

УДК 633.171: 631.584.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.24>

ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПОСІВНОГО ЯК ПРОМІЖНОЇ КУЛЬТУРИ

Рудік О.Л. – д.с.-г.н., п.н.с.,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Чуган В.В. – аспірант,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Мезенцев Д.М. – фахівець,

Товариство з обмеженою відповідальністю «ВАЛЕО СЕРВІС ТРЕЙД»

Представлено енергетичний аналіз польових досліджень що до оптимізації системи живлення при вирощуванні проса посівного після пшениці озимої. Обґрунтовано актуальність післяжнивного вирощування культури в інтенсивних зрошуваних сівозмінах з позиції отримання додаткової продукції, ефективного використання ресурсного потенціалу зони та можливостей зрошуваних земель. В умовах залишкового вегетаційного періоду базовим елементом технології є обґрунтування фону живлення відносно сортового складу, ґрунтово-кліматичних умов, та рівня ресурсного забезпечення господарства. Застосування на фоні основного внесення мінеральних добрив підживлення органічним добривом у фазу куцання не суттєво збільшує витрати енергії, проте істотно впливає на вихід обмінної енергії. Встановлено переваги сумісного застосування в системі живлення післяжнивного проса основного мінерального добрива та підживлення вегетуючих рослин, як найбільш швидкого способу їх забезпечення легкодоступними формами поживи. Найбільше зростання від підживлення встановлено на найнижчому мінеральному фоні $N_{30}P_{20}$ де енергетичний коефіцієнт збільшився на 10,2%. На фоні внесення $N_{45}P_{30}$ підвищення складало 5,6%, за внесення $N_{60}P_{40}$ таке підвищення становило 2,0%. Доведено, що у післяжнивних посівах вирощування проса сорту Миронівське 51, на фоні основного внесення добрив $N_{45}P_{30}$ та проведення підживлення органічним добривом Soil algae 5 л/га, потребує 18,3 ГДж/га енергетичних витрат та забезпечує отримання урожайності зерна понад 2,9 т/га, що еквівалентно надходженню 58,3 ГДж/га загальної енергії. За таких умов енергетичний коефіцієнт технології досягає найвищого значення 3,19. Встановлено, що подальше підвищення фону живлення знижує окупність затраченої енергії. Зважаючи на структуру енергетичних витрат побудова ресурсоощадних технологій повинна бути спрямована на визначення оптимального рівня найбільш енергомістких елементів технології якими є рівень мінерального живлення, комплексні заходи механізації, перш за все ті, що потребують витрат палива, режим зрошення та система захисту.

Ключові слова: просо, проміжні посіви, енергетичний аналіз, технологія вирощування.

Rudik O.L., Chugan V.V., Mezentsev D.M. Energy assessment of technology elements for growing millet as an intermediate crop

The energy analysis of the results of field studies on optimization of the nutrition system of millet cultivated after winter wheat is presented. The relevance of stubble crops cultivation in intensive irrigated crop rotations in order to obtain additional products, effective use of the resource potential of the zone and the capabilities of irrigated lands was substantiated. Under the conditions of the residual vegetation period, the basic element of the technologies is the substantiation of the nutrient background in relation to the varietal composition, soil and climatic conditions, and the level of resource capabilities of the farm.

The main application of fertilizers of top feeding of organic fertilizer Soil algae 5 l/ha during the tillering phase does not significantly increase energy consumption, but it significantly affects the total energy output. The advantages of the combined application in the nutrition system of

stubble millet, main mineral fertilizer and feeding of vegetative plants as the fastest way to provide plants with readily available forms of nutrients have been determined. The greatest increase from feeding was determined on the lowest mineral background N30P20 where the energy coefficient increased by 10.2%. With the application of N45P30, the increase was 5.6%, whereas with the application of N60P40 the increase was 2.5%.

It has been proven that in stubble crops, growing millet of the Mironovskoye 51 variety with the main application of mineral fertilizers N45P30 and application of feeding with organic fertilizer Soil algae 5 l/ha requires 18.3 GJ/ha of energy and allows to obtain a grain yield of more than 2.9 t/ha, which equivalent to an income of 58.3 GJ/ha of total energy. Under such conditions, the energy coefficient of the technology reaches its maximum values – 3.19. It has been proven that further increasing the level of mineral nutrition reduces the energy payback. Considering the structure of the energy balance, the creation of resource-saving technologies should be aimed at determining the optimal level of the most energy-intensive elements of the technology. Such elements include the level of mineral nutrition, methods of complex mechanization, primarily consuming fuel, irrigation regimes and plant protection systems.

Key words: millet, intermediate crop, energy analysis, cultivation technology.

Постановка проблеми. В умовах промислового товарного виробництва все більшого значення набуває використання технологій, які забезпечують отримання продукції якнайменшої собівартості, тобто із мінімальними питомими витратами. Такі технології, окрім інших переваг, є більш екологічними та безпечнішими для оточуючого середовища, оскільки засоби інтенсифікації переважно є дорого вартісними та можуть нести потенційну екологічну небезпеку. Поєднання економічних, екологічних та виробничих перспектив такого процесу робить проблему аналізу ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур в сучасних інтенсивних сівозмінах актуальним науковим питанням [1].

Потреба подібної оцінки зумовлюється закономірною вимогою сучасного землеробства та рослинництва, на фоні тенденції розвитку, раціонально використовувати саме енергію яка витрачається на вирощування одиниці рослинної сировини, як об'єктивний та стабільний вимір усіх витрат.

Завдання підвищення ефективності машино використання господарства, використання паливно-мастильних матеріалів, електричної енергії, добрив, засобів хімічного захисту рослин та інших виробничих ресурсів може бути оціненим через проведення біоенергетичної оцінки технологій: необхідність об'єктивного обліку енергії вкладеної у виробництво продукції рослинництва а також відповідно виміру енергії, що зосереджена у врожаї сільськогосподарських культур [2]. Енергетична оцінка має на меті встановлення співвідношення кількості енергії, акумульованої врожаєм сільськогосподарської культури у процесі фотосинтезу, та сукупних витрат енергії, витрачених на виробництво цієї продукції, що актуально для інтенсивних ланок із проміжними культурами у зрошуваному землеробстві.

Метою досліджень є системний аналіз окремих елементів технології вирощування проса посівного (*Panicum miliaceum L.*) в специфічних для культури післяжнивних умовах на фоні зрошення. З метою більш ґрунтового та об'єктивного оцінювання досліджуваних елементів технології вирощування зерна проса посівного, нами була здійснена біоенергетична оцінка енергетично ємких елементів адаптивної технології післяжнивного вирощування цієї культури. Представлена енергетична оцінка виконана за варіантами польового дослідження та базується на розрахунку балансу сукупної енергії з використанням енергетичних еквівалентів сукупної енергії кожної складової технологічних витрат які у свою чергу були встановлені шляхом розробки технологічних карт [3]. Дані польові дослідження проведені на базі Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (ІЗЗ НААН) в 2021–2023 роках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вдале поєднання у зоні Степу України сприятливих кліматичних умов, великих зрошуваних масивів, значних площ кормових та зернових культур, які є сприятливими попередниками, на фоні загальносвітового тренду глобального потепління, дозволяють успішно вирощувати у проміжних посівах кормові, овочеві культури, просо, гречку та навіть ультра ранні сорти сої, соняшника, кукурудзи. Однак, на жаль, навіть за сприятливих виробничих умов, наприклад у Херсонській області, при частці зернових культур в умовах зрошення близько 31,1% проміжні посіви не перевищували 4,4% [4].

Такі специфічні умови вирощування цих культур супроводжуються зростанням питомих витрат, потребують додаткових коштів, ресурсів та вимагають високого рівня організації господарської діяльності та виконання агротехнічних заходів. Питання гармонізації сільськогосподарського виробництва із наявним агрокліматичним потенціалом регіону, законами природи та біосфери, біологізації та ощадливості галузі рослинництва є системним та потребує вирішення на сучасному науковому рівні. Безумовно що продуктивність культури суттєво визначається умовами середовища, які в післяжнивний період із об'єктивних причин менш сприятливі, особливо для етапу формування насіння та його дозрівання. Це стосується динаміки гідротермічних умов, режиму освітлення, поживного та водного режимів ґрунту забур'яненості тощо [5].

Це не тільки впливає на органогенез рослин, при цьому відмічається індивідуальна реакція культур та навіть окремих сортів на такі умови і окупність ресурсів [6].

Результати досліджень культура. Просо, серед представників зернової групи, культура із найбільш коротким вегетаційним періодом. Як свідчить попередній аналіз, майже усі наявні сорти придатні до вирощування у проміжних посівах і здатні забезпечувати високу окупність ресурсів [7].

Однак через короткий період вегетації високі норми мінеральних добрив є недоцільними. Їх застосування на фоні підживлення у фазу кущення (25–27 ВВСН) органічним добривом Soil algae 5 л/га, яке додатково проявляє ріст регулюючий ефект, мало на меті покращити забезпечення рослин доступними елементами живлення у критичний період та стимулювати ростові процеси рослин. Такий захід очікувано спрямований на підвищення окупності мінеральних добрив. На фоні застосування досліджуваних систем живлення урожайність зерна проса відносно контролю зростала в 1,97–2,56 рази, що істотно вплинуло на показники енергетичної ефективності (Рис. 1).

Відповідно до збільшення рівня мінерального живлення спостерігалось істотне зростання витрат енергії. Якщо на фоні внесення $N_{30}P_{20}$ витрати енергії зросли на 3,4 ГДж/га то за рівня $N_{45}P_{30}$ підвищення складало 5,2 а за внесення $N_{60}P_{40}$ на 6,7 ГДж/га. Таким чином витрати енергії збільшилися відповідно на 27,0; 41,3 та 53,2%.

Застосування органічного добрива Soil algae 5 л/га для підживлення рослин не потребувало настільки великих витрат енергії. Із урахуванням супутніх зумовлених видатків, технологія потребувала додатково 0,4–0,7 ГДж/га енергії. Тому найбільші енергетичні витрати, 19,7 ГДж/га, були встановлені на максимальному фоні живлення де схемою передбачалося основне внесення $N_{60}P_{40}$ та проведення підживлення вегетуючих рослин Soil algae 5 л/га.

Однак підвищення урожайності зерна проса посівного забезпечувало і пропорційне збільшення надходження енергії. Якщо на контролі без добрив у масі зерна було зосереджено 33,7 ГДж/га валової енергії, то при їх внесенні нормою $N_{60}P_{40}$ та

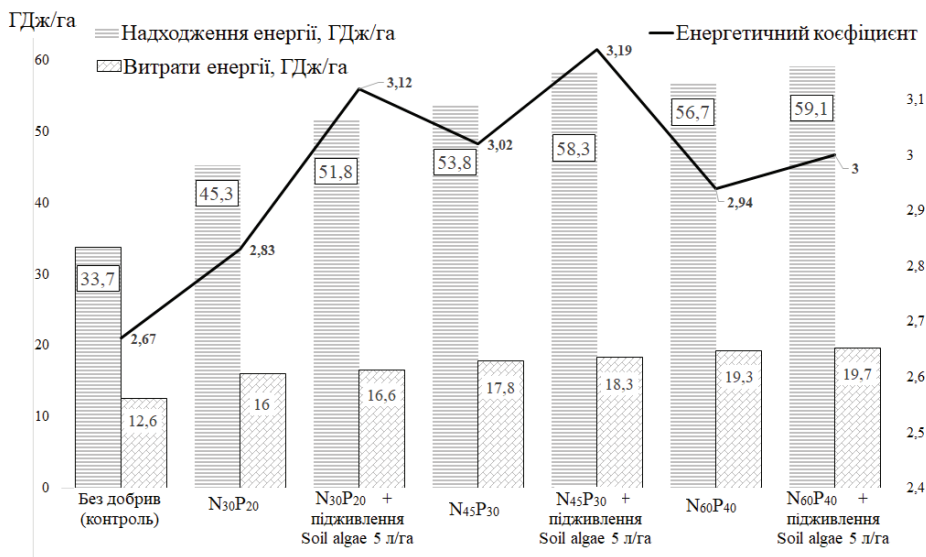


Рис. 1. Показники енергетичної ефективності вирощування проса посівного в післяжнивних посівах залежно від системи живлення

підвищенні фону в 1,5 та 2 рази надходження валової енергії із урожаєм досягало значень відповідно 45,3; 53,8 та 56,7 ГДж/га. Тобто збільшення відносно контролю становило 34,4; 59,6 та 68,2%. Таке високе зростання, на нашу думку, зумовлено саме зменшенням запасу доступних елементів живлення через їх споживання попередником – пшеницею озимою, тоді як за такий короткий період не відбувалося поновлення запасів у наслідок проходжен біологічних процесів у ґрунті.

Для вираження балансу витрат та надходження енергії в процесі вирощування сільськогосподарських культур переважно використовують енергетичний коефіцієнт, який відображає відношення отриманої енергії з урожаєм до сумарної кількості витраченої антропогенної енергії. Дані розрахунки представлені на основі обсягу загальної енергії основної продукції, що на нашу думку точніше відображає сутність виробничого процесу. Побічна продукція потрібна для поповнення балансу гумусу.

У нашому досліді, на відміну від даних деяких джерел, енергетичний коефіцієнт на удобрених варіантах зростає [8]. Це, на нашу думку зумовлено невеликими нормами внесення мінеральних добрив, та збідненням ґрунту в наслідок вирощування основної культури, якою була пшениця озима. Так порівнюючи із контролем енергетичний коефіцієнт на фоні внесення N₃₀P₂₀ та збільшення норми в 1,5 та 2 рази зростав на 0,16; 0,35 та 0,27 одиниць. При цьому зазначений показник на виключно мінеральному фоні N₆₀P₄₀ зменшився відносно попереднього фону N₄₅P₃₀ на 0,08 одиниць.

Аналізуючи ефективність позакореневого підживлення посівів органічним добривом Soil algae 5 л/га, необхідно відмітити в усіх поєднаннях позитивний вплив на величину енергетичного коефіцієнту. При цьому найбільше зростання встановлене на фоні першої градації фактору де мінеральний фон складав N₃₀P₂₀. Тут енергетичний коефіцієнт збільшився на 0,29 одиниць, що складає 10,2%. На фоні внесення N₄₅P₃₀ перевищення складало 0,17 одиниць або 5,6%. Тоді як за умови

внесення $N_{60}P_{40}$ таке підвищення становило 0,06 одиниць, що становить 2,0%. Це свідчить про переваги сумісного застосування в системі живлення післяжнивних культур основного мінерального добрива та підживлення вегетуючих рослин, як найбільш швидкого способу їх забезпечення легкодоступними формами поживи.

Об'єктивна оцінка енергетичної ефективності технології вирощування культури повинна включати аналіз структури витрат сукупної енергії за головними статтями витрат [9]. Адже це дозволяє, виявивши структуру потоків енергії, в таких інтенсивних агроecosистемах усвідомити головні резерви економії ресурсів, матеріалізованої та паливної енергії. Дані результати приведені на Рис. 2.

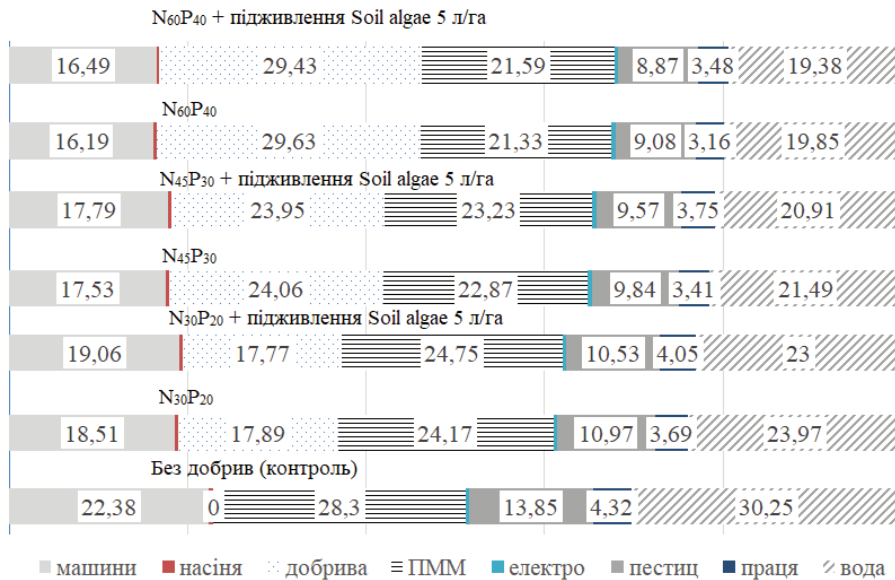


Рис. 2 Структура витрат енергії при післяжнивному вирощуванні проса, %

Аналіз свідчить, що незалежно від фону живлення найменшою у структурі виробництва є витрати електроенергії 0,38–0,43% та посівний матеріал 0,33–0,51%. Необхідно зазначити, що якість посівного матеріалу та обґрунтований вибір сорту при вирощуванні післяжнивних культур має визначальне значення.

Відносно стабільною є частка праці механізаторів та обслуговуючого персоналу. Важливо, що при посиленні інтенсивності технології вирощування культури частка цієї групи витрат зменшувалася із 4,32% на контролі та складала 3,16% на фоні внесення $N_{60}P_{40}$. Інші статті витрат зазнавали істотних змін, залежно від фону живлення. Так витрати енергії на засоби захисту рослин, за посилення фону живлення, зменшувалася із 13,8% на контролі до 8,87% при внесенні $N_{60}P_{40}$ та підживленні посівів Soil algae 5 л/га. Аналогічно зменшувалася частка витрат на машини і обладнання із 22,38 до 16,49%, води із 30,25 до 19,38%. Більш стабільною і достатньо значною в структурі енергетичних витрат є частка на паливо-мастильні матеріали. Їх доля в структурі зменшилася на 6,71 пункти із 28,3 до 21,56%.

Через специфіку дослідження найбільших змін зазнавала частка енергії, зумовлена внесенням добрив. Будучи відсутньою на контролі, вона досягла 29,43% на фоні $N_{60}P_{40}$ де було проведено підживленні посівів Soil algae 5 л/га.

Найбільш вагомим було зростання частки витрат при збільшенні норми мінеральних добрив, тоді як від проведення підживлення посівів Soil algae 5 л/га зростання відбувалося в межах 0,26–0,58%.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Вирощування проса посівного в проміжних посівах є перспективним напрямком інтенсифікації та підвищення ефективності сучасного зрошуваного землеробства. Наявний сортовий склад культури за своїми характеристиками відповідає агроекологічним умовам післяжнивного вирощування та може забезпечити формування належного рівня продуктивності та окупності енергетичних витрат. У післяжнивних посівах вирощування проса сорту Миронівське 51 на фоні $N_{45}P_{30}$ й проведення підживлення Soil algae 5 л/га потребує 18,3 ГДж/га енергетичних витрат та забезпечує отримання урожайності зерна понад 2,9 т/га, де зосередженою 58,3 ГДж/га загальної енергії. За такого поєднання факторів енергетичний коефіцієнт технології досягає найвищого значення 3,19. Подальше підвищення фону живлення знижує окупність енергетичних витрат.

Удосконалення елементів технології післяжнивного вирощування проса посівного повинно бути спрямоване на визначення оптимального рівня найбільш енергоємних елементів технології якими є добрива, механізовані заходи, що також потребують витрат палива, режим зрошення та система захисту як умови ефективного використання ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вожегова Р.А. Перспективи використання зрошення для підвищення продуктивності сільськогосподарської галузі на глобальному та локальному рівнях в умовах змін клімату. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2016. Вип. 65. С. 5–10.
2. Біоенергетична оцінка соргових культур / В.Л. Курило, О.В. Яланський, В.Л. Гамандій та ін. / *Зб. наук. пр. ІБКЦБ*. 2012. Вип.14. С. 554-558.
3. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 205 с.
4. Вожегова Р. А., Голобородько С. П. Еколого-меліоративний стан та перспективи розвитку зрошуваного землеробства. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2011. Вип. 55. С. 3–18.
5. Дюльгер М.О. Забезпечення теплом, світлом і вологою поживних культур в Україні. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. Одеса, 2013. Вип. 15. С. 119–127
6. Вожегова Р.А., Рудік О.Л., Сергєєв Л.А. Проміжні посіви в концепціях формування інтенсивних систем землеробства. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2020. Вип. 116. Ч.1. С. 3–15 DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.1>
7. Рудік О.Л., Рудік Н.М., Сергєєв Л.А., Чуган В.В. Просо посівне в системі адаптації аграрного виробництва до глобальних викликів сьогодення. *Аграрні інновації*. Херсон, 2022. Вип. 12. С. 52-59. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.9>
8. Kalenska, S., Kashtanova, O., Kalenskyi, V., Hovenko, R., & Antal, T. (2022). Economic and energy efficiency of technologies for growing maize hybrids depending on the type and methods of applying fertilisers. *Plant and Soil Science*, 13(1), 7–16. DOI [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.7-16](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.7-16)
9. Алієва О.Ю. Економічна та біоенергетична ефективність вирощування сортів сафлору в залежності від догляду за посівами на безгербіцидному та гербіцидному фонах. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. № 29. 2020 С. 103–111. DOI: <https://doi.org/10.36710/ioc-2020-29-10>.