JEL: Q01, Q15

**Юрій Хален¹, Анатолій Москаленко¹,
Микола Шаповалюк², Катерина Арабська³**

¹Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України

²Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»

³Університет агробізнесу і сільського розвитку

^{1,2}Україна

³Болгарія

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ СИДЕРАЦІЇ ДЛЯ ОРГАНІЧНИХ АГРОЦЕНОЗІВ ПОЛІССЯ

Мета. Метою статті є поглиблене дослідження еколого-економічних та організаційно-агрономічних аспектів застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки в сівозмінних органічних землеробствах в рослинницьких господарствах Полісся.

Методологія / методика / підхід. Дослідження проведено в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України (НААН) упродовж 2011–2020 рр., у рамках виконання завдань відповідних програм наукових досліджень НААН. Аналіз еколого-економічних та організаційно-агрономічних аспектів застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки проведено за підсумками авторського дослідження на прикладі узагальнення прогностичних результатів розроблених типових моделей органічних сівозмін для господарств рослинницького спрямування зони Полісся. Основні методи: прогнозування (прогноз надходження елементів живлення, органічної речовини тощо); розрахунково-конструктивний (калькулювання витрат на вирощування сидеральних культур і розрахунок вартості удобрювального потенціалу їх біомаси); абстрактно-логічний (формулювання висновків за результатами проведених досліджень); порівняльного аналізу (порівняння сидеральних культур за комплексом біологічних, економічних та організаційних аспектів); вирівнювання динамічних рядів (визначення частки внеску посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки у формування удобрювального потенціалу розроблених моделей сівозмін у динаміці); монографічний (вивчення біологічних та агрономічних аспектів застосування сидеральних культур за результатами досліджень інших авторів).

Результати. Установлено, що для органічних господарств рослинницького виробничого спрямування, за відсутності можливості застосування такого важливого джерела удобрення як гній, посіви сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки є важливим чинником підвищення удобрювального потенціалу сівозмін та, відповідно, продуктивності агроценозів. Зазначене є особливо актуальним для зони Полісся з її відносно малородючими ґрунтами з одного боку й сприятливими природно-кліматичними умовами для застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки – з іншого. Нашими теоретичними розрахунками визначено, що в розроблених органічних сівозмінних рослинницького

виробничого спрямування зони Полісся частка посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки за їх внеском в удобрювальний потенціал може становити 18,5–27,0 % від усіх урахованих джерел. Водночас внесок сидератів у процеси гумусоутворення (збереження гумусу) є менш вагомим (4,7–6,4 %), проте саме завдяки біомасі сидератів, як додаткового джерела надходження (збереження) гумусу, у низці випадків досягаються позитивні баланси гумусу.

Оригінальність / наукова новизна. Уперше запропоновано та обґрунтовано за еколого-економічними й організаційно-агрономічними параметрами широке застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки для органічних сівозмін рослинницького виробничого спрямування зони Полісся. Уперше, наскільки нам відомо, проведено економічну оцінку удобрювального потенціалу найбільш поширених у практиці вітчизняного аграрного виробництва сидеральних культур і розраховано вартість елементів живлення, що містяться в їх біомасі, за різних варіантів їх використання.

Практична цінність / значущість. Практична значущість основних результатів дослідження полягає, передусім, в еколого-економічному обґрунтуванні доцільності широкого застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки в сівозмінах органічного виробництва Полісся та в рекомендаціях щодо їх добору залежно від організаційно-економічних умов конкретного господарства. Крім того, доцільність посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки є актуальною і для традиційних систем землеробства.

Ключові слова: сидеральні культури, моделі сівозмін органічного виробництва, витрати, економічна оцінка удобрювального потенціалу.

Yurii Khalep¹, Anatolii Moskalenko¹, Mykola Shapovaliu², Ekaterina Arabska³

¹*Institute of Agricultural Microbiology and Agro-industrial Manufacture
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

²*Separate subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences
of Ukraine “Nizhyn Agrotechnical Institute”*

³*University of Agribusiness and Rural Development
^{1,2}Ukraine
³Bulgaria*

ECOLOGICAL AND ECONOMICAL VALUE OF GREEN MANURING FOR POLISSIA ORGANIC AGROCENOSSES

Purpose. Purpose of the article is deep research of ecological and economical as well as organisational and agronomical aspects of the use of green manure crop planting during intermediate (after harvesting main cultures) periods in crop rotations of organic farming in crop farms of Polissia.

Methodology / approach. The study was conducted at the Institute of Agricultural Microbiology and Agro-industrial Manufacture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS) during 2011–2020 within the tasks of the relevant programs of scientific studies of the NAAS. Ecological and economical as well as organisational and agronomical aspects of using planting of green manure crop during intermediate (after harvesting main cultures) periods were analysed based on the results of the original study at the example of summarization of predicted

results of the developed common models of organic crops rotations for crop farms of Polissia zone. The main methods: prediction (prediction of entry of nutrition elements, organic matter, etc.); calculation and constructive (calculation of the costs for cultivation of green manure crops and calculation of the value of fertilizing ability of their biomass, etc.); abstract-logical (making conclusions by the results of conducted studies); comparative analysis (comparison of green manure crops by the complex of biological, economical and organizational aspects); statistical series adjustment (determining a share of contribution of green manure crop planting during intermediate (after harvesting main cultures) periods in forming fertilizing potential of the developed models of crop rotation over time); monographic (studying biological and agronomical aspects of the use of green manure crops based on the results of other authors).

Results. It was revealed that planting of green manure crops during intermediate (after harvesting main cultures) periods, when there is no possibility to use such important source of fertilization as manure is an important factor of improving fertilization potential of crop rotation and consequently productivity of agrocenoses. The above is particularly true for Polissia with its relatively low-productive soils on one hand and favourable natural climatic conditions for the use of green manure crops during intermediate (after harvesting main cultures) periods on the other hand. Our theoretical calculations have found that the developed organic crop rotations for plant farms of Polissia, the share of planting of green manure crops during intermediate (after harvesting main cultures) periods under their contribution in the fertilizing potential may be 18.5 to 27.0 % from all sources taken into account. At the same time, contribution of green manure crops in the processes of humus formation (humus maintenance) are less meaningful (4.7–6.4 %), however, namely due to the biomass of green manure crops as the additional source of forming (maintaining) humus, positive balances of humus are achieved in the range of cases.

Originality / scientific novelty. Wide use of green manure crop planting during intermediate (after harvesting main cultures) periods for organic crop rotations of plant farms in Polissia was proposed for the first time and justified by ecological and economical, as well as organisational and agronomical parameters. To the best of our knowledge, we have performed the first economic evaluation of the fertilizing potential of the most common green manure crops in the practice of domestic agrarian production and calculated the value of nutrition elements contained in their biomass under different options of their use.

Practical value / implications. Practical implications of the main results of the study involve, first of all, ecological and economic justification of the feasibility of wide use of green manure crop planting during intermediate (after harvesting main cultures) periods in crop rotations of organic production in Polissia and also recommendations in terms of their selection depending on the organisational and economic conditions of the certain farm. Moreover, feasibility of green manure crop planting during intermediate (after harvesting main cultures) periods is also topical for conventional farming system.

Key words: green manure crop, models of crop rotations of organic production, costs, economic assessment of fertilizing potential.

Постановка проблеми. Органічне сільське господарство є потужним та динамічно зростаючим сегментом світового аграрного сектора. Його швидкий розвиток зумовлений, передусім, зростанням попиту на органічні продукти харчування. Так, роздрібні продажі органічних продуктів у Європі у 2019 р. становили понад 45 млрд євро [1], а середньорічні темпи росту ринку цієї продукції, зокрема в країнах ЄС, за підрахунками деяких дослідників, останнім часом становлять 110,9 % [2]. Вагомим чинником стрімкого розвитку органічного сектора в розвинених країнах є також цілеспрямована державна

політика на збільшення земель, зайнятих під екологічними системами виробництва, з одночасним зменшенням застосування інтенсивних технологій [3]. Водночас в Україні, попри сприятливі природно-кліматичні умови для розвитку органічного виробництва сільськогосподарської продукції, воно ще не набуло достатнього поширення та динаміки. Наприклад станом на кінець 2019 р. в Україні налічувалося лише 597 сертифікованих органічних господарств [2], а площа земель, зайнятих в органічному сільському господарстві, на кінець 2019 р. становила близько 468 тис. га (лише біля 1,1 % усіх сільськогосподарських земель) [1]. Попри те, що за підсумками 2019 р. Україна належить до TOP-3 країн Європи за приростом земель під органічним виробництвом, але, будучи однією із найбільших за територією й земельними угіддями, та ще й з найвищим рівнем розораності сільськогосподарських угідь, посідає лише 12-те місце за площею земель, зайнятих під органічним виробництвом [1]. Однією із причин цього є менша продуктивність органічних агроценозів порівняно із традиційними, особливо інтенсивними, системами землеробства, унаслідок чого собівартість органічної продукції є набагато вищою, незважаючи на нижчий розмір валових витрат, що зумовлено, зокрема, меншим рівнем застосування антропогенних виробничих факторів, передусім дорогих синтетичних агрохімікатів. Зазначена обставина притаманна органічному виробництву взагалі, незважаючи на національні відмінності, що підкреслюється подібністю точок зору як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників [4; 5; 6; 7]. Отже, поряд з іншими чинниками формування економічної ефективності (ціновий механізм, державна підтримка органічного сектора, яка в Україні практично відсутня, тощо), пошук шляхів підвищення продуктивності агроценозів є однією із важливих проблем органічного виробництва сільськогосподарської продукції.

Як відомо, основним фактором формування продуктивності рослинництва є система удобрення. Водночас за умов органічного землеробства перелік джерел надходження елементів живлення в агроценози обмежений неможливістю застосування синтетичних мінеральних добрив. Для господарств рослинницького напрямку спеціалізації, які нині переважають як в органічному, так і в традиційному аграрному секторі України, зазначена проблема загострюється ще й відсутністю гною. Тому, за великим рахунком, для таких виробничих моделей основними типовими джерелами удобрення є побічна продукція рослинництва та сидерати, передусім у проміжних (після збирання врожаю основної культури) строках посіву. При цьому застосування сидерації потребує відповідних природно-кліматичних умов та належних організаційних й управлінських зусиль. Як свідчить практика, цей ресурс удобрення не в повній мірі використовується вітчизняними виробниками органічної сільськогосподарської продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За результатами аналізу літературних джерел нами встановлено, що на недостатніх темпах поширення органічного виробництва, в тому числі й унаслідок обмеженості ресурсів,

наголошують і зарубіжні автори [8]. Поряд із розробленням еколого-економічного механізму управління екологізацією аграрного бізнесу [9] та формування ресурсного потенціалу [10] й підкресленням ролі державної фінансової підтримки [11] з метою розвитку органічного виробництва, низкою науковців досліджено різноманітні варіанти додаткових джерел удобрення та підвищення продуктивності органічних агроценозів. Так, наприклад F. Karimi зі співавторами [5] розроблено методiku багатокритеріальної оцінки конкретних земельних ділянок щодо їх придатності до органічного землеробства в плані забезпечення належної продуктивності посівів, де одним із основних критеріїв виступає родючість ґрунту. У той же час, стосовно об'єкта нашого дослідження, відносно малородючі землі зони Полісся та статичність розташування земельних ділянок роблять неможливим для конкретного товаровиробника вирішення проблеми продуктивності органічного землеробства за рахунок вибору ділянок із більш родючими ґрунтами.

Е. Bloem зі співавторами [12] акцентують увагу на необхідності перероблення різноманітних органічних джерел удобрення (побічна продукція та відходи тваринництва, стічні води тощо) в плані їх знезараження з метою подальшого використання в сільськогосподарському виробництві, в тому числі для підвищення забезпеченості ґрунту доступним фосфором.

V. De Leijster зі співавторами [13] наголошують на найвищій економічній та екологічній ефективності застосування компостів (на основі гною із соломою) порівняно з іншими видами органічного удобрення, в тому числі й із сидератами. Водночас слід підкреслити, що, за нашим баченням, у польових умовах у випадку доповнення заробленої в ґрунт соломи наступним зароблянням біомаси сидерату проміжного (після збирання врожаю основної культури) строку посіву створюються умови для протікання процесів природного компостування без додаткових логістичних і виробничих витрат.

З метою стимулювання суб'єктів господарювання до вкладень у підвищення родючості ґрунту та створення відповідних умов для цього пропонуються також заходи фінансової підтримки [14].

Загалом же, підкреслюючи вагому роль і значення усіх перерахованих способів підвищення продуктивності органічних агроценозів, слід зазначити, що, на нашу думку, вони є переважно додатковими, певним чином обмеженими в застосуванні й не завжди доступними пересічному органічному господарству.

Одним із найбільш масових, доступних і традиційних джерел органічного удобрення є побічна продукція рослинництва. У той же час установлено, що застосування однієї лише соломи не забезпечує належного результату [15; 16]. Напроти, вітчизняними дослідниками доведено, що поєднане застосування соломи та біомаси сидерату сприяє як оптимізації процесів трансформації органічної речовини в ґрунті (підвищенню його потенційної родючості), так і зростанню врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур у порівнянні з роздільним застосуванням цих двох видів органічних добрив [16].

На підставі викладеного можна стверджувати, що, за нашим баченням,

сидерація, в тому числі посіви сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки, є найбільш універсальним, збалансованим, загальнодоступним, відносно легковідтворюваним і керованим резервом підвищення продуктивності, зокрема органічних агроценозів. Зазначене підтверджується зарубіжним досвідом широкого застосування сидератів. Зокрема, в органічному секторі Європи у 2019 р. під сидератами було зайнято 2,6 млн га земель, у той час як під зерновими культурами – 3,0 млн га, в країнах ЄС наведене співвідношення є ще більшим на користь сидератів – 2,5 та 2,4 млн га відповідно [1].

Проблеми застосування сидератів у сучасному землеробстві детально висвітлюються в працях О. М. Берднікова, В. В. Волкогона, Е. Г. Дегодюка, К. І. Довбана та інших. Зелене добриво розглядається як агротехнічний захід багатопланової дії, що сприяє повнішому використанню агрокліматичного потенціалу природно-кліматичної зони, як джерело органічної речовини, ланцюг природоохоронного й екологічного землеробства, а також, як агротехнічний прийом покращення «здоров'я ґрунту» [17]. Окремі вчені досліджували питання економічної оцінки впливу використання сидератів на родючість дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України [18].

У своїх попередніх дослідженнях ми показали, що в сівозмінах органічного землеробства сидерати в цілому відіграють важливу роль у досягненні екологічної стійкості агроценозів та забезпеченні прийнятних рівнів продуктивності [19]. Водночас еколого-економічні аспекти застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки та організаційно-агрономічні можливості широкого їх використання потребують більш детального та поглибленого висвітлення.

Мета статті. Метою статті є поглиблене дослідження еколого-економічних та організаційно-агрономічних аспектів застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки в сівозмінах органічного землеробства в рослинницьких господарствах Полісся.

Методологія дослідження. Зважаючи на мету, сформульовано такі основні завдання дослідження:

- розрахувати внесок сидеральних культур у формування удобрювального потенціалу змодельованих сівозмін;
- визначити та порівняти собівартість основних елементів живлення, отриманих із біомаси сидератів і мінеральних добрив;
- проаналізувати роль сидератів у забезпеченні позитивних балансів гумусу в ґрунті досліджуваних моделей;
- розглянути основні екологічні, економічні та організаційно-агрономічні чинники добору та розміщення посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки в сівозмінах.

Методичною базою послужили розроблені вітчизняними науковцями підходи, адаптовані з урахуванням специфіки цього дослідження. У ролі

основних екологічних факторів прийнято обсяги надходження сполук основних макроелементів живлення рослин (NPK) та розміри гумусоутворення (у випадку застосування сидератів – збереження гумусу). Ці розрахунки виконано за використання методик та нормативів згідно з роботами [20; 21; 22; 23]. За основний економічний критерій для порівняльного аналізу прийнято величину собівартості одиниці NPK. При цьому операційна та витратна частини розроблені згідно з роботою [24], для калькулювання собівартості використано методику [25]. Вартісні показники розраховано за середніми цінами на ресурси 2017–2019 рр., визначеними згідно з даними Держслужби статистики України.

Раніше нами розроблено базові (типові) моделі органічних сівозмін для рослинницьких господарств Полісся [19]:

- Модель № 1: 1. Конюшина на насіння. 2. Жито озиме + люпин (післяжнивно на сидерат). 3. Просо + редька (післяжнивно на сидерат). 4. Картопля + жито озиме (після збирання картоплі на сидерат). 5. Пшениця яра з підсівом конюшини.

- Модель № 2: 1. Конюшина на насіння. 2. Пшениця озима + редька (післяжнивно на сидерат). 3. Соя + жито озиме (післяжнивно на сидерат). 4. Гречка + редька (післяжнивно на сидерат). 5. Ячмінь ярий із підсівом конюшини.

- Модель № 3: 1. Конюшина на насіння. 2. Жито озиме + редька (післяжнивно на сидерат). 3. Кукурудза на зерно + жито озиме (після збирання кукурудзи на сидерат). 4. Горох. 5. Пшениця озима + редька (післяжнивно на сидерат). 6. Овес із підсівом конюшини.

- Модель № 4: 1. Конюшина на насіння. 2. Жито озиме + люпин (післяжнивно на сидерат). 3. Просо + редька (післяжнивно на сидерат). 4. Горох. 5. Пшениця озима + редька (післяжнивно на сидерат). 6. Картопля + жито озиме (після збирання картоплі на сидерат). 7. Пшениця яра з підсівом конюшини.

Під час розроблення наведених моделей сівозмін ми виходили із таких принципів, викладених у роботі [19]:

- за основний критерій їх продуктового спрямування нами прийнято необхідність забезпечення платоспроможного попиту власного населення в органічних продуктах повсякденного харчування. Адже нині «органічні товаровиробники» під тиском кон'юнктурних та економічних факторів (низькі ціни на органічну продукцію, недостатній платоспроможний попит українців тощо) здебільшого віддають перевагу вузькій спеціалізації на експортоорієнтованих і нішевих видах продукції, що підтверджується висновками й інших дослідників [26]. Додатково до зазначеного в праці [19], вважаємо за необхідне акцентувати увагу саме на цьому аспекті формування виробничої спеціалізації вітчизняних органічних господарств. У цілому погоджуючись із необхідністю нарощування експортного потенціалу органічного виробництва в Україні [27], ми за пріоритет ставили саме зазначений (внутрішній ринок) аспект. Недарма ж у Європі, з її, як уже

зазначалося, потужним розвитком органічного сектора, імпорт, зокрема із третіх країн, становить біля 13,5 % ринку органічної продукції [1], а експорт, за нашими підрахунками, є в декілька разів меншим за імпорт.

- урахувалися як традиційні для досліджуваної природно-кліматичної зони (Полісся) фактори формування галузевої структури господарств (наприклад, придатність ґрунтово-кліматичних умов для виробництва картоплі тощо), так і сучасні тенденції розвитку аграрного виробництва (зокрема все більшої популярності набуває вирощування кукурудзи на зерно, сої тощо). Крім того, в умовах обмеженої кількості ґрунтів, придатних для органічного виробництва, при виборі виробничих напрямів перевагу слід надавати культурам, призначеним на харчові цілі (картопля, круп'яні тощо) з відповідним набором кращих попередників та культурам за екологічними критеріями (удобрення, родючість ґрунту, фітосанітарні аспекти тощо). Також ураховано необхідність рівномірного розподілу загального обсягу сільськогосподарських робіт упродовж року зі згладжуванням пікових періодів (вирощування озимих культур тощо).

Показники урожайності сільськогосподарських культур визначено за використання балансового методу на підставі прогнозованого розміру удобрювального потенціалу сівозмін за забезпеченістю основними елементами живлення, розрахованого згідно з методиками [23].

У наведених схемах сівозмін поряд із насиченням їх зернобобовими культурами й вирощуванням багаторічних трав (конюшина) запропоновано широке застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки – після всіх основних культур сівозміни (за виключенням конюшини та попередників озимих), а не лише після ранніх зернових, як це нині переважно прийнято. Слід підкреслити, що природно-кліматичні умови Полісся (передусім підвищена порівняно з іншими природно-кліматичними зонами вологозабезпеченість і в цілому достатня для росту, розвитку та накопичення необхідної біомаси сидератів, посіяних у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки, тривалість вегетаційного періоду після збирання врожаю основних культур) цілком дозволяють застосувати такий підхід. Водночас необхідно акцентувати увагу на належному організаційно-технічному забезпеченні виробництва та рівні менеджменту для проведення польових робіт в оптимальні й стислі терміни, підбору сортів і гібридів основних культур із відповідною тривалістю вегетації та ФАО, відсутності тривалого часового розриву між збиранням основної культури та проміжними посівами тощо. Якраз перелічені чинники, за авторським баченням, і були основними стримуючими факторами широкого запровадження посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки в більшості сільськогосподарських підприємств України до теперішнього часу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно з проведеними модельними розрахунками, після освоєння наведених сівозмін за умови

повного використання побічної продукції на добриво, посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки та передпосівної бактеризації насіння усіх культур мікробними препаратами можна досягти таких прогнозних середніх рівнів урожайності, т/га: жито озиме – 2,41–2,42; просо – 2,16–2,20; горох – 1,96–3,02; картопля – 18,12–22,48; пшениця яра – 2,25–2,33; пшениця озима – 2,84–3,09; соя – 2,04; гречка – 1,86; ячмінь ярий – 2,13; кукурудза на зерно – 3,90; овес – 2,30. При цьому для передпосівної бактеризації насіння нами запропоновано такі мікробні (біологічні) препарати виробництва Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, які довели свою ефективність за результатами багаторічного застосування у виробничих умовах сільгосппідприємств майже усіх регіонів України: конюшина – Ризобофит, жито озиме – Діазобактерин, люпин – Ризогумін, просо – Мікрогумін, редька – Альбобактерин, картопля – Біогран, пшениця яра – Поліміксобактерин, соя – Ризогумін, гречка – Діазобактерин, ячмінь ярий – Мікрогумін, кукурудза – Поліміксобактерин, горох – Ризогумін, овес – Мікрогумін.

Згідно з нашими розрахунками, середнє щорічне надходження до ґрунту сполук основних макроелементів у складі біомаси сидератів (у доступній формі без урахування підвищення рівня засвоєння елементів живлення рослинами за впливу передпосівної бактеризації) із розрахунку на 1 га сівозмінної площі становить: $N_{25}P_9K_{20}$ по моделі № 1, $N_{19}P_8K_{24}$ по моделі № 2, $N_{23}P_9K_{26}$ по моделі № 3 та $N_{26}P_{10}K_{23}$ по моделі № 4. Частка посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки за їх внеском у забезпечення основних сівозмінних культур елементами живлення перебуває на рівні 18,5–27,0 % по моделях від їх загальної кількості, що надходить із усіх урахованих джерел: природна наявність у ґрунті, надходження з атмосферними опадами, зв'язування азоту з повітря в ході функціонування процесів симбіотичної та асоціативної азотфіксації, надходження з посівним матеріалом основних культур, із побічною продукцією та сидератами з урахуванням післядії, внесок азоту від мінералізації поверхнево-коренових решток конюшини та зернобобових культур з урахуванням післядії (табл. 1).

Принагідно варто зазначити, що істотний внесок сидератів спостерігається щодо забезпечення фосфорного живлення – 19,0–22,2 % за моделями (табл. 1). Зазначене є особливо актуальним у зв'язку з проблемою дефіциту фосфорного живлення, який притаманний і світовому землеробству в цілому [28].

Наведені в табл. 1 розміри удобрювального потенціалу та частка сидератів будуть формуватися в процесі освоєння сівозмін і (після включення в удобрювальний колообіг усіх передбачених складників системи удобрення та досягнення прогнозованих рівнів урожайності сільськогосподарських культур із відповідним виходом побічної продукції) із часом набудуть стабільних значень. Зазначене підтверджується графічним зображенням вирівнювання рядів динаміки фактичних значень частки сидератів у загальному надходженні елементів живлення з усіх джерел за розробленими сівозмінами (рис. 1).

Таблиця 1

Прогноз надходження сполук основних елементів живлення за змодельованими сівозмінами (у доступній формі в середньому за рік після освоєння сівозміни)

Показники	Модель № 1			Модель № 2			Модель № 3			Модель № 4		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
З усіх джерел із розрахунку на 1 га сівозмінної площі, кг	106	44	108	101	42	89	109	45	108	106	45	104
у тому числі від сидератів, кг/га	25	9	20	19	8	24	23	9	26	26	10	23
Питома вага сидератів, %	23,6	20,5	18,5	18,8	19,0	27,0	21,2	20,5	24,0	24,5	22,2	22,1

Джерело: розраховано авторами за результатами власних досліджень.

При цьому із кількох протестованих функцій статистичного аналізу нами обрано саме поліноміальну функцію шостого ступеня, результати якої продемонстрували найвищу тісноту зв'язку (R^2) – від 0,9898 для моделі № 3 до 0,9942 для моделі № 1.

Модель № 1

Модель № 2

Модель № 3

Модель № 4

— Фактична частка біомаси сидератів в загальному обсязі удобрювального потенціалу розроблених сівозмін

..... Поліноміальний тренд частки біомаси сидератів в загальному обсязі удобрювального потенціалу розроблених сівозмін

Рис. 1. Динаміка частки біомаси сидератів у формуванні удобрювального потенціалу розроблених сівозмін (за доступним умістом NPK), % за роками освоєння сівозмін та наступних ротацій

Джерело: побудовано авторами за результатами власних розрахунків.

В економічному аспекті розрахункова величина собівартості 1 кг NPK

сидератів за моделями за валовим умістом становить 15,31–21,13 грн, а в доступній формі – 16,99–24,16 грн (табл. 2).

Таблиця 2

Вартісні показники проміжної сидерації в розроблених моделях сівозмін

Показники	Модель № 1	Модель № 2	Модель № 3	Модель № 4
Витрати на застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки із розрахунку на 1 га сівозмінної площі, грн	1306	1187	989	1226
За валовим умістом NPK				
Уміст NPK у біомасі сидератів із розрахунку на 1 га сівозмінної площі, кг	61,81	60,87	64,60	67,52
Собівартість 1 кг NPK біомаси сидератів, грн	21,13	19,50	15,31	18,16
За доступним умістом NPK				
Уміст NPK в біомасі сидератів із розрахунку на 1 га сівозмінної площі, кг	54,06	50,52	58,22	59,00
Коефіцієнт засвоєння	0,87	0,83	0,90	0,87
Собівартість 1 кг NPK біомаси сидератів, грн	24,16	23,49	16,99	20,78

Джерело: розраховано авторами за результатами власних досліджень.

Якщо ж порівняти з мінеральними добривами (за ціною реалізації без витрат на внесення), то з розрахунку на 1 кг діючої речовини туків вартість становить 21,78 грн за валовим умістом, а в доступній формі (з урахуванням коефіцієнтів засвоєння N – 0,43; P – 0,2; K – 0,25 [29]) – 72,60 грн (на прикладі нітроамофоски N₁₅P₁₅K₁₅). При цьому коефіцієнт засвоєння елементів живлення із загального їх умісту в біомасі сидератів (від 0,83 для моделі № 2 до 0,9 для моделі № 3) є набагато вищим порівняно з мінеральними добривами. Для такого економічного ефекту варто, на нашу думку, докласти зусиль щодо організації широкого застосування сидерації, запропонованої, зокрема, у наведених вище моделях.

Вагомим є також внесок сидератів у процеси збереження та відтворення гумусу в ґрунтах органічних агроценозів. Згідно зі згаданими вище модельними розрахунками, надходження (збереження) гумусу від гуміфікації біомаси різних видів сидератів становить 0,11–0,25 т/га в рік (залежно від строків посіву й відповідного виходу біомаси). При цьому їх частка в загальному обсязі гумусоутворення становить 6,4–27,2 % по полях різних основних культур, де вони пропонуються нами для вирощування в проміжних посівах. З розрахунку ж на 1 га сівозмінної площі внесок сидератів у процеси гумусоутворення становить 0,09–0,13 т або 4,7–6,4 % частки за моделями (табл. 3).

На основі порівняння даних табл. 3 та табл. 1 доходимо висновку, що внесок сидератів у формування потенційної родючості ґрунту (частка в обсягах гумусоутворення) розглянутих моделей є менш вагомим за внесок у формування ефективної родючості (частка в обсягах надходження основних елементів живлення). Водночас варто підкреслити, що саме завдяки біомасі

сидератів, як додаткового джерела надходження (збереження) гумусу, у низці випадків досягаються позитивні баланси гумусу, зокрема по моделях № 2 та № 4.

Таблиця 3

Прогноз надходження органічної речовини (гумусу) в агроценози розроблених моделей сівозмін (у середньому за рік після освоєння сівозміни)

Показники	Модель № 1	Модель № 2	Модель № 3	Модель № 4
Загальна кількість новоутвореного (збереженого) гумусу із розрахунку на 1 га сівозмінної площі, т	2,10	1,85	2,13	2,02
у тому числі від гуміфікації біомаси сидератів, т/га	0,10	0,09	0,10	0,13
Частка сидератів, %	4,8	5,1	4,7	6,4

Джерело: розраховано авторами за результатами власних досліджень.

Поряд із вищенаведеним великим загальним значенням застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки на зелене добриво в органічному землеробстві слід звернути увагу на особливості та чинники їх добору для включення в схеми сівозмін. Найкращими поміж сидеральних культур за вмістом NPK (особливо азоту) та наявністю інших біологічно корисних ознак вважаються бобові, передусім люпин [20]. Нами зроблено розрахунки надходження елементів живлення з біомасою сидератів із розрахунку на один гектар площі посіву в розрізі основних сидеральних культур (табл. 4).

Таблиця 4

Розрахунок виходу сполук поживних речовин за основними сидеральними культурами (за валовим умістом)

Сидерат	Накопичення біомаси, т/га [21]	Уміст в 1 т біомаси, кг (середні дані за [20])			Вихід з 1 га, кг			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NPK
Люпин вузьколистий	24,0	4,1	1,1	2,3	98,4	26,4	55,2	180,0
Люпин багаторічний	20,0	4,8	0,9	3,0	96,0	18,0	60,0	174,0
Серадела	18,0	4,5	1,3	3,5	81,0	23,4	63,0	167,4
Буркун білий	15,0	6,5	0,7	2,1	97,5	10,5	31,5	139,5
Пелюшка	15,0	4,7	1,3	4,2	70,5	19,5	63,0	153,0
Фацелія	12,0	3,6	1,2	4,4	43,2	14,4	52,8	110,4
Жито озиме	20,0	3,2	1,1	2,7	64,0	22,0	54,0	140,0
Гірчиця біла	10,0	3,7	1,2	4,0	37,0	12,0	40,0	89,0
Ріпак озимий	13,0	3,7	1,2	4,0	48,1	15,6	52,0	115,7
Перко	15,0	3,7	1,2	4,0	55,5	18,0	60,0	133,5
Редька олійна	23,0	3,7	1,2	4,0	85,1	27,6	92,0	204,7
Райграс однорічний	21,0	3,8	1,2	2,8	79,8	25,2	58,8	163,4

Джерело: розраховано авторами.

Як можна бачити із даних табл. 4, по люпинах спостерігається один із найбільших уміст елементів живлення в біомасі із розрахунку на один гектар

посівної площі і, що особливо важливо, по азоту. За валовим умістом NPK вони поступаються лише редьці олійній, водночас значно переважаючи її за вмістом азоту в біомасі.

З метою оцінки економічних аспектів удобрювального потенціалу сидератів нами розраховано вартість 1 кг загального вмісту NPK у розрізі найбільш поширених у практиці сільськогосподарського виробництва сидеральних культур (табл. 5).

Таблиця 5

Вартість удобрювального потенціалу найбільш поширених видів сидеральних культур (за валовим умістом NPK)

Види сидеральних культур	Вихід NPK з 1 га посівів, кг	Витрати на 1 га посівів, грн	Вартість NPK, грн/кг
Люпин	180,0	2647	14,71
Редька олійна	204,7	2050	10,01
Жито озиме	140,0	1834	13,10
Гірчиця	89,0	1804	20,27
Редька олійна в пізніх посівах (50 % біомаси від розрахункової в розроблених моделях органічних сівозмін)	102,4	2050	20,02
Жито озиме в пізніх посівах (50 % біомаси від розрахункової в розроблених моделях органічних сівозмін)	70,0	1834	26,20
Гірчиця в пізніх посівах (50 % біомаси від розрахункової)	44,5	1804	40,54

Джерело: розраховано авторами.

За результатами аналізу даних табл. 5 можна зробити висновок, що люпин, маючи найбільші, як зазначалося вище, агрономічно цінні властивості в ролі сидерату, водночас характеризується і найвищою вартістю елементів живлення порівняно з редькою та житом. Стосовно порівняння з редькою наведене пояснюється в кілька разів вищою нормою висіву люпину з відповідними витратами, а стосовно порівняння із житом – набагато вищою вартістю насіння за приблизно однакової норми висіву. Поряд із цим практика свідчить, що люпин є найбільш поширеним видом сидерату, оскільки підвищені витрати на його застосування економічно окупляться більш високим урожаєм наступних культур.

Поширеність жита озимого в ролі однієї із основних сидеральних культур пояснюється тим, що, незважаючи на менший розмір його удобрювального потенціалу порівняно з люпином і редькою та вищу вартість отримуваних елементів живлення, воно накопичує великий обсяг біомаси (внесок у потенційну родючість ґрунту), відносно дешеве за загальними виробничими витратами, доступне та невибагливе. До того ж, на відміну від ярих сидератів, воно відновлює вегетацію рано навесні з відповідним збільшенням біомаси й пригніченням бур'янів, що є особливо цінним для наступних основних культур пізніх строків посіву.

Окремо варто зупинитися на популярності гірчиці, як однієї із найбільш

поширених сидеральних культур. Незважаючи на найнижчий обсяг удобрювального потенціалу (табл. 4) та його найвищу вартість (табл. 5), вона має, як відомо, унікальні фітосанітарні властивості, пригнічуючи ріст і розвиток бур'янів та низки ґрунтових патогенів, що є особливо цінним за умов органічного землеробства з огляду на неможливість застосування хімічних пестицидів.

Також слід звернути увагу на вартісні аспекти сценаріїв пізніх строків посіву проміжних сидеральних культур. Так, у розроблених нами моделях сівозмін передбачено зменшення накопичення біомаси сидератів, посіяних у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки в разі їх посіву після основних культур, які відносно пізно звільняють поле (гречка, кукурудза на зерно, соя, картопля тощо), що, за незмінності сукупних виробничих витрат на одиницю площі посіву, призводить до підвищення вартості удобрювального потенціалу сидератів. Але навіть за таких обставин вартість елементів живлення, що містяться в біомасі сидератів, за загальним умістом (табл. 5) є зіставною з вартістю елементів живлення мінеральних добрив, а за доступним умістом буде ще й дешевшою.

Водночас варто підкреслити, що, попри наведені чинники добору сидеральних культур для застосування в проміжних посівах, вирішальне значення при їх виборі в конкретних умовах можуть мати й деякі організаційні фактори. Наприклад, у двох (№ 2 та № 3) із наведених вище розроблених нами моделей органічних сівозмін відсутній люпин на сидерат. Головною причиною цього є насиченість цих сівозмін бобовими та зернобобовими основними культурами, що не дає можливості застосовувати перед ними або після них бобові сидерати. Крім цього, низка культур (гречка, кукурудза на зерно, соя, картопля) відносно пізно звільняють поле й залишку вегетаційного періоду недостатньо для нормального росту й розвитку бобових сидератів, посіяних у проміжних посівах, і формування прийнятної розміру їх удобрювального потенціалу.

Висновки. Сидерація, в тому числі посів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки, є найбільш універсальним, збалансованим, загальнодоступним, відносно легковідтворюваним і керованим резервом підвищення продуктивності, зокрема органічних агроценозів. Для органічних господарств рослинницького виробничого спрямування, за відсутності можливості застосування такого важливого джерела удобрення як гній, посів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки є важливим чинником підвищення удобрювального потенціалу сівозмін. Зазначене є особливо актуальним для агроценозів Полісся з їх відносно малородючими ґрунтами.

Природно-кліматичні умови Полісся (передусім підвищена порівняно з іншими природно-кліматичними зонами вологозабезпеченість і в цілому достатня для росту, розвитку та накопичення необхідної біомаси сидеральних культур, посіяних у проміжні (після збирання врожаю основних культур)

строки, тривалість вегетаційного періоду) цілком дозволяють широке застосування такого виду сидерації. У розроблених нами моделях сівозмін органічного виробництва Полісся вперше запропоновано посів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки на зелене добриво після всіх основних культур сівозміни (за виключенням конюшини та попередників озимих). Водночас для результативної реалізації такого підходу необхідним є належне організаційно-технічне забезпечення виробництва та відповідний рівень менеджменту для проведення польових робіт в оптимальні й стислі терміни, підбору сортів і гібридів основних культур з відповідною тривалістю вегетації та ФАО, відсутності тривалого часового розриву між збиранням основної культури та посівом проміжної тощо.

Згідно з проведеними нами теоретичними прогнозними розрахунками за розробленими моделями сівозмін, частка біомаси посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки за їх внеском у забезпечення основних культур елементами живлення може становити 18,5–27,0 % за моделями від їх загальної кількості, що може надійти із усіх урахованих джерел. При цьому вартість (за витратами) елементів живлення, що містяться в сидеральній біомасі, є відносно низькою, зокрема порівняно з мінеральними добривами, що є актуальним і для традиційних систем землеробства.

Вагомим є також внесок сидератів у процеси збереження та відтворення гумусу в ґрунтах органічних агроценозів. Згідно зі згаданими вище модельними розрахунками, надходження (збереження) гумусу від гуміфікації біомаси різних видів сидератів становить 0,11–0,25 т/га в рік (залежно від строків посіву й відповідного виходу біомаси). З розрахунку ж на 1 га сівозмінної площі розмір гумусоутворення (збереження гумусу) завдяки біомасі сидератів може становити 0,09–0,13 т або 4,7–6,4 % за моделями. Хоча внесок сидератів у формування потенційної родючості ґрунту (частка в обсягах гумусоутворення) розглянутих моделей є менш вагомим за внесок у формування ефективної родючості (частка в обсягах надходження основних елементів живлення), проте саме завдяки біомасі сидератів, як додаткового джерела надходження (збереження) гумусу, у низці випадків досягаються позитивні баланси гумусу.

Нашими розрахунками підтверджено, що найкращими поміж поширених видів сидеральних культур за вмістом NPK (особливо азоту) є бобові, передусім люпин. Водночас за однакових умов вирощування, він є і найдорожчим (14,71 грн із розрахунку на 1 кг NPK біомаси) за рахунок у кілька разів вищої норми висіву порівняно з редькою (10,01 грн) та значно вищої ціни насіння порівняно із житом (13,10 грн). Поряд із цим практика свідчить, що люпин є найбільш поширеним видом сидерату, оскільки підвищені витрати на його застосування економічно окупаються більш високим урожаєм наступних культур. Водночас нами наголошено, що, попри еколого-економічні чинники добору сидеральних культур для застосування в проміжних посівах, вирішальне значення під час їх вибору в конкретних умовах можуть мати й деякі

організаційні чинники (насиченість сівозміни певними видами культур, строки збирання основних культур тощо). Наприклад, низка культур у ролі основних (гречка, кукурудза на зерно, соя, картопля) відносно пізно звільняють поле й залишку вегетаційного періоду недостатньо для нормального росту й розвитку бобових сидератів і формування прийнятної розміру їх удобрювального потенціалу.

Практична значущість основних результатів дослідження полягає, передусім, в еколого-економічному обґрунтуванні доцільності широкого застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки в сівозмінах органічного виробництва Полісся та в рекомендаціях щодо їх добору залежно від організаційно-економічних умов конкретного господарства. Крім того, доцільність такого виду сидерації є актуальною й для традиційних систем землеробства.

Перспективним напрямом дослідження є, на нашу думку, розроблення методики розподілу витрат на застосування сидеральних культур та інших видів органічних добрив між їх внесками у формування потенційної та ефективної родючості ґрунту. Перспективним може бути й еколого-економічне обґрунтування можливості та доцільності застосування посівів сидеральних культур у проміжні (після збирання врожаю основних культур) строки в органічних агроценозах інших природно-кліматичних зон, зокрема на поливних землях Степу, з огляду на плани уряду щодо відродження системи зрошувального землеробства на півдні України. При цьому практичний досвід свідчить, що низка сільськогосподарських товаровиробників цього регіону самостійно здійснюють відновлення систем зрошення.

Список використаних джерел

1. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2020 / eds. H. Willer, B. Schlatter, J. Trávníček, L. Kemper, Ju. Lernoud. Bonn: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), IFOAM – Organics International, 2020. 337 p.
2. Лазаренко В. І. Розвиток екологічного маркетингу в органічному сільському господарстві: дис. ... д-ра філософії спец. 051 – економіка. Київ, 2020. 230 с.
3. Bellora C., Bureau C. The indirect effects of a greener EU agriculture on trade, land use and GHG emissions. URL: https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=4463.
4. Bazylevych V., Kupalova G., Goncharenko N., Murovana T., Grynchuk Y. Improvement of the effectiveness of organic farming in Ukraine. *Problems and perspectives in management*. 2017. Vol. 15. Is. 3. Pp. 64–75. [https://doi.org/10.21511/ppm.15\(3\).2017.06](https://doi.org/10.21511/ppm.15(3).2017.06).
5. Karimi F., Sultana S., Shirzadi Babakan A., Royall D. Land suitability evaluation for organic agriculture of wheat using GIS and multicriteria analysis. *Papers in Applied Geography*. 2018. Vol. 4. Is. 3. Pp. 326–342. <https://doi.org/10.1080/23754931.2018.1448715>.

6. Reganold J. P., Wachter J. M. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants*. 2016. Vol. 2. 15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>.
7. Танчик С. П., Цюк О. А., В'ялий С. О. Розвиток органічного землеробства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 1. С. 11–15.
8. Niggli U., Andres C., Willer H., Baker B. P. Building a global platform for organic farming research, innovation and technology transfer. *Organic Agriculture*. 2017. Vol. 7. Is. 3. Pp. 209–224. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0191-9>.
9. Bahorka M. Formation of the ecological-economical management of ecologization of agrarian production. *Agricultural and Resource Economics*. 2019. Vol. 5. No. 1. Pp. 5–18. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.287138>.
10. Khromushyna L., Konieva I., Skrypnyk Yu., Shalyhina I. Formation of resource potential of agrarian enterprises on the principles of ecological and economic security. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. Vol. IX. Is. 5(29). Pp. 979–986. [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.5\(29\).09](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.5(29).09).
11. Jaime M. M., Coria J., Liu X. Interactions between CAP agricultural and agri-environmental subsidies and their effects on the uptake of organic farming. *American Journal of Agricultural Economics*. 2016. Vol. 98. Pp. 1114–1145. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaw015>.
12. Bloem E., Albiñá A., Elving J., Hermann L., Lehmann L., Sarvi M., ... Ylivainio K. Contamination of organic nutrient sources with potentially toxic elements, antibiotics and pathogen microorganisms in relation to P fertilizer potential and treatment options for the production of sustainable fertilizers: a review. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 607. Pp. 225–242. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.274>.
13. De Leijster V., Verburg R. W., Santos M. J., Wassen M. J., Martínez-Mena M., de Vente J., Verweij P. A. (2020). Almond farm profitability under agroecological management in south-eastern Spain: Accounting for externalities and opportunity costs. *Agricultural Systems*. 2020. Vol. 183. 102878. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102878>.
14. Kucher A. Soil fertility, financial support, and sustainable competitiveness: evidence from Ukraine. *Agricultural and Resource Economics*. 2020. Vol. 6. No. 2. Pp. 5–23. <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.02.01>.
15. Thomas C. L., Acquah G. E., Whitmore A. P., McGrath S. P., Haefele S. M. The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. Is. 12. 776. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120776>.
16. Волкогон В. В., Москаленко А. М., Дімова С. Б., Пиріг О. В., Халеп Ю. М., Волкогон К. І. Оптимізація біологічних процесів трансформації органічної речовини у чорноземі вилуженому. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 11. С. 5–12. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-01>.
17. Культура сидерації. Наукові основи ефективного застосування зелених добрив у господарствах різних форм власності / за наук. ред. Е. Г. Дегодюка, С. Ю. Булигіна. Київ: Аграрна наука, 2013. 80 с.

18. Москаленко А. М. Вплив сидератів на підвищення родючості ґрунтів Полісся. *Науковий вісник НУБІП України. Серія: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес*. 2014. Вип. 200. Ч. 4. С. 143–150.
19. Khalep Yu., Moskalenko A. Ecological and economic aspects of the efficiency of Polissia organic plant models. *Agricultural and Resource Economics*. 2020. Vol. 6. No. 4. Pp. 5–19. <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.01>.
20. Довбан К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики. Минск: Белорусская наука 2009. 404 с.
21. Бердніков О. М., Волкогон В. В., Потапенко Л. В., Мілютенко Т. Б., Скачок Л. М. Науково-методичні рекомендації з ефективного використання сидератів у сучасному землеробстві. Чернігів, 2012. 26 с.
22. Балюк С. А., Греков В. О., Лісовий М. В., Комариста А. В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: КП «Міська друкарня». 2011. 30 с.
23. Халеп Ю. М., Волкогон В. В., Москаленко А. М. Прогнозування удобрювального потенціалу в моделях органічного виробництва. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 8. С. 45–49. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201508-09>.
24. 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.
25. 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.
26. Bondar, V. Organic grain production market of Ukraine: prospects and trends. *Baltic journal of economic studies*. 2016. Vol. 2. No. 3. Pp. 17–22. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2016-2-3-17-22>.
27. Ostapenko R., Herasymenko Y., Nitsenko V., Koliadenko S., Balezentis T., Streimikiene D. Analysis of production and sales of organic products in Ukrainian agricultural enterprises. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(8). 3416. <https://doi.org/10.3390/su12083416>.
28. Gemenet D. C., Leiser W. L., Beggi F., Herrmann L. H., Vadez V., Rattunde H. F., Hash C. T., Buerkert A., Haussmann B. I. Overcoming phosphorus deficiency in West African pearl millet and sorghum production systems: promising options for crop improvement. *Frontiers in plant science*. 2016. Vol. 7. 1389. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01389>.
29. Кореньков Д. А. Вопросы агрохимии азота и экология. *Агрохимия*. 1990. № 11. С. 28–37.

References

1. Willer, H., Schlatter, B., Trávníček, J., Kemper, L. and Lernoud, Ju. eds.

(2020), The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2020. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), IFOAM – Organics International, Bonn, Germany.

2. Lazarenko, V. I. (2020), Development of ecological marketing in the organic farming. Ph.D. Thesis, specialty 051 – economics. Kyiv, Ukraine.

3. Bellora, C. and Bureau, C. (2014), The indirect effects of a greener EU agriculture on trade, land use and GHG emissions, available at: https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=4463.

4. Bazylevych, V., Kupalova, G., Goncharenko, N., Murovana, T. and Grynychuk, Y. (2017), Improvement of the effectiveness of organic farming in Ukraine. *Problems and perspectives in management*, vol. 15, is. 3, pp. 64–75. [https://doi.org/10.21511/ppm.15\(3\).2017.06](https://doi.org/10.21511/ppm.15(3).2017.06).

5. Karimi, F., Sultana, S., Shirzadi Babakan, A. and Royall, D. (2018), Land suitability evaluation for organic agriculture of wheat using GIS and multicriteria analysis. *Papers in Applied Geography*, vol. 4, is. 3, pp. 326–342. <https://doi.org/10.1080/23754931.2018.1448715>.

6. Reganold, J. P. and Wachter, J. M. (2016), Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants*, vol. 2, 15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>.

7. Tanchyk, S. P., Tsiuk, O. A. and Vialyi, S. O. (2009), Development of organic farming in Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*, no. 1, pp. 11–15.

8. Niggli, U., Andres, C., Willer, H. and Baker, B. P. (2017), Building a global platform for organic farming research, innovation and technology transfer. *Organic Agriculture*, vol. 7, is. 3, pp. 209–224. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0191-9>.

9. Bahorka, M. (2019), Formation of the ecological-economical management of ecologization of agrarian production. *Agricultural and Resource Economics*, vol. 5, no. 1, pp. 5–18. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.287138>.

10. Khromushyna, L., Konieva, I., Skrypnyk, Yu. and Shalyhina, I. (2018), Formation of resource potential of agrarian enterprises on the principles of ecological and economic security. *Journal of Environmental Management and Tourism*, vol. IX, is. 5(29), pp. 979–986. [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.5\(29\).09](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.5(29).09).

11. Jaime, M. M., Coria, J. and Liu, X. (2016), Interactions between CAP agricultural and agri-environmental subsidies and their effects on the uptake of organic farming. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 98, pp. 1114–1145. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaw015>.

12. Bloem, E., Albiñá, A., Elving, J., Hermann, L., Lehmann, L., Sarvi, M. ... and Ylivainio, K. (2017), Contamination of organic nutrient sources with potentially toxic elements, antibiotics and pathogen microorganisms in relation to P fertilizer potential and treatment options for the production of sustainable fertilizers: a review. *Science of the Total Environment*, vol. 607, pp. 225–242. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.274>.

13. De Leijster, V., Verburg, R. W., Santos, M. J., Wassen, M. J., Martínez-Mena, M., de Vente, J. and Verweij, P. A. (2020), Almond farm profitability under agroecological management in south-eastern Spain: accounting for externalities and

opportunity costs. *Agricultural Systems*, vol. 183, 102878. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102878>.

14. Kucher, A. (2020), Soil fertility, financial support, and sustainable competitiveness: evidence from Ukraine. *Agricultural and Resource Economics*, vol. 6, no. 2, pp. 5–23. <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.02.01>.

15. Thomas, C. L., Acquah, G. E., Whitmore, A. P., McGrath, S. P. and Haefele, S. M. (2019), The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations. *Agronomy*, vol. 9, is. 12, 776. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120776>.

16. Volkohon, V. V., Moskalenko, A. M., Dimova, S. B., Pyrih, O. V., Khalep, Yu. M. and Volkohon, K. I. (2019), Optimization of biological processes of organic matter transformation in leached chernozem. *Bulletin of Agricultural Science*, no. 11, pp. 5–12. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-01>.

17. Dehodiuk, Ye. H. and Bulyhin, S. Yu. eds. (2013), *Kultura syderatsii. Naukovi osnovy efektyvnoho zastosuvannia zelenykh dobryv u hospodarstvakh riznykh form vlasnosti* [Green manuring culture. Scientific bases of effective application of green fertilizers in farms of various forms of ownership], Agrarian science, Kyiv, Ukraine.

18. Moskalenko, A. M. (2014), Influence of green manures on increase of soil fertility of Polissia. *Scientific bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Economics, agrarian management, business*, vol. 200, part 4, pp. 143–150.

19. Khalep, Yu. and Moskalenko, A. (2020), Ecological and economic aspects of the efficiency of Polissia organic plant models. *Agricultural and Resource Economics*, vol. 6, no. 4, pp. 5–19. <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.01>.

20. Dovban, K. I. (2009), *Zelenoe udobrenie v sovremennom zemledelii: voprosy teorii i praktiki* [Green manure in modern agriculture: questions of theory and practice], Belarusian science, Minsk, Belarus.

21. Berdnikov, O. M., Volkohon, V. V., Potapenko, L. V., Miliutenko, T. B. and Skachok, L. M. (2012), *Naukovo-metodychni rekomendatsii z efektyvnoho vykorystannia syderativ u suchasnomu zemlerobstvi* [Effective use of green manures in modern agriculture (scientific and methodical recommendations)], Chernihiv, Ukraine.

22. Baliuk, S. A., Hrekov, V. O., Lisovyi, M. V. and Komarysta, A. V. (2011), *Rozrakhunok balansu humusu i pozhyvnykh rehovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia* [Calculation of humus and nutrients balance in the farming of Ukraine at different management levels], Municipal Enterprise “Miska Drukarnia”, Kharkiv, Ukraine.

23. Khalep, Yu. M., Volkohon, V. V. and Moskalenko, A. M. (2015), Predicting of fertilizing potential in models of organic production. *Bulletin of Agricultural Science*, 2015, no. 8, pp. 45–49. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201508-09>.

24. Sabluk, P. T., Melnyk, Yu. F., Zubets, M. V. and Mesel–Veseliak, V. Ya. eds (2008), *Tsinoutvorennia ta normatyvni vytraty v silskomu hospodarstvi (teoriia,*

metodolohiia, praktyka). T. 1 Teoriia tsinoutvorennia ta tekhnolohichni karty vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Pricing and standard costs in the agriculture (theory, methodology, practice). Vol.1 Theory of pricing and technological charts for growing crops], NSC «IAE», Kyiv, Ukraine.

25. Sabluk, P. T., Melnyk, Yu. F., Zubets, M. V. and Mesel–Veseliak, V. Ya. eds (2008), *Tsinoutvorennia ta normatyvni vytraty v silskomu hospodarstvi (teoriia, metodolohiia, praktyka). T. 2 Normatyvna sobivartist i tsyny na silskohospodarsku produktsiiu* [Pricing and standard costs in the agriculture (theory, methodology, practice). Vol. 2 Standard cost and prices for agricultural products], NSC «IAE», Kyiv, Ukraine.

26. Bondar, V. (2016), Organic grain production market of Ukraine: prospects and trends. *Baltic journal of economic studies*, vol. 2, no. 3, pp. 17–22. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2016-2-3-17-22>.

27. Ostapenko, R., Herasymenko, Y., Nitsenko, V., Koliadenko, S., Balezentis, T. and Streimikiene, D. (2020), Analysis of production and sales of organic products in Ukrainian agricultural enterprises. *Sustainability*, vol. 12(8), 3416. <https://doi.org/10.3390/su12083416>.

28. Gemenet, D. C., Leiser, W. L., Beggi, F., Herrmann, L. H., Vadez, V., Rattunde, H. F., Hash, C. T., Buerkert, A. and Haussmann, B. I. (2016), Overcoming phosphorus deficiency in West African pearl millet and sorghum production systems: promising options for crop improvement. *Frontiers in plant science*, vol. 7, 1389. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01389>.

29. Korenkov, D. A. (1990), Aspects of agrochemistry of nitrogen and ecology. *Agrochemistry*, no. 11, pp. 28–37.

Citation:

Стиль – ДСТУ:

Халеп Ю., Москаленко А., Шаповалюк М., Арабська К. Еколого-економічне значення сидерації для органічних агроценозів Полісся. *Agricultural and Resource Economics*. 2021. Vol. 7. No. 1. Pp. 211–231. <https://doi.org/10.51599/are.2021.07.01.11>.

Style – APA:

Khalep, Yu., Moskalenko, A., Shapovalyuk, M. and Arabska, E. (2021), Ecological and economical value of green manuring for Polissia organic agroecosystems. *Agricultural and Resource Economics*, vol. 7, no. 1, pp. 211–231. <https://doi.org/10.51599/are.2021.07.01.11>.