

## ЗЕМЛЕРОБСТВО

УДК 631.431:631.582.4:631.1:582:582.4

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-186>

**С.І. Кудря**, д-р с.-г. наук, професор

**Н.А. Кудря**, канд. с.-г наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

### ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН З БОБОВИМ КОМПОНЕНТОМ

**Постановка проблеми.** Функціонування будь-якої екосистеми ґрунтується на використанні енергії. Аналіз природних процесів з енергетичної точки зору дає змогу узагальнено пояснити їх перебіг. Відтак, системно-енергетичний підхід можна розглядати як метод дослідження складних систем через оцінку їх енергетичного стану. **Мета.** Оцінити енергетичну доцільність розвитку органічних агроекосистем різної спеціалізації стосовно потенціалу біопродуктивності чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України. **Методи.** Для реалізації мети застосовували загальнонаукові та спеціальні методи, характерні для аграрних досліджень. Об'єктом дослідження виступали сівозміни. Технологічні підходи мали екологічну спрямованість, що передбачало повну відмову від синтетичних компонентів. **Результати.** Наведено аналіз енергетичної ефективності польових сівозмін короткої ротачії, за результатами досліджень їх продуктивності в умовах Лісостепу Лівобережного. Розрахунки енергетичної ефективності сівозмін з буряками цукровими показали, що бобові культури, які використовували як попередники пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах при органічній системі удобрення, забезпечують коефіцієнт енергетичної ефективності в межах від 1,23 у разі використання сочевиці до 1,38 для сівозмін з горохом та соєю. У сівозмінах із чиною та вико-вівсяною сумішкою значення цього коефіцієнта становило 1,31. Низькі показники співвідношення між енергоємністю врожаю та витратами енергії спостерігали у сівозміні з кукурудзою на силос — 1,01, що свідчить про меншу ефективність використання енергетичних ресурсів у цьому випадку. Енергетична ефективність сівозмін, в яких на третій рік ротачії висівали гречку, була нижчою на 15–34 %, в них енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва в середньому по сівозмінах знизилися, проте при цьому ще більш інтенсивно зменшувалася енергоємність врожаю — на 24–38 %, на показник якої впливала продуктивність гречки. Як наслідок, майже всі сівозміни з гречкою демонстрували зниження коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,06–0,25 одиниць. **Висновки.** Найвищу енергетичну ефективність забезпечили сівозміни, де в якості попередників пшениці озимої були використані горох, соя та квасоля. Це підтверджується як високими показниками енергоємності врожаю, так і значеннями коефіцієнта енергетичної ефективності.

**Ключові слова:** дослід, енергія, ефективність, продуктивність, сівозміна.

**Вступ.** Функціонування будь-якої екосистеми ґрунтується на використанні енергії. Аналіз природних процесів з енергетичної точки зору дає змогу узагальнено пояснити їх перебіг. Енергія є універсальною

мірою руху та взаємодії форм матерії, поєднуючи наші знання про різні природні явища в цілісну систему. Відтак, системно-енергетичний підхід можна розглядати як метод дослідження складних систем через оцінку їх енергетичного стану.

Головним завданням сільськогосподарського виробництва є результативне перетворення сонячної енергії на хімічну енергію, що накопичується в органічній речовині. Усі процеси перетворення мінеральних і органічних сполук, біохімічні та фізіологічні зміни, діяльність ґрунтової мікрофлори й функціонування екосистем загалом відбуваються з витратами енергії [1, 2].

Функціонування будь-якої екосистеми ґрунтується на використанні енергії. Аналіз природних процесів з енергетичної точки зору дає змогу узагальнено пояснити їх перебіг. Відтак, системно-енергетичний підхід можна розглядати як метод дослідження складних систем через оцінку їх енергетичного стану.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасному землеробстві для оцінки технологій вирощування польових культур широко застосовується показник енергетичної ефективності – коефіцієнт енергетичної ефективності (К<sub>е</sub>), який визначається як співвідношення між загальними витратами енергії та енергетичним виходом урожаю. Варто зазначити, що основи такого підходу були закладені ще в другій половині XIX ст. С. А. Подолінським. Нині енергетичний аналіз є загальноприйнятим методом, що відображає рівень енергетичної віддачі у формі рослинницької продукції на одиницю витрачених промислових енергоресурсів [3–9].

Як зазначають О. К. Медведовський, П. І. Іваненко, М. М. Севернев, В. А. Токарев та ін. дослідники, енергетична оцінка передбачає визначення ефективності технології за співвідношенням енергії, що надходить з урожаєм, до обсягів використаної непоновлюваної енергії [10]. Водночас енергетичний аналіз дає змогу встановлювати екологічно обґрунтовані межі енергонасичення на одиницю площі.

У 2001 році Ю. О. Тараріко, О. Є. Несмашна та Л. Д. Глушенко [11] узагальнили та вдосконалили наявні методики, на основі яких було розроблено методичні рекомендації з аналізу й оцінки різних агротехнологій, систем землеробства та загалом аграрного виробництва з позиції їх енергетичної ефективності. Це дало змогу визначати енерговитрати на одиницю продукції, а також враховувати зміни еколого-енергетичних характеристик у структурі енергобалансу агроекосистеми.

У науковій літературі все більше зустрічаються матеріали з енергетичної оцінки. Але частіше оцінюється ефективність вирощування окремо взятої сільськогосподарської культури [12–15], і

рідше ланки сівозміни чи сівозміни взагалі [16, 17]. У цій статті проведено аналіз енергетичної ефективності 16-ти короткоротаційних сівозмін з бобовим компонентом за органічної системи землеробства.

Мета роботи – оцінити енергетичну доцільність розвитку органічних агроєкосистем різної спеціалізації стосовно потенціалу біопродуктивності чорнозему типового Лісостепу Лівобережного.

**Методика досліджень.** Дослідження виконували в стаціонарному польовому досліді кафедри землеробства та гербології ім. О. М. Можейка на базі Навчально-науково-виробничого центру «Дослідне поле Докучаєвське». Експериментальна ділянка розташована на землях державного підприємства науково-дослідного господарства «Докучаєвське», поблизу селища Велика Рогань Харківського району Харківської області. Період проведення досліджень охоплював 1996–2019 рр.

У ході дослідницької роботи для реалізації поставленої мети застосовували як загальнонаукові, так і спеціальні методи, характерні для аграрних досліджень:

- експериментальний метод – вивчення різних типів сівозмін;
- аналітичний метод – дослідження об'єкта та його окремих складових;
- синтетичний метод – формування узагальнень і наукових висновків;
- розрахунково-порівняльний метод – забезпечення об'єктивної оцінки експериментальних результатів, зокрема продуктивності й енергетичної ефективності сівозмін короткої ротації.

Енергетичну оцінку вирощування окремих культур і застосування різних сівозмін здійснювали за показниками енергоємності продукції, приросту валової енергії та коефіцієнта енергетичної ефективності (К<sub>еє</sub>), використовуючи нормативи витрат валової енергії [18, 19]. Розрахунки енергетичних витрат на виробництво сільськогосподарської продукції виконували з урахуванням загальноприйнятих енергетичних еквівалентів.

Отже, головним об'єктом дослідження виступали сівозміни. Технологічні підходи, реалізовані в досліді, мали екологічну спрямованість, що передбачало повну відмову від використання синтетичних компонентів.

Стаціонарний дослід було започатковано у 1962 році. У його межах вивчали 16 варіантів польових сівозмін короткої ротації з різними схемами чергування культур:

1. Чистий пар–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
2. Чистий пар–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
3. Горох–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;

4. Горох–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
5. Чина–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
6. Чина–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
7. Сочевиця–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
8. Сочевиця–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
9. Вико-овес–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
10. Вико-овес–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
11. Соя–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
12. Соя–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
13. Квасоля–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
14. Квасоля–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
15. Кукурудза–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
16. Кукурудза–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий.

Таким чином, сівозміни відрізнялися першими та третіми культурами. Попередниками пшениці озимої, тобто першими культурами сівозмін, виступали: чистий пар, горох на зерно, чина на зерно, сочевиця на зерно, вико-вівсяна сумішка на зелений корм, соя на зелений корм, квасоля на зерно та кукурудза на силос. Загальна площа стаціонару становила 4 га, розмір кожного поля в сівозміні – 1 га. Площа посівної ділянки сягала 142 м<sup>2</sup>, облікової – 50–100 м<sup>2</sup>. Включення в сівозміну здійснювали двома полями. Варіанти досліду розміщувалися систематично з триразовим повторенням. При закладанні та проведенні польового стаціонарного досліду застосовували стандартизовані методики, загальноприйняті у дослідженнях, описані А. О. Рожковим, В. О. Єщенком, В. Г. Дідорою [20, 21, 22] та іншими науковцями.

Агротехнічні прийоми вирощування сільськогосподарських культур у досліді відповідали рекомендаціям для умов Харківської області [23, 24], за винятком окремих експериментальних заходів. Використовували сорти та гібриди культур, включені до Державного реєстру сортів і рослин, придатних для вирощування в Лісостеповій зоні.

**Результати та обговорення.** Рівень енергетичної та економічної ефективності при вирощуванні сільськогосподарських культур безпосередньо пов'язаний з величиною отриманого врожаю та обсягом витрат, що понесені на вирощування, включаючи витрати на насіння, паливно-мастильні матеріали, робочу силу та амортизацію [25].

Енергетична оцінка застосованих технологічних рішень є процедурою, спрямованою на визначення співвідношення між загальною енергією, вкладеною у виробництво врожаю, та енергією, що фактично відновлюється в готовій продукції. Крім того, вона включає аналіз енергоємності виробництва одиниці продукції або одиниці спожитої вартості, що дозволяє оцінити ефективність використання енергетичних ресурсів у сільськогосподарському виробництві.

Енергоємність урожаю основної продукції культур у сівозмiнах безпосередньо залежить вiд рiвня їх урожайностi та повторює її динамiку. Найвищi значення енергоємностi врожаю у короткоротацiйних сiвозмiн iз бур'яками цукровими, що вiдповiдають одночасно максимальнiй продуктивностi, були зафiксованi в сiвозмiнах iз горохом та соєю — 18,2 i 18,1 гкал/га вiдповiдно (табл. 1). У рештi варiантiв спостерiгалос'я зниження цього показника в межах вiд 3 до 19 %. Зростання енергоємностi в цих сiвозмiнах було досягнуто за рахунок найвищої продуктивностi товарної продукцiї культур, яка складала 3,75 i 3,78 т к.-п. од. вiдповiдно. Слiд зазначити, що бобовi культури горох на соя мають високу забезпеченiсть кормової одиницi перетравним протеїном, що разом iз порiвняно високою врожайностiю цих культур забезпечувало вищу енергоємностi урожаю. Введення в сiвозмiни сочевицi, вико-вiвсяної сумiшки та чини дещо знижувало продуктивнiсть ланок сiвозмiн, що є наслiдком їх нижчої врожайностi. Найбiльш помiтне зниження енергоємностi було вiдзначене в сiвозмiнах з чистим паром (14,7 гкал), та з кукурудзою на силос (15,5 гкал). Таке зниження енергоємностi врожаю в паровiй сiвозмiнi обумовлено вiдсутностiю продукцiї у полi чистого пару, незважаючи на те, що врожайностi усiх послiдуючих культур була найвищою. У разi використання кукурудзи на силос, як попередника пшеницi озимої, зниження продуктивностi було пов'язане з найнижчою енергетичною цiнностiю зеленої маси кукурудзи та низькою врожайностiю всiх послiдуючих культур. А сiвозмiни, якi включали iншi бобовi культури чину, сочевицю та сумiшку вики з вiвсом, демонстрували порiвняно вищий рiвень енергоємностi врожаю (15,7-17,6 гкал), що пов'язано не тiльки з їх урожайностiю, але i з поживною цiнностiю їх продукцiї.

Енергетичнi витрати варiювали вiд 12,0 гкал у сiвозмiнi з чиною до 15,4 гкал у сiвозмiнi з кукурудзою на силос. При цьому не спостерiгалос'я прямої залежностi мiж величиною енергетичних витрат i енергоємностi сiвозмiн. Зокрема, найбiльшi витрати енергiї були зафiксованi в сiвозмiнi, де першою культурою виступала кукурудза на силос, що свiдчить про пiдвишенi потреби в технологiчнiй обробцi та доглядi за цiєю культурою порiвняно з iншими варiантами перших культур сiвозмiн. За умов максимальних енергетичних витрат коефiцiєнт енергетичної ефективностi у вiдповiднiй сiвозмiнi виявився найнижчим (1,01), що свiдчить про меншу вiддачу енергiї при iнтенсивному використаннi ресурсiв. Загалом, спостерiгалися такi тенденцiї в змiнi коефiцiєнта енергетичної ефективностi: найвищi значення були характернi для сiвозмiн з попередниками пшеницi озимої — горох i соя (1,40 i 1,38); дещо нижчий рiвень ефективностi вiдзначався в сiвозмiнах iз попередниками квасолею, чиною та вико-вiвсяною сумiшкою — 1,34; 1,31 та 1,31 вiдповiдно. Дослiдженнями виявлено зниження енергетичної

ефективності сівозміни з сочевицею, що відбулося за рахунок зменшення енергоємності врожаю як і в сівозміні з чистим паром. Найнижчі значення спостерігалися в сівозміні з попередником пшениці кукурудзою на силос. Отримані результати досліджень підкреслюють вплив попередника на ефективність використання енергетичних ресурсів у сівозміні.

### 1. Енергетична ефективність сівозмін короткої ротації з буряками цукровими, у розрахунку на 1 га

Показник	Попередник пшениці озимої							
	чистий пар	горох	чина	сочевиця	ВИКО-ОВЕС	соя	квасоля	кукурудза
Продуктивність сівозміни, т к.-п. од.	3,21	3,75	3,53	3,72	3,71	3,78	3,36	3,39
Енергетичні витрати, гкал	12,3	13,0	12,0	12,9	13,4	13,1	13,2	15,4
Енергоємність урожаю, гкал	14,7	18,2	15,7	15,9	17,6	18,1	17,7	15,5
Коефіцієнт енергетичної ефективності	1,20	1,40	1,31	1,23	1,31	1,38	1,34	1,01

Отже, найвищу енергетичну ефективність забезпечили сівозміни, де в якості попередників пшениці озимої були використані горох, соя та квасоля. Це підтверджується як високими показниками енергоємності врожаю, так і значеннями коефіцієнта енергетичної ефективності, що свідчить про оптимальне використання енергетичних ресурсів у таких сівозмінах.

Дослідження енергетичної ефективності короткоротаційних сівозмін, в яких на третій рік ротації висівали гречку (табл. 2) показали, що енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва в середньому по сівозмінах знизилися на 15–34 % порівняно з буряковими сівозмінами. Проте ще більш інтенсивно зменшувалася енергоємність врожаю — на 24–38 %, на показник якої впливала продуктивність гречки, яка за нашими даними була в 4,7 рази нижчою порівняно з буряками цукровими. Як наслідок, майже всі сівозміни демонстрували зниження коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,06–0,25 одиниць. Як показали дослідження, у сівозмінах з чистим паром, квасолею та

кукурудзою коефіцієнт енергетичної ефективності був найнижчим – 1,10; 1,09 і 1,10 відповідно. Сівозміни з бобовими культурами горохом, чиною, сочевицею, соєю та вико-вівсяною сумішкою забезпечили порівняно вищу енергоємність урожаю, яка коливалася від 11,6 до 12,4 гкал, що в свою чергу підвищило коефіцієнт енергетичної ефективності від 1,14 до 1,17.

## 2. Енергетична ефективність сівозмін короткої ротачії з гречкою, у розрахунку на 1 га

Показник	Попередник пшениці озимої							
	чистий пар	горох	чина	сочевиця	вико-овес	соя	квасоля	кукурудза
Продуктивність сівозміни, т к.-п. од.	2,17	2,71	2,55	2,66	2,68	2,77	2,39	2,44
Енергетичні витрати, гкал	9,0	10,5	10,2	10,3	10,4	10,6	10,0	10,1
Енергоємність урожаю, гкал	9,9	12,3	11,6	12,1	12,2	12,4	10,9	11,1
Коефіцієнт енергетичної ефективності	1,10	1,17	1,14	1,17	1,17	1,17	1,09	1,10

**Висновки.** Розрахунки енергетичної ефективності показали, що бобові культури у короткоротачійних сівозмінах забезпечують вищий коефіцієнт енергетичної ефективності порівняно з сівозмінами в яких попередниками пшениці були кукурудза на силос та чистий пар. Їх поживна цінність і позитивний вплив на формування врожаю послідувачих культур забезпечили вищу енергоємність урожаю та сприяли раціональному співвідношенню її до енергетичних затрат.

**Конфлікт інтересів.** Немає.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Власенко В. С. Енергетична ефективність зерно-просапної ланки плодозмінної сівозміни залежно від агротехнічних заходів у Лівобережному Лісостепу України. *Новітні агротехнології: теорія та практика*: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, 11 лип. 2017 р. Вінниця: Нілав ЛТД, 2017. С. 24–25.

2. Маслак О. І. Ринок зерна: прогноз на новий врожай. *Пропозиція*. 2009. № 8. С. 44–47.

3. Методика біоенергетичної оцінки систем землеробства / Ю. Тараріко, О. Козаченко, Р. Сайдак та ін.; за ред. Ю. Тараріко. Київ: ДІА, 2012. 33 с.

4. Методика біоенергетичного оцінювання систем землеробства; за ред. Ю. О. Тараріко. Київ: Аграрна наука, 2013. 39 с.

5. Тараріко Ю. О. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту та еколого-енергетична ефективність органічних і мінеральних добрив на Поліссі. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 7. С. 5–10.

6. Тараріко Ю. О. Рекомендації з формування біоенергетичних агроєкосистем. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва (Лівобережний Лісостеп). Київ: ДІА, 2010. 156 с.

7. Формування енергогенеруючих біоорганічних агроєкосистем. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва / за ред. Ю. Тараріко. Київ: ДІА, 2008. С. 25–53.

8. Гриник І. В., Єгоров О. В. Продуктивність та енергетична ефективність короткоротаційних сівозмін за різного рівня їх інтенсифікації. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 8. С. 24–26.

9. Кудря С. І., Казюта А. О. Енергетична ефективність вирощування цукрових буряків у сівозмінах короткої ротації. *Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2012. № 3. С. 136–139.

10. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі: монографія. Тернопіль: Підручники & посібники, 2001. 657 с.

11. Тараріко Ю. О. Несмашна О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. Київ: Нора-прінт, 2001. 60 с.

12. Іваніна Р. В. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур у зернових ланках сівозміни. *Таврійський науковий вісник*. № 110. Ч. 1. С. 82–87. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.11>.

13. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення сірого лісового ґрунту / С. Ю. Булигін, С. В. Вітвіцький, О. Л. Тонха, М. А. Ткаченко. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102. № 5(854). С. 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01>.

14. Кривенко А. І. Енергетична ефективність технологій вирощування пшениці озимої у сівозмінах південного степу України. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том 11. № 1–2. С. 115–127. <https://doi.org/10.31548/bio2019.01.013>.

15. Гангур В. В., Космінський О. О. Біоенергетична оцінка ефективності різних рівнів мінерального живлення у технології

виращування соняшника. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27(1). С. 13–18. <https://10.31210/spi2024.27.01.02>.

16. Бондар С. О. Енергетична ефективність ланки різноротаційних сівозмін. *Новітні агротехнології*. 2017. № 5. С. 12–26. <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.122233>.

17. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві / П. І. Бойко, Н. П. Коваленко, В. В. Гангур, О. Є. Корецький. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2010. № 3. С. 14–18. URL: <https://www.pdaa.edu.ua>.

18. Енергетична оцінка агроєкосистем: навч. посіб. / О. Ф. Смаглий та ін. Житомир: Волинь, 2004. 132 с.

19. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення) / Ю. О. Тараріко та ін. Київ: Аграрна наука, 2005. 200 с.

20. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков та ін.; за ред. А. О. Рожкова; у 2 кн. кн. 1. Харків: Майдан, 2016. 316 с. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/33532>.

21. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко та ін. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 288 с.

22. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. / В. Г. Дідора та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 264 с.

23. Система ведення сільського господарства Харківської області (наукове супроводження «Комплексної програми розвитку сільського господарства Харківської області у 2001–2005 роках та на період до 2010 року») / М. Д. Безуглий та ін. Харків, 2001. 292 с.

24. Сучасні ресурсозберігаючі ґрунтозахисні технології вирощування зернових культур в господарствах Харківської області на 2006–2010 роки: рекомендації / І. М. Войтов та ін. Харків, 2006. 28 с.

25. Пиркін В. І. Бурякоцукрове виробництво в умовах кризи. *Цукрові буряки*. 2009. № 3. С. 4–6.

## REFERENCES

1. Vlasenko, V. S. (2017). Energy efficiency of the grain-row crop link in a crop rotation depending on agrotechnical measures in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *In Modern Agrotechnologies: Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS (Kyiv, July 11, 2017, pp. 24–25)*. Vinnytsia: Nilav LTD.

2. Maslak, O. I. (2009). Grain market: Forecast for the new harvest. *Propozytisia*, 8, 44–47.

3. Tarariko, Y., Kozachenko, O., Saidak, R., et al. (2012). *Methodology of bioenergetic assessment of farming systems* (Y. Tarariko, Ed.). Kyiv: DIA.

4. Tarariko, Y. O. (Ed.). (2013). *Methodology of bioenergetic evaluation of farming systems*. Kyiv: Agrarian Science.

5. Tarariko, Y. O. (2002). Humus status of sod-podzolic soil and ecological-energy efficiency of organic and mineral fertilizers in Polissia. *Bulletin of Agricultural Science*, 7, 5–10.

6. Tarariko, Y. O. (2010). Recommendations for the formation of bioenergetic agroecosystems. Scientific and technological support of agricultural production (Left-Bank Forest-Steppe). Kyiv: DIA.

7. Tarariko, Y. (Ed.). (2008). Formation of energy-generating bio-organic agroecosystems. *Scientific and technological support of agricultural production*. Kyiv: DIA.

8. Hrynyk, I. V., & Yehorov, O. V. (2006). Productivity and energy efficiency of short-rotation crop rotations under different levels of intensification. *Bulletin of Agricultural Science*, 8, 24–26.

9. Kudria, S. I., & Kaziuta, A. O. (2012). Energy efficiency of sugar beet cultivation in short-rotation crop rotations. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Soil Science, Agrochemistry, Crop Production, Forestry, Soil Ecology*, 3, 136–139.

10. Korchemnyi, M., Fedoreiko, V., & Shcherban, V. (2001). *Energy saving in the agro-industrial complex: A monograph*. Ternopil: Pidruchnyky & Posibnyky.

11. Tarariko, Y. O., Neshmashna, O. Y., & Hlushchenko, L. D. (2001). *Energy assessment of farming systems and technologies of crop cultivation: Methodical recommendations*. Kyiv: Nora-Print.

12. Ivanina, R. V. (2019). Energy efficiency of agricultural crop cultivation in grain crop rotation links. *Tavrian Scientific Bulletin*, 110 (1), 82–87. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.11>

13. Bulyhin, S. Y., Vitvitskyi, S. V., Tonkha, O. L., & Tkachenko, M. A. (2024). Energy efficiency of crop cultivation under different fertilization systems of gray forest soil. *Bulletin of Agricultural Science*, 102 (5[854]), 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01>.

14. Kryvenko, A. I. (2019). Energy efficiency of winter wheat cultivation technologies in crop rotations of the southern steppe of Ukraine. *Bioresources and Nature Management*, 11 (1–2), 115–127. <https://doi.org/10.31548/bio2019.01.013>.

15. Gangur, V. V., & Kosminskyi, O. O. (2024). Bioenergetic assessment of the efficiency of different levels of mineral nutrition in sunflower cultivation technology. *Scientific Progress & Innovations*, 27(1), 13–18. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.02>.

16. Bondar, S. O. (2017). Energy efficiency of crop rotation linkages in different crop rotations. *Innovative Agrotechnologies*, 5, 12–26. <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.122233>.

17. Boiko, P. I., Kovalenko, N. P., Gangur, V. V., & Koretskyi, O. Y. (2010). Energy principles of efficient resource use in agriculture. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 14–18. Retrieved from <https://www.pdaa.edu.ua>.

18. Smaglii, O. F., Malynovskiy, A. S., & Kardashov, A. T. (2004). Energy assessment of agroecosystems: A textbook. Zhytomyr: Volyn.

19. Tarariko, Y. O., Nesmashna, O. Y., Berdnikov, O. M., et al. (2005). Bioenergetic assessment of agricultural production (scientific and methodological support). Kyiv: Agrarian Science.

20. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., et al. (2016). Experimental work in agronomy: In two books. Book 1. *Theoretical aspects of experimental research* (A. O. Rozhkov, Ed.). Kharkiv: Maidan. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/33532>.

21. Yeshchenko, V. O., et al. (2014). Fundamentals of scientific research in agronomy. Vinnytsia: Edelveis i K.

22. Didora, V. H., Smaglii, O. F., Ermantraut, E. R., et al. (2013). Methods of scientific research in agronomy: A textbook. Kyiv: Center for Educational Literature.

23. Bezuhlyi, M. D., Lobas, S. V., Shmakov, M. V., et al. (2001). System of agricultural management in Kharkiv region (scientific support of the «Comprehensive program for the development of agriculture in Kharkiv region for 2001–2005 and for the period until 2010»). Kharkiv.

24. Voitov, I. M., et al. (2006). Modern resource-saving soil-protective technologies for growing grain crops in farms of Kharkiv region for 2006–2010: Recommendations. Kharkiv.

25. Pyrkin, V. I. (2009). Sugar-beet industry under crisis conditions. *Sugar Beets*, 3, 4–6.

**S. I. Kudria**, Doctor of Agricultural Sciences, professor

**N. A. Kudria**, candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

### **Energy efficiency of short-rotation crop rotations with a legume componen**

**Formulation of the problem.** The functioning of any ecosystem is based on the use of energy. Analysis of natural processes from an energy point of view allows for a generalized explanation of their course. Therefore, the system-energy approach can be considered as a method of studying complex systems through the assessment of their energy state. **Purpose.** To assess the energy feasibility of developing organic agroecosystems of various specializations in relation to the bioproductivity potential of chernozem of the typical Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** To achieve the goal, general

scientific and special methods typical of agricultural research were used. The object of the study was crop rotation. Technological approaches had an ecological focus, which involved a complete rejection of synthetic components. **Results.** An analysis of the energy efficiency of short-rotation field crop rotations is presented, based on the results of studies of their productivity in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe. Calculations of the energy efficiency of crop rotations with sugar beets showed that legumes used as predecessors of winter wheat in short-rotation crop rotations with an organic fertilizer system provide an energy efficiency coefficient ranging from 1.23 in the case of lentils to 1.38 for crop rotations with peas and soybeans. In crop rotations with rye and vetch-oat mixture, the value of this coefficient was 1.31. Low ratios of the ratio between the energy intensity of the crop and energy costs were observed in the variants with corn for silage – 1.01, and in crop rotations with pure steam – 1.20, which indicates a lower efficiency of using energy resources in these cases. As for the energy efficiency of crop rotations in which buckwheat was sown in the third year of the rotation, in them the energy costs for the production of crop products decreased on average by 15–34% across crop rotations, but at the same time the energy intensity of the crop decreased even more intensively – by 24–38%, the indicator of which was influenced by the productivity of buckwheat. As a result, almost all crop rotations demonstrated a decrease in the energy efficiency coefficient by 0.06–0.25 units. **Conclusions.** The highest energy efficiency was provided by crop rotations where peas, soybeans and beans were used as predecessors of winter wheat. This is confirmed by both the high energy intensity of the crop and the energy efficiency coefficient values.

**Key words:** experiment, energy, efficiency, productivity, crop rotation

УДК 633.17:631:52.664.016-021.465

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-197>

**Л.І. Сторожик**, професор

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Київ, Україна

**А.М. Свиридов**, доцент

**Л.А. Свиридова**, доцент

**М.Г. Цехмейструк**, ст. наук. співробітник

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

## **ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ОСНОВНІ НУТРІЄНТИ ЗЕРНА ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ІНОЗЕМНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ТА ПРОДУКТІВ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ**

У статті висвітлено результати трирічних досліджень щодо комплексного впливу попередників на врожайність зерна нових гібридів сорго зернового Milo W та Brigga. Наведено порівняльну оцінку вмісту основних нутрієнтів у зерні, крупі та борошні досліджуваних гібридів.

Для максимального розкриття потенціалу будь-якого гібрида сорго слід вивчати доцільність його вирощування після різних попередників з використанням рекомендованих технологій у відповідній агрокліматичній зоні. У гібрида Brigga кількість білків була значно меншою і становила від 8,70 г після соняшнику до 9,81