

Bioenergetic assessment of the efficiency of different levels of mineral fertilization in sunflower cultivation technology

V. Hanhur  | O. Kosminskyi

Article info

Correspondence Author

V. Hanhur

E-mail:

volodimirganguur@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody Str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Citation: Hanhur, V., & Kosminskyi, O. (2024). Bioenergetic assessment of the efficiency of different levels of mineral fertilization in sunflower cultivation technology. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 13–18. doi: 10.31210/spi2024.27.01.02

In the article, the results of scientific research on assessing the energetic efficiency of growing sunflower hybrids of different maturity groups at different doses of mineral fertilizers in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine are presented. It is established that the application of different doses of mineral fertilizers changes the structure of total energy costs, in particular, the part of technological costs, fuel, lubricants and pesticides decreases. It was established that the use of mineral fertilizers led to an increase in total energy consumption for the cultivation of the hybrid Oreol by 32.4–65.5 %, hybrid Cadet – by 33.8–65.6 %, hybrid Drive – by 32.1–64.7 %, compared to the variant without fertilizers. It was found that the improvement of mineral nutrition of sunflower plants contributed to both an increase in seed productivity and gross energy per unit area. There was an increase in this parameter compared to the control in the early maturing hybrid Oreol by 3.9–7.9 %, the mid-early maturing hybrid Cadet – by 7.1–8.5 %, and the mid maturing hybrid Drive – by 2.5–6.1 %. A gradual increase in yield and growth of gross energy input in hybrids Oreol (from 71512.2 to 74225.4 MJ/ha) and Drive (from 71512.2 to 74031.6 MJ/ha) was established with the application of mineral fertilizers from the lowest to the maximum rate. The mid-early maturing hybrid Cadet did not show a significant increase in yield and gross energy input as the dose of mineral fertilizers increased (71512.2–70543.2 MJ/ha). It was found that the absence of fertilizers in sunflower cultivation technology and the associated consumption of total energy result in the highest energy efficiency coefficient, which for the early maturing hybrid Oreol was 6.39, the mid-early maturing hybrid Kadet – 6.20, and the mid maturing hybrid Drive – 6.48. The application of mineral fertilizers and an increase in their dose was associated with a decrease in this parameter compared to the control, in the early maturing hybrid Oreol by 21.4–34.6 %, the mid-early maturing hybrid Kadet by 18.9–35.5 %, and the mid maturing hybrid Drive by 22.4–35.6 %. So, taking into account the energy efficiency indexes, the most appropriate is to apply the lowest dose of mineral fertilizers $N_{30}P_{40}$ for the cultivation of sunflower in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Keywords: sunflower (*Helianthus annuus* L.), hybrids, mineral fertilizers, energy costs, energy assessment, yield.

Біоенергетична оцінка ефективності різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування соняшнику

В. В. Гангур | О. О. Космінський

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава,
Україна

У статті наведено результати наукових досліджень з оцінки енергетичної ефективності вирощування гібридів соняшнику на фоні різних доз мінеральних добрив. Встановлено, що використання мінеральних добрив зумовлювало збільшення витрат сукупної енергії за умови вирощування гібрида Oreol на 32,4–65,5 %, Кадет – на 33,8–65,6 %, Драйв – на 32,1–64,7 % порівняно із варіантом без добрив. Виявлено, що покращення мінерального живлення рослин соняшнику сприяло як збільшенню насіннєвої продуктивності культури, так і виходу валової енергії з одиниці площі. Відзначено збільшення цього показника відносно контролю у ранньостиглого гібрида Oreol на 3,9–7,9 %, середньораннього Кадет – на 7,1–8,5 %, середньостиглого Драйв – 2,5–6,1 %. Встановлено поступове збільшення урожайності і зростання приходу валової енергії у гібридів Oreol (від 71512,2 до 74225,4 Мдж/га) та Драйв (від 71512,2 до 74031,6 Мдж/га) у разі внесення мінеральних добрив від найменшої до максимальної норми. У середньораннього гібрида Кадет не спостерігали помітного збільшення урожайності і виходу валової енергії в міру підвищення дози мінеральних добрив (71512,2–70543,2 Мдж/га). З'ясовано, що відсутність добрив у технології вирощування соняшнику та пов'язаних із ними витрат сукупної енергії зумовлює одержання найвищого коефіцієнта енергетичної ефективності, який для ранньостиглого гібрида Oreol становив 6,39, середньораннього Кадет – 6,20, середньостиглого Драйв – 6,48. Внесення мінеральних добрив, збільшення їх дози супроводжувалося зменшенням цього показника порівняно з контролем у ранньостиглого гібрида Oreol на 21,4–34,6 %, середньораннього Кадет – на 18,9–35,5 %, середньостиглого Драйв – на 22,4–35,6 %. Отже, зважаючи на показники енергетичної ефективності найбільш доцільним є внесення мінімальної дози мінеральних добрив $N_{30}P_{40}$ у разі вирощування соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Ключові слова: соняшник (*Helianthus annuus* L.), гібриди, мінеральні добрива, енергетичні витрати, енергетична оцінка, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Гангур В. В., Космінський О. О. Біоенергетична оцінка ефективності різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування соняшнику. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 13–18.

Вступ

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є найбільш поширеною, високопродуктивною та економічно вигідною олійною культурою в аграрному секторі України, на товарну продукцію якої існує стабільний попит як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках [15, 11, 17, 20]. Перманентні зміни клімату, які супроводжуються нерівномірністю розподілу опадів, частими і тривалими посушливими періодами, підвищенням температури повітря впродовж вегетаційного періоду, є передумовою до збереження і надалі наявних розмірів площі посіву соняшнику, зважаючи на те, що ця культура здатна формувати помірний рівень врожайності і у разі недостатньо сприятливих погодних умов [4, 2, 13].

Варто відзначити, що впродовж останніх тридцяти років істотних змін зазнала структура посівних площ, співвідношення основних біологічних груп сільськогосподарських культур в Україні. Спостерігається постійне зростання площі, зайнятої посівами соняшнику [3]. Наприклад, 2023 року в Україні соняшником засіяно 5042 тис. га, що у 3,1 раза більше порівняно з 1990 р., і на 1,1 % перевищує площу, на якій вирощували цю культуру 2022 року. Аналогічну тенденцію щодо стрімкого збільшення посівної площі соняшнику спостерігали і в умовах Полтавської області. 2023 року площа посіву соняшнику становила 435 тис. га, або зросла порівняно з 1995 і 2016 роки, відповідно у 3,9 і 2,8 раза. Також важливо зазначити не лише розширення площі під соняшником, але і збільшення його продуктивності. 1990 року урожайність насіння соняшнику в Україні становила 1,6 т/га, а 2023 року – 2,32 т/га або збільшилася на 45 %. Що стосується Полтавської області, то за вищезазначений період урожайність соняшнику збільшилася на 78,3 %, тобто з 1,57 до 2,80 т/га.

Нині, коли навіть у межах одного календарного року спостерігається значне коливання цін не лише на товарну продукцію соняшнику, але і на матеріально-технічні, енергетичні ресурси, необхідні для його вирощування, водночас із економічною оцінкою набуває актуальності і розрахунок біоенергетичної ефективності технології, який ґрунтується на визначенні співвідношення витраченої сукупної енергії, до енергії акумульованої в урожаї основної і побічної продукції.

За умов високої вартості енергоресурсів необхідно знайти можливі шляхи ресурсозаощадження в технології вирощування соняшнику. Тому всебічно оцінити ефективність сучасних технологій, проаналізувавши витрати енергії на вирощування соняшнику, стає в умовах виробництва реальною необхідністю [19, 16].

Діяльність людини у процесі сільськогосподарського виробництва спрямована на перетворення енергії за рахунок різноманітних технологічних прийомів. Зростання інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, зокрема галузі рослинництва, супроводжується збільшенням витрат сукупної енергії, яка акумульована в матеріально-технічних

ресурсах, на одиницю площі ріллі. Це зумовлює потребу у проведенні аналізу виробництва продукції з погляду його енергоємності за базовими елементами технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема система обробітку ґрунту, удобрення, захисту рослин тощо.

Використання показників для оцінки енергетичної ефективності сівозмін з різним набором культур дозволяє більш об'єктивно враховувати і узагальнено виразити кількісні і якісні параметри окремих ланок і загалом технологій вирощування польових культур, а також виявити резерви суттєвого скорочення як прямих, так і побічних витрат енергії, акумульованих у засобах виробництва [1]. Особлива значущість такого підходу полягає в можливості усунення під час аналізу недоліків ціноутворення і більш ефективно використати антропогенні і природні енергетичні ресурси [10, 6].

На думку низки науковців, проведення біоенергетичного аналізу дає змогу здійснювати розробку технологій у напрямі ресурсозбереження та оцінювати їх ефективність, а також окремих прийомів у землеробстві і рослинництві. Його основна мета – пошук і планування методів виробництва, що забезпечать раціональне використання енергії як із відновлювальних, так і невідновлювальних джерел, а також покращення екологічного стану довкілля [14, 18].

Результати впровадження ресурсозбережувальних технологій свідчать, що їх ефективність залежить від чіткого дотримання послідовності і своєчасного проведення всіх агротехнічних заходів, зокрема оптимальних строків сівби, щільності стеблостою на одиниці площі, науково обґрунтованих норм і способів унесення добрив. Експериментальні дані В. О. Ушкаренка зі співавторами [12], свідчать, що максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування соняшнику в умовах богарного землеробства одержано за умови вирощування культури на фоні $N_{45}P_{90}$ із густотою рослин 40 тис./га – 5,31. У разі культивування соняшнику на зрошенні найвищим цей показник був на варіанті із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{120}$ та щільністю рослин 70 тис./га – 3,39.

Вищенаведений огляд наукових публікацій свідчить про доцільність і важливість енергетичної оцінки як окремих технологічних прийомів, так і цілісних технологій у рослинництві, особливо в умовах нестабільності цін на сільськогосподарську продукцію та засоби виробництва.

Мета дослідження

Мета досліджень – з'ясувати вплив різних рівнів мінерального живлення на коефіцієнт енергетичної ефективності технології вирощування соняшнику.

Завдання дослідження: визначити структуру витрат сукупної енергії залежно від варіанту удобрення; розрахувати коефіцієнт енергетичної ефективності технології вирощування соняшнику залежно від дози мінеральних добрив.

Матеріали і методи

Дослідження із вивчення ефективності різних доз мінерального живлення у технології вирощування соняшнику проводили на Полтавській ДСГДС імені М. І. Вавилова упродовж 2021–2023 рр. згідно зі схемою дослідження передбачали вивчити п'ять варіантів удобрення та три гібриди соняшнику різних груп стиглості (Ореол (ранньостиглий), Кадет (середньоранній), Драйв (середньостиглий) (табл. 1). Повторність експерименту триразова. Розміщення варіантів і повторень рандомізоване. Посівна площа ділянки становила 112 м², а облікова – 56 м². Сівбу гібридів соняшнику проводили в умовах стійкого прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до 7–8 градусів, що за календарними строками має бути в кінці другої декади квітня. Норму висіву розраховували на кінцеву густоту рослин 50 тис. шт./га. Попередником соняшнику у сівозміні була пшениця озима.

Біоенергетичну оцінку провели відповідно до вимог методики О. К. Медведовського, П. І. Іваненка [8]. Сукупні витрати енергії (МДж) на гектар посіву соняшнику визначали за технологічними картами енергетичної оцінки їх вирощування.

Результати та їх обговорення

Розрахунок витрат сукупної енергії за основними елементами технології вирощування соняшнику на фоні без внесення мінеральних добрив свідчить, що у структурі загальних витрат найбільша їх частина йде на технологічні витрати (41,7%), пально-мастильні матеріали (29,9%) та засоби захисту рослин (21,8%) (рис. 1). Решта – це енергетичні витрати пов'язані із придбанням насіння, використанням електроенергії та живої праці (5,7%).

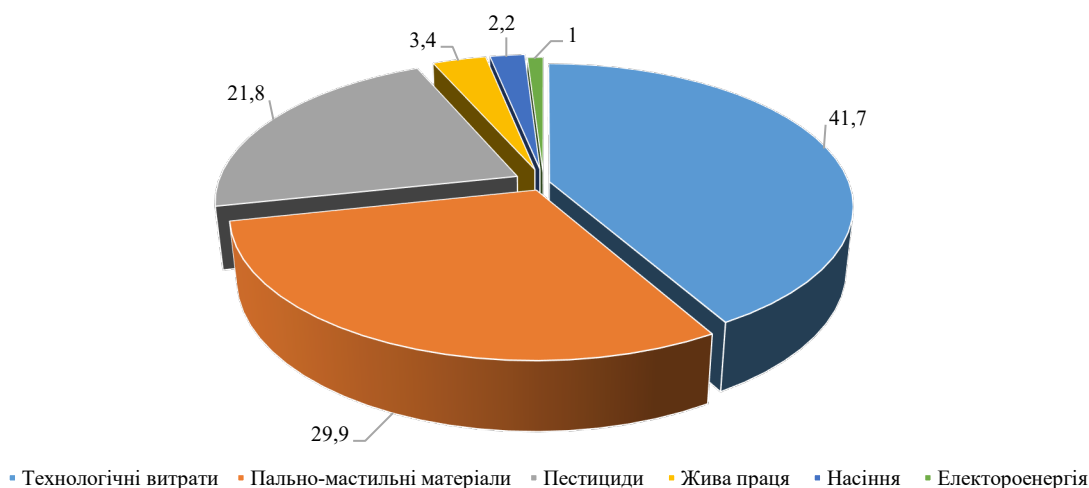


Рис. 1. Структура витрат сукупної енергії за умови вирощування соняшнику на варіанті без добрив, %

Застосування мінеральних добрив у технології вирощування соняшнику призвело до помітної зміни значень частини цих показників у структурі витрат. Доля витрат сукупної енергії на мінеральні

добрива у разі внесення мінімальної їх дози $N_{30}P_{40}$, становила 22,6% (рис. 2), а максимальної $N_{40}P_{60}K_{40}$ – збільшилася на 14,8% (рис. 3).

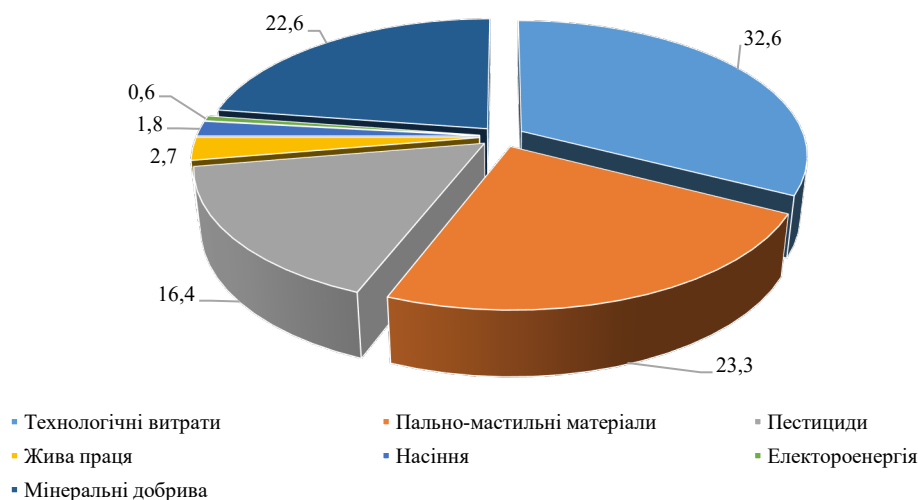


Рис. 2. Структура витрат сукупної енергії за умови внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{40}$, %

Варто зазначити, що використання різних доз мінеральних добрив зумовило зменшення частини

технологічних витрат, пально-мастильних матеріалів, пестицидів у структурі затрат сукупної енергії.

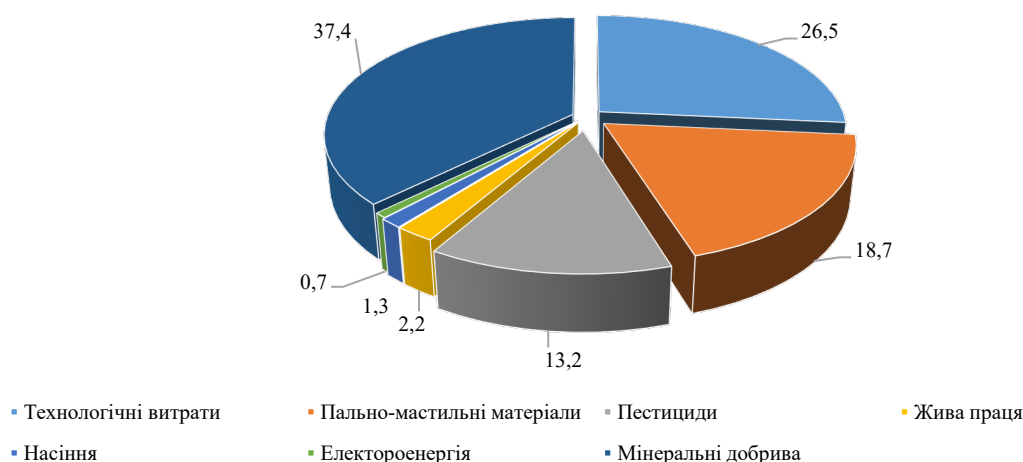


Рис. 3. Структура витрат сукупної енергії за умови внесення мінеральних добрив у дозі N₄₀P₆₀K₄₀, %

Для розрахунку енергетичної ефективності технології вирощування соняшнику використовували значення таких показників, як урожайність, витрати сукупної енергії за технологією вирощування культури, прихід валової енергії з урожаєм, енергоємність одержаної продукції та енергетичний коефіцієнт (табл. 1).

Дослідження розміру витрат сукупної енергії у середньому за 2021–2023 рр. свідчать, що вони значно різнилися залежно від рівня мінерального живлення.

Закономірно, що найнижчим цей показник був на варіанті без добрив. Унесення різних доз мінеральних добрив призвело до збільшення витрат сукупної енергії за умови вирощування гібрида Ореол на 32,4–65,5 %, Кадет – на 33,8–65,6 %, Драйв – на 32,1–64,7 % порівняно із контролем. Зазначимо, що нижче значення цього показника за умови внесення мінімальної дози азотно-фосфорних добрив (N₃₀P₄₀), а верхнє – у разі найбільшої (N₆₀P₉₀).

Таблиця 1

Біоенергетична ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно від дози мінеральних добрив, середнє за 2021–2023 рр.

Доза добрив, кг/га д.р.	Урожайність, т/га	Витрати сукупної енергії, Мдж/га	Прихід валової енергії, Мдж/га	Енергоємність 1 т насіння соняшнику, Мдж/т	Енергетичний коефіцієнт
Ореол					
Без добрив	3,55	10764,4	68799,0	3032,2	6,39
N ₃₀ P ₄₀	3,69	14255,9	71512,2	3863,4	5,02
N ₄₀ P ₆₀	3,77	15506,3	73062,6	4113,1	4,71
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	3,78	16381,8	73256,4	4333,8	4,47
N ₆₀ P ₉₀	3,83	17773,0	74225,4	4640,5	4,18
Кадет					
Без добрив	3,40	10635,6	65892,0	3128,1	6,20
N ₃₀ P ₄₀	3,69	14227,1	71512,2	3855,6	5,03
N ₄₀ P ₆₀	3,67	15410,9	71124,6	4199,2	4,62
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	3,68	16286,3	71318,4	4425,6	4,38
N ₆₀ P ₉₀	3,64	17614,4	70543,2	4839,1	4,00
Драйв					
Без добрив	3,60	10768,9	69768,0	2991,4	6,48
N ₃₀ P ₄₀	3,69	14227,1	71512,2	3855,6	5,03
N ₄₀ P ₆₀	3,74	15457,5	72481,2	4133,0	4,69
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	3,76	16339,6	72868,8	4345,6	4,46
N ₆₀ P ₉₀	3,82	17737,5	74031,6	4643,3	4,17

Проведення обліку врожаю насіння культури та оцінка його енергоємності свідчить, що прихід валової енергії залежав від рівня продуктивності соняшнику та помітно змінювався за варіантами удобрення. Так, на варіанті без внесення мінеральних добрив найбільше акумулювалось валової енергії в

урожаї основної і побічної продукції середньостиглого гібрида соняшнику Драйв. Ранньостиглий гібрид Ореол та середньоранній – Кадет поступалися за цим показником попередньому гібриду, відповідно на 1,4 і 5,6 %. За результатами досліджень виявлено, що внесення мінеральних добрив забезпечило

одночасно як збільшення урожайності насіння соняшнику, так і прихід валової енергії. Порівняно з контролем цей показник підвищився у ранньостиглого гібрида Ореол на 3,9–7,9 %, середньораннього Кадет – на 7,1–8,5 %, середньостиглого Драйв – на 2,5–6,1 %.

Варто зазначити, що за умови вирощування ранньостиглого гібрида Ореол та середньостиглого – Драйв спостерігали поступове збільшення урожайності і зростання приходу валової енергії по мірі підвищення дози мінеральних добрив. Ці показники досягали максимуму за умови внесення найбільшої дози мінеральних добрив ($N_{60}P_{90}$). Однак середньоранній гібрид Кадет практично не реагував на підвищення дози мінеральних добрив як збільшенням урожайності, так і зростанням виходу валової енергії. Різниця між варіантами удобрення за приходом валової енергії становила лише 0,5–1,4 %. Що стосується енергоємності 1 т насіння соняшнику, то розрахунки свідчать про зростання значень цього показника зі збільшенням дози мінеральних добрив.

Підсумовуючим показником енергетичної ефективності технологій вирощування гібридів соняшнику є енергетичний коефіцієнт, який відображає співвідношення енергії, акумульованої в урожаї, та вмісту енергії в агроресурсах, які були використані для забезпечення технологічного процесу із вирощування культури. Результати досліджень свідчать, що коефіцієнт енергетичної ефективності найвищий на варіанті без внесення добрив (6,20–6,48). Спостерігаємо, що внесення мінеральних добрив, збільшення їх дози супроводжувалося зменшенням цього показника порівняно з контролем. Серед варіантів удобрення найвищим є значення коефіцієнта енергетичної ефективності на варіанті із внесенням мінімальної дози мінеральних добрив (5,02–5,03). Стосовно гібридів соняшнику, то найвищим і практично однаковим є значення вищезазначеного показника у ранньостиглого гібрида Ореол та середньостиглого – Драйв. У середньораннього гібрида Кадет коефіцієнт енергетичної ефективності був нижчим порівняно з попередніми гібридами на 0,20–4,31 %.

Отже, на основі енергетичного аналізу встановлено, що в результаті внесення різних доз мінеральних добрив зазнає змін співвідношення частини основних структуроформуючих складових витрат сукупної енергії за технологією вирощування соняшнику. Їх використання забезпечує збільшення приходу валової енергії з одиниці площі посіву, але водночас відзначено зменшення коефіцієнта енергетичної ефективності технології. Виявлено, що біоенергетичний коефіцієнт залежав і від групи стиглості гібридів, який у середньому за варіантами удобрення становив для ранньостиглого гібрида Ореол 4,95, середньораннього Кадет – 4,85, середньостиглого Драйв – 4,97. Залежність коефіцієнту енергетичної ефективності від групи стиглості гібридів спостерігали у дослідях, проведених у ДП ДГ «Корделівське» Інституту картоплярства НААН [9]. Г. В. Пінковський, С. П. Танчик зазначають, що показники економічної та енергетичної ефективності значною мірою залежать від

морфологічних особливостей гібридів соняшнику, щільності стеблостою на одиниці площі, строків сівби та ресурсного забезпечення технології вирощування [10]. Результати досліджень, одержані в умовах Правобережного Лісостепу, також підтверджують, що внесення високих доз мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ і $N_{120}P_{90}K_{90}$ зумовлює зменшення коефіцієнту енергетичної ефективності [5]. В. В. Кириченко зі співавторами [7] відзначають зростання енергоємності виробництва одиниці продукції за всіма показниками у разі збільшення дози добрив, а також зниження енергетичного коефіцієнту від 4,48 на контролі до 2,37 у варіанті із внесенням максимальної норми добрив. На їх думку, найбільш доцільно застосувати добрива дозами $N_{50}P_{30}K_{30}$ у передпосівну культивування та $N_{10}P_{10}K_{10}$ у рядки за умови сівби культури. Така система удобрення сприяла отриманню найвищого приросту валової енергії – 30901,11 МДж/га.

Висновки

На основі одержаного експериментального матеріалу встановлено, що проведення енергетичного аналізу технологій дає можливість зробити порівняння витрат сукупної енергії та її приходу із урожаєм, а також оптимізувати набір та параметри технологічних прийомів для забезпечення збільшення виходу валової енергії з одиниці площі. Виявлено, що внесення мінеральних добрив забезпечувало збільшення урожайності насіння гібридів соняшнику, але одержаний приріст врожаю від їх застосування не повністю окупив енергетичні витрати на придбання та внесення мінеральних добрив. Це супроводжувалося зниженням коефіцієнту енергетичної ефективності. Серед варіантів удобрення найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (5,02–5,03) одержано за умови внесення мінімальної дози мінеральних добрив $N_{30}P_{40}$.

Перспективи подальшої роботи в цьому напрямі. Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні впливу строків сівби, норм висіву насіння на біоенергетичну ефективність технології вирощування соняшнику.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Boiko, P. I., Kovalenko, N. P., Hanhur, V. V., & Koretskyi, O. Ye. (2010). Enerhetychni zasady efektyvnoho vykorystannia resursiv u silskomu hospodarstvi. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 14–18. [In Ukrainian]
2. Hanhur, V., Kosminskyi O., Len, O., & Totskyi, V. (2022). Effect of fertilizer on sunflower productivity and seed quality. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 50–56. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.05>
3. Hanhur, V. V., Kosminskyi, O. O., & Mishchenko, O. V. (2021). Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 116–121. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.13>

4. Hanhur, V., & Kosminskyi, O. (2023). Formation of the photosynthetic-active surface of sunflower hybrid plants depending on fertilizer standards. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 5–9. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.01>
5. Hrabovskyi, M. B., Pavlichenko, K. V., Kozak, L. A., & Kachan, L. M. (2022). Enerhetychna efektyvnist vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy dlia vyrobnytstva biohazu za vykorystannia makro- i mikrodrobryv. *Zernovi Kultury*, 6, 1, 100–107. https://doi.org/10.31867/2_523-4544/0212 [In Ukrainian]
6. Kalinichenko, O. V. (2018). Teoretychna sutnist katehorii «enerhetychna efektyvnist» ta «enerhetychna efektyvnist u roslynnystvi». *Ekonomika APK*, 10, 86–95. [In Ukrainian]
7. Kyrychenko, V. V., Tymchuk, V. M., & Sviatchenko, S. I. (2014). Enerhetychna otsinka vyrobnytstva soniashnyku. *Naukovo-Tekhnichniy Biuleten Instytutu Oliinykh Kultur NAAN*, 21, 154–171. [In Ukrainian]
8. Medvedovskyi, O. K., & Ivanenko, P. I. (1988). *Enerhetychni analiz intensyvykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi*. Kyiv: Urozhai [In Ukrainian]
9. Palamarchuk, V. D., & Kovalenko, O. A. (2019). Bioenergy assessment of the growing technology of maize hybrids depending on the influence factors. *Taurian Scientific Herald*, 107, 137–144. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.18>
10. Pinkovsky, G. V., & Tanchyk, S. P. (2019). Economic and energy efficiency of the improved elements of sunflower cultivation technology in the Right-Bank Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 39–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.04>
11. Totskyi, V., Hanhur, V., Onipko, V., Mishchenko, O., Kosminskyi, O., Poliakov, I., & Motrych, R. (2023). Influence of the fertilizer system on the biometric, productive and quality indicators of sunflower hybrids in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 52–57. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.10>
12. Ushkarenko, V. O., Lazer, P. N., & Kaplin, O. O. (2003). Vplyv poperednykh ta ahrotekhnichnykh pryiomiv vyroshchuvannia na urozhainist skorostylykh hibrydiv soniashnyku pry zroshenni. *Tavriyskyi Naukovyi Visnyk*, 25, 3–8. [In Ukrainian]
13. Shakalii, S. M. (2017). Formuvannia vrozhaivosti ta yakosti nasinnia soniashnyku zalezno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia. *Zernovi Kultury*, 1, 1, 69–74. [In Ukrainian]
14. Shevnikov, M. Ia., & Milenko, O. H. (2015). Bioenerhetychna otsinka vyroshchuvannia soi za riznykh tekhnolohii. *Tavriyskyi Naukovyi Visnyk*, 94, 83–87. [In Ukrainian]
15. Andrusievich, K. V., Nazarenko, M. M., Lykholat, T. Y., & Grigoryuk, I. P. (2018). Effect of traditional agriculture technology on communities of soil invertebrates. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 33–40. https://doi.org/10.15421/2017_184
16. Awoke, T., & Anteneh, T. (2022). Evaluation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Varieties for Growth, Yield and Yield Components under Irrigation at Lowland Area of South Omo Zone, Southern Ethiopia. *Journal of Agriculture and Aquaculture*, 4 (2). Retrieved from: <https://escientificpublishers.com/JAA-04-0044>
17. Kaya, Y. (2020). Sunflower Production in Blacksea Region: The Situation & Problems. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4 (1), 147–155. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2020.238.15>
18. Krestyaninov, Ye., Ermakova, L., & Antal, T. (2020). Economic and energy efficiency of maize cultivation depending on mineral fertilizers and foliar fertilization. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 5 (87). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.006>
19. Li, S., Duan, Y., Guo, T., Zhang, P., He, P., & Majumdar, K. (2018). Sunflower response to potassium fertilization and nutrient requirement estimation. *Journal of Integrative Agriculture*, 17 (12), 2802–2812. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(18\)62074-x](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(18)62074-x)
20. Trotsenko, V., Kabanets, V., Yatsenko, V., & Kolosok, I. (2020). Models of sunflower productivity formation and their efficiency in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 40 (2), 72–78. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.9>

ORCID

V Hanhur  <https://orcid.org/0000-0002-5619-492X>



© 2024 Hanhur V. and Kosminskyi O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.