

УДК 633.85:631.5:620.92

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.2.18>

ЕНЕРГЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМИХ КУЛЬТУР РОДИНИ *BRASSICACEAE* ЗАЛЕЖНО ВІД ШИРИНИ МІЖРЯДЬ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Царук І.В. – PhD,

старший викладач кафедри агрономії,

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»
orcid.org/0000-0002-7383-1919

Риженко А.С. – PhD,

старший викладач кафедри агрономії,

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»
orcid.org/0000-0001-7850-9171

Олійні культури родини *Brassicaceae* – ріпак озимий, суріпиця озима – традиційно займають важливе місце в експортно-орієнтованому рослинництві України та є базовою сировиною для виробництва біодизелю в країнах ЄС. Водночас перспективною біоенергетичною культурою для умов Лівобережного Лісостепу є тифон, який поєднує властивості сировинної, кормової та сидеральної культури.

У статті представлено результати оцінки енергетичної продуктивності трьох озимих культур родини *Brassicaceae* – тифону сорту Оракам, ріпаку озимого сорту Мерседес, суріпиці озимої сорту Оріана – залежно від ширини міжрядь (15, 30 та 45 см) на варіантах без застосування мінеральних добрив. Дослідження проведено впродовж 2021–2023 рр. в умовах Лівобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому. Експериментальні дані для тифону за всіма ширинами міжрядь, а також для суріпиці й ріпаку отримано польовим методом. Розрахунок енергетичної продуктивності виконували за методикою О. К. Медведовського; вихід енергії з одиниці продукції (ккал/кг) визначали для надземної біомаси, насіння та олії, а сумарний вихід енергії з одиниці площі (Гкал/га) розраховували з урахуванням урожайності надземної маси й насіння.

Встановлено, що енергетичний еквівалент одиниці продукції (ккал/кг) визначається насамперед видовою специфікою культури і слабо залежить від ширини міжрядь, тоді як вихід енергії з одиниці площі (Гкал/га) суттєво знижується з розширенням міжрядь у всіх трьох культур. Найвищий вихід енергії з надземної маси у тифону сорту Оракам становив 79,3 Гкал/га за ширини міжрядь 15 см, а серед досліджуваних культур максимум формував ріпак озимий сорту Мерседес – 78,8 Гкал/га. Доведено, що ріпак та тифон формують зрівняний рівень енергетичної продуктивності, а суріпиця озима поступається їм за валовим збором енергії. Розширення міжрядь з 15 до 45 см знижувало вихід енергії з надземної маси на 21,1–21,0 % у тифону та (за модельованими оцінками) на ~21,1 % у суріпиці й ріпаку.

Ключові слова: тифон, ріпак озимий, суріпиця озима, енергетична продуктивність, біомаса, біопаливо, ширина міжрядь, Лісостеп України.

Tsaruk I.V., Ryzhenko A.S. Energy productivity of winter crops of the Brassicaceae family depending on row spacing under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

*Oilseed crops of the Brassicaceae family—winter rapeseed (*Brassica napus* L.) and winter turnip rape (*Brassica rapa* L.)—traditionally occupy an important place in Ukraine's export-oriented crop production and serve as a key raw material for biodiesel production in European*



© Царук І.В., Риженко А.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Union countries. At the same time, tyfon (*Brassica rapa* var. *oleifera*), which combines the properties of an industrial, forage, and green manure crop, represents a promising bioenergy crop for the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

This study presents the results of evaluating the energy productivity of three winter crops of the Brassicaceae family—tyfon (cv. Orakam), winter rapeseed (cv. Mercedes), and winter turnip rape (cv. Oriana)—depending on row spacing (15, 30, and 45 cm) under conditions without mineral fertilization. The research was conducted during 2021–2023 in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine on podzolized chernozem soils. Experimental data for tyfon at all row spacings, as well as for turnip rape and rapeseed, were obtained using field methods. Energy productivity was calculated according to the methodology of O. K. Medvedovskiy; energy output per unit of product (kcal/kg) was determined for aboveground biomass, seeds, and oil, while total energy yield per unit area (Gcal/ha) was calculated taking into account the yields of aboveground biomass and seeds.

It was established that the energy equivalent per unit of product (kcal/kg) is primarily determined by species-specific characteristics and shows only minor dependence on row spacing, whereas energy yield per unit area (Gcal/ha) significantly decreases with increasing row spacing in all three crops. The highest energy yield from aboveground biomass in tyfon (cv. Orakam) reached 79.3 Gcal/ha at a row spacing of 15 cm, while among the studied crops, the maximum value was recorded for winter rapeseed (cv. Mercedes) at 78.8 Gcal/ha. It was demonstrated that rapeseed and tyfon provide a comparable level of energy productivity, whereas winter turnip rape shows lower gross energy yield. Increasing row spacing from 15 to 45 cm reduced energy yield from aboveground biomass by 21.1–21.0% in tyfon and (according to modeled estimates) by approximately 21.1% in both turnip rape and rapeseed.

Key words: Typhon, winter rapeseed, winter turnip rape, energy productivity, biomass, biofuel, row spacing, Forest-Steppe of Ukraine.

Актуальність теми дослідження. Сучасні виклики енергетичної безпеки України, необхідність диверсифікації джерел енергії та зменшення викидів парникових газів актуалізують пошук нових сировинних культур для біоенергетичної галузі. Олійні культури родини *Brassicaceae* – ріпак озимий, суріпиця озима – традиційно займають важливе місце в експортно-орієнтованому рослинництві України та є базовою сировиною для виробництва біодизелю в країнах ЄС. Водночас перспективною біоенергетичною культурою для умов Лівобережного Лісостепу є тифон – міжвидовий гібрид турнепсу та китайської капусти, який поєднує властивості сировинної, кормової та сидеральної культури.

Просторове розміщення рослин у посівах (ширина міжрядь) є одним із ключових агротехнічних факторів, що визначає не лише структуру урожаю та масу окремої рослини, але й сумарний вихід енергії з одиниці площі. Для обґрунтованого вибору технології переробки капустяних культур на біопаливо необхідним є порівняльний аналіз енергетичної продуктивності всіх трьох культур у повнофакторній схемі з різними варіантами ширини міжрядь.

Постановка проблеми. Питанням біоенергетичного використання олійних культур родини *Brassicaceae* присвячено роботи П. С. Вишнівського, С. Г. Гайдаша, В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка, С. М. Каленської, Д. Б. Рахметова, В. А. Мазура, О. О. Мацери та інших науковців [1; 3; 4; 7]. Встановлено, що ширина міжрядь істотно впливає на формування біометричних параметрів рослин, зокрема кількість листків, діаметр стебла, число стручків та продуктивність рослини. За даними В. А. Мазура та О. О. Мацери, на ріпаку озимому за збільшення ширини міжрядь з 15 до 45 см та зменшення норми висіву спостерігається тенденція до перерозподілу продуктивності з рослин на одиницю площі [4].

Тифон у ґрунтово-кліматичних умовах України залишається малопоширеною культурою. За потенційною продуктивністю тифон переважає суріпицю озиму та перебуває на рівні ріпаку озимого, з виходом сухої речовини 13–25 т/га, що

забезпечує вихід енергії 54–113,2 Гкал/га [5; 6]. Насіння тифону має калорійність 6198–6297 ккал/кг, а вихід олії становить 989–1860 кг/га [6]. Високий вміст ерукової кислоти (23–26 %) у олії тифону робить її непридатною для харчового використання, проте незамінною як сировину для виробництва біодизелю, лаків та фарб [2; 5].

Водночас комплексна порівняльна оцінка енергетичної продуктивності тифону, ріпаку та суріпиці озимих у повнофакторній схемі за ширини міжрядь є недостатньо висвітленою, що і зумовлює актуальність проведення такого дослідження.

Мета дослідження – встановити особливості формування енергетичної продуктивності озимих культур родини *Brassicaceae* залежно від ширини міжрядь в умовах Лівобережного Лісостепу України, а також обґрунтувати оптимальні стратегії переробки цих культур на біоенергетичні цілі.

Методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2019–2023 рр. в умовах ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут», розташованого в межах Ніжинського району Чернігівської області, що за агрокліматичним районуванням належить до Лісостепу України. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений з вмістом мінерального азоту ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) 18,6–29,4 мг/кг, гумусу – 3,38–3,76 %, рухомого фосфору – 106,6–120,6 мг/кг (за Чиріковим), калію – 50,04–72,2 мг/кг (за Чиріковим); рН ґрунту – 5,7–6,5.

Схема дослідження передбачала вивчення впливу культури (фактор А – тифон сорту Оракам, ріпак озимий сорту Мерседес, суріпиця озима сорту Оріана) та ширини міжрядь (фактор В – 15, 30, 45 см) на варіантах без застосування мінеральних добрив. Площа елементарної ділянки – 35 м², облікової – 25 м², повторність триразова.

Вміст олії в насінні визначали екстракційним методом з використанням апарату Сокслета (ДСТУ 8144:2015).

Розрахунок енергетичної продуктивності виконували за методикою О. К. Медведовського [9]; вихід енергії з одиниці продукції (ккал/кг) визначали для надземної біомаси, насіння та олії, а сумарний вихід енергії з одиниці площі (Гкал/га) розраховували з урахуванням урожайності надземної маси й насіння.

Статистичне оброблення даних виконували в пакеті Statistica 12.0 [10].

Результати досліджень. Аналіз виходу енергії з надземної біомаси озимих культур родини *Brassicaceae* за середньорічними значеннями за 2019–2023 рр. (рис. 1) показав, що у всіх трьох культур спостерігається стійка тенденція до зниження валового збору енергії з одиниці площі при збільшенні ширини міжрядь. Найвищий показник у тифону сорту Оракам становив 79,3 Гкал/га за ширини 15 см, у ріпаку озимого сорту Мерседес – 78,8 Гкал/га, а у суріпиці озимої сорту Оріана – 64,6 Гкал/га. За ширини міжрядь 45 см ці показники знижувались до 62,6, 62,2 та 51,0 Гкал/га відповідно.

Міжрічна варіація виходу енергії з надземної маси, відображена планками похибок на рис. 1, є значною: розмах між мінімальним та максимальним значеннями у тифону за ширини міжрядь 15 см складав 70,9–86,4 Гкал/га (15,5 Гкал/га), у ріпаку – 69,8–85,6 Гкал/га (15,8 Гкал/га), у суріпиці – 52,4–74,3 Гкал/га (21,9 Гкал/га). Найбільший розмах значень у суріпиці свідчить про її чутливість до погодних умов вегетаційного періоду. У всіх культур кращим за формуванням енергетичної продуктивності виявився вегетаційний період 2022–2023 рр., тоді як гіршим – 2019 рік.

Розширення міжрядь з 15 до 45 см супроводжувалось майже однаковим відсотковим зниженням виходу енергії у всіх досліджуваних культурах: у тифону – на

21,1 %, а за модельованими оцінками для суріпиці та ріпаку – на 21,1 та 21,1 % відповідно. Цей результат підкріплює припущення про подібний характер відгуку культур родини *Brassicaceae* на зміну просторової структури посіву та свідчить про те, що широкорядні посіви недоцільні з точки зору максимізації валового збору енергії з одиниці площі.

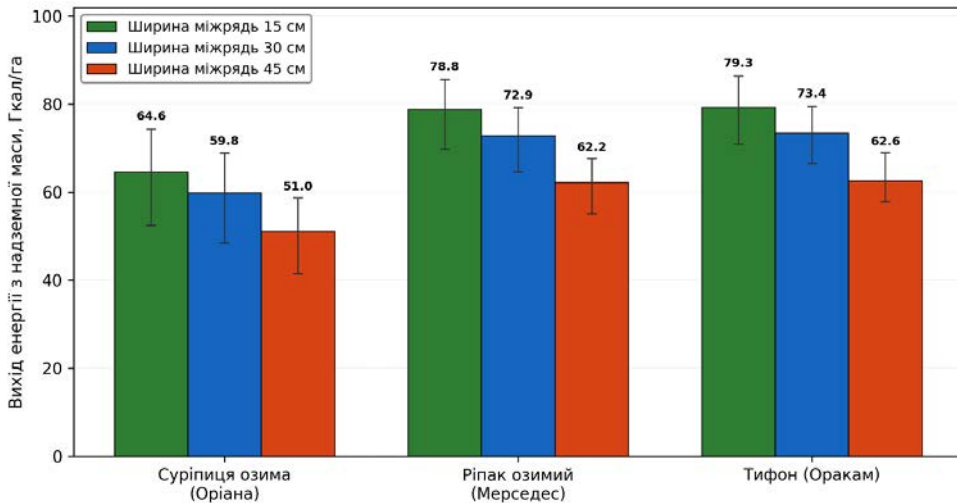


Рис. 1. Вихід енергії з надземної маси озимих культур родини *Brassicaceae* залежно від ширини міжрядь (середнє за 2019-2023 рр.)

Аналогічну тенденцію виявлено й для виходу енергії з урожаєм насіння (рис. 2). Найвищі значення спостерігали за ширини міжрядь 15 см: у ріпаку озимого – 24,3 Гкал/га, у тифону – 21,7 Гкал/га, у суріпиці – 14,2 Гкал/га. У всіх культур вихід енергії з урожаєм насіння помітно знижувався із збільшенням ширини міжрядь – на 19,4–20,4 % при переході з 15 до 45 см.

Серед досліджуваних культур максимальний вихід енергії з урожаєм насіння забезпечив ріпак озимий, що зумовлено вищою врожайністю його насіння та більшою енергетичною смністю одиниці насіння (6518 ккал/кг проти 6319 ккал/кг у тифону та 6280 ккал/кг у суріпиці). Тифон за цим показником поступається ріпаку, проте суттєво переважає суріпицю озиму, що додатково підтверджує його перспективність як біоенергетичної культури.

Аналіз виходу енергії з олії (рис. 3) демонструє, що ріпак озимий лідує і за цим показником: 16,1 Гкал/га за ширини міжрядь 15 см проти 13,2 Гкал/га у тифону та 7,1 Гкал/га у суріпиці. Розрив між ріпаком та тифоном (близько 22 %) пов'язаний насамперед з різницею у вмісті олії в насінні (45,6 % у ріпаку проти 42,3 % у тифону), а ще більший розрив із суріпицею (33,4 % олії в насінні) робить її найменш ефективною культурою з точки зору отримання біопалива з олії.

На відміну від показників валового збору енергії з одиниці площі, енергетичний еквівалент одиниці продукції (ккал/кг) є переважно видоспецифічною характеристикою та слабо залежить від ширини міжрядь, що підтверджується даними рис. 4. Енергетичний еквівалент надземної біомаси у тифону становив 4179 ккал/кг

(середнє з трьох ширин), у суріпиці – 4090 ккал/кг, у ріпаку – 3843 ккал/кг. Натомість за калорійністю насіння та олії ріпак озимий є лідером (6518 та 9454 ккал/кг відповідно), а тифон та суріпиця формують менш енергетично насичені насіння та олію.

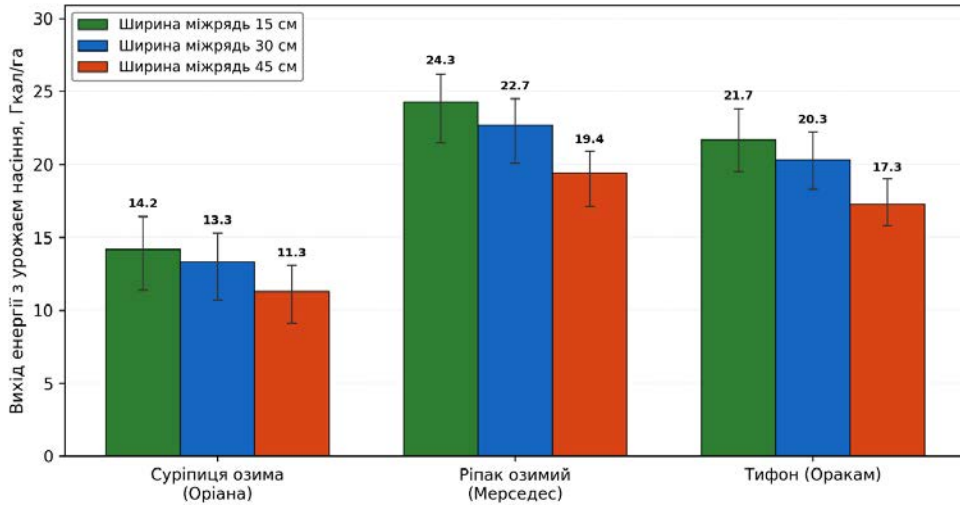


Рис. 2. Вихід енергії з урожаєм насіння озимих культур родини Brassicaceae залежно від ширини міжрядь (середнє за 2019-2023 рр.)

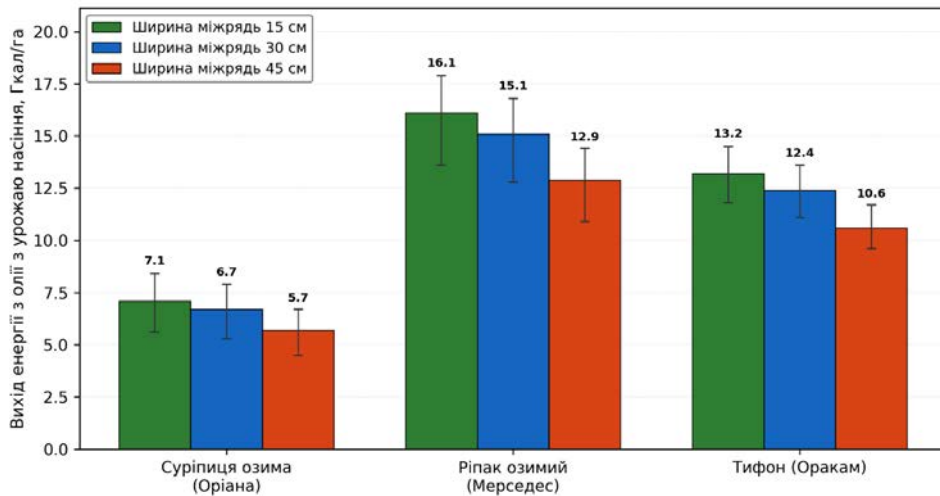


Рис. 3. Вихід енергії з олії з урожаю насіння озимих культур родини Brassicaceae залежно від ширини міжрядь (середнє за 2019-2023 рр.)

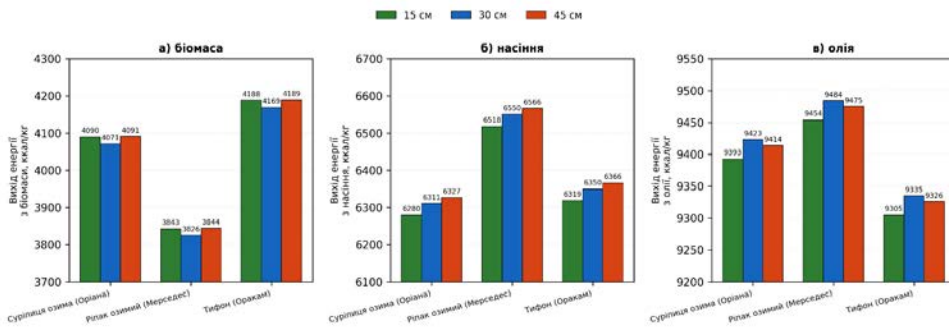


Рис. 4. Калорійність продукції озимих культур родини *Brassicaceae* залежно від ширини міжрядь (середнє за 2019-2023 рр.)

Цікаво відзначити, що калорійність біомаси та калорійність насіння формують протилежну ієрархію культур: за калорійністю біомаси перше місце посідає тифон, тоді як за калорійністю насіння – ріпак. Така поведінка показників може бути зумовлена різним співвідношенням між вмістом структурних вуглеводів, ліпідів та білків у різних частинах рослин трьох досліджуваних видів. Тифон формує енергетично цінну біомасу за рахунок збалансованого співвідношення вуглеводів та ліпідів у вегетативних органах, а ріпак концентрує енергію переважно в насінні через високий вміст олії.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що для всіх трьох культур родини *Brassicaceae* оптимальною з точки зору максимізації енергетичної продуктивності є ширина міжрядь 15 см. Тифон сорту Оракам формує енергетичну продуктивність на рівні ріпаку озимого сорту Мерседес за виходом енергії з надземної маси (79,3 проти 78,8 Гкал/га), що додатково обґрунтовує його перспективність як біоенергетичної культури в умовах Лівобережного Лісостепу України, особливо з огляду на менш вибагливі вимоги до агротехніки порівняно з ріпаком.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що енергетичний еквівалент одиниці продукції (ккал/кг) озимих культур родини *Brassicaceae* є переважно видоспецифічною характеристикою та слабо залежить від ширини міжрядь. Калорійність надземної біомаси у тифону становила 4179 ккал/кг, у суріпиці – 4090 ккал/кг, у ріпаку – 3843 ккал/кг.

Вихід енергії з одиниці площі (Гкал/га) суттєво знижується при збільшенні ширини міжрядь у всіх трьох культурах. У тифону розширення міжрядь з 15 до 45 см знижувало вихід енергії з надземної маси на 21,1 % а в суріпиці й ріпаку (~21 %).

Найвищий вихід енергії з надземної маси за ширини міжрядь 15 см формує тифон сорту Оракам (79,3 Гкал/га), що перевищує показники ріпаку озимого сорту Мерседес (78,8 Гкал/га) та суріпиці озимої сорту Оріана (64,6 Гкал/га). За виходом енергії з урожаєм насіння (24,3 Гкал/га) та з олії (16,1 Гкал/га) лідером є ріпак озимий.

Тифон сорту Оракам формує енергетичну продуктивність, зіставну з ріпаком озимим, що обґрунтовує його перспективність як біоенергетичної культури для умов Лівобережного Лісостепу України, особливо за використання надземної маси як сировини для твердого біопалива та біогазу.

Перспективи подальших досліджень полягають у комплексному економіко-енергетичному обґрунтуванні технологій переробки культур родини *Brassicaceae* в умовах Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вишнівський П. С. Виробництво ріпаку – складова біоенергетики України. Агроекологічний журнал. 2019. № 3. С. 102–108.
2. Каленська С. М., Новицька Н. В., Рахметов Д. Б. та ін. Олійні капустині культури в Україні : монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2018. 340 с.
3. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 1040 с.
4. Мазур В. А., Мацера О. О. Формування продуктивності ріпаку озимого залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 17. С. 5–17.
5. Рахметов Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні : монографія. Київ : «Аграр Медіа Груп», 2011. 398 с.
6. Царук І. В., Рахметов Д. Б. Тифон – нова культура багатофункціонального призначення. Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. 112. С. 157–160. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.112.22
7. Царук І. В., Рахметов Д. Б. Особливості формування насінневої продуктивності рослин тифону (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* D.C. × *B. rapa* L.) залежно від елементів технології вирощування. Новітні агротехнології. 2022. № 10(1). DOI: 10.47414/na.10.1.2022.265592
8. Царук І. В., Рахметов Д. Б. Продуктивність тифону за різної ширини міжрядь та удобрення. Новітні агротехнології. 2022. № 10(2). DOI: 10.47414/na.10.2.2022.270481
9. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.
10. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.

Дата першого надходження статті до видання: 27.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026