

УДК 631.95:631.815  
DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.8>

## БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ БІОДОБРІВ НА ОСНОВІ ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД

**Крутякова В.І.** – к.е.н., директор,

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»

Національної академії аграрних наук України

**Піляк Н.В.** – завідувач науково-дослідного сектору,

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»

Національної академії аграрних наук України

**Нікіпелова О.М.** – д.хім.н., професор, завідувач науково-дослідної лабораторії,

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»

Національної академії аграрних наук України

У роботі представлено результати оцінки біоенергетичної ефективності використання нових біодобрив, які отримано шляхом компостування осадів стічних вод (далі – ОСВ) станції біологічної очистки (далі – СБО) «Південна» та «Північна» м. Одеса з додаванням рослинних наповнювачів (солома пшениці озимої та лушпиння насіння соняшника) за участі фосфатмобілізувальної бактерії *Microbacterium barkeri* ЛП-1 (М.б.).

В основу розрахунків покладено показники продуктивності кукурудзи, що одержано в трирічному польовому досліді, який проведено на базі Цебриківського наукового біосектору ІТІ «Біотехніка» НААН України (сmt Цебрикове Великомихайлівського району Одеської області).

Ґрунт дослідного поля – чорнозем звичайний середньогумусний, який характеризується такими агрохімічними показниками, як уміст гумусу – 3,67%; рухомих форм азоту – 14,2 мг/кг; фосфору – 52,4 мг/кг; калію – 601,2 мг/кг; рН (вод.) 7,4.

Площа посівної ділянки – 272 м<sup>2</sup> (розміри ділянки – 17 м x 16 м), облікової – 210 м<sup>2</sup> (розміри ділянки – 14 м x 15 м), повторність варіантів у досліді шестизразова з їх рендомізованим розміщенням. Культура в досліді: кукурудза на зерно (середньостиглий гібрид Піонер).

Із метою визначення енергетичної ефективності застосування біодобрива під час вирощування зерна кукурудзи порівняно загальні витрати антропогенної енергії на виробництво з енергією отриманого врожаю.

За результатами досліджень вирощування кукурудзи на зерно з використанням нових біодобрив характеризувалось дуже високою ефективністю вирощування за всіма видами добрив (від 9,53 до 12,00). Так, під час використання ОСВ СБО «Північна»  $K_e$  становив 11,05, що на 20,60% більше, ніж у контролі, а під час використання біодобрива на основі ОСВ СБО «Північна» за участі *Microbacterium barkeri* ЛП-1 з додаванням соломи  $K_e$  становив 11,90, під час додавання лушпиння насіння соняшника – 12,00, що більше контролю на 24,80% та 25,90% відповідно. Перевагу над контролем забезпечувала також урожайність, яка була вищою за контроль у всіх варіантах досліді.

Крім того, слід зазначити, що зі зростанням витрат антропогенної енергії на вирощування кукурудзи зростає показник енергоємності врожаю. Це можна пояснити наявністю в добривах рослинних наповнювачів, особливо фосфатмобілізувальної бактерії *Microbacterium barkeri* ЛП-1.

Таким чином, за результатами досліджень встановлено, що найбільший енергетичний коефіцієнт спостерігається під час вирощування кукурудзи на зерно за внесення біодобрив на основі ОСВ СБО «Північна» – 11,9 з соломою пшениці озимої та 12,0 з лушпинням насіння соняшника.

**Ключові слова:** зернові культури, сільськогосподарського виробництва, станції біологічної очистки, солома пшениці озимої, лушпиння насіння соняшника, фосфатмобілізувальна бактерія *Microbacterium barkeri* ЛП-1.

**Krutyakova V.I., Pilyak N.V., Nikipelova O.M. Bioenergetic efficiency of growing corn for grain using new biofertilizers based on sewage sludge**

The paper presents the results of evaluation of bioenergy efficiency of new biofertilizers obtained by composting sewage sludge (SS) of biological treatment plants (BTP) 'Southern' and 'Northern' in Odessa with the addition of plant fillers (winter wheat straw and sunflower seed husk), with the participation of phosphate-mobilizing bacteria *Microbacterium barkeri* LP-1 (M.b.).

The calculations are based on the indicators of corn productivity, which was obtained in a three-year field experiment conducted on the basis of Tsebyrkivsky scientific biosector ETI 'Biotekhnika' NAAS of Ukraine (Tsebyrkove village, Velykomykhailivsky district, Odessa region).

The soil of the experimental field is ordinary medium humus chernozem, which is characterized by the following agrochemical parameters: humus content – 3.67 %; mobile forms of nitrogen – 14.2 mg / kg; phosphorus – 52.4 mg / kg; potassium – 601.2 mg / kg; pH (aq) 7.4.

The area of the sown plot is 272 m<sup>2</sup> (plot size is 17 m x 16 m), the recording area is 210 m<sup>2</sup> (plot size is 14 m x 15 m), the repetition of variants in the experiment is six times with their randomized placement. Crop in the experiment: corn for grain (mid-season hybrid Pioneer).

In order to determine the energy efficiency of biofertilizer in the cultivation of corn grain, the total cost of anthropogenic energy for production was compared with the energy of the harvest.

According to the research results, the cultivation of corn for grain using new biofertilizers was characterized by a very high efficiency of cultivation for all types of fertilizers – from 9.53 to 12.00. Thus, when using SSs BTP 'Northern',  $K_{ee}$  was 11.05, which is 20.60 % more than in the control, and when using biofertilizers based on SSs BTP 'Northern' with the participation of *Microbacterium barkeri* LP-1 with the addition of straw,  $K_{ee}$  was 11.90, with the addition of sunflower seed husks – 12.00, which is respectively more than control by 24.80 % and 25.90 %. The advantage over control was also provided by the yield, which was higher than the control in all variants of the experiment.

In addition, it should be noted that with the increase in the cost of anthropogenic energy for growing corn, the energy intensity of the crop increased. This can be explained by the presence in fertilizers of plant fillers and, in particular, the phosphate-mobilizing bacterium *Microbacterium barkeri* LP-1.

Thus, according to the results of research, it was found that the highest energy factor is when growing corn for grain with the application of biofertilizers based on SSs BTP 'Northern' – 11.9 with straw of winter wheat and 12.0 with husks of sunflower seeds.

**Key words:** grain crops, agricultural production, biological treatment of plants, winter wheat straw, sunflower seed husk, phosphate-mobilizing bacterium *Microbacterium barkeri* LP-1.

**Постановка проблеми.** Головне завданням землеробства – підвищення його продуктивності на основі відновлення родючості ґрунтів та раціонального їх використання. Раціональні методи використання ґрунтів повинні забезпечувати економічно і екологічно стійкі врожаї, які можуть бути досягнуті тільки за умов збереження або відновлення родючості ґрунтів [1]. В останнє десятиріччя внесення добрив та інших засобів хімізації різко скоротилося, внаслідок чого падає родючість ґрунтів [2].

Але зростає інтерес до органічного сільського господарства, особливо порівняно з традиційним. За органічного землеробства внесення органічних добрив сприяє активізації діяльності ґрунтової мікрофлори, а після їх мінералізації проходить насичення ґрунту живильними речовинами, які використовують рослини [3].

Основними критеріями для визначення доцільності впровадження у сільськогосподарське виробництво нових біодобрив є їх економічна та біоенергетична ефективність.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні проводяться дослідження щодо підтвердження ефективності застосування органічних добрив, мікробіологічних препаратів у технологіях вирощування кукурудзи на зерно [4–11]. Загалом, для землеробства найважливішим є визначення біоенергетичної ефективності [12–14] з урахуванням урожайності сільськогосподарських культур.

Аналіз енергоємності сільськогосподарського виробництва дає можливість порівняти й оцінити різні технології, вибрати найбільш ресурсно та енергетично економічні і перспективні [13].

**Постановка завдання.** Для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур необхідно створити сприятливі умови в ґрунті для росту і розвитку рослин, що можливо за умов використання органічних та мінеральних добрив. Розробка сучасних систем удобрення передбачає максимально повне задоволення потреб рослин в елементах мінерального живлення. Однак вирішення цього завдання тільки за рахунок внесення дорогих мінеральних добрив часто знижує конкурентоспроможність сільгоспвиробництва. Сьогодні вимагає розробки таких технологій вирощування сільськогосподарських культур, які б давали високий економічний та біоенергетичний ефект із найменшими витратами електроенергії, паливно-мастильних матеріалів.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** В основу розрахунків покладено показники продуктивності кукурудзи, що одержано в трирічному польовому досліді, який проведено на базі Цебриківського наукового біосектору інституту (смт Цебрикове Великомихайлівського району Одеської області).

Ґрунт дослідного поля – чорнозем звичайний середньогумусний, який характеризується такими агрохімічними показниками, як уміст гумусу – 3,67%; рухомі форми азоту – 14,2 мг/кг; фосфору – 52,4 мг/кг; калію – 601,2 мг/кг; рН (вод.) – 7,4.

Нові біодобрива отримано шляхом компостування осадів стічних вод (далі – ОСВ) станцій біологічної очистки (далі – СБО) «Південна» та «Північна» м. Одеса з додаванням рослинних наповнювачів (солома пшениці озимої та лушпиння насіння соняшника) за участі фосфатмобілізувальної бактерії *Microbacterium barkeri* ЛП-1 (*M.b.*).

Дослідження проводили за такою схемою:

1 – без удобрення (контроль); 2 – ОСВ СБО «Південна» у дозі за Nзаг. 100 кг/га; 3 – ОСВ СБО «Північна» у дозі за Nзаг. 100 кг/га; 4 – компост СБО «Південна» у дозі за Nзаг. 100 кг/га + солома пшениці озимої + *M.b.*; 5 – компост СБО «Південна» у дозі за Nзаг. 100 кг/га + лушпиння насіння соняшника + *M.b.*; 6 – компост СБО «Північна» у дозі за Nзаг. 100 кг/га + солома пшениці озимої + *M.b.*; 7 – компост СБО «Північна» у дозі за Nзаг. 100 кг/га + лушпиння насіння соняшника + *M.b.*

Площа посівної ділянки – 272 м<sup>2</sup> (розміри ділянки – 17 м x 16 м), облікової – 210 м<sup>2</sup> (розміри ділянки – 14 м x 15 м), повторність варіантів у досліді шестиразова з їх рендомізованим розміщенням. Культура в досліді: кукурудза на зерно (середньостиглий гібрид Піонер).

Визначення оцінки енергетичної ефективності елементів технології вирощування кукурудзи на зерно розраховували за технологічними картами та відповідними методиками [12; 13]. Для цього технологічні операції (час роботи техніки та знарядь) і витрати ресурсів, що були використані для економічної оцінки, було перераховано в енергетичні еквіваленти. Ціни на ресурси і сільськогосподарську продукцію середньорівневі на 2020 р.

Одним із важливих видів ефективності виробництва є енергетична ефективність. У сучасних умовах ведення сільськогосподарського виробництва, де постійно змінюються ціни на ресурси, економічна оцінка не завжди може об'єктивно відобразити ефективність технології вирощування, тому велике значення в урахуванні всіх енергозатрат має вміст валової та обмінної енергії, порівняння приходу енергії, акумульованої в урожаї, із сукупною енергією, витраченою на вирощування і збирання врожаю [11]. Сутність енергетичного аналізу заснована

на тому, що ні натуральні, ні вартісні показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно не дають повного уявлення про допустимий (нормативний) і фактичний рівень загальних енерговитрат на повний обсяг механізованих робіт та затрат людської праці.

Більш об'єктивну і стабільну оцінку ефективності системи удобрення забезпечують енергетичні параметри їх використання. Універсальним показником біоенергетичної ефективності технології вирощування кукурудзи на зерно є співвідношення енергії акумульованої в продукції та витраченої на її отримання (антропогенної) – коефіцієнт енергетичної ефективності  $K_{\text{е}}$ . Тому метою енергетичної оцінки досліджуваних елементів технології вирощування є визначення окупності витрат сукупної енергії, що накопичена врожаєм, а також виявлення рівня енергоємності отриманої продукції. Усі види трудових і технологічних витрат при цьому визначаються в енергетичних одиницях (еквівалентах), що відображають кількість невідновлюваної енергії, що визначається кілокалоріями або джоулями.

Із метою визначення енергетичної ефективності застосування біодобрив під час вирощування зерна кукурудзи було порівняно загальні витрати антропогенної енергії на виробництво з енергією отриманого урожаю (табл. 1).

Таблиця 1

### Показники біоенергетичної ефективності застосування біодобрива на основі ОСВ

Показники	Контроль	Добриво		Добриво за участі <i>Microbacterium barkeri</i> ЛП-1			
		ОСВ СБО «Південна»	ОСВ СБО «Північна»	солома		лушпиння	
				СБО «Південна»	СБО «Північна»	СБО «Південна»	СБО «Північна»
Урожайність, т/га	4,5	5,2	5,5	6,0	6,7	6,0	6,8
Витрати антропогенної енергії, МДж / га	7264,4	7662,8	7662,5	8662,3	8657,4	8662,3	8657,4
Енергоємність урожаю, МДж / га	69300,0	80080,0	84700,0	92400,0	103180,0	92400,0	104720,0
Коефіцієнт енергетичної ефективності	9,53	10,40	11,05	10,60	11,90	10,60	12,00

За [14] при  $K_{\text{е}}$  менше 2 – виробництво неефективне, 2-4 – ефективність низька, 4-6 – середня, 6-8 – висока, більше 8 – дуже висока. Таким чином, вирощування кукурудзи на зерно з використанням нових біодобрив характеризувалось дуже високою ефективністю вирощування за всіма видами добрив (від 9,53 до 12,00). Так, за умов використання ОСВ СБО «Північна»  $K_{\text{е}}$  становив 11,05, що на 20,60% більше, ніж у контролі, а під час використання біодобрива на основі ОСВ СБО «Північна» за участі *M.b.* з додаванням соломи  $K_{\text{е}}$  становив 11,90, під час додавання лушпиння насіння сояшника – 12,00, що більше контролю на 24,80% та 25,90% відповідно. Перевагу над контролем забезпечувала також урожайність, яка була вищою за контроль у всіх варіантах дослідження. Крім того, слід зазначити, що зі зростанням витрат антропогенної енергії на вирощування кукурудзи зростає

показник енергоємності врожаю. Це можна пояснити наявністю в добривах рослинних наповнювачів, особливо, фосфатмобілізувальної бактерії *M.b.*

За результатами досліджень встановлено, що найбільший енергетичний коефіцієнт отримується під час вирощування кукурудзи за внесення біодобрив на основі ОСВ СБО «Північна» – 11,9 із соломою пшениці озимої та 12,0 з лушпинням насіння соняшника.

Таким чином, найбільш ефективним продуцентом енергії у досліді є кукурудза на зерно, вирощена під час використання біодобрив на основі ОСВ СБО «Північна» за участі *Microbacterium barkeri* ЛП-1 з рослинними наповнювачами, яка накопичувала найбільше енергії 103180,0 МДж/га і 104720,0 МДж/га.

**Висновки і пропозиції.** Вирощування кукурудзи на зерно в умовах Південного Степу України з використанням біодобрив на основі ОСВ СБО «Південна» та «Північна» м. Одеса з рослинними наповнювачами (солома пшениці озимої та лушпиння насіння соняшника) за участі фосфатмобілізувальної бактерії *Microbacterium barkeri* ЛП-1 є енергетично прибутковим. З енергетичної точки зору найбільш прибутковими є біодобрива на основі ОСВ СБО «Північна». Показано, що коефіцієнт енергетичної ефективності (11,90 та 12,00) вирощування кукурудзи на зерно перебуває в безпосередній залежності від її врожайності (6,70 т/га та 6,80 т/га відповідно). Із метою підвищення енергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно доцільно використовувати біодобрива на основі ОСВ.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Elke Jurandy, Bran Nogueira Cardoso, Rafael Leandro Figueiredo Vasconcellos, Daniel Bini etc. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? *Sci. agric.* (Piracicaba, Braz.) 2013; 70(4) Piracicaba July/Aug. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400009>
2. Василенко М.Г., Стадник А.П. Агроекологическое обоснование применения новых отечественных удобрений и регуляторов роста растений в агроэкосистемах. За научн. ред. акад. НААН О.И. Фурдичко. Винница : ООО «ТВОРИ», 2019. 340 с.
3. S. K. Das, Vanabehari Jana. Pond Fertilization Regimen. *Journal of Applied Aquaculture*, March 2003. 13 (1-2). P. 35–66. DOI: 10.1300/J028v13n01\_03
4. Крестьянінов Є.В., Єрмакова Л.М., Антал Т.В. Економічна та енергетична ефективність вирощування кукурудзи залежно від мінеральних добрив та позакореневого підживлення посівів. *Наук. доповіді НУБіП України*. 2020. № 5 (87). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.006>
5. Томашук О.В. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи на зерно за різних технологій обробітку ґрунту. *Корми і кормовиробництво*. 2019. Вип. 87. С. 144–150.
6. Baoyuan Zhoua, Xuefang Suna, Dan Wangb, Zaisong Dinga, Congfeng Lia, Wei Maa, Ming Zhaoa. Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions. *The Crop Journal*. August 2019. Vol. 7. Issue 4. P. 527-538. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.12.005>.
7. Волкогон В.В., Бердников А.Н., Лопушняк В.И. Экологические аспекты систем удобрения сельскохозяйственных культур. Под ред. В.В. Волкогона. Киев : Аграр. наука, 2019. 264 с.
8. Bala Rathinasabapathi, Xue Liu, Yue Cao, Lena Q. Ma. Phosphate-solubilizing Pseudomonads for improving crop plant nutrition and agricultural productivity. *Crop Improvement Through Microbial Biotechnology*. 2018. P. 363–372.
9. Park J., Bolan N., Mallavarapu M., Naidu R. Enhancing the solubility of insoluble phosphorus compounds by phosphate solubilizing bacteria. 19-th World Congress of Soil Science, Brisbane, Australia, 2010. P. 65–68.

10. Гарькавий А.Д., Петриченко В.Ф., Спірін А.В. Конкурентоспроможність технологій і машин : Навчальний посібник. Вінниця : ВДАУ – «Тірас», 2003. 68 с.

11. Тараріко Ю.О., Глущенко Л.Д. Вплив систематичного застосування органічних і мінеральних добрив на біологічні процеси та гумусний стан чорнозему типового. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 11. С. 18–20.

12. Смаглій О.Ф., Малиновський А.С., Кардашов А.Т. та ін. Енергетична оцінка агросистем. Житомир : Волинь, 2004. 132 с.

13. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 206 с.

14. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Є., Глущенко Л.Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. Київ : Нора-прінт, 2001. 59 с.

УДК 631.584.4:631.811.1.2:6333.85

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.9>

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЄКТ ВИРОЩУВАННЯ ДВОХ УРОЖАЇВ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР НА РІК НА ОДНІЙ ПЛОЩІ ЗА ЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

**Минкін М.В.** – к.с.-г.н., доцент кафедри землеробства,  
Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Мета.** У дослідженнях необхідно встановити доцільну систему обробітку ґрунту та оптимальний рівень мінерального живлення під час вирощування соняшнику в повторних посівах після озимого ріпака на насіння і рекомендувати науково обґрунтовані прийоми вирощування цих культур у виробництві.

**Методи:** польовий, аналітичний, розрахунково-порівняльний, математичної статистики.

**Результати досліджень.** Агротехніка вирощування озимого ріпака передбачає розміщення його в сівознах за кращими попередниками. Найбільші врожаї ріпаку одержують під час підтримання за допомогою вегетаційних поливів вологості ґрунту в шарі 0,7 м не нижче 70–75% НВ, для чого в умовах Півдня України слід провести 2–3 поливи нормою 450–500 м<sup>3</sup>/га.

У технології вирощування двох урожаїв олійних культур в рік на одному полі відповідальним моментом є своєчасне збирання ріпака. Під час живлення цієї культури слід дотримуватися такого: не допускати втрат олієнасіння, проводити збирання в більш ранні строки, залишити на полі мінімальну кількість стерні та вегетативної маси. Цим вимогам відповідає роздільний метод збирання.

Агротехніка вирощування післяжнивного соняшника має свої особливості.

Вирощування соняшнику в післяжнивних посівах під час зрошення має сполучатися з кращими умовами живлення рослин. Дослідами, проведеними на темно-каштанових середньо-суглинистих ґрунтах, встановлена раціональна доза добрив у таких посівах соняшника, як N-90, P-90.

**Висновки і пропозиції.** Агротехнічні і ґрунтові умови зрошеної зони Півдня України дозволяють успішно комбінувати вирощування ріпака озимого з післяжнивними посівами соняшнику на олієнасіння.

Загальна продуктивність двох урожаїв олійних культур на рік свідчить про високі показники використання зрошеної ріллі, збільшення коефіцієнта використання вегетаційного періоду і валового виробництва сільськогосподарської продукції. У розробленому агротехнічному комплексі за умов додержання рекомендованих агротехнічних прийомів сумарна урожайність насіння становить 60–63 ц/га, що еквівалентно 22–23 ц олії і 38–39 ц макухи.

**Ключові слова:** зрошення, соняшник, ріпак озимий, система обробітку ґрунту, добрива.