

## ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНОКУЛЯЦІЇ ГОРОХУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУРИ В СИСТЕМІ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

С. Ф. Козар<sup>1</sup>, Ю. М. Халеп<sup>2</sup>, Т. А. Євтушенко<sup>2</sup>, О. В. Вороная<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Чернігівська політехніка»  
вул. Шевченка, 95; Чернігів, 14030, Україна; e-mail: kozarsf@gmail.com

<sup>2</sup>Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна

**Мета.** Здійснити аналіз економічної та енергетичної ефективності застосування інокулянтів на основі нового штаму *Rhizobium leguminosarum* Г222 у технології вирощування гороху посівного. **Методи.** Розрахунок показників економічної ефективності вирощування гороху посівного за різних варіантів обробки насіння проведено за використання методик та загальноживаних методичних підходів, що ґрунтуються на порівнянні результатів від застосування певного агрозаходу із витратами на його проведення. Досліджено такі показники: прибуток, собівартість одиниці продукції, окупність додаткових витрат, а також рівень рентабельності виробництва. Застосовано моделювання технологічних витрат в умовах виробничих масштабів за використання типових технологій вирощування гороху. Основні агротехнічні операції змодельовані згідно з нормативами витрат ресурсів і алгоритмами калькулювання продукції із включенням додаткових операцій та витрат, пов'язаних із застосуванням досліджуваних інокулянтів. Для розрахунку основних показників енергетичної ефективності застосування досліджуваних засобів обробки насіння гороху витрати усіх видів використаних ресурсів та отримана продукція були переведені в енергетичні еквіваленти згідно із загальноприйнятими методиками. **Результати.** Застосування інокулянтів на основі *R. leguminosarum* Г222 сприяє підвищенню усіх основних показників економічної ефективності: собівартість одиниці продукції зменшується, розмір прибутку із розрахунку на 1 га посівної площі та рівень рентабельності зростають з відповідним рівнем окупності додаткових витрат. Це зумовлено вищими темпами росту урожайності (а відповідно, і грошових надходжень) у дослідних варіантах, як порівняти із темпами росту витрат на одиницю площі, пов'язаних із застосуванням інокулянтів. За результатами аналізу енергетичної ефективності показано, що інокуляція гороху новим штамом забезпечує високий рівень енергетичної ефективності за відношенням енерговмісту отриманої продукції до енерговитрат на її виробництво (коефіцієнт енергетичної ефективності). Результати порівняльного аналізу розрахованих показників свідчать, що у варіантах із бактеризацією спостерігається значне відставання темпів росту витрат антропогенної енергії з розрахунку на 1 га посівної площі, як порівняти зі збільшенням урожайності та енерговмістом отриманої продукції. Додаткові витрати енергії, пов'язані із застосуванням інокулянтів, у 8,00–24,39 разів окупаються енергією додаткового урожаю. **Висновки.** Результати аналізу свідчать про високу економічну й енергетичну ефективність застосування нового штаму *R. leguminosarum* Г222. Найбільш ефективним за усіма показниками є варіант, у якому поєднували застосування *R. leguminosarum* Г222 з полісахаридно-білковим комплексом.

Ключові слова: економічні та енергетичні показники, *Rhizobium leguminosarum*, полісахаридно-білковий комплекс, горох.

**Вступ.** Зважаючи на енергоощадний потенціал зернобобовим культурам, зокрема гороху, відводиться особливе місце в сучасних аграрних технологіях. Це зумовлено тим, що ці культури за рахунок функціонування рослинно-мікробних взаємодій забезпечують надходження значних обсягів біологічного азоту в агроценози.

Важливою складовою технології вирощування гороху є застосування інокулянтів, ефективність яких залежить від активності та життєздатності бульбочкових бактерій — основи біопрепаратів. Постійно ведеться розробка нових і удосконалення наявних інокулянтів, перед широким впровадженням яких в аграрне виробництво необхідно провести всебічну перевірку, що передбачає аналіз як економічної, так і енергетичної ефективності їх застосування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Горох посівний — важлива сільськогосподарська культура, вирощування якої дозволяє зменшити використання азотних добрив за рахунок фіксації атмосферного азоту в симбіозі зі специфічними бульбочковими бактеріями [1; 2]. Для забезпечення повноцінного азотного живлення горох повинен сформувати активний азотфіксувальний симбіотичний апарат, чого можна досягти, застосовуючи такий прийом, як передпосівна обробка насіння ефективними інокулянтами на основі *Rhizobium leguminosarum* [3; 4]. Мікробіологи ведуть постійний пошук і перевірку нових активних штамів бульбочкових бактерій. Також до складу мікробних препаратів вводять різні добавки, які сприяють підвищенню їхньої ефективності та технологічності, зокрема, за рахунок підвищення життєздатності діазотрофів [5–7]. На заключному етапі досліджень вивчається вплив інокулянту на продуктивність сільськогосподарських культур.

Водночас важливим критерієм оцінки нових біопрепаратів є економічна ефективність їх застосування. Практично всі сільськогосподарські товаровиробники керуються саме цим у виборі нових інноваційних продуктів для підвищення врожайності та отримання якісної продукції [8]. Це стосується й економічної ефективності вирощування гороху, що залежить від низки чинників, зокрема від використаного сорту, системи захисту рослин, застосування регуляторів

росту, добрив та інокулянтів [9–12]. Аналіз економічної ефективності вирощування гороху за впливу різних чинників, зокрема дії біологічних препаратів, особливо актуальний сьогодні у зв'язку з ростом цін на засоби аграрного виробництва — добрива, пестициди тощо.

Попри інформативність економічних показників, необхідно враховувати також і те, що вони іноді можуть не зовсім об'єктивно відображати ефективність застосування тих чи інших засобів або використання агроприймів. Це зумовлено передусім постійним процесом інфляції та зміною кон'юнктури ринку. Тому важливою складовою оцінки розроблених інновацій, насамперед у народногосподарському аспекті, є здійснення аналізу енергетичної ефективності [13].

Зниження енергетичних витрат у сучасних умовах ведення аграрного виробництва є нагальною вимогою до технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема зернобобових. Енергетичний аналіз дозволяє оцінити, наскільки той чи інший інноваційний прийом може підвищити ефективність сучасних технологій у землеробстві в плані ресурсозбереження, незалежно від ринкової кон'юнктури на отримувану продукцію [14; 15].

**Мета досліджень.** Здійснення аналізу економічної та енергетичної ефективності застосування інокулянтів на основі нового штаму *Rhizobium leguminosarum* Г222 у технології вирощування гороху посівного.

**Матеріали і методи.** В основу розрахунків покладено усереднені показники урожайності, які отримано в польових дослідках у 2016–2022 рр. Ефективність інокулянтів на основі *R. leguminosarum* Г222 перевіряли в польових дослідках на горосі посівному сорту Царевич. Штам *R. leguminosarum* Г222, виділений Козаром С. Ф., Євтушенко Т. А. та Вороною О. В., є продуцентом фітогормонів і активно фіксує азот у симбіозі.

Для підвищення життєздатності бульбочкових бактерій застосовували полісахаридно-білковий комплекс (ПБК) [16]. Інокуляцію здійснювали шляхом передпосівної бактеризації насіння гороху з розрахунку 200 тис. життєздатних клітин бульбочкових бактерій на насінину. Інокуляцію поєднували із застосуванням ПБК із розрахунку 1 мл ПБК

на 1 кг насіння.

Польові досліді проводили на чорноземі вилугуваному легкосуглинковому, який містить 3,02 % гумусу (за Тюрніним), від 0,27 % до 0,31 % загального Нітрогену, близько 15 мг/100 г ґрунту  $P_2O_5$  (за Кірсановим), від 13 мг/100 г ґрунту до 16 мг/100 г  $K_2O$  (за Масловою),  $pH_{вод}$  5,9–6,5. Площа дослідної ділянки — 14 м<sup>2</sup>, площа облікової ділянки — 10 м<sup>2</sup>, повторення досліді — чотириразове.

Схема польових дослідів:

1. Контроль (без інокуляції).
2. Передпосівна обробка ПБК.
3. Передпосівна бактеризація *R. leguminosarum* Г222.
4. Передпосівна обробка ПБК + бактеризація *R. leguminosarum* Г222.

Розрахунок показників економічної ефективності вирощування гороху за різних варіантів обробки насіння проведено за використання методик [17] та загальнозживаних методичних підходів, що ґрунтуються на порівнянні результатів від застосування певного агрозаходу із витратами на його проведення. З цією метою нами досліджено низку показників, які характеризують економічну ефективність: прибуток, собівартість одиниці продукції, окупність додаткових витрат, а також рівень рентабельності виробництва. У процесі розрахунку витрат, що пов'язані з використанням інокулянтів, нами враховано як зміну показників, які безпосередньо стосуються бактеризації (це прямі витрати: вартість інокулянту, затрати на здійснення обробки насіння гороху, витрати на доробку, а також на транспортування додатково отриманого врожаю тощо), так і зміну показників усіх накладних витрат, які за калькулювання собівартості отриманої продукції розподіляються пропорційно прямим витратам. Для цього було розраховано повну собівартість отриманої продукції, позаяк прибуток як один із важливих кінцевих показників економічної ефективності розраховується шляхом визначення різниці між ціною продукції та її повною собівартістю. Використання таких підходів (методологічного та методичного) певною мірою підвищує розрахунковий рівень витрат на застосування інокулянтів, але водночас сприяє об'єктивнішій оцінці економічної ефективності всіх досліджуваних агрозаходів, які впливають на отримання додаткової продукції.

Оскільки наші польові дослідження проведено на порівняно невеликих за розмірами ділянках, то для визначення економічної ефективності застосування інокулянтів нами використано моделювання технологічних витрат в умовах виробничих масштабів за використання типових технологій вирощування гороху. Основні агротехнічні операції змодельовані згідно з [4], нормативи витрат ресурсів і алгоритм калькулювання продукції прийнято згідно з методикою [18; 19] із включенням додаткових операцій та витрат, пов'язаних із застосуванням досліджуваних препаратів. Ціни на основні види ресурсів та сільськогосподарську продукцію прийнято на середньому рівні 2019–2021 рр. згідно зі статистичними даними як порівняно стабільного цінового періоду до початку повномасштабної війни.

Для розрахунку основних показників енергетичної ефективності застосування досліджуваних засобів обробки насіння гороху витрати усіх видів використаних ресурсів та отримана продукція були переведені в енергетичні еквіваленти згідно з методами [20].

**Результати та їх обговорення.** Економічний аналіз застосування мікробних засобів поліпшення живлення сільськогосподарських культур свідчить, що зазвичай інокулянти є високоефективними за низкою показників, зокрема рентабельністю, собівартістю отриманої продукції, окупністю додатковим прибутком додаткових витрат тощо. Основні показники економічної ефективності застосування досліджуваних інокулянтів у виробництві гороху наведено в табл. 1.

Аналіз показників засвідчує, що взагалі внаслідок низької урожайності в системі органічного виробництва (без застосування добрив) та порівняно низьких цін на зерно гороху економічна ефективність вирощування цієї культури за цих обставин є невисокою, а в контрольному варіанті прибутковість наближається до нуля. Водночас застосування усіх варіантів інокуляції сприяє підвищенню всіх основних показників економічної ефективності: собівартість одиниці продукції зменшується, розмір прибутку із розрахунку на 1 га посівної площі та рівень рентабельності зростають з відповідним рівнем окупності додаткових витрат. Зазначене зумовлено, передусім, вищими темпами

Таблиця 1. Економічна ефективність застосування досліджуваних інокулянтів в технологіях вирощування гороху

Показники	Конт-роль	Обробка ПБК			Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г222			ПБК + бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г222		
		зна-чення	відхилення, +/-		зна-чення	відхилення, +/-		зна-чення	відхилення, +/-	
			абсо-лютне	віднос-не, %		абсо-лютне	віднос-не, %		абсо-лютне	віднос-не, %
Урожайність, т/га	1,74	1,81	+0,07	+4,0	2,11	+0,37	+21,3	2,29	+0,55	+31,6
Розрахункові витрати на 1 га, грн	10 423	10 468	+45	+0,4	10 536	+113	+1,1	10 591	+168	+1,6
Собівартість 1 т, грн	5990	5784	-206	-3,4	4993	-997	-16,6	4625	-1365	-22,8
Розрахункова виручка на 1 га, грн	10 505	10 928	+423	+4,0	12 739	+2234	+21,3	13 826	+3321	+31,6
Розрахунковий прибуток на 1 га, грн	82	460	+378	461,0	2203	+2121	в 25,9 раза	3235	+3153	в 38,4 раза
Розрахунковий рівень рентабельності, %	0,8	4,4	+3,6	×	20,9	+20,1	×	30,5	+29,7	×
Окупність додаткових витрат прибутком, грн/грн	×	8,41	×	×	18,84	×	×	18,82	×	×

росту урожайності (а відповідно, і грошових надходжень) у дослідних варіантах, як порівняти з темпами росту витрат на одиницю площі, пов'язаних із застосуванням інокулянтів. Водночас обробка насіння одним лише ПБК не забезпечує суттєвого росту урожайності гороху, відповідно, не спостерігається помітного підвищення економічної ефективності виробництва. Натомість варіанти з бактеризацією насіння *R. leguminosarum* Г222 та його поєднанням з ПБК демонструють значне підвищення показників економічної ефективності з високим рівнем окупності додаткових витрат. Варто підкреслити, що варіант із поєднаним застосуванням цих інокулянтів поряд з найвищим рівнем економічної ефективності характеризується ще й певним синергічним ефектом: за поєднаного застосування приріст показників економічної ефективності є вищим, ніж арифметична сума приростів варіантів із роздільним застосуванням. Так, наприклад, прирости рівнів рентабельності, як порівняти з контрольним варіантом, складають: за обробки

ПБК — 3,6 в. п., за бактеризації *R. leguminosarum* Г222 — 20,1 в. п., а за поєднаної обробки — 29,7 в. п. Подібне стосується й інших основних показників економічної ефективності.

Основні показники енергетичної ефективності виробництва зерна гороху в контрольному та дослідних варіантах наведено в табл. 2. За результатами аналізу наведених даних можна зробити висновок, що всі представлені варіанти вирощування гороху взагалі демонструють досить високий рівень енергетичної ефективності за відношенням енерговмісту отриманої продукції до енерговитрат на її виробництво (коефіцієнт енергетичної ефективності). Результати порівняльного аналізу розрахованих показників (табл. 2) свідчать, що у варіантах із застосуванням досліджуваних інокулянтів спостерігається значне відставання темпів росту витрат антропогенної енергії із розрахунку на 1 га посівної площі, як порівняти зі збільшенням урожайності та, відповідно, енерговмістом отриманої продукції.

Таблиця 2. Основні показники енергетичної ефективності застосування інокулянтів у вирощуванні гороху

Показники	Конт-роль	Обробка ПБК			Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г222			ПБК + бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г222		
		зна-чення	відхилення, +/-		зна-чення	відхилення, +/-		зна-чення	відхилення, +/-	
			абсо-лютне	віднос-не, %		абсо-лютне	віднос-не, %		абсо-лютне	віднос-не, %
Урожайність, т/га	1,74	1,81	+0,07	+4,0	2,11	+0,37	+21,3	2,29	+0,55	+31,6
Витрати антропогенної енергії на 1 га, МДж	12 833	12 971	+138	+1,1	13 091	+258	+2,0	13 282	+449	+3,5
Витрати антропогенної енергії на 1 т зерна, МДж	7375	7166	-209	-2,8	6204	-1171	-15,9	5800	-1575	-21,4
Енерговміст урожаю, МДж/га	30 781	32 019	+1238	+4,0	37 326	+6545	+21,3	40 510	+9729	+31,6
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,40	2,47	+0,07	+2,9	2,85	+0,45	+18,9	3,05	+0,65	+27,1
Коефіцієнт енергетичної ефективності додаткових витрат енергії	×	8,00	×	×	24,39	×	×	20,68	×	×

У підсумку коефіцієнти енергетичної ефективності за цими варіантами є значно вищими проти контролю, а додаткові витрати енергії, пов'язані із застосуванням інокулянтів, у 8,00–24,39 рази окупаються енергією додаткового урожаю.

Узагалі динаміка зміни показників енергетичної ефективності за різних варіантів досліджує подібною до динаміки зміни показників економічної ефективності: порівняно незначне підвищення за обробки ПБК, суттєве — за бактеризації *R. leguminosarum* Г222 і найвище — за поєднаного обробітку з помітним синергічним ефектом.

Узагальнюючи підсумки проведеного аналізу впливу застосування досліджуваних інокулянтів для передпосівного обробітку гороху на економічну та енергетичну ефективність його виробництва, треба відзначити доцільність застосування *R. leguminosarum* Г222 та його поєднання з ПБК за досліджуваними критеріями. Водночас варто підкреслити, що варіант із поєднанням *R. legumi-*

*nosarum* Г222 з ПБК за усіма показниками є найбільш ефективним.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М., Токмакова Л. М., Копилов Є. П., Козар С. Ф. ... Халеп Ю. М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / за ред. В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2006. 312 с.
2. Зернобобові культури: сучасні технології вирощування: монографія / за ред. А. В. Черенкова. Дніпро, 2014. 110 с.
3. Schuulte C. M., Khushbo B. R., Wheatley M. Metabolic control of nitrogen fixation in rhizobium-legume symbioses. *Science Advances*. 2021. № 7. P. 22–25. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abh243>
4. Cavassim M. I. A., Moeskjær S., Moslemi C., Fields B., Bachmann A., Vilhjálmsson B. J. ... Stig U. Andersen Symbiosis genes show a unique pattern of introgression and selection within a *Rhizobium leguminosarum* species complex. *Microbial Genomics*. 2020. № 6. P. 1–15. <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000351>
5. Bashan Y., Hernandez J. P., Leyva L. A.,

- Bacilio M. Alginate microbeads as inoculant carriers for plant growthpromoting bacteria. *Biology and Fertility of Soils*. 2002. Vol. 35. P. 359–368. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0481-5>
6. Temprano F. J., Albareda M., Camacho M., Daza A., Santamaría C., Rodríguez-Navarro D. N. Survival of Several Rhizobium/Bradyrhizobium strains on different inoculant formulations and Inoculated Seeds. *International microbiology*. 2002. Vol. 5(2). P. 81–86. <https://doi.org/10.1007/s10123-002-0067-y>
7. Deaker R., Roughley R. J., Kennedy I. R. Legume seed inoculation technology — a review. *Soil biology and biochemistry*. 2004. Vol. 36(8). p. 1275–1288. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.009>
8. Бечко П. К., Бондаренко Н. В., Власюк С. А., Кобилянський М. О. Інвестиційно-інноваційні пріоритети розвитку регуляторних механізмів підприємницької діяльності аграрного виробництва. *Економіка та держава*. 2020. № 3. С. 88–93. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2020.3.88>
9. Вожегова Р. А., Сорокунський С. С. Економічна та енергетична ефективність вирощування насіння гороху посівного залежно від сортового складу, інокулянтів та захисту рослин. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 99–104. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.17>
10. Капінос М. В. Агроекономічна та енергетична оцінка елементів технології вирощування сортів гороху в умовах Південного Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 72. С. 135–138.
11. Гирка А. Д., Ткаліч І. Д., Сидоренко Ю. Я., Бочевар О. В., Ільєнко О. В. Актуальні аспекти технології вирощування гороху в умовах Північного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 2. С. 31–35.
12. Жуйков О. Г., Лагутенко К. В. Горох посівний в Україні — стан, проблеми, перспективи. *Таврійський науковий вісник: землеробство, рослинництво, овочівництво та багтанництво*. 2017. № 98. С. 65–70.
13. Мельник В., Цимбал Б. Аналіз проблем підвищення енергоефективності аграрного виробництва. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*. 2022. № 1 (23). С. 99–114. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6823538>
14. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К. : Урожай. 1988. 305 с.
15. Смаглій О. Ф., Матвійчук Б. В. Особливості біологізації землеробства в Поліссі. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УАН»*. 2008. Вип. 1. С. 20–33.
16. Спосіб збереження життєздатності та функціональної активності діазотрофів: пат. 147467 Україна. МПК C05F 11/08 (2006.01) C12N 1/20, С. Ф. Козар, Т. А. Євтушенко, Т. О. Усманова; заявл. 21.10.2020; опубл. 12.05.2021, Бюл. № 19.
17. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. К. : Світ, 2001. 448 с.
18. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві: теорія, методологія, практика. Т. 1. Теорія ціноутворення та технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур / за ред. П. Т. Саблука, Ю. Ф. Мельника, М. В. Зубця, В. Я. Месель-Веселяка. Київ, 2008. 698 с.
19. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві: теорія, методологія, практика. Т. 2. Нормативна собівартість і ціни на сільськогосподарську продукцію / за ред. П. Т. Саблука, Ю. Ф. Мельника, М. В. Зубця, В. Я. Месель-Веселяка. Київ, 2008. 650 с.
20. Тараріко Ю. О., Несмашна О. М., Глущенко Л. Д. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (Науково-методичне забезпечення). К. : Аграрна наука, 2005. 200 с.

Отримано 29.09.2023

## ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF PEA INOCULATION WHEN GROWING CROP IN THE SYSTEM OF ORGANIC PRODUCTION

S. F. Kozar<sup>1</sup>, Yu. M. Khalep<sup>2</sup>, T. A. Yevtushenko<sup>2</sup>, O. V. Voronaia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chernihiv Polytechnic National University  
e-mail: kozarsf@gmail.com

<sup>2</sup>Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

**Objective.** To analyse economic and energy efficiency of inoculants based on a new strain *Rhizobium leguminosarum* Г222 in the technology of growing field peas. **Methods.** The calculation of the indicators of the economic efficiency of the cultivation of field peas for various seed treatment variants was carried out using methods and commonly used methodological approaches, which are based on a comparison of the results of the application of a certain agricultural measure with the costs of its implementation. The following indicators were studied: profit, cost per unit, payback of additional costs, as well as the level of profitability of production. Modelling of technological costs in the conditions of production scales using typical pea growing technologies has been used. The main agrotechnical operations have been modelled according to resource cost standards and product costing algorithms with the inclusion of additional operations and costs associated with the use of studied inoculants. In order to calculate the main indicators of the energy efficiency of the applied means for treatment of the pea seeds, the costs of all types of used resources and the obtained products were converted into energy equivalents according to generally accepted methods. **Results.** The use of inoculants based on *R. leguminosarum* Г222 contributes to increase in all the main indicators of economic efficiency: cost per unit, profit based on 1 ha of sown area and the level of profitability increase with the corresponding level of payback of additional costs. This is due to the higher rates of yield growth (and, accordingly, cash receipts) in experimental variants compared to the rates of increase of costs per unit area associated with the use of inoculants. According to the results of the energy efficiency analysis, it has been shown that the inoculation of peas with a new strain provides a high level of energy efficiency in terms of the ratio of the energy content of the obtained products to the energy consumption for its production (energy efficiency coefficient). The results of the comparative analysis of the calculated indicators show that in the variants with bacterization, there is a significant lag in the rates of increase of anthropogenic energy consumption per 1 ha of sown area versus the increase in yield and energy content of the obtained products. Additional energy costs associated with the use of inoculants are 8.00–24.39 times paid back by the energy of the additional harvest. **Conclusion.** The results of the analysis suggest high economic and energy efficiency of the use of the new strain *R. leguminosarum* Г222. The variant in which the use of *R. leguminosarum* Г222 was combined with a polysaccharide-protein complex is the most efficient.

Key words: economic and energy indicators, *Rhizobium leguminosarum*, polysaccharide-protein complex, peas.

### REFERENCES

1. Volkohon, V. V. (Ed.), Nadkernychna, O. V., Kovalevska, T. M., Tokmakova, L. M., Kopylov, Ye. P., Kozar, S. F. ... Khalep, Yu.M. (2006). *Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriya i praktyka*. [Microbialpreparations in agriculture. Theory and practice.] Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
2. Cherenkov, A. V. (Ed.). (2014). *Zernobobovi kultury: suchasni tekhnolohii vyroshchuvannia: monohrafiia* [Legume crops: modern growing technologies: monograph]. Dnipro [in Ukrainian].
3. Schuulte, C. M., Khushbo, B. R., & Wheatley, M. (2021). Metabolic control of nitrogen fixation in rhizobium-legume symbioses. *Science Advances*, 7, 22–25. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abh243>
4. Cavassim, M. I. A., Moeskjær, S., Moslemi, C., Fields, B., Bachmann, A., Vilhjálmsson, B. J., ... Stig, U. (2020). Andersen Symbiosis genes show a unique pattern of introgression and selection within

- a *Rhizobium leguminosarum* species complex. *Microbial Genomics*, 6, 1–15. <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000351>
5. Bashan, Y., Hernandez, J. P., Leyva, L. A., & Bacilio, M. (2002). Alginate microbeads as inoculant carriers for plant growthpromoting bacteria. *Biology and Fertility of Soils*, 35, 359–368. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0481-5>
6. Temprano, F. J., Albareda, M., Camacho, M., Daza, A., Santamaría, C., & Rodríguez-Navarro, D. N. (2002). Survival of Several *Rhizobium/Bradyrhizobium* strains on different inoculant formulations and Inoculated Seeds. *International microbiology*, 5(2), 81–86. <https://doi.org/10.1007/s10123-002-0067-y>
7. Deaker, R., Roughley, R. J., & Kennedy, I. R. (2004) Legume seed inoculation technology — a review. *Soil biology and biochemistry*, 36(8), 1275–1288. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.009>
8. Bechko, P. K., Bondarenko, N. V., Vla-siuk, S. A., & Kobylanskyi, M. O. (2020). Investytsiino-innovatsiini priorytety rozvytku rehulatornykh mekhanizmiv pidpriemnytskoi diialnosti ah-rarnoho vyrobnytstva [Investment and innovation priorities for the development of regulatory mechanisms of entrepreneurial activity of agrarian production]. *Ekonomika ta derzhava — Economy and state*, 3, 88–93 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2020.3.88>
9. Vozhehova, R. A., & Sorokunskyi, S. S. (2021). Ekonomichna ta enerhetychna efektyvnist vyroshchuvannya nasinnia horokhu posivnoho za-lezhno vid sortovoho skladu, inokuliantiv ta zakhys-tu roslyn [Economic and energy efficiency of pea seed cultivation depending on varietal composition, inoculants and plant protection] *Ahrarni innovatsii — Agricultural Innovations*, 7, 99–104 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.17>
10. Kapinos, M. V. (2019). Ahroekonomichna ta enerhetychna otsinka elementiv tekhnolohii vy-roshchuvannya sortiv horokhu v umovakh Pivdenno-ho Stepu Ukrainy [Agro-economic and energy eval-uation of elements of the technology of growing pea varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine] *Zroshuvane zemlerobstvo — Irrigated ag-riculture*, 72, 135–138 [in Ukrainian].
11. Hyrka, A. D., Tkalic, I. D., Sydorenko, Yu. Ya., Bochevar, O. V., & Iliencko, O. V. (2018). Aktualni aspekty tekhnolohii vyroshchuvan-nia horokhu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Current aspects of the technology of growing peas in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine] *Visnyk ah-rarnoi nauky — Bulletin of Agrarian Sci-ence*, 2, 31–35 [in Ukrainian].
12. Zhuikov, O. H., & Lahutenko, K. V. (2017). Horokh posivnyi v Ukraini — stan, problemy, per-spektyvy [Peas for sowing in Ukraine — condition, problems, prospects]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: zemlerobstvo, roslynnystvo, ovochivnystvo ta bash-tannystvo — Taurian scientific bulletin: agriculture, plant growing, vegetable growing and melon grow-ing*, 98, 65–70 [in Ukrainian].
13. Melnyk, V., & Tsymbal, B. (2022). Analiz problem pidvyshchennia enerhoefektyvnosti ahrar-noho vyrobnytstva [Analysis of the problems of energy efficiency monitoring of agricultural produc-tion]. *Naukovyi zhurnal “Inzheneriia pryrodokorys-tuvannia” — Scientific journal “Environmental En-gineering”*, 1(23), 99–114 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6823538>
14. Medvedovskyi, O. K., & Ivanenko, P. I. (1988). Enerhetychni analiz intensyvnykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Ener-gy analysis of intensive technologies in agricultural production]. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
15. Smahlii, O. F., & Matviichuk, B. V. (2008) Osoblyvosti biolohizatsii zemlerobstva v Polissi. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovo-ho tsentru “Instytut zemlerobstva UAAN” — Collection of scientific works of the National Scientific Center “Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences”*, 1, 20–33 [in Ukrainian].
16. Pat. 147467 UA, MPK C05F11/08 (2006.01), C12N1/20. The method of preserving the viability and functional activity of diazotrophs, Kozar, S. F., Yevtushenko, T. A., Usmanova, T. O., Publ. 12.05.2021 [in Ukrainian].
17. Trybel, S. O. (Ed.). (2001). Metodyka vy-probuvannya i zastosuvannya pestytsydiv [Methodol-ogy of testing and application of pesticides]. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
18. Sabluk, P. T., Melnyk, Yu. F., Zubets, M. V., Mesel-Veseliak, V. Ya. (Eds.). (2008). Tsinoutvo-rennia ta normatyvni vytraty v silskomu hospo-darstvi: teoriia, metodolohiia, praktyka [Production and regulatory costs in agriculture: theory, methodol-ogy, practice]. Vol. 1. Kyiv [in Ukrainian].
19. Sabluk, P. T., Melnyk, Yu. F., Zubets, M. V., Mesel-Veseliak, V. Ya. (Ed.). (2008). Tsinoutvoren-nia ta normatyvni vytraty v silskomu hospo-darstvi: teoriia, metodolohiia, praktyka [Production and reg-ulatory costs in agriculture: theory, methodology, practice]. Vol. 2. Kyiv [in Ukrainian].
20. Tarariko, Yu. O., Nesmashna, O. M., & Hlushchenko, L. D. (2005). Bioenerhetychna otsinka silskohospodarskoho vyrobnytstva (Naukovo-meto-dychno zabezpechennia) [Bioenergetic evaluation of agricultural reliability (Scientific and methodologi-cal support)]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

Received 29.09.2023