

УДК 633.15:631.8:631.559:631.811:631.847
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.20>

БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

ІВАЩУК В.П. – аспірант
orcid.org/0009-0001-5890-6230
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливої актуальності набуває питання підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Кукурудза на зерно є однією з провідних культур в Україні, що характеризується високим потенціалом урожайності та значною енергетичною цінністю продукції [1, 14]. Водночас її вирощування супроводжується значними витратами матеріально-технічних ресурсів, що обумовлює необхідність оптимізації технологічних заходів з урахуванням енергетичної доцільності [2].

Сучасні технології передбачають широке застосування мінеральних добрив та стимуляторів росту, які суттєво впливають на формування врожаю. Однак поряд із зростанням урожайності відбувається і збільшення сукупних енерговитрат, що потребує комплексної оцінки співвідношення між вкладеною та отриманою енергією. Як свідчать результати досліджень, підвищення рівня мінерального живлення і використання стимуляторів росту можуть як покращувати енергетичну віддачу, так і збільшувати енергоємність продукції залежно від умов застосування [3].

Недостатня вивченість біоенергетичної ефективності різних поєднань систем удобрення та регуляторів росту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема в зоні Західного Лісостепу України, зумовлює необхідність проведення поглиблених досліджень у цьому напрямі. Встановлення оптимальних варіантів технології, які забезпечують максимальний вихід енергії з урожаєм при мінімальних витратах, є важливим завданням сучасного землеробства [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання енергетичної ефективності в рослинництві широко висвітлюється в працях вітчизняних і зарубіжних учених. Зокрема, Egli D.B., Пиляк В.І. та Нікіпелова О.М. зазначають, що оцінка співвідношення між енергією, акумульованою в урожаї, та сукупними енерговитратами на його формування є об'єктивним критерієм ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур. Автори підкреслюють, що в рослинництві на одиницю витраченої енергії може припадати від 2 до 7 і більше одиниць енергії, накопиченої в продукції [5, 6].

За даними П. І. Іваненка та О. К. Медведовського, енергетичний аналіз агротехнологій дозволяє визначити

не лише їх продуктивність, а й рівень ресурсозбереження, що є особливо актуальним у сучасних умовах зростання вартості енергоносіїв [7]. Вчені наголошують, що ефективність технологій значною мірою залежить від оптимізації витрат енергії на кожному етапі виробництва.

Дослідження С.М. Каленської, Ю.О. Тараріко та інших науковців свідчать, що система удобрення є одним із визначальних факторів формування врожайності та енергетичної ефективності культур. Автори зазначають, що збалансоване мінеральне живлення сприяє підвищенню продуктивності, однак надмірне внесення добрив призводить до зростання енерговитрат і зниження енергетичного коефіцієнта [8, 9].

У роботах сучасних дослідників також підкреслюється значення застосування стимуляторів росту. Зокрема, встановлено, що регулятори росту здатні активувати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, підвищувати ефективність використання поживних речовин та сприяти формуванню більшого врожаю. Разом із тим, як зазначають науковці, їх ефективність значною мірою залежить від рівня мінерального живлення та умов вирощування культури [10].

За результатами досліджень, проведених у різних ґрунтово-кліматичних зонах, встановлено, що біоенергетична оцінка дозволяє комплексно оцінити ефективність технологій вирощування, враховуючи як витрати енергії, так і її накопичення в урожаї. Такий підхід дає можливість визначити найбільш раціональні технологічні рішення з позицій енергозбереження та економічної доцільності [11].

Разом з тим аналіз наукових публікацій свідчить, що питання оптимального поєднання систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Західного Лісостепу України вивчене недостатньо. Це зумовлює необхідність подальших досліджень у даному напрямі [12].

Мета дослідження полягала у визначенні біоенергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно залежно від різних систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту, а також встановленні оптимального поєднання елементів технології, що забезпечує підвищення урожайності, зниження енергетичних витрат і максимальну енергетичну віддачу агроценозу.



Матеріали та методика досліджень. Польові та лабораторні дослідження проводилися впродовж 2023-2025 рр. на полях ТОВ «НВА «Перлина Поділля», яке розташоване у Лісостеповій зоні. Ґрунти дослідного поля – опідзолені чорноземи з високим природним вмістом гумусу та поживних елементів, що забезпечує їхню високу потенційну родючість.

Посівна площа елементарної ділянки складала 50 м², облікової – 48 м². Попередник – соя. Гібриди кукурудзи висівали зерновою сівалкою, шириною міжрядь 70 см, з глибиною загорання насіння 5-6 см. Норма висіву – 70 тис/га схожих насінин.

Енергетична оцінка проведена розрахунковим способом на основі балансу надходження, накопичення та витрат валової енергії з використанням методик О. К. Медведовського і П. І. Іваненка [6].

З метою встановлення енергетичної ефективності технології вирощування кукурудзи на зерно використовували такі показники: урожайність, витрати енергії на вирощування продукції, прихід енергії з урожаєм, приріст енергії, енергетичний коефіцієнт та енергоємність одержаної продукції. Енергоємність урожаю зерна кукурудзи приймали в перерахунку на суху речовину – 17,6 МДж на 1 кг сухої речовини зерна [13].

Для проведення енергетичного аналізу технології вирощування гібридів кукурудзи на зерно по кожному варіанту досліду, було складено технологічну карту із перерахунком виробничих витрат в енергетичні показники, використовуючи енергетичні еквіваленти для кожного виду робіт.

Проведення енергетичної оцінки ефективності вирощування гібридів кукурудзи на зерно дало змогу визначити співвідношення між кількістю енергії акумульованої з урожаєм та кількістю енергії вкладеної у виробництво.

Результати досліджень. За результатами енергетичної оцінки варіантів польового досліду встановлено, що рівень мінерального живлення та застосування стимуляторів росту суттєво впливали на формування як урожайності, так і основних показників біоенергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно. Аналіз даних таблиці свідчить про чітку тенденцію до підвищення всіх енергетичних показників із зростанням рівня інтенсифікації технології.

Найменші показники урожайності в межах 10,12–10,67 т/га, приходу енергії 153176,3–161501,1 МДж/га та енергетичного коефіцієнта 2,64–2,66 зафіксовано у варіантах із базовим фоном живлення: Поліфоска 8:24:24 без або з одноразовим застосуванням стимуляторів росту. Це свідчить про недостатній рівень забезпечення рослин поживними речовинами для реалізації їх потенціалу продуктивності.

Внесення додаткових доз азотного живлення у вигляді КАС 150 кг/га сприяло істотному зростанню врожайності зерна до 11,16–12,10 т/га у гібриду Піонер 8834 та до 11,53–12,41 т/га у гібриду Олтенію. Водночас спостерігалось підвищення приходу енергії до 168917,8–183145,6 МДж/га та збільшення приросту енергії до 106360,8–121658,1 МДж/га. Енергетичний коефіцієнт при цьому зростав до 2,70–2,84, що свідчить про підвищення ефективності використання вкладених ресурсів (табл. 1).

Таблиця 1

Енергетична ефективність технології вирощування зерна гібридів кукурудзи за різних систем мінерального живлення та стимуляторів росту (в середньому за 2023–2025 рр.)

Гібрид	Мінеральне живлення	Стимулятори росту	Урожайність, т/га	Енергетичні показники				
				прихід енергії з урожаєм, МДж/г, Еп	витрати енергії, МДж/га, Ес	приріст енергії, МДж/га	енергетичний коефіцієнт, Ке	енергоємність продукції, МДж/т
Піонер 8834	Поліфоска 8:24:24 (фон)	контроль	10,12	153176,3	57932,31	95243,99	2,64	5724,54
		Sterk BIO	10,51	159079,4	59408,95	99670,45	2,68	5652,61
		AMINO	10,67	161501,1	60803,78	100697,3	2,66	5698,57
	Фон + КАС 150 кг/га	контроль	11,16	168917,8	62557,04	106360,8	2,70	5605,47
		Sterk BIO	11,98	181329,3	65209,28	116120	2,78	5443,18
		AMINO	12,10	183145,6	65332,16	117813,4	2,80	5399,35
	Фон + КАС 300 кг/га	контроль	11,90	188496,0	66536,09	121959,9	2,83	5591,27
		Sterk BIO	12,12	191980,8	67547,96	124432,8	2,84	5573,26
		AMINO	12,32	195148,8	67889,55	127259,3	2,87	5510,52
ОЛТЕНІЮ	Фон – Поліфоска 8:24:24	контроль	10,86	164377,0	59955,43	104421,6	2,74	5520,75
		Sterk BIO	11,46	173458,6	62006,20	111452,4	2,79	5410,66
		AMINO	11,63	176031,7	62265,77	113765,9	2,83	5353,89
	Фон + КАС 150 кг/га	контроль	11,53	174518,1	63568,60	110949,5	2,74	5513,32
		Sterk BIO	12,25	185416,0	65947,45	119468,6	2,81	5383,46
		AMINO	12,41	187837,8	66179,68	121658,1	2,84	5332,77
	Фон + КАС 300 кг/га	контроль	12,63	200059,2	68531,88	131527,3	2,91	5426,11
		Sterk BIO	12,83	203227,2	69489,07	133738,1	2,92	5416,14
		AMINO	12,98	205603,2	69693,96	135909,2	2,95	5369,33

Найвищі показники енергетичної ефективності отримано за внесення КАС у нормі 300 кг/га у поєднанні із застосуванням стимуляторів росту. Зокрема, у гібриду Олтеню за використання стимулятора AMINO зафіксовано максимальну урожайність – 12,98 т/га, прихід енергії – 205603,2 МДж/га, приріст енергії – 135909,2 МДж/га та енергетичний коефіцієнт – 2,95. Аналогічна тенденція спостерігалася і у гібриду Піонер 8834, де максимальні значення становили відповідно 12,32 т/га, 195148,8 МДж/га та 2,87.

Витрати енергії на вирощування культури зростали від 57932,31 до 69693,96 МДж/га залежно від варіанту дослідження. Це пояснюється збільшенням енерговитрат на внесення добрив, застосування стимуляторів росту, а також на збирання, транспортування та доробку більшого обсягу врожаю. Однак зростання витрат енергії було компенсоване більш інтенсивним накопиченням енергії в урожаю, що забезпечило підвищення загальної ефективності технології.

Показник енергоємності продукції мав тенденцію до зниження із підвищенням рівня інтенсифікації технології – з 5724,54 до 5369,33 МДж/т. Це свідчить про більш ефективне використання енергетичних ресурсів на формування одиниці продукції. Найгірші показники енергоємності до 5724,54 МДж/т спостерігалися у варіантах без застосування стимуляторів росту, що підтверджує їх важливу роль у підвищенні ефективності агротехнологій.

При проведенні розрахунків було доведено, що енерговитратні коливання напряму залежать від статей витрат сукупної енергії.

Структура енерговитрат при вирощуванні зерна кукурудзи гібриду Олтеню показала, що максимальні витрати енергії, припадають на основні засоби виробництва (машини, обладнання) – 62 %.

Наступні показники витрат енергії становлять: 23% – енерговитрати уречевлені у насінні, мінеральних та органічних добривах, засобах захисту, стимуляторах росту рослин, 12% – енерговитрати, уречевлені у паливно-мастильних матеріалах, електроенергії, 2% – енерговитрати живої праці та 1% – непрямі енергетичні витрати (сукупність витрат енергії управлінського та обслуговуючого персоналу, засобів на забезпечення діяльності вказаної категорії працівників, на обслуговування виробничої та соціальної інфраструктури) (рис. 1).

Висновки. Наведені результати досліджень дають можливість стверджувати, що показники енергетичної ефективності вирощування гібридів кукурудзи знаходяться в прямій залежності від рівня її урожайності. Слід відмітити, що із зростанням витрат сукупної енергії на вирощування зерна кукурудзи, зростає показник енергії, отриманої із урожаєм, оскільки застосування стимуляторів росту зумовило досить суттєве зростання рівня урожаю та накопичення в ньому енергії.

Таким чином можна стверджувати, що науково-обґрунтована система удобрення, та застосування

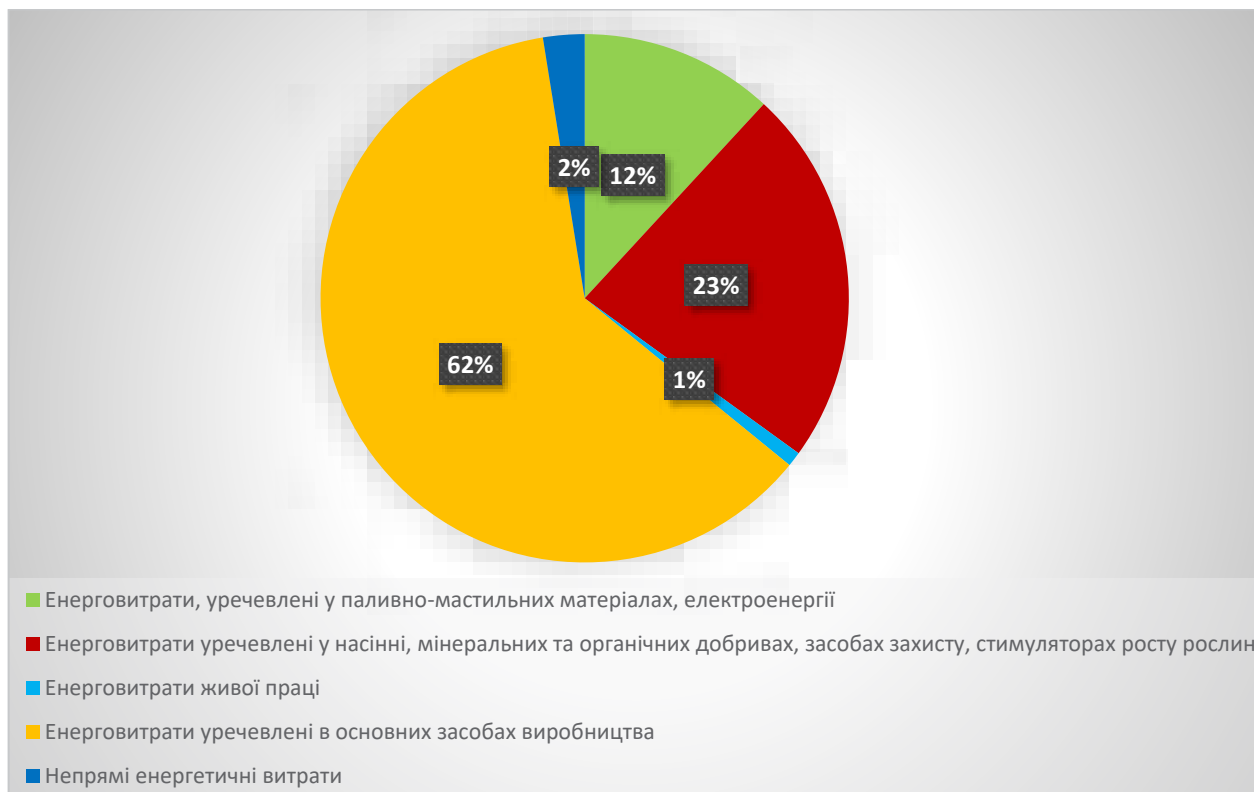


Рис. 1. Показники питомої ваги енерговитрат технологічного процесу при вирощуванні зерна гібридів кукурудзи за різних систем мінерального живлення та стимуляторів росту (в середньому за 2023–2025 рр.)

стимуляторів росту для обробки посіву, обумовлюють позитивний вплив на формування ключових показників енергетичної ефективності виробництва зерна гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу України, що дає змогу отримувати енергоємність врожаю на рівні 5369 МДж/т та коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,95, залежно від гібриду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Тонха О.Л., Ткаченко М.А. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення сірого лісового ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2024. Том 102 № 5. С. 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01>.
- Піляк В.І., Нікіпелова О.М. Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно з використанням нових біодобрив на основі осадів стічних вод. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 56–61. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.8>.
- Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.
- Шкатула Ю.М., Забарна Т.А., Остапчук Р.В. Сучасний стан виробництва кукурудзи в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Ч. 2 Вип. 139. С. 182–189. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.22>.
- Калініченко О.В. Теоретичні засади визначення сутності категорій «енергетичний ефект» та «енергетичний ефект в рослинництві». *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2019. № 1 (69). С. 40–47. [https://doi.org/10.33987/vsed.1\(69\).2019.40-47](https://doi.org/10.33987/vsed.1(69).2019.40-47).
- Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Свистунов Ю.В., Антал Т.В. Енергетична ефективність застосування різних норм мінеральних добрив та регуляторів росту рослин за вирощування кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 65–74. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-65-74>.
- Сидякіна О.В., Іванів О.О. Сучасний стан і перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 130. С. 225–234. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.33>.
- Тараріко Ю.О., Несмашна О.Ю., Бердніков О.М., Глущенко Л.Д., Личук Г.І. та ін. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення). Київ : Аграрна наука, 2005. 200 с.
- Ozkan B., Akcaoz H., Fert C. Energy input-output an alysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*. 2004. No. 29. Pp. 39–51. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00135-6).
- Rathke G.W., Diepenbrock W. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy*. 2006. No. 24. Pp. 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.04.003>.
- Canakci M., Topakci M., Akinci I., Ozmerzi A. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. *Energy Conversion and Management*. 2005. No. 4. Vol. 46. Pp. 655–666. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.04.008>
- Egli D.B. Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m -2 in maize. *European Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 136. 126486. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126486>.
- Каленська С., Каштанова О., Каленський В., Говенко Р., Антал Т. Економічна та енергетична ефективність технологій вирощування гібридів кукурудзи залежно від виду та способів внесення добрив. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2022. Т. 13 № 1. С. 7-16. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.7-16](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.7-16).
- Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions / B. Zhoua et al. *The Crop Journal*. 2019. Vol. 7. Issue 4. P. 527–538. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.12.05>.

REFERENCES:

- Bulyhin, S. Yu., Vitvitskiy, S. V., Tonkha, O. L., Tkachenko, M. A. (2024). Enerhetychna efektyvnist vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur za riznykh system udobrennia siroho lisovoho gruntu [Energy efficiency of growing agricultural crops under different fertilization systems of gray forest soil], *Visnyk ahrarnoi nauky*, Vol. 102, No. 5, pp. 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01> [in Ukrainian].
- Pyliak, V., I., Nikipelova, O., M. (2021). Bioenerhetychna efektyvnist vyroshchuvannya kukurudzy na zerno z vykorystanniam novykh biodobryv na osnovi osadiv stichnykh vod [Bioenergetic efficiency of growing corn for grain using new biofertilizers based on sewage sludge]. *Tavriiskiy naukovyi visnyk*, No. 119, pp. 56–61. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.8> [in Ukrainian]
- Medvedovskyi, O. K., Ivanenko, P. I. (1988). Enerhetychnyi analiz intensyvnykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production], *Urozhai*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
- Shkatula, Yu. M., Zabarna, T. A., Ostapchuk, R. V. (2024). Suchasnyi stan vyrobnytstva kukurudzy v Ukraini [Current state of corn production in Ukraine], *Tavriiskiy naukovyi visnyk*, Part 2, Issue 139, pp. 182–189. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.22> [in Ukrainian]
- Kalinichenko, O. V. (2019). Teoretychni zasady vyznachennia sutnosti katehorii «enerhetychnyi efekt» ta «enerhetychnyi efekt v roslynnytstvi» [Theoretical foundations of defining the essence of the categories “energy effect” and “energy effect in crop production”], *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen*, No. 1 (69), pp. 40–47. [https://doi.org/10.33987/vsed.1\(69\).2019.40-47](https://doi.org/10.33987/vsed.1(69).2019.40-47) [in Ukrainian].
- Kalenska, S. M., Yermakova, L. M., Svystunov, Yu. V., Antal, T. V. (2025). Enerhetychna efektyvnist zastosuvannya riznykh norm mineralnykh dobrovyv ta rehuliatoriv rostu roslyn za vyroshchuvannya kukurudzy v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Energy efficiency of application of different rates of mineral fertilizers and plant growth regulators in maize cultivation under conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine], *Ahrobiolohiia*, No. 1, pp. 65–74. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-65-74> [in Ukrainian]
- Sydiakina O.V., Ivaniv O.O. (2023). Suchasnyi stan i perspektyvy vyrobnytstva zerna kukurudzy [Current state and prospects of maize grain production], *Tavriiskiy naukovyi visnyk*, Issue 130, pp. 225–234. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.33> [in Ukrainian].

8. Tarariko, Yu. O., Nesmashna, O. Yu., Berdnikov, O. M., Hlushchenko, L. D., Lychuk H.I. et al. (2005). Bioenerhetychna otsinka silskohospodarskoho vyrobnytstva (naukovo-metodychne zabezpechennia) [Bioenergetic assessment of agricultural production (scientific and methodological support)], *Ahrarna nauka*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian].
9. Ozkan, B., Akcaoz, H., Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture, *Renewable Energy*, No. 29, pp. 39–51. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00135-6)
10. Rathke, G.-W., Diepenbrock, W. (2006). Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop, *European Journal of Agronomy*, No. 24, pp. 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.04.003>
11. Canakci M., Topakci M., Akinci I., Ozmerzi A. (2005). Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey, *Energy Conversion and Management*, Vol. 46, No. 4, pp. 655–666. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.04.008>
12. Egli, D. B. (2022). Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m² in maize, *European Journal of Agronomy*, Vol. 136, 126486. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126486>
13. Kalenska, S., Kashtanova, O., Kalenskyi, V., Hovenko, R., Antal, T. (2022). Ekonomichna ta enerhetychna efektyvnist tekhnologii vyroshchuvannia hibrivid kukurudzy zalezno vid vydu ta sposobiv vnesennia dobryv [Economic and energy efficiency of technologies for growing maize hybrids depending on the type and methods of fertilizer application], *Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo*, Vol. 13, No. 1, pp. 7–16. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.7-16](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.7-16) [in Ukrainian].
14. Zhou, B., Sun, X., Wang, D., Ding, Z., Li, C., Ma, W., Zhao, M. (2019). Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions, *The Crop Journal*, Vol. 7, Issue 4, pp. 527–538. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.12.05>

Іващук В.П. Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту

У статті наведено результати дослідження біоенергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно залежно від систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту в умовах Західного Лісостепу України. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур та оптимізації співвідношення між витраченою та акумульованою енергією в урожаї.

Метою дослідження було встановлення впливу різних систем мінерального живлення (Поліфоска 8:24:24, КАС 150 і 300 кг/га) та стимуляторів росту (Sterk BIO, AMINO) на формування урожайності, енергетичних показників та визначення найбільш ефективного варіанту технології вирощування гібридів кукурудзи.

Методи досліджень включали польові досліді (2023–2025 рр.) на чорноземах опідзолених із застосуванням розрахункового методу біоенергетичної оцінки.

Результати досліджень показали, що підвищення рівня мінерального живлення та застосування стимуляторів росту забезпечує зростання врожайності на 1,5–2,5 т/га порівняно з контролем. Найвищий показник урожайності 12,98 т/га, приходу енергії 205603,2 МДж/га, приросту енергії 135909,2 МДж/га та енергетичного коефіцієнта 2,95 отримано у гібриду Олтенію за внесення Поліфоска 8:24:24 + КАС 300 кг/га та дворазової обробки стимулятором AMINO. У гібриду Піонер 8834 максимальні показники становили відповідно 12,32 т/га, 195148,8 МДж/га та енергетичний коефіцієнт 2,87. Найнижчі значення урожайності зерна кукурудзи – 10,12 т/га, коефіцієнт 2,64 зафіксовано на варіантах без застосування стимуляторів росту.

Структура енерговитрат показала, що найбільша частка припадає на основні засоби виробництва – 62 %, тоді як на матеріальні ресурси (насіння, добрива, ЗЗР) – 23 %, паливно-енергетичні ресурси – 12 %, жива праця – 2 %, інші витрати – 1 %.

Висновки. Узагальнення результатів свідчить, що зростання витрат енергії супроводжується більш інтенсивним її накопиченням в урожаї, що забезпечує підвищення енергетичної ефективності. Найбільш ефективним є застосування комплексного мінерального живлення у поєднанні зі стимуляторами росту, що дозволяє досягти енергоємності продукції на рівні 5369 МДж/т та енергетичного коефіцієнта до 2,95. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технологій вирощування кукурудзи та підвищення їх енергетичної та економічної ефективності.

Ключові слова: біоенергетична ефективність, мінеральне удобрення, стимулятори росту, урожайність, енерговитрати, енерговіддача, енергетичний коефіцієнт, енергоємність продукції, технологія вирощування.

Ivashchuk V.P. Bioenergetic efficiency of maize grain cultivation depending on mineral fertilization systems and the use of growth stimulants

The article presents the results of a study on the bioenergetic efficiency of maize grain cultivation depending on mineral fertilization systems and the use of growth stimulants under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the study is обусловлена необхідністю підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур та оптимізації співвідношення між витраченою та акумульованою енергією в урожаї.

The aim of the research was to determine the influence of different mineral nutrition systems (Polifoska 8:24:24, UAN 150 and 300 kg/ha) and growth stimulants (Sterk BIO, AMINO) on yield formation, energy indicators, and to identify the most effective technological option for maize hybrid cultivation.

The research methods included field experiments conducted in 2023–2025 on podzolized chernozem soils using a calculated method of bioenergetic evaluation.

The results showed that increasing the level of mineral nutrition and the use of growth stimulants ensured an increase in yield by 1.5–2.5 t/ha compared to the control. The highest yield (12.98 t/ha), energy output (205,603.2 MJ/ha), energy gain (135,909.2 MJ/ha), and energy efficiency coefficient (2.95) were obtained for the Oltenio hybrid with the application of Polifoska 8:24:24 + UAN 300 kg/ha and double treatment with the AMINO growth stimulant. For the Pioneer 8834 hybrid, the maximum values

were 12.32 t/ha, 195,148.8 MJ/ha, and an energy efficiency coefficient of 2.87. The lowest values (yield 10.12 t/ha, coefficient 2.64) were recorded in variants without the use of growth stimulants.

The structure of energy costs showed that the largest share is attributed to fixed assets (62%), while material resources (seeds, fertilizers, plant protection products) account for 23%, fuel and energy resources – 12%, labor – 2%, and other costs – 1%.

Conclusions. The generalization of the results indicates that an increase in energy inputs is accompanied by a more intensive accumulation of energy in the yield,

which ensures an increase in energy efficiency. The most effective is the application of комплексного мінерального живлення у поєднанні зі стимуляторами росту, що дозволяє досягти енергоємності продукції на рівні 5369 МДж/т та енергетичного коефіцієнта до 2.95. The obtained results can be used to optimize maize cultivation technologies and improve their energy and economic efficiency.

Key words: bioenergetic efficiency, mineral fertilization, growth stimulants, yield, energy input, energy output, energy efficiency coefficient, energy intensity of production, cultivation technology.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026