

УДК 332.34; 631.8
JEL: Q16; Q55; Q57
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-9-40-52>

ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ БІОГАЗОВИХ СТАНЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТА ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ

©2022 ЛОГОША Р. В., ПАЛАМАРЧУК В. Д., КРИЧКОВСЬКИЙ В. Ю.

УДК 332.34; 631.8
JEL: Q16; Q55; Q57

Логоша Р. В., Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю. Економічна та біоенергетична ефективність використання дигестату біогазових станцій при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур в умовах євроінтеграції України

Метою статті є визначення економічної та біоенергетичної ефективності біоорганічного добрива на основі дигестату, з урахуванням вартості основних елементів живлення. У статті наведено розрахунки економічних показників досліджуваних елементів технології вирощування кукурудзи на зерно й овочевих культур в Україні, які свідчать про те, що вирощування даних культур економічно вигідне в усіх варіантах. Дослідженням встановлено, що підвищення економічної ефективності виробництва кукурудзи на зерно й овочевих культур при застосуванні різних норм внесення добрив досягається завдяки вагомішому позитивному впливу зростання урожайності порівняно з додатковими витратами, пов'язаними із застосуванням даних агротехнічних заходів, при цьому додаткові витрати, зумовлені застосуванням добрив, багатократно окупаються. Доведено, що застосування мінеральних добрив та їх поєднання з високими нормами біоорганічного добрива (дигестату) під кукурудзу й овочеві культури сприяє підвищенню врожайності, а енергетична ефективність даного добрива досить висока, що свідчить про енергоощадність досліджуваної технології вирощування культур. Норми добрив доцільно застосовувати такі, за яких можна отримати найбільшу енерговіддачу при оптимальних витратах, забезпечивши дотримання пріоритетної політики енергозбереження в аграрному виробництві. Набули подальшого розвитку теоретичні та практичні положення щодо екологічної проблеми (утилізації відходів тваринництва, зокрема свинокомплексу), енергетичної проблеми (виробництво біогазу в біогазовій станції) та агрономічної проблеми (отримання органічного добрива), що забезпечує збільшення урожайності та покращення якості продукції сільськогосподарських та овочевих культур, тобто дає можливість отримувати високоякісну продукцію рослинництва й овочівництва при утилізації відходів тваринництва. Запропонований підхід до економічної оцінки технологій вирощування кукурудзи на зерно та столових коренеплодів залежно від системи внесення добрив дає можливість підвищити рівень продуктивності сільськогосподарських та овочевих культур за умови ефективного використання біоорганічних добрив у сучасних умовах різкого зростання вартості мінеральних добрив. Разом із цим визначено енергетичну ефективність вирощування кукурудзи на зерно та столових коренеплодів залежно від системи удобрення, що дозволить збільшити урожайність культур за відсутності зростання витрат на добрива.

Ключові слова: дигестат, «Ефлюент», енергетична безпека, енергетична ефективність, біоенергетична ефективність.

Табл.: 7. **Бібл.:** 31.

Логоша Роман Васильович – доктор економічних наук, доцент, завідувач кафедри аграрного менеджменту та маркетингу, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008, Україна)

E-mail: Lrv@vsau.vin.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6462-5083>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1013277>

Паламарчук Віталій Дмитрович – доктор сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008, Україна)

E-mail: vd-palamarchuk@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4906-3761>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57204779945>

Кричковський Вадим Юрійович – доктор філософії (Агрономія), директор ТОВ «Органік-Д» (вул. Жовтнева, 118, Вінницька обл., с. Сутиски, 23320, Україна)

E-mail: organik.d.ltd@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4415-0708>

UDC 332.34; 631.8
JEL: Q16; Q55; Q57

Lohosha R. V., Palamarchuk V. D., Krychkovskiy V. Yu. The Economic and Bioenergy Efficiency of Use of the Biogas Plant Digestate in the Cultivation of Agricultural and Vegetable Crops in the Context of European Integration of Ukraine

The purpose of the article is to determine the economic and bioenergy efficiency of bioorganic fertilizer based on digestate, taking into account the cost of basic nutrient elements. The article presents calculations of economic indicators of the examined elements of the technology of growing corn for grain and vegetable crops in Ukraine, which indicate that the cultivation of these crops is economically beneficial in all versions. The study found that increasing the economic efficiency of corn production for grain and vegetable crops when applying different norms of fertilizer application is achieved due to the more significant positive impact of yield growth compared to additional costs associated with the use of these agritechnical means, while additional costs caused by the use of fertilizers pay off many times. It is proved that the use of mineral fertilizers and their combination with high norms of bioorganic fertilizer (digestate) for corn and vegetable crops contributes to an increase in yield, and the energy efficiency of this fertilizer is quite high, which indicates the energy saving concerning the studied technology of growing crops. It is advisable to apply such fertilizer norms at which it is possible to obtain the greatest energy output at optimal costs, ensuring compliance with the priority policy of energy saving in agricultural production. The theoretical and practical provisions on the ecological problem (utilization of livestock waste, in particular in the case of pig farms), the energy problem (biogas production in a biogas plant) and the agronomic problem (obtaining organic fertilizer) have been further developed, which ensures an increase in yield and improvement of the quality of agricultural and vegetable crops, that is, makes it

possible to obtain high-quality crop and vegetable products during utilization of livestock waste. The proposed approach to the economic assessment of technologies for growing corn for grain and table root crops, depending on the fertilizer application system, makes it conceivable to increase the level of productivity of agricultural and vegetable crops, provided that bioorganic fertilizers are effectively used in modern conditions of a sharp increase in the cost of mineral fertilizers. At the same time, the energy efficiency of growing corn for grain and table root crops depending on the fertilizer system has been determined, which will increase crop yields in the absence of an increase in fertilizer costs.

Keywords: digestate, «Effluent», energy security, energy efficiency, bioenergy efficiency.

Tabl.: 7. **Bibl.:** 31.

Lohosha Roman V. – D. Sc. (Economics), Associate Professor, Head of the Department of Agricultural Management and Marketing, Vinnytsia National Agrarian University (3 Soniachna Str., Vinnytsia, 21008, Ukraine)

E-mail: Lrv@vsau.vin.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6462-5083>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1013277>

Palamarchuk Vitalii D. – D. Sc. (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Plant Breeding, Breeding and Bioenergy Crops, Vinnytsia National Agrarian University (3 Soniachna Str., Vinnytsia, 21008, Ukraine)

E-mail: vd-palamarchuk@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4906-3761>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57204779945>

Krychkovskiy Vadym Yu. – Doctor of Philosophy (Agronomy), Director, Organik-D LLC (118 Zhovtneva Str., Sutysky, Vinnytsia region, 23320, Ukraine)

E-mail: organik.d.ltd@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4415-0708>

Аля інтенсивного ведення аграрного виробництва та повноцінного відтворення запасів гумусу в Україні щорічно потрібно вносити близько 350 млн т органічних добрив. Раніше цей баланс підтримувався, головним чином, за рахунок вітчизняного тваринництва. Проте поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ) в Україні за останні 30 років скоротилося в понад 4,5 разу. За сучасних умов на 1 га ріллі в Україні припадає в понад 10 разів менше голів ВРХ, ніж у країнах Західної Європи. Під урожай сільськогосподарських та овочевих культур останніми роками вносилося в середньому у 20 разів менше органічних добрив, ніж необхідно. Як наслідок, ґрунт без органічних речовин виснажується, що призводить до зменшення врожайності сільськогосподарських культур. Якщо дана тенденція зберігатиметься й надалі, то в недалекому майбутньому Україна може опинитися на порозі екологічної катастрофи, так званого гумусового голоду. За цих умов жодні агротехнічні, меліоративні, природоохоронні й організаційно-господарські заходи не зможуть відновити агротехнічного потенціалу землі. У сучасних умовах ведення землеробства в Україні реальним джерелом органічних добрив є солома, стерня, стебла та інші післязбиральні рештки, сидерати, а також відходи тваринництва (гній) після утримання свиней, ВРХ, курей, тому дуже важливо визначити економічну та біоенергетичну ефективність їх використання.

Дигестат (зброджений осад), який залишається в біореакторі після отримання біогазу, є чудовим заміником органічного добрива і за своїм хімічним складом здатний повністю відновити гумусну частину родючого шару ґрунту, але його вартість необґрунтована з позиції ціни поживних хімічних елементів, з яких він складається. Відомо, що під час процесів бродіння в біогазовому реакторі розкладається біля 30% органічних речовин, таким чином, маса вихід-

ного субстрату після закінчення процесів бродіння зменшується всього на 3% [1].

Загальноприйнятої єдиної назви збродженого осаду із біогазової установки немає. У вітчизняній та зарубіжній літературі його позначають різними термінами: ефлюент, біодобриво, біоорганічне добриво, дигестат, біогазовий осад, біошлам [2–4]. При розділенні осаду із біогазової установки утворюються тверда фракція (погазований шлам) і рідка (фугат) частина. Ці дві частини дигестату є біоорганічним добривом, яке відразу можна використовувати як для основного удобрення, так і для прикореневого підживлення сільськогосподарських культур. Окремі автори пропонують вносити біоорганічне добриво на основі дигестату в основне удобрення та передпосівне [4]. Враховуючи те, що більшість промислових біогазових реакторів мають великі об'єми, основною проблемою біодобрив, які отримують з біогазової установки, є їх зберігання і збут.

Дане біоорганічне добриво, у вигляді погазованого шламу із біогазового реактора, має дуже корисну властивість – воно здатне за рахунок значного вмісту кальцію та магнію знижувати кислотність ґрунту. Порівняно з мінеральними добривами, які засвоюються на 35–50%, біоорганічне добриво засвоюється кореневою системою рослин майже повністю. Цінність такого добрива полягає в тому, що елементи живлення знаходяться в органічній формі [1; 3].

Дигестат (біоорганічні добрива) утворюється у процесі анаеробного збродження рослинної біомаси та відходів тваринництва, тобто відходів сільськогосподарського виробництва, яка під час заготівлі містить корисну мікрофлору, але не містить яєць і личинок гельмінтів, насіння бур'янів.

Зарубіжні дослідники J. Abubaker, K. Risberg, M. Pell стверджують, що застосування дигестату стимулює ріст ґрунтових мікроорганізмів та їх метабо-

лічну діяльність [5]. Дигестат, який отримують із біогазової установки, здатен підвищувати врожайність сільськогосподарських культур у порівнянні з гноєм на 10–30% [2; 3]. У результаті проведених дослідів після внесення дигестату із біогазової установки було встановлено збільшення врожайності картоплі на 30%, багаторічних злакових газонних трав – у 3 рази, розсади капусти і томатів – на 12–15%, біомаси в цілому – на 30–50% [6].

На жаль, в Україні ґрунтовно не досліджували вплив біоорганічних добрив на врожайність сільськогосподарських культур, тому доводиться спиратися на дані вчених Білорусі, Казахстану, Латвії та Киргизстану, де ці технології широко впроваджені.

У багатьох країнах світу виробництво та реалізація біоорганічних добрив із біогазової установки – це дуже вигідний бізнес. Собівартість виробництва одного літра такого добрива становить максимум 10–15 центів за наявності лінії сушки та фасування, а оптова ціна на внутрішньому ринку – 1,0–1,5 дол. США [3].

Метою статті є визначення економічної та біоенергетичної ефективності біоорганічного добрива на основі дигестату з урахуванням вартості основних елементів живлення.

Визначимо методику й умови проведення досліджень та основні методологічні підходи, які були використано при визначенні економічної та біоенергетичної ефективності біоорганічного добрива на основі дигестату.

Агрохімічний склад свинячого гною визначали в лабораторії Prime Lab Tech, що має міжнародну сертифікацію згідно з ISO 22000, відповідно до існуючих ДСТУ та методичних вказівок. Мікробіологічний аналіз біоорганічного добрива проводили в біолабораторії ТОВ «Інститут прикладної біотехнології».

Економічну ефективність розраховували з використанням технологічних карт вирощування культур і врахуванням усіх статей витрат: вартість насіння, добрив, паливно-мастильних матеріалів, отрутохімкатів, врожаю та інших, які приймали за розцінками 2021 р. Економічну ефективність застосування біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі анаеробного зброджування свинячого гною при вирощуванні кукурудзи, моркви та буряків столових; обробку цифрового матеріалу проведено згідно з рекомендаціями [7–9].

Анаеробне збродження гною проводиться протягом 14 днів. Отримане біоорганічне добриво «Ефлюент» сертифіковане (ТУ У 20.1-38731462-001:2018) та запатентоване в Україні.

Еколого-економічну й енергетичну ефективність використання добрив розраховували за загальноприйнятими методиками [10]. Дослідні дані оброблялися дисперсійним, кореляційним і регресійним методами аналізу за А. А. Жученком [11] на персональному комп'ютері із використанням спеціальних прикладних програм для Windows: Excel, Statistica.

Основними хімічними елементами, завдяки наявності яких у родючому шарі ґрунту підвищується врожайність зернових, бобових і технічних культур, є азот, фосфор, калій, а для деяких рослин – магній. Із наукової та довідкової літератури було підібрано, узагальнено та проаналізовано дані про вартість поживних елементів у широко застосовуваних неорганічних добривах – карбамід, аміачна селітра, сульфат амонію, амофос, діамофоска, нітроамофоска, суперфосфат, КАС-32, калій хлористий. У цих добривах такі поживні елементи, як азот, фосфор, калій та магній знаходяться у вигляді солей – нітратів, фосфатів, калійних і магнієвих. Враховуючи хімічні формули солей добрив, було визначено частку кожного із елементів і, базуючись на ціні мінерального добрива та частки кожної зі складових поживних елементів, розраховано вартість кожного елемента.

Захарів О. Я. визначив вартість азоту в мінеральних добривах, які збалансовані за вмістом складових елементів для різних видів сільськогосподарських рослин. Вартість складала 26,68 грн за 1 кг, відповідно фосфору – 23,63 грн/кг, калію – 0,79 грн/кг, магнію – 0,35 грн/кг. При цьому, орієнтуючись на середній курс НБУ української гривні відносно долара США і євро станом на грудень 2019 р., було розраховано вартість кожного із поживних елементів добрива в доларах США та євро. Вартість нітрогену в неорганічних добривах становить 1,05 євро, чи 1,14 доларів США за 1 кг, відповідно фосфору – 0,93 євро, чи 1,01 доларів США за 1 кг, калію – 0,72 євро, чи 0,79 доларів США за 1 кг, магнію – 0,32 євро, чи 1,35 доларів США за 1 кг [12].

В органічних добривах, що використовуються для поліпшення родючості у аграрних підприємствах Тиврівського району Вінницької області, міститься різна кількість поживних елементів залежно від їх походження із різних господарств. У своїх розрахунках ми використовували органічне добриво на основі свинячого гною зі свинокомплексу ТОВ «Субекон», де знаходиться понад 12 000 голів свиней на відгодівлі, а також органічне добриво на основі органічних решток від вирощування кукурудзи, моркви, столового буряка в с. Сутиски Тиврівського району Вінницької області.

Мікробіологічний склад безпідстилкового свинячого гною, що використовується для отримання біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату [2], наведено в *табл. 1*.

Проходження свинячого гною через біогазову установку забезпечує зменшення кількості патогенних мікроорганізмів та збільшує кількість сапрофітних організмів, що істотно покращує мікробіологічний склад отриманого біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату.

Аналізуючи видовий склад патогенних грибів перебродженого та неперебродженого гною (*табл. 2*), необхідно відмітити, що в перебродженому гної кіль-

Таблиця 1

Кількісний склад мікроорганізмів у зразках рідкого свинячого гною (над 25.02.2019 р.)

| № з/п | Вид свинячого гною | Усього, тис./г | у т. ч.: | | | | Гриби-антагоністи | | Токсинуотворювальні види грибів | |
|-------|--------------------|----------------|----------------|------|------------------|------|-------------------|-----|---------------------------------|------|
| | | | патогенні види | | сапротрофні види | | тис/г | % | тис/г | % |
| | | | тис/г | % | тис/г | % | | | | |
| 1 | Непероброджений | 118,8 | 79,2 | 66,7 | 39,6 | 33,3 | 11,3 | 9,5 | 101,8 | 85,7 |
| 2 | Пероброджений | 193,8 | 12,6 | 6,4 | 181,2 | 93,6 | 6,2 | 3,2 | 31,2 | 16,1 |

Джерело: авторська розробка.

Таблиця 2

Родове співвідношення патогенної мікрофлори в зразках свинячого гною (на 25.02.2019 р.)

| № з/п | Варіант | Усього патогенних грибів | | У тому числі із родів, % | | |
|-------|-----------------|--------------------------|------|--------------------------|------------|-------------|
| | | тис./г | % | Fusarium | Alternaria | Aspergillus |
| 1 | Непероброджений | 79,2 | 66,7 | 9,5 | 0 | 57,2 |
| 2 | Пероброджений | 12,6 | 6,4 | 3,2 | 3,2 | 0 |

Джерело: авторська розробка.

Таблиця 3

Видове співвідношення сапротрофної мікрофлори свинячого гною (на 25.02.2019 р.)

| № з/п | Варіант | Усього сапротрофних грибів | | У тому числі із родів, % | |
|-------|-----------------|----------------------------|------|--------------------------|------------|
| | | тис./г ґрунту | % | Penicillium | Acremonium |
| 1 | Непероброджений | 39,6 | 33,3 | 33,3 | 0 |
| 2 | Пероброджений | 181,2 | 93,6 | 87,1 | 6,5 |

Джерело: авторська розробка.

кість патогенних грибів із роду *Fusarium* зменшилася до 3,2%, тоді як у неперобродженого гною вона становила 9,5%. Крім того, у перобродженому гної взагалі відсутні гриби із роду *Aspergillus*, тоді як у неперобродженому гної їх кількість становить 57,2%.

Аналізуючи видовий склад сапротрофних грибів (табл. 3), необхідно відмітити види із роду *Penicillium* (*P. janczewskii* Zaleski, *P. raciborskii* Zaleski, *P. simplicissimum* (Oudem.) Thom, *P. chryzogenum* Thom) та із роду *Acremonium* (*A. Kiliense* Grutz).

Кількість сапрофітних грибів у неперобродженому гної становить із роду *Penicillium* – 33,3%, із роду *Acremonium* взагалі не виявлено, тоді як у перобродженому вигляді їх кількість зростає і складає – *Penicillium* – 87,1% та *Acremonium* – 6,5%.

Отже, проходження свинячого гною через біогазову установку забезпечує зменшення кількості патогенних мікроорганізмів та збільшує кількість сапрофітних організмів, що істотно поліпшує мікробіологічний склад отриманого біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату.

Окрім мікробіологічного складу, для отриманого добрива важливе значення має агрохімічний склад (табл. 4).

Біоорганічне добриво «Ефлюент» на основі дигестату характеризується лужною реакцією (рНсольове 8,5), високою кількістю вологи, яка в масовій частці становить 98,4%, значним вмістом нітратного азоту (18,2 мг/кг), міді (4,6 мг/кг), цинку (32 мг/кг), марганцю (20 мг/кг) та заліза (120 мг/кг). Якщо перевести вміст елементів живлення по діючій речовині на 1 т біоорганічного добрива «Ефлюент», то в ньому міститься: 2,9 кг азоту; 0,9 кг фосфору; 3,2 кг калію; 3,5 кг кальцію та 0,42 кг магнію. Тому використання даного добрива дозволить забезпечити рослини як макро-, так і мікроелементами.

Потребу в елементах живлення, забезпеченості ґрунту макро- та мікроелементами, дослідження агрохімічного мікробіологічного складу біоорганічного добрива проводили в акредитованих і сертифікованих лабораторіях. Для коригування забезпеченості рослин елементами живлення в період вегетації використовували функціональний метод листкової діагностики за допомогою портативної лабораторії «Агровектор» – ПФ-014.

Наведемо дані агрохімічного складу та вартісних показників біоорганічних добрив, отриманих від різних видів тварин (табл. 5).

Результати агрохімічного аналізу біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату (за 2019–2020 рр.)

| № з/п | Найменування показників, одиниця вимірювання | Результати випробувань |
|----------------------|--|------------------------|
| 1 | pH сольове | 8,2–8,5 |
| 2 | Масова частка води, % | 97,5–98,4 |
| 3 | Суша речовина, % | 1,6–2,5 |
| 4 | Вміст золи в натурі / в абсолютно сухій речовині, % | 0,60/34,5–37,3 |
| 5 | Вміст органічної речовини в натурі / в абсолютно сухій речовині, % | 1,00/62,7 |
| Макроелементи | | |
| 6 | Нітратний азот, мг/кг | 18,2 (0,06%) |
| 7 | Амонійний азот, кг/т | 2,3–3,0 |
| 8 | Загальний азот, кг/т | 2,9–4,1 |
| 9 | Фосфор у перерахунку на P ₂ O ₅ , кг/т | 0,9–1,3 |
| 10 | Калій у перерахунку на K ₂ O, кг/т | 1,8–3,2 |
| 11 | Сірка в перерахунку на SO ₃ , кг/т | 0,54 |
| 11 | Магній у перерахунку на MgO, кг/т | 0,42–0,52 |
| 12 | Кальцій у перерахунку на CaO, кг/т | 1,1–3,5 |
| Мікроелементи | | |
| 13 | Мідь, мг/кг | 4,6–19,0 |
| 14 | Цинк, мг/кг | 32,0–43,0 |
| 15 | Марганець, мг/кг | 14,9–20,0 |
| 16 | Залізо, мг/кг | 45,1–120,0 |
| 17 | Молибден, мг/кг | 0,23 |

Джерело: авторська розробка.

Розрахунок вартості біодобрива із коров'ячого та свинячого гною із різним вмістом сухої речовини [13]

| Основні елементи живлення | Вміст поживних елементів у біодобриві (кг/т) | Вартість поживної речовини в 1 тонні органічного добрива грн/т | | |
|--|--|--|--------------|---------------|
| | | €/т | \$/т | Грн/т |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Біодобриво із свинячого гною (25% сухої речовини) | | | | |
| Нітроген | 4,5 | 4,73 | 5,16 | 120,06 |
| Фосфор | 5,6 | 5,21 | 5,67 | 132,33 |
| Калій | 6,2 | 4,46 | 4,87 | 113,46 |
| Магній | 1,7 | 0,54 | 0,59 | 13,82 |
| Усього | 18,0 | 24,88 | 16,29 | 379,67 |
| Біодобриво із коров'ячого гною (25% сухої речовини) | | | | |
| Нітроген | 3,6 | 5,4 | 5,9 | 96,05 |
| Фосфор | 2,8 | 2,6 | 2,84 | 66,16 |
| Калій | 7,7 | 5,54 | 6,04 | 140,91 |
| Магній | 1,4 | 0,45 | 0,49 | 11,38 |
| Усього | 15,5 | 13,99 | 15,27 | 314,50 |
| Біодобриво із свинячого гною (25% сухої речовини) | | | | |
| Нітроген | 1,8 | 1,89 | 2,06 | 48,02 |
| Фосфор | 2,4 | 2,23 | 2,43 | 56,71 |
| Калій | 2,3 | 1,66 | 1,81 | 42,09 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----|------|------|--------|
| Магній | 0,7 | 0,22 | 0,24 | 5,69 |
| Усього | 7,2 | 6,0 | 6,54 | 152,51 |
| Біодобриво із коров'ячого гною (5% сухої речовини) | | | | |
| Нітроген | 0,9 | 0,95 | 1,03 | 24,01 |
| Фосфор | 1,2 | 1,12 | 1,22 | 28,36 |
| Калій | 2,5 | 1,80 | 1,96 | 45,75 |
| Магній | 0,5 | 0,16 | 0,17 | 4,07 |
| Усього | 5,1 | 4,03 | 4,38 | 102,19 |

У гною свиней – як рідкої, так і густої консистенції – характерним є більший вміст азоту, фосфору та магнію порівняно із гноєм ВРХ. Проте в коров'ячому гною виявлено більший вміст калію порівняно зі свинячим гноєм. Тому використання біодобрива на основі рідкого чи відстояного свинячого гною є більш актуальним для росту та розвитку вегетативної частини зернових сільськогосподарських культур, а біодобриво на основі коров'ячого гною доцільніше використовувати для підвищення врожайності коренеплодів і вносити у ґрунти восени. З результатів, наведених у табл. 1, видно, що чим густіша консистенція біодобрива, тим вища його вартість. Так, 1 т густого (25% сухої речовини) біодобрива зі свинячого гною, враховуючи вартість складових поживних елементів, коштує 379,67 грн, а 1 т густого біодобрива із коров'ячого гною коштує 314,50 грн, що може використовуватися при реальній реалізації фермерами на сільськогосподарському ринку продукції. Також ми бачимо, що тривале зберігання свіжого гною в компостних ямах не приводить до суттєвого збільшення ціни. При втраті вологи більше ніж у 5 разів вартість біодобрива зростає всього у 2,5 разу для біодобрива зі свинячого гною та в 3 рази – для біодобрива із коров'ячого гною. Також, як видно з даних, наведених у табл. 5, тривале зберігання органічного добрива на основі свинячого та коров'ячого гною призводить до суттєвої втрати нітрогену та є збитковим [12].

Впровадження у виробництво культури чи технології вирощування, окрім показників урожайності та якості продукції, повинне супроводжуватися й економічним обґрунтуванням. Добір економічних варіантів технології, які забезпечують окупність затрачених ресурсів з максимальною ефективністю, необхідно розробляти на основі оцінки результатів досліджень та аналізу елементів технологічного процесу. Це приведе до поліпшення якості продукції, збільшення обсягів виробництва та зниження виробничих витрат [13].

Кінцева оцінка заходів, які спрямовані на одержання високих врожаїв та поліпшення якості продукції, підтверджується їх економічною ефективністю.

На сьогоднішній день жоден із товаровиробників не почне освоєння нових технологій без достовірної оцінки енерговитрат і розрахунку економічних показників [14; 15].

Серед чинників, які визначають рівень економічної ефективності вирощування овочів та кукурудзи на зерно, значне місце належить інноваційним технологічним прийомам їх вирощування, які допомагають повніше реалізовувати їх генетичний потенціал [16–18].

Одним із головних показників, що характеризують економічну ефективність виробництва, є рентабельність. Аналіз показників рентабельності дає змогу визначити, які види продукції найбільш вигідно виробляти в господарстві, де закладені найбільші можливості підвищення прибутковості виробництва. Чим вища рентабельність виробництва, тим більше можливостей у господарства здійснювати науково-технічний прогрес, всебічну інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва [19].

Ефективність будь-якої технології вирощування сільськогосподарської та овочевої культури має підтверджуватися позитивним результатом аналізу економічної ефективності [20]. Економічна оцінка технологічного процесу виробництва дає можливість виявити конкретні можливості підвищення ефективності його роботи за допомогою певних прийомів і методів, до яких належать: економічний аналіз, індексний метод, інтегральний метод, метод порівняння, метод експертних оцінок, кореляційний, регресійний і кластерний аналіз. Економічний аналіз призначений для ведення та використання безпосередньо на підприємстві та в окремих його ланках. Розгляд економічних характеристик дозволяє встановити вплив технічних, технологічних і організаційно-господарських показників з урахуванням їх впливу на техніко-економічні показники [21].

Енергетичний аналіз сучасних агроєкосистем свідчить, що антропогенна енергія значною мірою визначає величину продуктивності агрофітоценозів. При аналізі потоків цієї енергії необхідно враховувати не тільки її витрати на вирощування окремих

культур, але й енергоемність відновлення родючості ґрунту [22].

Технологічні процеси виробництва сільськогосподарської продукції оцінюються системою різних показників. Порівняння й узагальнення їх неможливе через різні одиниці вимірювання. Такими єдиними енергетичними показниками аналізу результатів сільськогосподарської діяльності можуть служити міжнародні одиниці енергії (калорії або джоулі) [23].

Дослідження економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур проведено на прикладі вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту.

Аналіз світового досвіду показує, що висока економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі кукурудзи та овочів відкритого ґрунту, досягається за рахунок раціонального поєднання факторів виробництва та розміщення, спеціалізації, концентрації, інтенсифікації та високої товарності.

Наявність показників економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур дає змогу оцінити й обрати економічно вигідніший варіант технології та намітити шлях економії ресурсів і затрат енергії як загалом по технологічному потоку, так і за окремими складовими. Економічно ефективні лише ті прийоми виробництва, які забезпечують збільшення виходу продукції з одиниці площі за невеликих затрат праці та засобів [20; 24; 25].

За допомогою показників економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур можна вибрати економічно вигідний варіант технології і шлях можливої економії ресурсів та енергії як в цілому по технологічному процесу вирощування, так і по ефективності окремих його елементів.

Для розкриття проблеми, яка висвітлюється у статті, і виконання поставлених завдань розрахунків економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту проводили на основі даних технологічних карт вирощування кожної культури. Вартість паливно-мастильних матеріалів, насіння культур, засобів захисту рослин, мінеральних добрив та біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату розраховували станом на листопад 2021 р. Ціна реалізації 1 т зерна кукурудзи на біржових торгах на момент проведення дослідження складала 5 000 грн, вартість 1 т товарних коренеплодів моркви становила 7 000 грн, а буряка столового – 8 000 грн.

Проведений економічний аналіз технологічних прийомів вирощування кукурудзи та овочів відкритого ґрунту (моркви посівної та буряка столового) показав, що на показники економічної ефективності виробництва товарної продукції – зерна та коренеплодів – суттєво впливав такий технологічний прийом вирощування, як удобрення. При його застосу-

ванні як окремо взятого фактора було виявлено таку закономірність: зі збільшенням норм живлення зростали кількість і вартість додаткової продукції, умовно чистий прибуток з кожного гектара та, відповідно, рівень рентабельності.

Найнижчі показники економічної ефективності спостерігалися на контрольних варіантах, де не проводили внесення добрив під основний обробіток ґрунту. Підрахунками встановлено, що на варіантах вирощування сільськогосподарських культур, де не було удобрення, виробничі витрати для кукурудзи становили 19841,0 грн/га, моркви посівної – 96665,0 грн/га, а буряка столового – 89466,0 грн/га. При цьому чистий прибуток відповідно склав: 14059,0; 105004,0 та 207494,0 грн/га, а рівень рентабельності – 71, 106 та 232% (табл. 6).

Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату сприяло підвищенню врожайності зерна кукурудзи на 3,50–6,08 т/га, збільшенню умовно чистого прибутку на 12993,0–17215,0 грн/га та рівня рентабельності на 36–47%. Найвищі показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно спостерігалися за умов внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату нормою 55,0 т/га. При внесенні даного фону добрив сума прибутку становила 31274,0 грн/га, собівартість 1 т зерна була на рівні 2290 т/га, а рівень рентабельності складав 118%.

Проведений розрахунок економічної ефективності вирощування овочевих культур – моркви посівної та буряка столового – за використання різних норм добрив свідчить, що серед варіантів, які вивчалися, максимальну ефективність забезпечували варіанти внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» нормою 55,0 т/га та повного внесення біоорганічного-мінерального добрива нормою 55,0 т/га дигестату + N90P90K90.

Підвищення рівня урожайності коренеплодів відносно контролю в даних варіантах становило 22,0–29,2 т/га у моркви посівної та 35,4–49,1 т/га в буряка столового. При цьому виробничі витрати знаходилися в межах 104681,0–118057 грн/га та 99287,0–113048,0 грн/га відповідно. Умовно чистий прибуток за цими варіантами удобрення для моркви посівної становив 251059,0–288293,0 грн/га, а для буряка столового – 480873,0–576792,0 грн/га, собівартість 1 т коренеплодів складала відповідно 2030,0–2060,0 грн і 1310–1370 грн, а рівень рентабельності – 240–244% і 484–510% відповідно.

Таким чином, аналіз економічних показників досліджуваних елементів технології вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур в умовах Правобережного Лісостепу України свідчить про те, що вирощування даних культур економічно вигідне в усіх варіантах досліду.

Економічна оцінка технологій вирощування кукурудзи на зерно та столових коренеплодів залежно від удобрення (у середньому за 2019–2021 рр.)

| Культура | Удобрення* | Урожайність, т/га | Вартість продукції, грн/га | Виробничі витрати, грн/га | Умовно чистий прибуток, грн/га | Собівартість 1 т продукції, грн/га | Рівень рентабельності, % |
|---------------------------|------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Кукурудза Кампоні КС | 1 | 6,78 | 33900 | 19841 | 14059 | 2930 | 71 |
| | 2 | 7,65 | 38267 | 20086 | 18181 | 2620 | 91 |
| | 3 | 9,65 | 48233 | 22969 | 25264 | 2380 | 110 |
| | 4 | 10,28 | 51417 | 24133 | 27284 | 2350 | 113 |
| | 5 | 10,46 | 52318 | 25266 | 27052 | 2410 | 107 |
| | 6 | 11,55 | 57733 | 26459 | 31274 | 2290 | 118 |
| | 7 | 12,86 | 64300 | 33604 | 30696 | 2610 | 91 |
| | 8 | 12,06 | 60283 | 29254 | 31029 | 2430 | 106 |
| Морква посівна Болівар F1 | 1 | 28,81 | 201670 | 96665 | 105004 | 3360 | 109 |
| | 2 | 34,22 | 239540 | 97084 | 142456 | 2840 | 147 |
| | 3 | 40,85 | 285950 | 98903 | 187047 | 2420 | 189 |
| | 4 | 44,24 | 309680 | 100902 | 208778 | 2280 | 207 |
| | 5 | 47,07 | 329490 | 102776 | 226714 | 2180 | 221 |
| | 6 | 50,82 | 355740 | 104681 | 251059 | 2060 | 240 |
| | 7 | 58,05 | 406350 | 118057 | 288293 | 2030 | 244 |
| | 8 | 51,45 | 360150 | 110138 | 250012 | 2140 | 227 |
| Буряк столовий Кестрел F1 | 1 | 37,12 | 296960 | 89466 | 207494 | 2410 | 232 |
| | 2 | 40,34 | 322720 | 89978 | 232742 | 2230 | 259 |
| | 3 | 45,80 | 366400 | 92669 | 273731 | 2020 | 295 |
| | 4 | 53,22 | 425760 | 94946 | 330814 | 1780 | 348 |
| | 5 | 62,12 | 496960 | 97037 | 399923 | 1560 | 412 |
| | 6 | 72,52 | 580160 | 99287 | 480873 | 1370 | 484 |
| | 7 | 86,23 | 689840 | 113048 | 576792 | 1310 | 510 |
| | 8 | 73,01 | 584080 | 105869 | 478210 | 1450 | 452 |

Примітки *: 1 – без добрив (контроль); 2 – внесення води (45,0 м³/га); 3 – біодобриво «Ефлюент» (25,0 т/га); 4 – «Ефлюент» (35,0 т/га); 5 – «Ефлюент» (45,0 т/га); 6 – «Ефлюент» (55,0 т/га); 7 – «Ефлюент» (55,0 т/га) + N₉₀P₉₀K₉₀; 8 – N₉₀P₉₀K₉₀.

Джерело: авторська розробка.

У цілому ж за результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що підвищення економічної ефективності виробництва кукурудзи на зерно та овочевих культур при застосуванні різних норм внесення добрив досягається завдяки вагомому позитивному впливу зростання урожайності порівняно з додатковими витратами, пов'язаними із застосуванням даних агротехнічних заходів, при цьому додаткові витрати, зумовлені застосуванням добрив, багатократно окупаються.

Проведене дослідження дозволяє провести енергетичну оцінку технологій вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур.

Унаслідок зростання вартості традиційних джерел енергії та зменшення обсягу виробництва доступних для сільського господарства видів енергоно-

снів набуває актуальності широке впровадження економічного обладнання, енерго- та ресурсоощадних технологій, нетрадиційних і постійно відновлюваних джерел енергії за умови зниження витрат енергії на виробництво продукції. Вибір технології вирощування в кожному аграрному господарстві залежить від природних умов навколишнього середовища, забезпеченості сільськогосподарськими машинами, транспортними засобами, сховищами, фінансовими та трудовими ресурсами, а також від енергетичних витрат [26].

Дослідженнями вчених багатьох країн світу доведено, що в сучасних умовах економія 1 т умовного палива вимагає, як правило, менших витрат, ніж приріст видобування еквівалентної його кількості. Тому необхідність оцінки енергетичної ефективності

та визначення напрямів зниження енергетичних затрат на виробництво сільськогосподарської продукції є актуальною, оскільки підвищення ефективності аграрного виробництва висуває нові вимоги як до раціонального використання всіх ресурсів, так і до економії праці [27].

В умовах відносно гострого дефіциту ресурсного потенціалу важлива енергетична оцінка розроблених технологій або окремих їхніх елементів. Сучасні науково обґрунтовані технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи на зерно та столових коренеплодів, мають бути енергоощадними та раціонально використовувати як не поновлювану, так і природну поновлювальну енергію, а також забезпечувати збереження природних екосистем [28; 29].

За допомогою ринкових важелів постійно змінюються ціни на ресурси, економічна оцінка пропонує варіантів технологій не завжди може об'єктивно відобразити ефективність технології вирощування, тому велике значення в урахуванні всіх енергозатрат має облік вмісту валової й обмінної енергії, порівняння приходу енергії, акумульованої в урожаї, із сукупною енергією, витраченою на вирощування та збирання врожаю [30].

Сутність біоенергетичного аналізу заснована на тому, що ні натуральні, ні вартісні показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно не дають належного уявлення про допустимий (нормативний) і фактичний рівень загальних енерговитрат на повний обсяг механізованих робіт і затрат людської праці. Тому метою біоенергетичної 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 визначаються в енергетичних одиницях (еквівалентах), які відображають кількість невідновлюваної енергії, що визначається кілокалоріями або джоулями. За допомогою цього показника порівнюються технології в рослинництві та землеробстві. Крім того, біоенергетичний аналіз забезпечує більш повну оцінку окремих елементів технології вирощування, оскільки не залежить від сезонної динаміки цін на енергоносії, добрива та вартість кінцевої продукції [31].

Нами було проведено визначення оцінки енергетичної ефективності застосування різних фонів живлення в технологіях вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур – моркви посівної та буряка столового – за результатами наведеного вище польового дослідження.

Аналіз енерговитрат на 1 га посівів кукурудзи на зерно свідчить, що найнижчі їх показники спостерігалися на контрольному варіанті (без внесення добрив) – 47,3 ГДж/га. Найвищі витрати сукупної енергії 61,2

ГДж/га відмічено у варіанті, де комплексно вносили в ґрунт мінеральне добриво в нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та біоорганічне добриво «Ефлюент» на основі дигестату (55,0 т/га), що переважало за цим показником контролю на 29,4% (табл. 7).

Аналогічна ситуація спостерігалася на варіантах вирощування овочевих культур. Зі збільшенням фонів живлення пропорційно зростали і витрати енергії. Так, у варіантах вирощування моркви посівної найбільші енерговитрати спостерігалися на ділянках з внесенням у ґрунт мінерального добрива в нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 70,4 ГДж/га та його поєднання з дигестатом (норма 55,0 т/га) – 77,3 ГДж/га, що було відповідно на 12,1–18,9 ГДж/га більше за контроль (58,3 ГДж/га). Максимальні витрати енергії спостерігалися при вирощуванні буряка столового. Так, у неударюваних варіантах вони становили 75,7–78,6 ГДж/га, тоді як підвищення фонів живлення приводило до збільшення витрат енергії на 9,7–32,0 ГДж/га залежно від форми та норм добрив.

Аналізуючи вищевикладене, можна зробити висновки, що застосування добрив під час вирощування зерна та коренеплодів приводить до значного збільшення енергозатрат. Проте цей агроприйом водночас забезпечує суттєве підвищення накопичення енергії з урожаєм, приріст валової енергії та збільшення коефіцієнта енергетичної ефективності.

Так, дослідженнями встановлено, що внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату забезпечувало надходження енергії з урожаєм у межах 146,0–188,0 ГДж/га, що було на 47,3–89,7% більше за контроль у посівах кукурудзи, 89,9–108,6 ГДж/га, чи 26,6–53,0% у варіантах вирощування моркви посівної та 145,3–199,4 ГДж/га, чи 25,2–58,6% на дослідних ділянках вирощування буряка столового залежно від норми внесення. Максимальні показники виходу валової енергії для досліджуваних культур спостерігалися у варіантах внесення дигестату нормою 55,0 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Провівши розрахунок енергетичної ефективності впливу добрив на продуктивність зерна кукурудзи та валовий вихід столових коренеплодів, ми встановили, що найбільшу віддачу отримано у варіантах із внесенням у ґрунт біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату нормою 55,0 т/га. Там було отримано найвищі показники коефіцієнта енергетичної ефективності: для кукурудзи на зерно – 3,10; для моркви посівної – 1,47; для буряка столового – 2,04.

Також високим значень коефіцієнтів енергетичної ефективності набули варіанти із внесенням у ґрунт мінерального добрива нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ та біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату (55,0 т/га) + $N_{90}P_{90}K_{90}$. Для кукурудзи на зерно вони склали відповідно 3,05–3,07, моркви посівної – 1,41–1,45 та 1,97–2,00 на дослідних ділянках вирощування буряка столового.

Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно та столових коренеплодів залежно від удобрення
(середнє за 2019–2021 рр.)

| Культура | Удобрення* | Отримано енергії з урожаєм, ГДж/га, Ев | Витрати енергії, ГДж/га, Ео | Приріст енергії, ГДж/га, Е | Коефіцієнт енергетичної ефективності, Ке |
|---------------------------|------------|--|-----------------------------|----------------------------|--|
| Кукурудза Кампоні КС | 1 | 99,12 | 47,29 | 51,83 | 2,10 |
| | 2 | 111,89 | 51,01 | 60,88 | 2,19 |
| | 3 | 146,01 | 54,03 | 91,98 | 2,70 |
| | 4 | 155,65 | 54,81 | 100,84 | 2,84 |
| | 5 | 158,37 | 55,12 | 103,25 | 2,87 |
| | 6 | 174,77 | 56,35 | 118,42 | 3,10 |
| | 7 | 188,01 | 61,21 | 126,81 | 3,07 |
| | 8 | 176,27 | 57,89 | 118,38 | 3,05 |
| Морква посівна Болівар F1 | 1 | 70,98 | 58,34 | 12,64 | 1,22 |
| | 2 | 75,90 | 60,72 | 15,18 | 1,25 |
| | 3 | 85,63 | 62,48 | 23,15 | 1,37 |
| | 4 | 89,87 | 64,08 | 25,79 | 1,40 |
| | 5 | 92,32 | 65,59 | 26,73 | 1,41 |
| | 6 | 98,48 | 67,16 | 31,32 | 1,47 |
| | 7 | 108,59 | 77,27 | 31,32 | 1,41 |
| | 8 | 101,88 | 70,43 | 31,45 | 1,45 |
| Буряк столовий Кестрел F1 | 1 | 125,71 | 75,71 | 49,99 | 1,66 |
| | 2 | 133,27 | 78,62 | 54,65 | 1,70 |
| | 3 | 145,30 | 81,60 | 63,70 | 1,78 |
| | 4 | 157,39 | 83,07 | 74,32 | 1,89 |
| | 5 | 165,73 | 85,26 | 80,47 | 1,94 |
| | 6 | 178,54 | 87,49 | 91,05 | 2,04 |
| | 7 | 199,43 | 99,96 | 99,47 | 2,00 |
| | 8 | 183,98 | 93,60 | 90,39 | 1,97 |

Примітки *: 1 – без добрив (контроль); 2 – внесення води (45,0 м³/га); 3 – біодобриво «Ефлюент» (25,0 т/га); 4 – «Ефлюент» (35,0 т/га); 5 – «Ефлюент» (45,0 т/га); 6 – «Ефлюент» (55,0 т/га); 7 – «Ефлюент» (55,0 т/га) + N₉₀P₉₀K₉₀; 8 – N₉₀P₉₀K₉₀.

Джерело: авторська розробка.

Таким чином, застосування мінеральних добрив та їх поєднання з високими нормами біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату під кукурудзу та овочеві культури сприяло підвищенню врожайності, але при цьому агрономічна й енергетична ефективність добрив дещо зменшилася, що суперечить принципам інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

У цілому ж енергетична ефективність біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату, унесеного безпосередньо під кукурудзу на зерно, моркву посівну та буряк столовий, досить висока, оскільки коефіцієнт енергетичної ефективності значно перевищував одиницю, що свідчить про енергоощадність досліджуваної технології вирощування культур. Норми добрив доцільно застосовувати такі, за яких можна отримати найбільшу енерговіддачу при опти-

мальних витратах, забезпечивши дотримання пріоритетної політики енергозбереження в аграрному виробництві.

ВИСНОВКИ

На основі одержаних нами результатів досліджень можна зробити такі висновки.

1. Застосування біоорганічних добрив у сучасних технологіях вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту є ефективним заходом отримання додаткової продукції. Найоптимальнішого економічного ефекту при вирощуванні кукурудзи на зерно, моркви посівної та буряка столового було досягнуто від внесення в ґрунт біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату в нормі 55,0 т/га. Такий агроприєм при вирощуванні кукурудзи забезпечив підвищення прибутку на 17215,0 грн/га

з рівнем рентабельності 118%, моркви посівної – на 237000,0 грн/га з рівнем рентабельності 240%, буряка столового – на 273379,0 грн/га з рівнем рентабельності – 484%.

2. Найбільш енергетично ефективною є інтенсивна технологія вирощування кукурудзи на зерно та овочевих культур, яка передбачає внесення в ґрунт біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату в нормі 55,0 т/га, що забезпечило отримання коефіцієнта енергетичної ефективності на рівні 3,10 (кукурудза на зерно), 1,47 (морква посівна) та 2,04 (буряк столовий), що виявилось відповідно на 47,6, 20,5 та 22,9% більше порівняно з контрольними варіантами. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Montemurro F. et al. Anaerobic digestates application on fodder crops: effects on plant and soil. *Agrochimica*. 2008. Vol. 52. No. 5. P. 297–312. URL: https://www.researchgate.net/profile/Francesco-Montemurro/publication/281430528_Anaerobic_digestates_application_on_fodder_crops_Effects_on_plant_and_soil/links/5e8d5c1b4585150839c795e7/Anaerobic-digestates-application-on-fodder-crops-Effects-on-plant-and-soil.pdf
2. Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю. Перспективи використання дигестату для підвищення ефективності біогазових комплексів // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи» (Житомир, 29 травня 2020 р.). Житомир, 2020. С. 124–128.
3. Macadi M. Digestate: A New Nutrient Source – Review. In: *Biogas* / ed. by S. Kumar. Croatia : InTech, 2012. P. 295–310.
4. Schievano A. et al. What is Digestate? In: *Anaerobic Digestion: Opportunities for Agriculture and Environment*. Milano, January 24–25, 2008. P. 7–18. URL: https://www.researchgate.net/publication/237805800_WHAT_IS_THE_DIGESTATE
5. Abubaker J., Risberg K., Pell M. Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soil microbial activities. *Applied Energy*. 2012. Vol. 99. P. 126–134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.04.050>
6. Дацько Л. В., Майстренко М. І. Екологічні та економічні аспекти сталого землекористування для відтворення родючості ґрунтів. *Охорона родючості ґрунтів*. 2012. № 8. С. 24–39.
7. Кернасюк Ю. В. Науково-методологічні підходи до визначення собівартості виробництва та економічної ефективності продукції біоенергетичної утилізації гною. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Серія «Економічні науки»*. 2010. Вип. 17. С. 164–171.
8. Коваленко В. П., Халак В. І., Нежлукченко Т. І., Папакіна Н. С. Біометричний аналіз мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці : навч. посіб. Херсон : Олді-плюс, 2010. 240 с.
9. Злобін Ю. А., Кочубей Н. В. Загальна екологія : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2003. 416 с.
10. Ковальчук М. І. Економічний аналіз у сільському господарстві : навч.-метод. посіб. Київ : КНЕУ, 2002. 282 с.
11. Жученко А. А. Математическое моделирование при оптимизации селекционно-генетических исследований. Кишинёв : Штинца, 1980. 104 с.
12. Захарів О. Я. Ефективність використання дигестату із біогазових реакторів для фермерських господарств. *Збірник наукових праць ТДАТУ імені Дмитра Моторного. Серія «Економічні науки»*. 2019. № 2. С. 79–86. DOI: 10.31388/2519-884X-2019-40-79-86
13. Зимовець В. Фінансове забезпечення інноваційного розвитку економіки. *Економіка України*. 2003. № 11. С. 9–17.
14. Лупенко Ю. О., Месель-Веселяк В. Я. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2012. 218 с.
15. Ковальчук О. В. Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва. *Розвиток економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності в умовах глобалізації*. 2018. № 15. С. 58–63.
16. Прогресивні технології та нормативи витрат на вирощування овочевих культур [Д. І. Мазоренко, Л. М. Тищенко, Г. Є. Мазневтаін та ін.]; за ред. П. Т. Саблука та ін. 2-ге вид. Харків : Майдан, 2012. 339 с.
17. Черненко Ю. Ю. Економічна ефективність застосування технологій виробництва продукції основних овочевих культур відкритого ґрунту. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Економічні науки»*. 2015. № 4. С. 109–115.
18. Пархомиць М. К., Уніят Л. М. Інноваційні методи управління виробництва зерна кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах. *Економічний аналіз*. 2018. Т. 28. № 3. С. 176–183.
19. Непочатенко О. О. Фінанси підприємств : підручник. Умань, 2012. 501 с.
20. Логоша Р. В., Мазур К. В., Кричковський В. Ю. Маркетингове дослідження ринку овочевої продукції в Україні : монографія. Вінниця : ТОВ «Твори», 2021. 344 с.
21. Кабак К. М. Шляхи підвищення економічної ефективності виробництва сільськогосподарських культур на підприємстві. *Перспективні напрямки розвитку економіки, обліку, управління та права: теорія і практика*. 2018. № 2. С. 56–65.
22. 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.
23. Вожегова Р., Гальченко Н., Котельников Д., Мальярчук В. Енергетична ефективність технології вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях Півдня України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. Вип. 28. С. 272–281. DOI: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28\(42\)-23](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-23)
24. Каменщук Б. Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 85–92. DOI: 10.31073/kormovirobnytv202089-08
25. Логоша Р. В., Підвальна О. Г., Кричковський В. Ю. Методологія і методика оцінювання процесів використання та відтворення родючості ґрунту в

- овочівництві. *Бізнес Інформ*. 2018. № 10. С. 177–187. URL: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2018-10_0-pages-177_187.pdf
26. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Гангур В. В., Корещий О. Є. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 3. С. 14–18. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2010/03/14_18.pdf
27. Енергетична оцінка агроєкосистем : навч. посіб. / О. Ф. Смаглий, А. С. Малиновський, А. Т. Кардашов та ін. Житомир : Волинь, 2004. 229 с.
28. Паламарчук В. Д., Коваленко О. А. Біоенергетична оцінка технології вирощування гібридів кукурудзи залежно від факторів впливу. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 137–144. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.18>
29. Васюта В. В. Біоенергетична ефективність вирощування буряка столового за краплинного зрошення в Південному регіоні України. *Таврійський науковий вісник*. 2016. № 96. С. 17–21. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/96_2016/5.pdf
30. Тараріко Ю. О. Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ : ДІА, 2009. 16 с.
31. Гангур В. В., Коваленко Н. П. Ефективне розміщення зернових культур у сівозмінах Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 4. С. 35–37.

REFERENCES

- Abubaker, J., Risberg, K., and Pell, M. "Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soil microbial activities". *Applied Energy*, vol. 99 (2012): 126-134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.04.050>
- Boiko, P. I. et al. "Enerhetychni zasady efektyvnoho vykorystannia resursiv u silskomu hospodarstvi" [Energy Principles of Efficient use of Resources in Agriculture]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, no. 3 (2010): 14-18. https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2010/03/14_18.pdf
- Chernenko, Yu. Yu. "Ekonomichna efektyvnist zastosovuvanykh tekhnolohii vyrobnytstva produktsii osnovnykh ovochevykh kultur vidkrytoho gruntuv" [Economic Efficiency of the Applied Technologies of Open Soil Vegetable Growing]. *Visnyk KhNAU im. V. V. Dokuchaieva. Seriya «Ekonomichni nauky»*, no. 4 (2015): 109-115.
- Datsko, L. V., and Maistrenko, M. I. "Ekolohichni ta ekonomichni aspekty staloho zemlekorystuvannia dlia vidtvorennia rodiuchosti gruntiv" [Environmental and Economic Aspects of Stable Land for Restore Soil Fertility]. *Okhorona rodiuchosti gruntiv*, no. 8 (2012): 24-39.
- Hanhur, V. V., and Kovalenko, N. P. "Efektyvne rozmishchennia zernovykh kultur u sivozminakh Lisostepu" [Effective Placement of Grain Crops in Crop Rotations of the Forest Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, no. 4 (2003): 35-37.
- Kabak, K. M. "Shliakhy pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti vyrobnytstva silskohospodarskykh kultur na pidpriemstvi" [Ways to Increase the Economic Efficiency of Production of Agricultural Crops at the Enterprise]. *Perspektyvni napriamky rozvytku ekonomiky, obliku, upravlinnia ta prava: teoriia i praktyka*, no. 2 (2018): 56-65.
- Kamenshchuk, B. D. "Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti vyroshchuvannia kukurudzy na zerno" [Ways of Grain Corn Growing Improvement]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, no. 89 (2020): 85-92. DOI: [10.31073/kormovyrobnytstvo202089-08](https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-08)
- Kernasiuk, Yu. V. "Naukovo-metodolohichni pidkhody do vyznachennia sobivartosti vyrobnytstva ta ekonomichnoi efektyvnosti produktsii bioenerhetychnoi utylizatsii hnoiu" [Scientifically-Methodological Going Near Determination of Production and Economic Efficiency of Products of Biopower Utilization of Manure Cost]. *Naukovi pratsi Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriya «Ekonomichni nauky»*, no. 17 (2010): 164-171.
- Kovalchuk, M. I. *Ekonomichni analiz u silskomu hospodarstvi* [Economic Analysis in Agriculture]. Kyiv: KNEU, 2002.
- Kovalchuk, O. V. "Ekonomichna efektyvnist vyrobnytstva produktsii roslynnytstva" [Economic Efficiency of Crop Production]. *Rozvytok ekonomiky, pidpriemnytstva, torhivli ta birzhovoi diialnosti v umovakh hlobalizatsii*, no. 15 (2018): 58-63.
- Kovalenko, V. P. et al. *Biometrychni analiz minlyvosti oznak silskohospodarskykh tvaryn i ptytsi* [Biometric Analysis of the Variability of Characteristics of Agricultural Animals and Poultry]. Kherson: Oldi-plus, 2010.
- Lohosha, R. V., Mazur, K. V., and Krychkovskiy, V. Yu. *Marketingove doslidzhennia rynku ovochevoi produktsii v Ukraini* [Marketing Research of the Market of Vegetable Products in Ukraine]. Vinnytsia: TOV «Tvory», 2021.
- Lohosha, R. V., Pidvalna, O. H., and Krychkovskiy, V. Yu. "Metodolohiia i metodyka otsiniuvannia protsesiv vykorystannia ta vidtvorennia rodiuchosti gruntuv v ovochivnytstvi" [The Methodology and Methodics of Evaluation of the Processes of Soil Fertility Use and Reproduction in Vegetable Growing]. *Biznes Inform*, no. 10 (2018): 177-187. https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2018-10_0-pages-177_187.pdf
- Lupenko, Yu. O., and Mesel-Veseliak, V. Ya. *Stratehichni napriamy rozvytku silskoho hospodarstva Ukrainy na period do 2020 roku* [Strategic Directions of Agricultural Development of Ukraine for the Period until 2020]. Kyiv: NNTS «IAE», 2012.
- Macadi, M. "Digestate: A New Nutrient Source – Review". In *Biogas*, 295-310. Croatia: InTech, 2012.
- Mazorenko, D. I. et al. *Prohresyvni tekhnolohii ta normatyvy vytrat na vyroshchuvannia ovochevykh kultur* [Progressive Technologies and Cost Standards for Growing Vegetable Crops]. Kharkiv: Maidan, 2012.
- Montemurro, F. et al. "Anaerobic digestates application on fodder crops: effects on plant and soil". *Agrochimica*, vol. 52, no. 5 (2008): 297-312. https://www.researchgate.net/profile/Francesco-Montemurro/publication/281430528_Anaerobic_digestates_application_on_fodder_crops_Effects_on_plant_and_soil/links/5e8d5c1b4585150839c795e7/Anaerobic-digestates-application-on-fodder-crops-Effects-on-plant-and-soil.pdf
- Nepochatenko, O. O. *Finansy pidpriemstv* [Enterprise Finance]. Uman, 2012.
- Palamarchuk, V. D., and Kovalenko, O. A. "Bioenerhetychna otsinka tekhnolohii vyroshchuvannia hibrydiv kuku-

- rudzy zalezno vid faktoriv vplyvu" [Bioenergy Assessment of the Growing Technology of Maize Hybrids Depending on the Influence Factors]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, no. 107 (2019): 137-144.
DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.18>
- Palamarchuk, V. D., and Krychkovskiy, V. Yu. "Perspektyvy vykorystannia dyhestatu dlia pidvyshchennia efektyvnosti biohazovykh kompleksiv" [Prospects for Using Digestate to Increase the Efficiency of Biogas Complexes]. *Bioenerhetychni systemy*. Zhytomyr, 2020. 124-128.
- Parkhomets, M. K., and Uniat, L. M. "Innovatsiini metody upravlinnia vyrobnytstva zerna kukurudzy u silskohospodarskykh pidpriemstvakh" [Innovative Methods of Corn Grain Production Management in Agricultural Enterprises]. *Ekonomichnyi analiz*, vol. 28, no. 3 (2018): 176-183.
- Schievano, A. et al. "What is Digestate?" *Anaerobic Digestion: Opportunities for Agriculture and Environment*. Milano, January 24-25, 2008. https://www.researchgate.net/publication/237805800_WHAT_IS_THE_DIGESTATE
- Smahlii, O. F. et al. *Enerhetychna otsinka ahroekosystem* [Energy Assessment of Agroecosystems]. Zhytomyr: Volyn, 2004.
- Tarariko, Yu. O. *Systemy bioenerhetychnoho ahrarynnoho vyrobnytstva* [Systems of Bioenergy Agricultural Production]. Kyiv: DIA, 2009.
- Tarariko, Yu. O., Nesmashna, O. Ye., and Hlushchenko, L. D. *Enerhetychna otsinka system zemlerobstva i tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur: metodychni rekomendatsii* [Energy Assessment of Farming Systems and Technologies for Growing Agricultural Crops: Methodical Recommendations]. Kyiv: Nora-print, 2001.
- Vasiuta, V. V. "Bioenerhetychna efektyvnist vyroshchuvannia buriaka stolovoho za kraplynnoho zroshennia v Pivdennomu rehioni Ukrainy" [Bioenergy Efficiency of Red Table Beet Growing under Drip Irrigation in the Southern Region of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, no. 96 (2016): 17-21. http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/96_2016/5.pdf
- Vozhehova, R. et al. "Enerhetychna efektyvnist tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur na zroshuvanykh zemliakh Pivdnia Ukrainy" [Energy Efficiency of Technology of Cultivation of Agricultural Crops on the Irrigated Lands of the South of Ukraine]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*, no. 28 (2021): 272-281.
DOI: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28\(42\)-23](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-23)
- Zakhariv, O. Ya. "Efektyvnist vykorystannia dyhestatu iz biohazovykh reaktoriv dlia fermerskykh hospodarstv" [Efficiency of Using Digestates from Biogas Reactors for Farmers]. *Zbirnyk naukovykh prats TDATU imeni Dmytra Motornoho. Seriya «Ekonomichni nauky»*, no. 2 (2019): 79-86.
DOI: 10.31388/2519-884X-2019-40-79-86
- Zhuchenko, A. A. *Matematicheskoye modelirovaniye pri optimizatsii selektsionno-geneticheskikh issledovaniy* [Mathematical Modeling in the Optimization of Breeding and Genetic Research]. Kishinev: Shtintsa, 1980.
- Zlobin, Yu. A., and Kochubei, N. V. *Zahalna ekolohiia* [General Ecology]. Sumy: Universytetska knyha, 2003.
- Zymovets, V. "Finansove zabezpechennia innovatsiinoho rozvytku ekonomiky" [Financial Support for Innovative Economic Development]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 11 (2003): 9-17.