варіанті з гібридом Арабат (ФАО 430) за використання інтегрованого захисту рослин. Це можна пояснити зростанням енерговитрат на збирання додаткового врожаю, а також на додаткові витрати на захист рослин, особливо – на інтегрований.

Дуже високу відмінність проявив показник приросту сукупної енергії. Так, у варіанті з хімічним та інтегрованим захистом та вирощування гібриду Арабат (ФАО 430) він сягнув 45,8–49,1 ГДж/га. Приріст енергії зменшився в 4,3–4,5 рази у варіанті (до 11,0 ГДж/га) у контрольному варіанті гібриду Степовий (ФАО 180).

Таблиця 2

**Енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи
залежно від різних систем захисту рослин, (середнє за 2017–2019 рр.)**

Гібриди (фактор А)	Захист рослин (фактор В)	Енергетичні показники				
		надхо- дження енергії, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності	енерго- ємність, ГДж/т
Степовий (ФАО 180)	Контроль (обробка водою)	42,5	31,5	11,0	1,35	5,79
	Біологічний	50,0	33,0	17,0	1,51	5,17
	Хімічний	48,9	33,1	15,8	1,48	5,30
	Інтегрований	53,8	34,4	19,4	1,56	5,01
Скадовський (ФАО 290)	Контроль (обробка водою)	49,3	32,2	17,1	1,53	5,11
	Біологічний	53,8	33,4	20,4	1,61	4,86
	Хімічний	57,0	34,0	23,0	1,68	4,67
	Інтегрований	60,8	35,2	25,7	1,73	4,52
Інгульський (ФАО 350)	Контроль (обробка водою)	65,6	33,9	31,7	1,93	4,05
	Біологічний	67,9	34,9	32,9	1,94	4,03
	Хімічний	73,5	35,7	37,8	2,06	3,81
	Інтегрований	74,6	36,6	38,0	2,04	3,84
Чонгар (ФАО 420)	Контроль (обробка водою)	70,8	34,5	36,4	2,05	3,81
	Біологічний	73,0	35,5	37,5	2,06	3,80
	Хімічний	74,4	35,8	38,6	2,08	3,77
	Інтегрований	79,2	37,1	42,1	2,13	3,67
Арабат (ФАО 430)	Контроль (обробка водою)	73,6	34,8	38,9	2,12	3,70
	Біологічний	79,4	36,2	43,3	2,20	3,56
	Хімічний	82,5	36,7	45,8	2,25	3,48
	Інтегрований	87,0	37,9	49,1	2,29	3,41

Коефіцієнт енергетичної ефективності проявив чітку тенденцію зростання понад 2,0 починаючи від варіанту з гібридом Скадовський (ФАО 290) за хімічного захисту рослин. Причому найвище значення цього енергетичного показника – 2,29, була за вирощування пізньостиглого гібриду Арабат (ФАО 430) при інтегрованому захисті рослин. Найменший коефіцієнт енергетичної ефективності (1,35) отримали на першій позиції польового досліджу – гібрид Степовий (ФАО 180), контроль (обробка чистою водою). Різниця між максимальним і мінімальними значеннями даного показника склала 69,6%.

Енергоємність вирощеного зерна кукурудзи також коливалась згідно залежностей, що проявили інші вищезгадані показники. Зниження її до 3,41–3,48 ГДж/т проявилось у варіантах з інтегрованим і хімічним захистом на гібриді пізньостиглої

групи Арабат (ФАО 430). Цей показник істотно підвищився на 67,3–69,8% у варіанті, де вирощували гібрид Степовий (ФАО 180) без застосування біологічних або хімічних засобів із захисту рослин.

Висновки і пропозиції. У першому досліді з кукурудзою верхнє порогове значення надходження енергії з врожаєм зерна кукурудзи у межах 107,5 ГДж/га отримали на гібриді Тронка за сівби 25 квітня та за хімічного захисту. Приріст енергії був мінімальним 38,8 ГДж/га на гібриді Тронка за сівби у третій строк та без захисту рослин. Коефіцієнт енергетичної ефективності був найбільшим 2,73 на гібриді Тронка за сівби 25 квітня та хімзахисту. Енергоємність мала найбільший рівень на гібриді Скадовський (ФАО 290) за сівби 15 травня та за біозахисту та у контрольному варіанті – 3,70–3,74 ГДж/т.

У другому польовому досліді з гібридами кукурудзи енергетичними розрахунками визначено тенденція зростання надходження енергії за напрямом від ранньостиглих до пізньостиглих гібридів, а також від контролю до варіантів з хімічним та інтегрованим захистом рослин. Цей показник перевищив 80 ГДж/га на гібриді Арабат (ФАО 430). Витрати енергії були мінімальними – 31,5 ГДж/га у гібриду Степовий (ФАО 190). На гібриді Арабат (ФАО 430) спостерігали істотне зростання до 45,8–49,1 ГДж/га приросту енергії, що було більше в 4,3–4,5 рази порівняно з контрольним варіантом гібриду Степовий (ФАО 180). Коефіцієнт енергетичної ефективності мав найбільше значення – 2,29 на гібриді Арабат (ФАО 430) за інтегрованого захисту. Енергоємність продукції (зерно кукурудзи) мала найвищий рівень на гібриді Степовий (ФАО 180) без захисту рослин, а у гібриду Арабат (ФАО 430) відзначено його суттєве зменшення на 67,3–69,8%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Palamarchuk V.D., Telekalo N.V. The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. 24(№ 5). P. 783–790.
2. 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.
3. Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С. В., Базиленко Є. О., Марченко В. Д., Лавриненко Ю. О. Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах північного степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип.138. С. 115–124. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.14>.
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. Бабич А.О., Колісник С.І., Побережна А.А. Селекція, насінництво і технологія вирощування зернобобових культур для вирішення проблеми білка. *Збірник наукових праць Луганського НАУ*. 2012. № 32. 12–14.
6. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Ю., Бердніков О. М., Глушенко Л. Д., Личук Г. І. та інші. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науковометодичне забезпечення). Київ: Аграрна наука, 2005. 200 с.
7. Мацера О. О. Енергетична ефективність вирощування озимого ріпаку залежно від елементів технології. *Корми і кормовиробництво*. 2019. Вип. 87. С. 87–92.
8. Чорна В. М. Енергетична ефективність технології вирощування сої в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2016. № 96. С. 123–129.

9. Булигін Д. О. Аналіз біоенергетичних показників умов зволоження та густоти стояння новітніх сортів сої. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 85. С. 18–22.
 10. Засуха Т. В., Пономаренко М.М. Біоенергетична оцінка технологій вирощування кормових і зернофуражних культур: метод. рекомендації. К.: «Міжнар. фін. агенція», 1998. 22 с.
 11. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 206 с.
 12. Yanosh Nad. Kukurudza [Maize]. Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu., 2012. 580 s.
 13. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліджу (Зрошуване землеробство): навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
 14. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Монографія. Херсон: Вид. Грінь Д.С., 2014. 286 с.
-