МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТВІЙЧУК НАТАЛІЯ ГРИГОРІВНА

УДК 633.49:631.582(477.42)

ЕЛЕМЕНТИ БІОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ПОЛІССЯ

03.00.16 - екологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Житомир – 2018

Дисертацією є рукопис
Робота виконана в Житомирському національному агроекологічному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор сільськогосподарських наук, професор
Ковальов Віталій Борисович,
Житомирський національний агроекологічний університет, завідувач кафедри технології зберігання та переробки продукції рослинництва

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України
Тараріко Юрій Олександрович,
Інститут водних проблем і меліорації НААН України, завідувач відділення агроресурсів і використання меліорованих земель

доктор сільськогосподарських наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України
Шувар Іван Антонович,
Львівський національний аграрний університет, професор кафедри технологій у рослинництві

Захист відбудеться "_____"_____2018 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 14.083.01 у Житомирському національному агроекологічному університеті Міністерства освіти і науки України за адресою: 10008, м. Житомир, бульвар Старий, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Житомирського національного агроекологічного університету Міністерства освіти і науки України за адресою: 10008, м. Житомир, бульвар Старий, 7.

Автореферат розісланий " ____" _____ 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, кандидат
сільськогосподарських наук О. Б. Овезмирадова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми досліджень. Картопля – цінна продовольча, кормова і технічна культура. З картоплі виробляють близько 500 видів продуктів. У бульбах картоплі міститься близько 26 % сухих речовин, із яких 80–85 % – це крохмаль і майже 3 % – білкові речовини. Сирий протеїн містить у своєму складі 14 з 20 незамінних амінокислот. До складу картоплі також входить глюкоза, сахароза, фруктоза, пектинові речовини, мікроелементи, клітковина, каротин, органічні кислоти і інші. Бульби картоплі містять вітаміни Е, К, Д, РР, В, В6, В2, В3, С.

Картопля після зернових культур займає друге місце в структурі харчування. На приватні господарства населення припадає до 98 % площі насаджень цієї культури. В Україні площа під картоплею складає приблизно 1,5 млн. га. Основні площі картоплі розташовані у Поліссі (близько 60 %). Середня урожайність бульб у сприятливі роки сягає 125–130 ц/га, а у приватному секторі – 200–300 ц/га.

Перед сільським господарством України стоїть завдання щодо вдосконалення шляхів його подальшого розвитку. Актуальність вибору теми дослідження зумовлена стрімким погіршенням стану природних ресурсів, задіяних в агропромисловому виробництві, забрудненням навколишнього природного середовища унаслідок зростання антропогенного навантаження на довкілля, а також зростаючою стурбованістю суспільства проблемою нестачі продовольства та погіршенням його якості у планетарному масштабі.

Нові економічні умови господарювання та інтеграція України до міжнародного співтовариства висувають одночасно нові вимоги до якості продукції, технологій виробництва, забезпечення внутрішнього та просування її на ринки світу. Тому виробничі процеси у сільському господарстві, особливо в землеробстві, пов’язані з технологічними чинниками і повинні відповідати сучасним світовим стандартам.

Соціально-економічний розвиток України вимагає зростання рівня продовольчої безпеки держави, забезпечення населення високоякісними та екологічно безпечними продуктами харчування з метою збереження його здоров’я, поліпшення добробуту суспільства. Таку безпеку гарантує продукція екологобезпечних та ресурсоощадних систем землеробства, зокрема системи органічного, біологічного та екологічного землеробства.

Однак, ще недостатньо розробленим є напрям комплексного дослідження екологічних та організаційних чинників систем удобрення за умов біологізації технології вирощування картоплі, що є актуальністю сьогодення. Це вимагає більш системного підходу до вивчення процесу біологізації виробництва у системі удобрення картоплі, що зумовило необхідність дослідити це в дисертаційній роботі. З урахуванням цього і обґрунтовано тему та структурну побудову дисертаційного дослідження.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано впродовж 2012–2014 рр. відповідно до НДП ЖНАЕУ «Розробка та оцінка елементів біологізації в системі землеробства в умовах Полісся» (номер державної реєстрації 0112U000338).

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – дослідження та обґрунтування елементів біологізації вирощування картоплі у короткоротаційній сівозміні за різних систем удобрення на ясно-сірих лісових ґрунтах, що спрямовані на вирощування екологічно безпечної продукції, поліпшення і охорони родючості ґрунтів, підвищення їх екологічної стійкості в умовах Полісся України. Здійснити комплексну оцінку агроекологічного стану ґрунту та його впливу на врожай картоплі.

Для досягнення цієї мети було поставлено такі завдання:

- теоретично обґрунтувати застосування елементів біологізації технології вирощування картоплі;
- дослідити можливі шляхи поліпшення і охорони родючості ґрунтового покриву внаслідок біологізації технології вирощування картоплі;
- мінімізувати надходження шкідливих елементів унаслідок збільшення в системі удобрення частки елементів органогенного походження над елементами техногенного походження;
- встановити оптимальне співвідношення органічних та помірних норм мінеральних добрив у технології вирощування картоплі;
- визначити мікробний ценоз ґрунту та особливості його функціонування;
- дослідити біологічну активність ґрунту за різних систем удобрення;
- визначити фітотоксичність ґрунту за різних систем удобрення;
- визначити викиди парникових газів залежно від системи удобрення;
- визначити динаміку щільності складення та вологості ґрунту за різних систем удобрення картоплі в короткоротаційній сівозміні;
- вивчити вплив окремого та сумісного застосування органічних і мінеральних добрив на кислотність, поживний режим та стан гумусу ґрунту;
- встановити вплив дослідних агротехнологічних факторів на ріст й розвиток рослин, формування врожаю та якості бульб картоплі;
- дати економічну і біоенергетичну оцінку застосуванню добрив у технології вирощування картоплі.

Об'єкт дослідження – процес зміни родючості та біологічного стану ясно-сірого лісового ґрунту в залежності від застосування різних поєднань органічних і мінеральних добрив, динаміка формування врожаю і якість бульб картоплі в короткоротаційній сівозміні за різних систем удобрення.

Предмет дослідження – біологічний стан та родючість ґрунту, ріст й розвиток рослин картоплі, врожайність бульб картоплі, якість врожаю, економічна і біоенергетична ефективність технології вирощування картоплі за різних агроекологічних систем удобрення.

Методи дослідження: *польовий* – для реєстрації фенологічних фаз росту й розвитку рослин, виявлення вірогідної різниці впливу систем удобрення на родючість, біологічну активність ґрунту та продуктивність агроценозу між варіантами досліду; *кількісно-ваговий* – для визначення забур'яненості, врожайності та елементів її структури, вологості ґрунту; *лабораторний* – визначення pH, умісту гумусу, елементів живлення, мікробного ценозу ґрунту, якості сільськогосподарської продукції; *математично-статистичний* – для оцінки вірогідності одержаних результатів дослідження; *розрахунково-*

порівняльний – для оцінки економічної та енергетичної ефективності дослідних факторів.

Наукова новизна одержаних результатів. ***Уперше*** в умовах Правобережного Полісся України на дослідному полі Житомирського національного агроекологічного університету в стаціонарному польовому досліді виконано дослідження з вивчення різних систем біологізації землеробства у технології вирощування картоплі в короткоротаційній сівозміні з використанням: гною, побічної продукції сільськогосподарських культур, сидерату, біологічного азоту (симбіотична азотфіксація) та різних їх поєднань;

- на основі виконаного дослідження вивчено і розроблено принципи біологізації землеробства в умовах Правобережного Полісся України за енерго- та ресурсоощадної технології вирощування картоплі в короткоротаційній сівозміні;

- системи удобрення розраховано балансовим методом – за різних співвідношень мінеральних та органічних добрив у ґрунт надходить однакова кількість елементів живлення;

- отримано результати дослідження біологічного контролю (загортання соломи конюшини та зернових культур після обмолочування їх на насіння) за мінімізованого обробітку ґрунту під культури сівозміни;

- унаслідок узагальнення теоретичних і експериментальних даних для умов Полісся розраховано параметри викидів парникових газів залежно від системи удобрення картоплі;

удосконалено:

- в умовах Полісся України біологізацію технології вирощування картоплі в короткоротаційній сівозміні за різних систем удобрення;

дістали подальшого розвитку:

- дослідження процесів екологічної стійкості ґрунту за різних систем удобрення картоплі в короткоротаційній сівозміні Правобережного Полісся;

- управління процесами формування високої врожайності і технологічних показників якості бульб;

- здійснено агроекологічну оцінку різних систем удобрення картоплі і встановлено можливий негативний ефект від їх застосування, що уможливлює внести необхідні корективи при їх впровадженні у сільськогосподарське виробництво.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати використано та впроваджено в умовах фермерського господарства «Сонячний пагорб» та селянсько-фермерського господарства «Ставрів» Житомирського району Житомирської області з метою отримання екологічно чистої продукції бульб картоплі і розширеного відтворення родючості ґрунтів, а також збереження навколишнього природного середовища та зменшення техногенного навантаження на агросферу.

Матеріали дисертаційної роботи використано у науковій і навчальній роботі Житомирського національного агроекологічного університету, зокрема, у лекційних курсах навчальних дисциплін «Органічне та біодинамічне землеробство», «Органічне землеробство та сертифікація продукції», «Екологія

ґрунту», «Використання добрив в органічному виробництві», «Агрохімія», а також під час проведення лабораторно-практичних занять за вказаними дисциплінами.

Особистий внесок здобувача полягає у здійсненні огляду й аналізу літературних джерел за темою дисертації, формулюванні робочої гіпотези та завдань експериментів, визначенні шляхів їх реалізації, виконанні лабораторних і польових дослідів, статистичного опрацювання експериментальних даних, узагальненні результатів дослідження, опублікуванні одержаних результатів та оформленні дисертаційної роботи.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи оприлюднено і отримали схвалення на науково-практичних форумах різних рівнів: VIII Міжнародній науковій конференції «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК», (Брянск, 2011 г.), Міжнародній науково-практичній конференції «Теоретические и прикладные аспекты современной фитопатологии и иммунитета растений» (Минск – Самохваловичи, 13–15 июля, 2011 г.), Конференції молодих вчених «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем АПК» (Житомир, 29–30 травня 2012 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні тенденції розвитку аграрної науки в XXI столітті» (Львів, 7–8 грудня 2012 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека» (Житомир, 18–20 квітня 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Молодежь и инновации – 2013» (Горки, Республика Беларусь, 29–31 мая 2013 г.), Науково-практичній конференції «Наукові читання. – 2013» (Житомир, 2013 р.), III Міжнародній науково-практичній конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека» (Житомир, 23 квітня 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса» (Курган, РФ, 27 апреля 2016 г.).

Публікації. За матеріалами дисертаційних досліджень опубліковано 14 наукових робіт, з яких 1 стаття у наукових фахових виданнях України, внесених до міжнародних наукометричних баз даних, 4 статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому виданні іншої держави, 9 матеріалів тез та доповідей у збірниках міжнародних і всеукраїнських конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена українською мовою на 246 сторінках комп'ютерного тексту, ілюстрована 37 таблицями і 22 рисунками; складається з анотацій, вступу, 6 розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел, який налічує 255 найменувань, у тому числі 23 латиницею та 33 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкрито суть наукової проблеми, обґрунтовано актуальність, сформульовано мету дослідження, визначено наукову новизну та практичну цінність роботи. Наведено відомості про особистий внесок автора, апробацію результатів, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі *"Елементи біологізації землеробства в технології вирощування картоплі" (огляд літературних джерел)* на основі аналізу та

узагальнення літературних джерел описано еколого-фітобіологічні особливості картоплі, вплив сівозміни та альтернативних систем удобрення картоплі на родючість та біологічний стан ґрунту, продуктивність і якість продукції, обґрунтована доцільність введення біологічного землеробства. Розглянено і проаналізовано науково-технічну інформацію щодо викидів парникових газів у зв'язку із сільськогосподарською діяльністю.

З огляду літературних джерел виникає необхідність дослідити вплив елементів біологізації на стійкість та продуктивність агроценозу картоплі в короткоротаційній сівозміні зони Полісся, можливості керування фоном живлення, розробити екологічно безпечну та економічно доцільну систему удобрення картоплі й сівозміни загалом в системі переходу на біологічне виробництво.

Хоча відомі роботи з впливу різних видів органічних і мінеральних добрив на врожайність і якість картоплі, досі не досліджено динаміку та відповідність біологічному виробництву основних показників родючості ясно-сірого лісового ґрунту залежно від удобрення картоплі органічними добривами в поєднанні з мінеральними у невеликій кількості, з використанням соломи, сидерату, біологічного азоту (симбіотична азотфіксація) та комплексного впливу на агроекосистему ясно-сірого супіщаного лісового ґрунту в умовах Полісся України.

У другому розділі "*Умови та методика виконання дослідження"* наведено агрохімічну характеристику ґрунту дослідної ділянки, абіотичні фактори за роки дослідження: подекадна сума активних температур (°С), сума опадів (мм) та гідротермічний коефіцієнт за період вегетації картоплі. Дослідження виконано у стаціонарному досліді, який закладено на дослідному полі ЖНАЕУ упродовж 2012–2014 рр.

Аналітичні дослідження виконано у сертифікованих лабораторіях Рівненської та Житомирської філій державної установи «Держгрунтохорона».

Агрохімічні показники ґрунту виконували за такими методиками: гумус – за Тюріним (ГОСТ 26213-91); pH – потенціометрично (ГОСТ 26483-85); гідролітична кислотність – за Каппеном у модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26212-91); азот, що легко гідролізується – за Корнфілдом; рухомий фосфор та обмінний калій – за Кірсановим (ГОСТ 26207-91); сума увібраних основ – за Каппеном-Гільковицем; важкі метали – в кислотній витяжці.

Водно-фізичні властивості ґрунту визначали: гранулометричний склад – методом піпетування з підготовкою ґрунту за Качинським (ГОСТ 12536); щільність ґрунту – буровим методом за Качинським (ДСТУ ISO 11272) з об'ємом циліндра 109,23 $см^2$; вологість – термостатно-ваговим методом. Для визначення величини середнього балансу гумусу в ґрунті нами використано формулу Г. Я. Чесняка.

Чисельність основних таксономічних та фізіологічних груп мікроорганізмів визначали методом висівання ґрунтової суспензії на стандартні поживні середовища: загальна кількість мікроорганізмів – на пептон-глюкозному агарі (ПГА); амоніфікатори – на м'ясопептонному агарі (МПА); бактерії, які використовують фосфор із мінеральних водонерозчинних

фосфатів – на глюкозо-аспарагіновому середовищі з додаванням фосфату кальцію $Ca_3(PO_4)_2$ (середовище Муромцева); актиноміцети та мікроорганізми, що засвоюють мінеральний азот – на крохмально-аміачному агарі (КАА); гриби – на сусло-агарі (СА); мікрофлора розсіювання характеризувалась кількістю оліготрофів на ґрунтовому агарі (ГА). Коефіцієнт мінералізації (КАА/МПА) та оліготрофності (ГА/(КАА+МПА)) розраховували за К. І. Андріюк. Нітрифікаційну активність визначали під час компостування ґрунту за оптимальних умов методом Кравкова. Целюлозоруйнівну активність ґрунту визначали методом аплікацій за триразового повторення закладанням лляного полотна за методом Штатнова. Чисельність мезофауни (дощових черв'яків) визначали у металевому кільці висотою 10 см, площею 0,025 м^2 за Штатновим. Інтенсивність "дихання" – за активністю виділення CO_2 за добу методом Штатнова. Фітотоксичність – методом біотестування.

Фенологічні спостереження здійснювали у такі фази розвитку рослин картоплі: сходи, інтенсивний ріст рослин (стеблування), цвітіння, початок відмирання бадилля (в'янення бадилля). Густоту стояння рослин визначали суцільним підрахунком кількості рослин картоплі на облікових ділянках у фазу бутонізації. Забур'яненість агроценозу картоплі визначали у фазу цвітіння культури кількісно-ваговим методом на ділянках площею 0,25 м^2 за трьохразового повторення. Площу листкової поверхні визначали методом висічок з листків та розраховували за формулою. Масу бадилля та листя визначали ваговим методом. Облік врожаю та його структуру визначали ваговим методом поділянково. Уміст сухих речовин та крохмалю в бульбах визначали за питомою масою на вазі Парова. Уміст аскорбінової кислоти – за Мурі. Нітратний азот визначали на інфрачервоному аналізаторі моделі 4500. Кількість рослинних решток розраховували за методикою Ф. І. Лєвіна. Визначення кількості викидів парникових газів – за іноземною методикою IPCC 2006.

Енергетичну ефективність вирощування картоплі визначали за методикою, описаною О. К. Медведовським та П. І. Іваненком. Економічну ефективність вирощування картоплі визначали за рекомендаціями, розробленими в НУБІП та розробленими в умовах Житомирського Полісся технологічними картами. Статистичну та математичну обробку експериментальних даних виконували методами дисперсійного та кореляційного аналізів за допомогою ЕОМ Pentium III, за методикою Б. О. Доспєхова з використанням прикладних комп'ютерних програм ANOVA, пакету аналізу електронної таблиці Microsoft Excel та Statistica.

У виконанні експерименту використано картоплю сорту Белларoза. Технологія вирощування картоплі загальноприйнята для зони центральних районів Полісся України. Обробіток ґрунту виконували без обертання скиби. На сидерат вирощували редьку олійну. Перед висаджуванням бульби картоплі перебирали та озеленювали. Садили картоплю саджалкою СН–4Б–1 із розрахунку на густоту стояння рослин 55 тис./га (фізична норма 3–3,5 т/га) з шириною міжрядь 70 см. Насадження картоплі обробляли біоінсектицидами – бітоксибацилін (30 мл/сотку) + актофіт (10 мл/сотку) 2 рази з інтервалом

7–10 днів для кожного покоління жуків. Мінеральні добрива вносили під основний обробіток ґрунту – суперфосфат простий гранульований (20 % д. р.), калійну сіль (51 % д. р.) та під передпосівну культивацію – аміачну селітру (34 % д. р.). Напівперепрілий гній вносили восени під основний обробіток ґрунту. Солому після збирання зернових культур загортали в ґрунт на глибину 10–12 см з додаванням азоту 10 кг/т в усіх варіантах удобрення та біологічного контролю.

Основу дисертаційної роботи складають результати дослідження і спостереження, виконані в агроценозі картоплі короткоротаційної сівозміни за 6 систем удобрення:

Сівозміна	**Системи удобрення**
1. Конюшина на насіння.	1. Біологічний контроль.
2. Картопля.	2. Органічна (гній 50 т/га).
3. Жито озиме.	3. Органо-мінеральна – 50 % органічних + 50 % мінеральних добрив (гній 25 т/га + $N_{25}P_{20}K_{35}$).
4. Пелюшка + овес.	4. Органо-мінеральна – 75 % органічних + 25 % мінеральних добрив (гній 37,5 т/га +$N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$).
5. Овес з підсіванням конюшини.	5. Органічна (сидерати – 20 т/га). 6. Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$).

У третьому розділі *“Водно-фізичний та поживний стан ґрунту залежно від системи біологізації технології вирощування картоплі”* наведено результати дослідження з визначення впливу систем удобрення на агрофізичні та агрохімічні властивості ясно-сірого супіщаного лісового ґрунту.

Встановлено, що органічні речовини, які надходять до ґрунту сприяють зменшенню його щільності та покращанню умов росту й розвитку рослин і формуванню врожаю бульб картоплі. Зокрема, за органо-мінеральної системи удобрення у 4 варіанті зменшилась щільність ясно-сірого супіщаного ґрунту до 1,16 г/см^3 в шарі ґрунту 0–10 см і до 1,25 г/см^3 у шарі ґрунту 10–20 см. Застосування цього агрозаходу сприяло росту й розвитку рослин картоплі і забезпечило приріст врожаю у середньому за 2012–2014 рр. 13,1 т/га порівняно до біологічного контролю.

Найвищу вологоутримну здатність ясно-сірого лісового ґрунту забезпечує органічна (гній 50 т/га) та органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив) системи удобрення. Показники вологозабезпечення більші відповідно на 11 % та 9 % порівняно до мінеральної системи удобрення. При цьому простежується наступна тенденція: із збільшенням дози мінерального удобрення вологазабезпечення ґрунту зменшується.

Найбільший вплив на тенденцію до зниження обмінної кислотності мало внесення напівперепрілого гною у нормі 50 т/га – pH 5,1. За органо-мінеральних систем відбувалось також значне зниження цього показника –до pH 5,0 у 4 варіанті та pH 4,9 у 3 варіанті. Виключно мінеральне живлення обумовило підкиснення ґрунту до pH 4,5.

Найсприятливіші умови для інтенсивного нагромадження макроелементів у ясно-сірому супіщаному ґрунті були у 4 варіанті за органо-мінеральної системи удобрення: N – 120, P_2O_5 – 129 та K_2O – 85 мг/кг ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1

Показники родючості ясно-сірого лісового ґрунту залежно від системи удобрення (на кінець першої ротації сівозміни)

Система удобрення	Гумус, %	pHkcl	$N_{(гідр)}$	P_2O_5	K_2O
			мг/кг ґрунту		
До закладки досліду	1,13	4,8	97	96	62
Біологічний контроль	1,23	4,7	99	89	56
Органічна (гній 50 т/га)	1,33	5,1	124	113	76
Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив)	1,28	4,9	114	125	82
Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив)	1,35	5,0	120	129	85
Органічна (сидерати – 20 т/га)	1,24	4,6	101	91	59
Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	1,19	4,5	109	117	84

Найбільший вміст гумусу забезпечує органо-мінеральна система удобрення (75 % гною + 25 % мінеральних добрив) – 1,35 % (+ 0,22 % до вихідних показників та + 0,12 % до біологічного контролю). Дещо поступається органічна система (гній 50 т/га), яка забезпечувала вміст гумусу 1,33 %.

У четвертому розділі *"Біологічна активність ясно-сірого ґрунту за різних систем удобрення картоплі"* наведено результати дослідження мікробіологічного складу та динаміки біологічних процесів в ясно-сірому лісовому ґрунті, фітотоксичність ґрунту та викиди парникових газів.

Мінералізацію рослинних залишків у ґрунті здійснюють целюлозоруйнівні мікроорганізми – бактерії, гриби та стрептоміцети.

Внесення високих норм мінеральних добрив, засобів захисту рослин, недотримання сівозміни або монокультура призводять до порушення функціонування біоценозу. За таких умов проявляються негативні сторони діяльності мікроорганізмів – деструкція гумусу, нагромадження проміжних продуктів розкладання пестицидів, зростання фітотоксичності ґрунту, розвиток фітопатогенних мікроорганізмів, які викликають масові захворювання рослин.

Дослідження стану мікробного ценозу ґрунту на фонах різних систем удобрення свідчать про суттєві кількісні зміни еколого-трофічних груп мікроорганізмів. Чисельність мікроорганізмів була вищою при застосуванні добрив порівняно до біологічного контролю. Це пов'язано з тим, що мікроорганізмам потрібно надходження органічної речовини у якості поживного та енергетичного матеріалу.

Найбільше зростання чисельності основних груп мікроорганізмів встановлено у середньому за роки дослідження у варіанті за внесення органічних добрив. Зокрема, у варіанті застосування гною нормою 50 т/га встановлено збільшення загальної кількості мікроорганізмів на ПГА в 1,4 рази. За сумісного застосування органічних та мінеральних добрив у поєднанні 50 % : 50 % та 75 % : 25 % кількість мікроорганізмів збільшилась у середньому відповідно на 17 % та 31 % порівняно до біологічного контролю. На фонах післядії сидерату та внесення лише мінеральних добрив кількісні показники мікроорганізмів були на рівні біологічного контролю, бо внесення до кислого ґрунту мінеральних добрив призводить до зменшення у ньому кількості мікроорганізмів (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив системи удобрення картоплі на мікрофлору ясно-сірого лісового ґрунту, млн КУО/г абс. сух. ґрунту (середнє за 2012–2014 рр.)

Система удобрення	Загальна кількість мікроорганізмів (ПГА)	Бактерії, що використовують мін. азот (КАА)	Амоніфікатори (МПА)	Оліготрофи (ГА)	Фосформобілізуючі бактерії (середовище Муромцева)	Актиноміцети (КАА)	Гриби, тис./г
Біологічний контроль	2,9	5,9	2,4	1,7	2,1	0,3	96,1
Органічна (гній 50 т/га)	4,2	7,1	3,1	1,1	5,2	0,9	70,6
Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив)	3,4	7,0	2,9	1,3	4,6	0,7	72,6
Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив)	3,8	7,4	3,2	1,4	5,4	0,7	62,2
Органічна (сидерати – 20 т/га)	2,9	6,7	2,5	1,4	3,0	0,6	83,6
Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	2,9	6,9	2,5	1,5	3,3	0,7	94,8

Мікробний ценоз ґрунту складається з різних груп мікроорганізмів. Питома вага бактерій, які здатні використовувати мінеральний азот, значно зростала в удобрених варіантах порівняно до біологічного контролю – у середньому на 14–25 %.

За органо-мінеральної системи удобрення у 4 варіанті відбулось найбільше зростання кількості бактерій, які здатні використовувати мінеральний азот – 7,4 млн КУО/г ґрунту, амоніфікаторів – до 3,2 млн КУО/г та фосформобілізуючих бактерій – 5,4 млн КУО/г ґрунту.

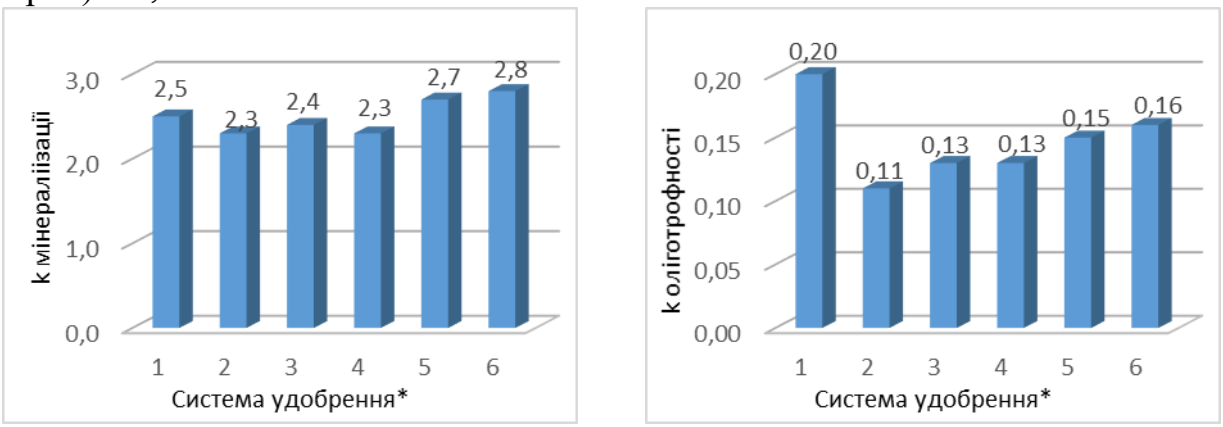
Найбільша кількість мікроорганізмів з оліготрофним живленням виявлено на біологічному контролі – 1,7 млн КУО/г. За внесення мінеральних добрив також підвищувалась їх кількість до 1,5 млн КУО/г.

Актиноміцети – це мікроорганізми, які беруть активну участь у процесі кругообігу азоту. Вони здатні розкладати прості органічні речовини і гумус, вивільнюючи при цьому азот. За різних систем удобрення їх кількість зросла у середньому в 2–3 рази, а максимальну їх кількість встановлено на фоні гною (0,9 млн КУО/г).

На біологічному контролі та у варіанті застосування лише мінеральних добрив встановлено високу чисельність грибів, яка була в 1,3–1,5 рази вищою, ніж у варіанті застосування гною, як окремо, так і в поєднанні з мінеральними добривами, за винятком сидерату. Це насамперед пов’язано з підвищенням кислотності ґрунту. Внесення мінеральних добрив та післядія сидерату призводить до зниження pH ґрунту та збільшення вмісту рухомого алюмінію. При цьому більшість корисних мікроорганізмів гинуть, а гриби навпаки збільшують свою чисельність та біорізноманіття, зростає чисельність форм із високою фітотоксичною активністю.

Показником, який характеризує напругу перебігу мінералізаційних процесів у ґрунті є коефіцієнт мінералізації. Найвищим цей показник (рис. 1 *а*)

виявився у варіанті за внесення мінеральних добрив – 2,8 та сидерату – 2,7, тобто у варіантах із нижчою біологічною активністю ґрунту і інтенсивними процесами мінералізації органічних речовин, де вони переважають відповідно над процесами іммобілізації. За цих умов ґрунтова система є екологічно несприятливою для нагромадження гумусу. Найнижчий коефіцієнт мінералізації встановлено за органічної системи удобрення (гній – 50 т/га) – 2,3, за органо-мінеральної системи (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив) – 2,3 та за органо-мінеральної системи (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив) – 2,4.



а *б*

Рис. 1. **Коефіцієнт мінералізації органічних речовин ґрунту (*а*) та оліготрофності (*б*) за різних систем удобрення картоплі (середнє за 2012–2014 рр.)**

Примітка*: 1. Біологічний контроль; 2. Органічна (гній 50 т/га); 3. Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив); 4. Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив); 5. Органічна (сидерати – 20 т/га); 6. Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$).

Коефіцієнт оліготрофності є найвищим на біологічному контролі – 0,2, за органічної системи (сидерати – 20 т/га) – 0,15 та при внесенні лише мінеральних добрив – 0,16, що вказує на погіршення трофічного режиму ґрунту та зменшення поживних речовин, що необхідні для життєдіяльності ґрунтового мікробоценозу (рис. 1 *б*).

Целюлозолітична активність ясно-сірого лісового ґрунту, визначена за руйнуванням лляного полотна, значно залежала від рівня удобрення картоплі (табл. 3). Найменшу інтенсивність розкладання лляного полотна встановлено у варіанті біологічного контролю – у середньому лише 47,7 %.

Найінтенсивніше відбуваються мікробіологічні процеси у варіантах, де вносили гній як окремо, так і у поєднанні з мінеральними добривами: за органічної системи удобрення (гній 50 т/га) – 61,2 %, за органо-мінеральної системи удобрення (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив) – 59,7 %, за органо-мінеральної системи удобрення (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив) – 59,3 %, що більше порівняно до біологічного контролю відповідно на 28 %, 25 % та 24 %.

Процеси розкладання клітковини тісно пов’язані з інтенсивністю виділення вуглекислоти та загальною біологічною активністю ґрунту. У міру насичення ґрунту різними формами органічних добрив на фоні помірного мінерального удобрення відбувалося зростання темпів інтенсифікації дихальних процесів ґрунту. Найсприятливіші умови для емісії CO_2 склалися за

органічної системи удобрення (гній 50 т/га) – 35,7 мг/кг ґрунту за добу CO_2 та органо-мінеральної (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив) – 34,1 мг/кг ґрунту за добу CO_2.

Таблиця 3

Чинники біологічної стійкості ґрунту залежно від систем удобрення картоплі (середнє за 2012–2014 рр.)

Система удобрення	% розкладання лляної тканини	Емісія вуглекислоти, мг/кг ґрунту за добу	Нітрифікаційна здатність ґрунту, мг/кг $N\text{-}NO_3$	Щільність вермибіоти, шт./м^2
Біологічний контроль	47,7	19,6	2,9	52
Органічна (гній 50 т/га)	61,2	35,7	7,0	102
Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив)	59,7	31,4	7,6	81
Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив)	59,3	34,1	7,8	99
Органічна (сидерати – 20 т/га)	55,7	22,1	3,9	53
Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	55,2	22,5	4,2	45

Нітрифікація є одним із найважливіших мікробіологічних процесів у ґрунті, яка завершує трансформацію азотовмісних органічних сполук. Від інтенсивності процесу нітрифікації залежить ступінь забезпечення рослин азотом. Нами встановлено, що найвища інтенсивність нітрифікаційних процесів була за поєднання мінеральних добрив з органічними у 3 та 4 варіанті – більше відповідно у 2,6 та 2,7 раз порівняно до біологічного контролю. Цей позитивний ефект пов'язаний з тим, що гній здатний створювати сприятливі ґрунтові умови для життєдіяльності мікроорганізмів азотного циклу і нагромадження нітратного азоту продовж кількох років після внесення завдяки тривалій післядії, а мінеральні добрива поповнюють ґрунт азотом, який служить поживним матеріалом для нітрифікуючих бактерій.

Деструкція целюлози тісно пов’язана з біологічною активністю не тільки мікрофауни, але й мезофауни, зокрема, дощових черв’яків. Дощові черв’яки є одними з найважливіших організмів, які беруть активну участь у ґрунтотворних процесах. Від рівня їх активності залежить властивість ґрунту покращувати поживний режим, структуру ґрунту і збільшувати уміст органічних речовин. Водночас розвиток популяції дощових черв’яків у ґрунті залежить від вологості, механічного складу, pH і системи удобрення ґрунту. Ґрунт, що удобрюється збалансовано та відповідно до потреб культури, корисний як для рослин, так і для дощових черв’яків.

Внесення напівперепрілого гною як окремо, так і в поєднанні з мінеральними добривами забезпечує найсприятливіші умови для існування вермибіоти. За органо-мінеральної системи (75 % органічних + 25 %

мінеральних добрив) чисельність черв'яків у досліді в середньому складає 99 шт./м^2, що у 2 рази більше, ніж на біологічному контролі.

В останні роки гострою стала проблема оцінки забруднення агроландшафтів та сільськогосподарської продукції токсичними речовинами антропогенного і природного походження.

Проведені нами дослідження по вивченню впливу застосування різних видів добрив на фітоксичність ґрунту показували істотне коливання величини даного показника. Найвищу фітоксичність ґрунту встановлено у варіанті систематичного застосування лише мінеральних добрив. Тут відбувалось пригнічення росту тест-об`єкта на 6 % порівняно до біологічного контролю. Аналогічну закономірність встановлено і за органічної системи на фоні сидерату – на 3 %. Пригнічення росту рослин у вище згаданих варіантах пояснюється значним підкисненням ґрунту та інтенсивним розвитком грибної мікрофлори.

Внесення напівперепрілого гною призводило до зменшення в ґрунті чисельності фітотоксичних мікроорганізмів та підвищувало pH. Тому за органічної системи (50 т/га гною) встановлено зменшення фітотоксичності у середньому на 4 %, а у 3 та 4 варіантах дослідження за органо-мінеральних систем – на 1 % та 2 % відповідно, що позитивно впливало на екологічний стан ґрунту.

Таким чином, насичення ґрунту різними формами органічних добрив на фоні помірного мінерального удобрення забезпечує зростання темпів інтенсифікації дихальних процесів ґрунту, розкладання целюлози та розвитку мезофауни ґрунту , що позитивно впливає на уміст гумусу (табл. 1).

Викиди N_2O з ґрунту мають такі складові: власне безпосередні викиди із ґрунту (прямі викиди) та опосередковані викиди (вимивання з ґрунту і депонування до атмосфери) (рис. 2).

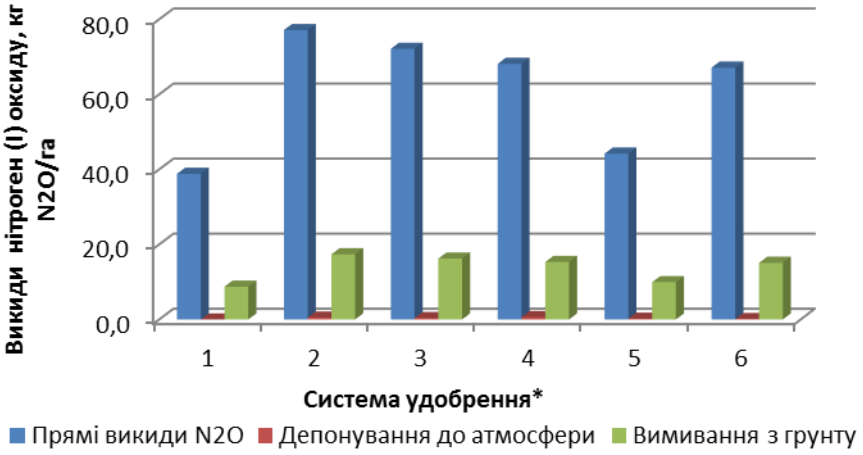


Рис. 2. **Співвідношення прямих та опосередкованих викидів нітроген (I) оксиду залежно від системи удобрення, кг N_2O/га (середнє за 2012–2014 рр.)**

Примітка*: 1. Біологічний контроль; 2. Органічна (гній 50 т/га); 3. Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив); 4. Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив); 5. Органічна (сидерати – 20 т/га); 6. Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$).

Найбільша частка емісії нітроген (I) оксиду припадає на прямі викиди – 38,8 % – 77,1 %. До атмосфери депонується від 0,1 % до 0,6 % нітроген (I)

оксиду. З ґрунту вимивається у середньому від 8,7 % до 17,4 %. Встановлено, що найвищий показник емісії нітроген (I) оксиду забезпечувала органічна система удобрення (50 т/га гною) – у середньому 95 кг/га, а найменший у варіанті біологічного контролю – 47,6 кг N_2O/га. За органо-мінеральної системи удобрення (75 % гною + 25 % мінеральних добрив) до атмосфери надходило 84,1 кг N_2O/га, що на 10,9 кг N_2O/га менше, ніж за органічної системи (50 т/га гною).

Оцінка біологічного стану ґрунту на основі кореляційного аналізу між мікробіологічними показниками і біологічними процесами залежно від застосування різних видів добрив підтвердила існування тісного зв'язку між ними (рис. 3).

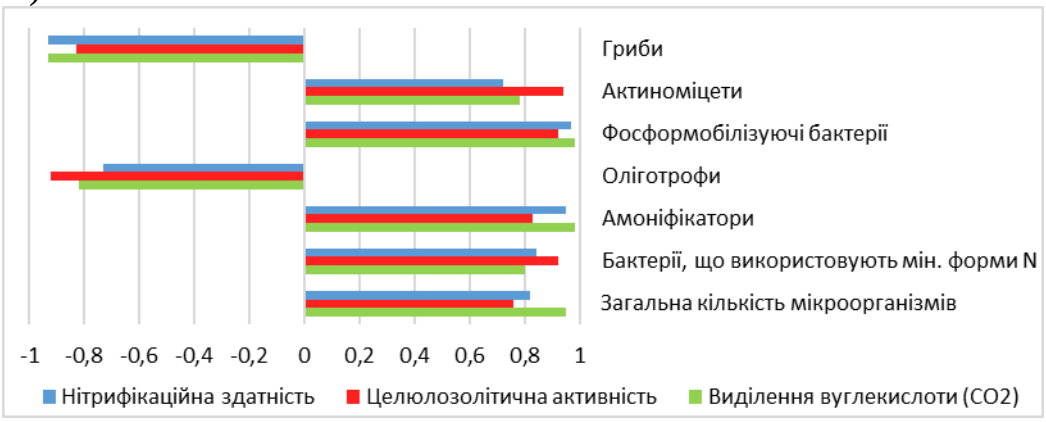


Рис. 3. **Коефіцієнти парної кореляції (r) між основними групами мікроорганізмів і біологічними процесами**

Загалом найбільшу кількість вірогідних позитивних зв'язків мали всі біологічні процеси із загальною кількістю мікроорганізмів, бактерій, що використовують мінеральні форми азоту, амоніфікаторів, фосформобілізаторів та актиноміцетів – r = 0,72–0,98. З оліготрофами і грибами у всіх біологічних процесах виявлено зворотній кореляційний зв'язок – r = –0,73–0,93.

У п'ятому розділі *"Біологізація процесу формування продуктивності картоплі залежно від системи удобрення в короткоротаційній сівозміні"* встановлено, що збалансоване і систематичне внесення добрив, впливало на поліпшення поживного режиму ґрунту та живлення рослин, а через процес живлення – на темпи формування робочих і репродуктивних органів та нагромадження рослинами врожаю.

Визначено показник забур'яненості насаджень картоплі, ступінь заселення колорадським жуком та ураження рослин картоплі фітофторозом, які є вагомими аргументами екологічності дослідних систем удобрення, оскільки у досліді зменшено пестицидне навантаження на агроценоз. Внесення гною призводило до збільшення чисельності бур'янів в агроценозі картоплі. Здійснення агрозаходів контролювання чисельності бур'янів уможливило зменшити їх кількість до 47–72 шт./м^2, що не перевищує порогу шкодочинності.

Загалом у досліді ступінь заселення кущів колорадським жуком агроценозу картоплі був незначний. Чисельність яйцекладок колорадського жука за 2012–2013 рр. загалом у досліді складала у середньому 26–29 шт. на 10 рослинах і не залежала від виду, норми і способу внесення добрив. Заселення

кущів жуками складало відповідно 2,6–3 штук на кущ. Метеорологічні умови 2014 року сприяли зростанню чисельності популяції колорадського жука на 15–20 % порівняно з попередніми роками дослідження.

Ураження рослин картоплі фітофторозом не залежить від видів і норм внесення як органічних, так і мінеральних добрив. Ступінь ураження рослин цим патогеном у фазу бутонізації становить у середньому 3,5–4,2 %, тоді як на початку природного відмирання бадилля він був у межах 65,1–69,9 %.

Найбільший вплив на ріст й розвиток рослин картоплі мало внесення гною та мінеральних добрив у різних їх поєднаннях. Так, у варіанті 4 за органо-мінеральної системи удобрення висота рослин культури збільшується у середньому на 36 %, кількість стебел – на 95 тис. шт./га, площа листкової поверхні у фазу цвітіння збільшується на 53 % порівняно до біологічного контролю.

На основі аналізу залежності врожайності картоплі від систем удобрення та достовірності відхилень між варіантами дослідження та їх взаємодії ($НІР_{05}$=1,92–2,39) на ясно-сірому лісовому ґрунті за 2012–2014 роки (табл. 5) встановлено, що у варіанті біологічного контролю врожайність бульб картоплі була низькою і становила лише 20,1 т/га. Найвищого рівня вона сягала у варіанті 4 за органо-мінеральної системи і складала у середньому 33,2 т/га.

Таблиця 5

Врожайність бульб картоплі залежно від системи удобрення, т/га

Система удобрення	Рік дослідження			Середнє за 2012–2014 рр.	+/- до конт-ролю	% до конт-ролю
	2012	2013	2014			
Біологічний контроль	21,3	16,7	22,2	20,1	-	100
Органічна (гній 50 т/га)	30,2	24,2	31,4	28,6	8,5	142,4
Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив)	33,5	26,8	32,9	31,1	11,0	154,7
Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив)	36,4	28,5	34,6	33,2	13,1	165,1
Органічна (сидерати – 20 т/га)	22,9	18,7	26,1	22,6	2,5	112,5
Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	31,9	23,9	31,9	29,2	9,1	145,5
$НІР_{05}$	2,23	1,92	2,39			

Встановлено, що сорт Белларoза має високу товарність бульб – у середньому за три роки вона найменша на біологічному контролі – 84,2 %, а найбільша за органо-мінеральної системи удобрення (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив) – 90,6 %.

Важливими показниками якості картоплі є уміст в бульбах сухих речовин, крохмалю та вітаміну С, від яких залежать її господарські, смакові й технологічні властивості.

Уміст сухих речовин у бульбах картоплі Белларoза у варіанті біологічного контролю у середньому за 2012–2014 рр. становив 21,0 %. Встановлено, що на

удобрених варіантах сухих речовин у бульбах було менше. Так, за органічної системи удобрення (гній 50 т/га) їх вміст склав 20,4 %, за органо-мінеральної системи удобрення (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив) та органічної системи (сидерати – 20 т/га) – 20,6 %, за мінеральної – 20,9 % (табл. 6).

Таблиця 6

Показники якості бульб картоплі (середнє за 2012–2014 рр.)

Система удобрення	Сухі речовини, %	Крохмаль, %	Вітамін С, мг/кг	Нітрати, мг/кг
Біологічний контроль	21,0	14,3	18,2	64,2
Органічна (гній 50 т/га)	20,4	13,8	21,0	72,9
Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив)	20,7	14,0	21,2	78,5
Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив)	20,6	13,9	21,3	78,2
Органічна (сидерати – 20 т/га)	20,6	13,9	19,9	71,2
Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	20,9	14,2	19,5	81,4

Аналогічну залежність виявлено і за умістом крохмалю в бульбах. Найбільша його величина була на біологічному контролі – 14,3 % та мінеральної системи удобрення ($N_{50}P_{40}K_{70}$) – 14,2 %, а за внесення 50 т/га гною кількість крохмалю зменшувалася до 13,8 %, за органо-мінеральної системи удобрення (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив) та органічної системи (сидерати – 20 т/га) – до 13,9 %.

Незважаючи на те, що із збільшенням кількості внесених добрив зменшувався процентний вміст сухих речовин та крохмалю у бульбах картоплі, вихід їх за рахунок врожайності та товарності картоплі був завжди значно вищий порівняно до біологічного контролю.

Уміст вітаміну С в бульбах картоплі залежно від системи удобрення коливався у середньому від 17,4 мг/кг до 21,7 мг/кг. Найбільший уміст вітаміну С – 21,2 мг/кг був у варіанті 3 та 21,3 мг/кг у варіанті 4 за органо-мінеральних систем удобрення, що на 16 % та 17 % відповідно більше порівняно до біологічного контролю.

В усіх варіантах досліду перевищення допустимої норми нітратного азоту у бульбах картоплі не встановлено. На біологічному контролі кількість нітратів у бульбах картоплі складала 64,2 мг/кг. Внесення 50 т/га гною підвищувало цей показник лише до 72,9 мг/кг, застосування тільки мінеральних добрив – до 81,4 мг/кг, за органо-мінеральних системи – 78,2–78,5 мг/кг, за органічної системи (сидерати – 20 т/га) – 71,2 мг/кг.

Розрахунок математичної нелінійної моделі показав, що поєднання органічної і мінеральної систем живлення у співвідношенні 75 % : 25 % є оптимальною, коли $\Delta Q = 13,1$ виявилась дуже близькою до абсолютного максимуму (рис. 4).

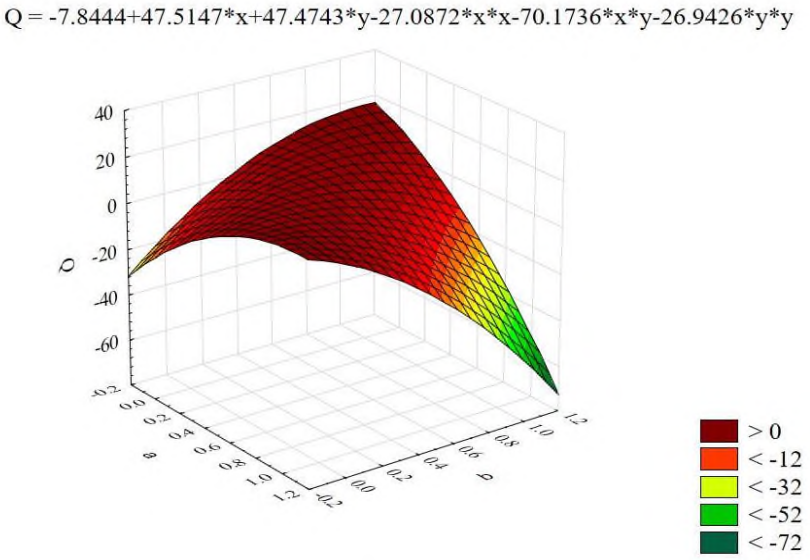


Рис. 4. **Синергізм мінеральної і органічної систем живлення агроценозу картоплі сорту Белларoза**

Наступне поєднання систем живлення (a_* b_*) призводить до стрімкого зменшення Δ Q, а за їх незначному перевищенні значення Δ Q < Q, тобто дає негативний результат.

У розділі шість *"Біоенергетична і економічна оцінка елементів біологізації картоплі в короткоротаційній сівозміні"* на основі розрахунків встановлено, що кількість витраченої енергії порівняно з її виходом була не високою і значно залежала від системи удобрення (табл. 7). Так, на фоні 50 т/га гною вони зросли на 49 % і складали 59,9 ГДж, за органо-мінеральної у 3 варіанті зросли на 48,5 % і складали 59,7 ГДж, за органо-мінеральної системи у 4 варіанті зросли на 47,8 % і складали 59,4 ГДж.

Таблиця 7

Біоенергетична ефективність вирощування картоплі за різних систем удобрення (середнє за 2012–2014 рр.)

Система удобрення	Усього витрачено енергії		Вихід енергії з урожаєм		Коефіцієнт енергетичної ефективності
	ГДж	%	ГДж	%	
Біологічний контроль	40,2	-	73,6	-	1,83
Органічна (гній 50 т/га)	59,9	149,0	104,7	142,3	1,75
Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив)	59,7	148,5	113,8	154,6	1,91
Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив)	59,4	147,8	121,5	165,1	2,05
Органічна (сидерати – 20 т/га)	44,4	110,4	82,7	112,4	1,86
Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	58,1	144,5	106,9	145,2	1,84

Найвищу енергетичну ефективність встановлено за органо-мінеральної системи удобрення у варіанті 4 – коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,05. На біологічному контролі $К_{ее}$ = 1,83, а за мінеральної системи удобрення – 1,84. Отримані результати дають змогу стверджувати, що картопля не є високочутливою культурою до мінеральних добрив. Мінімальним цей

коефіцієнт був у варіанті органічної системи удобрення (гній 50 т/га) – 1,75, що підтверджує високу енергоємність гною.

Збільшення продуктивності сільськогосподарського виробництва при застосуванні певного агрозаходу супроводжується додатковими економічними витратами, які не завжди супроводжуються ростом економічної ефективності, оскільки чистий прибуток буває незначним або взагалі відсутнім.

Основні економічні показники ефективності вирощування картоплі в короткоротаційній сівозміні за різних систем удобрення (2012–2014 рр.) розраховано відповідно технологічних карт, а вартість валової продукції визначали за цінами станом на кінець 2014 року (табл. 8).

Таблиця 8

Економічна ефективність вирощування картоплі в короткоротаційній сівозміні за різних систем удобрення (середнє за 2012–2014 рр.)

Система удобрення	Продуктивність, т/га	Вартість отриманої продукції, тис. грн./га	Витрати на вирощування, тис. грн./га	Собівартість, тис. грн./га	Умовно чистий прибуток, тис. грн./га	Рівень рентабельності, %
Біологічний контроль	20,1	54,3	28,8	0,53	25,5	88,5
Органічна (гній 50 т/га)	28,6	77,2	36,4	0,47	40,8	112,1
Органо-мінеральна (50 % органічних + 50 % мінеральних добрив)	31,1	84,0	37,3	0,44	46,7	125,2
Органо-мінеральна (75 % органічних + 25 % мінеральних добрив)	33,2	89,6	37,8	0,42	51,8	137,0
Органічна (сидерати – 20 т/га)	22,6	61,0	29,6	0,49	31,4	106,1
Мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	29,2	78,8	38,5	0,49	40,3	104,7

Серед систем удобрення ґрунту найвищий економічний ефект забезпечувала органо-мінеральна система (75 % гною + 25 % мінеральних добрив), за якої рентабельність зросла на 48,5 %, а собівартість зменшилася у середньому на 0,11 тис. грн. з гектара порівняно до біологічного контролю.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове розв'язання наукової проблеми, яка полягає в обґрунтуванні елементів біологізації технології вирощування картоплі на ясно-сірому супіщаному ґрунті в короткоротаційній сівозміні Полісся України.

1. Сумісне застосування гною з мінеральними добривами (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) спричинює зміни у структурі мікробіологічного ценозу ґрунту: зростає загальна чисельність мікроорганізмів у середньому на 31 %, амоніфікаторів – на 33 %, фосформобілізуючих бактерій – у 2,6 рази. Застосування лише мінеральних добрив та післядія сидерату сприяють підкисненню ґрунту та збільшенню кількості грибів у мікробному ценозі, що забезпечує інтенсифікацію мінералізаційних процесів і порушення рівноваги у бік зменшення вмісту і запасів гумусу.

2. Найвищий коефіцієнт мінералізації ґрунту забезпечує внесення мінеральних добрив – 2,8 та застосування сидерату – 2,7. Найнижчий коефіцієнт мінералізації був за використання 50 т/га гною – 2,3, за органо-мінеральних систем у 4 варіанті – 2,3 та у 3 варіанті – 2,4.

3. Поєднання мінеральних добрив з органічними значно активізує перебіг мікробіологічних процесів ґрунту: за органо-мінеральної системи (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) нітрифікаційна здатність зросла в 2,7 рази; розкладання лляного полотна збільшилося на 24–28 %; емісія вуглекислоти – на 74 % порівняно до біологічного контролю.

4. Найсприятливіші умови для існування вермибіоти були у варіантах органічної (50 т/га гною) та органо-мінеральних систем удобрення, де їх чисельність зросла у 2 рази, маса збільшилася на 60–70 % порівняно до біологічного контролю, що є одним з показників біологізації технології вирощування картоплі.

5. Встановлено, що усі біологічні процеси мають позитивні кореляційні зв’язки із загальною кількістю мікроорганізмів, бактерій, які використовують мінеральні форми азоту, амоніфікаторів, фосформобілізаторів та актиноміцетів– r = 0,72–0,98. З оліготрофами і грибами у всіх біологічних процесах виявлено зворотній кореляційний зв'язок – r = –0,73–0,93.

6. Внесення органічних речовин призводило до зменшення в ґрунті чисельності фітотоксичних мікроорганізмів та в 1,5–2 рази знижувало фітотоксичність ґрунту, що позитивно впливало на екологічний стан агроценозу картоплі.

7. Найменші викиди нітроген (I) оксиду за роки дослідження встановлено у варіанті біологічного контролю – 47,6 кг N_2O/га. За органо-мінеральної системи удобрення (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) до атмосфери надходило 84,1 кг N_2O/га, що на 10,9 кг N_2O/га менше, ніж за органічної системи (50 т/га гною).

8. Внесення органічних речовин до ґрунту сприяло покращанню його водно-фізичних властивостей: за органо-мінеральної системи удобрення (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) щільність ґрунту зменшилась у середньому за 2012–2014 рр. до 1,16 г/см^3 в шарі ґрунту 0–10 см і до 1,25 г/см^3 у шарі ґрунту 10–20 см; вологоутримна здатність збільшилась на 9 % порівняно до біологічного контролю.

9. Найсприятливіші умови для нагромадження макроелементів у ясно-сірому супіщаному ґрунті були за органо-мінеральної системи удобрення (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$): N – 120 мг/кг, P_2O_5 – 129 мг/кг та K_2O–85 мг/кг ґрунту, що забезпечило вміст гумусу 1,35 % (+ 0,12 % до біологічного контролю).

10. Найінтенсивніший ріст рослин картоплі забезпечує органо-мінеральна система (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$): висота рослин культури збільшується на 25 % у фазу бутонізації та на 55 % у фазу цвітіння; кількість стебел на 95 тис. шт./га більше порівняно до біологічного контролю; площа листкової поверхні збільшується на 25 % у фазу повних сходів та на 52 % у фазу цвітіння; надземна маса рослин картоплі збільшується на 43 % у фазу бутонізації та на 68 % у фазу цвітіння порівняно до біологічного контролю. Врожайність бульб

за цих умов зросла на 65,1 % порівняно до біологічного контролю.

11. Вихід сухих речовин і крохмалю за органо-мінеральної системи удобрення (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) більший відповідно на 2,6 і 1,7 т/га унаслідок зростання врожайності і товарності бульб картоплі, уміст вітаміну С збільшується на 17 % порівняно до біологічного контролю.

12. Вирощування картоплі сорту Белларoза за внесення 50 т/га гною, застосування органо-мінеральних та органічної систем із сидератом, а також мінеральної з оптимальною кількістю азоту (N_{50}) не призводить до перевищення умісту нітратів у бульбах, їх кількість залежно від системи удобрення становить 71,2–81,4 мг/кг.

13. На основі розрахунку математичної нелінійної моделі поєднання мінеральної і органічної систем удобрення встановлено, що оптимальною для картоплі сорту Белларoза є органо-мінеральна система удобрення за співвідношення 75 % : 25 %, за якої функція врожайності 13,1 т/га є дуже близькою до абсолютного максимуму.

14. За енергетичними показниками у технології вирощування картоплі перевагу має органо-мінеральна система удобрення (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) – коефіцієнт енергетичної ефективності становить 2,05, що більше на 12 % порівняно до біологічного контролю та на 17 % порівняно до органічної системи удобрення (гній 50 т/га).

15. Найвищий економічний ефект у середньому за 2012–2014 рр. забезпечувала органо-мінеральна система (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$), яка є основою біологізації технології вирощування картоплі і за якої рентабельність збільшилася на 48,5 %, а собівартість зменшилася на 0,11 тис. грн./га порівняно до біологічного контролю.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Агровиробничим господарствам різних форм власності в агроекологічних умовах Правобережного Полісся України на ясно-сірих супіщаних ґрунтах з низьким умістом в ґрунті азоту, середнім фосфору та калію для покращання основних агрофізичних, агрохімічних, біологічних властивостей і позитивного балансу гумусу в ґрунті, збільшення продуктивності та поліпшення якості бульб картоплі, а також поліпшення і охорони навколишнього природного середовища та зменшення техногенного навантаження в агросфері доцільно: вирощувати картоплю у сівозміні з часткою не більше 20 % сівозмінної площі після конюшини на насіння, солому якої доцільно загортати в ґрунт як додаткове джерело елементів живлення на фоні органо-мінеральної системи удобрення (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$), яка забезпечує врожайність понад 33 т/га, що на 65 % більше порівняно до біологічного контролю.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

1.1. Статті у виданнях інших держав та у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

1. **Матвійчук Н. Г.** Агрохімічна оцінка систем удобрення в сівозміні Полісся. *Вісник аграрної науки.* 2018. № 4. С. 78–82.

2. Матвийчук Б. В., Тимощук А. А., **Матвийчук Н. Г.** Урожайность картофеля и его пораженность фитофторозом в зависимости от системы удобрения и структуры севооборота. *Картофелеводство*. 2011. Вып. 19. С. 351–357. (*Особистий внесок – опрацювання літературних джерел, відбір зразків, узагальнення експериментальних даних*).

1.2. Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Журавель С. В., Матвійчук Б. В., **Матвійчук Н. Г.** Особливості органічного землеробства на Поліссі. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2011. Вип. 1–2. С. 86–94. (*Особистий внесок – опрацювання літературних джерел та формулювання висновків*).

4. Радько Т. В., Радько В. Г., **Матвійчук Н. Г.** Фітосанітарний стан насаджень картоплі залежно від застосування соломи, сидератів та мінеральних добрив. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2013. Вип. 6. С. 26–29. (*Особистий внесок – аналіз результатів дослідження, формулювання експериментальної частини та висновків*).

5. **Матвійчук Н. Г.** Фітосанітарний стан агроценозу картоплі залежно від системи удобрення. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. № 1 (41), т. 3. С. 79–83.

6. Матвійчук Б. В., **Матвійчук Н. Г.** Біологічна активність ясно-сірого лісового ґрунту за різних систем удобрення картоплі. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство».* Київ : ВП «Едельвейс», 2018. Вип. 1 (94). С. 15–20. (*Особистий внесок – відбір зразків ґрунту та посів їх на поживні середовища, аналіз та узагальнення отриманих даних*).

2. Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. **Матвийчук Н. Г.** Биоорганическое земледелие на Полесье Украины. *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК* : материалы VIII Междунар. науч. конф. Брянск : БГСХА, 2011. С. 195–198.

8. Матвийчук Б. В., Тимощук А. А., **Матвийчук Н. Г.** Урожайность картофеля и его пораженность фитофторозом в зависимости от системы удобрения и структуры севооборота. *Теоретические и прикладные аспекты современной фитопатологии и иммунитета растений* : материалы междунар. науч.-практ. конф., 13–15 июля 2011 г. Минск, 2011. С. 38. *(Особистий внесок – отримання і аналіз експериментальних даних, формулювання висновків).*

9. Матвійчук Б. В., Довбиш Л. Л., **Матвійчук Н. Г.** Динаміка агрохімічних показників ґрунту залежно від систем удобрення жита озимого в умовах Полісся. *Агропромислове виробництво Полісся. 2012*. Спецвип.: Матеріали конф. молодих вчених «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем АПК», 29–30 трав. 2012 р.). С. 117–121. (*Особистий внесок – аналіз отриманих агрохімічних показників ґрунту*).

10. Радько Т. В., **Матвійчук Н. Г.**, Маковецький П. П. Баланс гумусу в короткоротаційних сівозмінах Полісся залежно від удобрення. *Сучасні тенденції розвитку аграрної науки в XXI столітті* : зб. тез наук. робіт міжнар. наук.-практ. конф., 7–8 груд. 2012 р. Львів : Львівська аграрна фундація, 2012. С. 101–104. *(Особистий внесок – аналіз стану проблеми та узагальнення результатів дослідження).*

11. **Матвийчук Н. Г.** Влияние системы удобрения на урожайность картофеля в короткоротационном севообороте в зоне Полесья Украины. *Молодежь и инновации – 2013* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 29–31 мая 2013 г. : в 4-х ч. Горки : БСХА, 2013. Ч. 1. С. 93–95.

12. **Матвійчук Н. Г.** Вплив чинників екологічного землеробства на формування продуктивності картоплі. *Наукові читання – 2013* : наук.-теорет. зб. Житомир : ЖНАЕУ, 2013. Т. 1. С. 226–228.

13. **Матвійчук Н. Г.** Вплив системи удобрення на урожайність та якість картоплі у короткоротаційній сівозміні в умовах Полісся України. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : зб. матеріалів доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : Полісся, 2013. С. 362–366.

14. **Матвійчук Н. Г.**, Тимощук О. А. Оцінка викидів парникових газів за різних систем удобрення картоплі у зоні Полісся України. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : зб. матеріалів доп. учасн. ІІІ Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : Полісся, 2015. С. 380–387. *(Особистий внесок – опрацювання літературних джерел, розрахунок експериментальних даних, висновки).*

15. Матвийчук Б. В., **Матвийчук Н. Г**. Оценка выбросов парниковых газов при разных системах удобрения картофеля. *Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса* : материалы междунар. науч.-практ. конф., 27–28 апр. 2016 г. Курган : КГСХА, 2016. С. 53–60. *(Особистий внесок – отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення).*

АННОТАЦІЯ

Матвійчук Н. Г. Елементи біологізації вирощування картоплі в короткоротаційній сівозміні Правобережного Полісся. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, 2018.

У дисертаційній роботі викладено результати дослідження з вивчення різних систем удобрення (органічна, органо-мінеральна, мінеральна) у технології вирощування картоплі в умовах Правобережного Полісся України з використанням: гною, побічної продукції сільськогосподарських культур, сидерату, біологічного азоту (симбіотична азотфіксація) та різних їх поєднань.

Варіанти удобрення розраховано балансовим методом – за різних співвідношень мінеральних та органічних добрив у ґрунт надходить однакова кількість елементів живлення.

На основі виконаного дослідження (2012–2014 рр.) вивчено і розроблено принципи біологізації землеробства в умовах Правобережного Полісся України за енерго- та ресурсоощадних технологій вирощування картоплі в короткоротаційній сівозміні.

Здійснено агроекологічну оцінку різних систем удобрення картоплі та встановлено можливий негативний ефект від їх застосування, що уможливлює

внести необхідні корективи за їх впровадження у сільськогосподарське виробництво.

Встановлено, що в агроекологічних умовах Правобережного Полісся України на ясно-сірих супіщаних ґрунтах з низьким умістом в ґрунті азоту, середнім фосфору та калію для покращання основних агрофізичних, біологічних властивостей і позитивного балансу гумусу, збільшення продуктивності та поліпшення якості бульб картоплі доцільно застосовувати органо-мінеральну систему удобрення (гній 37,5 т/га + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$), яка забезпечує врожайність понад 33 т/га, що на 65 % більше порівняно до біологічного контролю.

Ключові слова: картопля, альтернативне удобрення, системи удобрення, розширене відтворення, біологічна активність ґрунту, парникові гази, врожайність, енергетична ефективність, економічна ефективність.

АННОТАЦИЯ

Матвийчук Н. Г. Элементы биологизации выращивания картофеля в короткоротационном севообороте Правобережного Полесья. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук (доктора философии) по специальности 03.00.16 – экология. – Житомирский национальный агроэкологический университет, Житомир, 2018.

В диссертационной работе изложены результаты исследования по изучению различных систем удобрения (органическая, органо-минеральная, минеральная) в технологии выращивания картофеля в условиях Правобережного Полесья Украины с использованием: навоза, побочной продукции сельскохозяйственных культур, сидерата, биологического азота (симбиотическая азотфиксация) и различных их сочетаний.

Варианты удобрения рассчитаны балансовым методом – при различных соотношениях минеральных и органических удобрений в почву поступает одинаковое количество элементов питания.

На основе выполненного исследования (2012–2014 гг.) изучены и разработаны принципы биологизации земледелия в условиях Правобережного Полесья Украины за энерго- и ресурсосберегающих технологий выращивания картофеля в короткоротационном севообороте.

Осуществлено агроэкологическую оценку различных систем удобрения картофеля и установлено возможен негативный эффект от их применения, что делает возможным внести необходимые коррективы за их внедрения в сельскохозяйственное производство.

Установлено, что в агроэкологических условиях Правобережного Полесья Украины на светло-серых супесчаных почвах с низким содержанием в почве азота, средним фосфора и калия для улучшения основных агрофизических, биологических свойств и положительного баланса гумуса, увеличение производительности и улучшение качества клубней картофеля целесообразно применять органо-минеральную систему удобрения (навоз 37,5 т/га +

$N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$), которая обеспечивает урожайность более 33 т/га, что на 65 % больше по сравнению с биологическим контролем.

Ключевые слова: картофель, альтернативное удобрение, системы удобрения, расширенное воспроизводство, биологическая активность почвы, парниковые газы, урожайность, энергетическая эффективность, экономическая эффективность.

SUMMARY

Matviichuk N. H. Elements of Biologization of Potato Cultivation in Short-Rotation Crop Rotation of the Right-bank Polissya. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Scientific Paper to obtain the degree of a candidate of agricultural sciences (doctor of philosophy) in 03.00.16 – Ecology. – Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, 2018.

In the dissertation work the results of research on the study of different fertilizer systems (organic, organo-mineral, mineral) in potato cultivation technology in the conditions of the Right-bank Polissya of Ukraine with use of: manure, by-products of agricultural crops, siderate, biological nitrogen (symbiotic nitrogen fixation) and their various combinations of fertilizing systems are calculated by the balance method - in the various ratios of mineral and organic fertilizers, the same amount of nutrients comes into the soil.

The results of biological control (clover straw and grain crop sowing after threshing them on seeds) were obtained for minimized tillage under crop rotation crops.

Dependence of optimal parameters and normative indices of agrophysical, phytosanitary and biological properties of it with the system of traditional and "biological" farming. For the Polissya of Ukraine, the microbiological state, distribution in the arable layer of rainworms, the release of carbon dioxide, cellulose activity, nitrification capacity as indicators of biological activity of the soil for the "biological" farming in the technology of potato cultivation in short-rotation crop rotation are determined.

As a result of the generalization of theoretical and experimental data for the first time, for the conditions of Polissya area, the determination of greenhouse gas emissions was made depending on the fertilizer systems of the potato.

It was investigated that the combined application of manure with mineral fertilizers by organo-mineral system (manure 37,5 t/ha + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) causes changes in the structure of microbiological cenosis of the soil: the average number of microorganisms increases by 31 %, ammonifiers - by 33 %, phosphor-mobilizing bacteria – 2,6 times. The application of mineral fertilizers and the aftereffects of siderate contribute to the increase in the number of fungi in the microbial cenosis, which provides intensification of the mineralization processes and the imbalance in the direction of reducing the content and stocks of humus.

It was established that the highest mineralization coefficient of soil provides the application of mineral fertilizers – 2,8 and the use of siderate – 2,7, that is, in variants with lower biological activity of soil and powerful mineralization processes, where they predominate, respectively, processes of immobilization.

It was investigated that the intense course of microbiological processes in the soil occurred in variants for entering manure separately, and in combination with mineral fertilizers. The expansion of the linen cloth in these variants reached 59–61 %, which is 24–28 % more compared with biological control.

The most favorable conditions for the emission of CO_2 were formed by organic (manure 50 t/ha) – 35,7 mg/kg of soil per day CO_2 and organo-mineral fertilizer system (manure 37,5 t/ha + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) – 34,1 mg/kg of soil per day CO_2.

The insertion of organic fertilizers, both individually and in combination with mineral fertilizers for organic and organo-mineral systems, provides the best conditions for the existence of vermibiots: the number of earthworms increases by 2 times, their mass, as compared with biological control, increases by 60–70 %, which is one of the indicators of biologization of potato production technology.

The number of phytotoxic microorganisms reduces the introduction of organic substances in the form of semi-perforated manure and in 1,5–2 times reduces the phytotoxicity of the soil, which positively affects the ecological state of the agrocentose of potatoes.

The most favorable conditions for moisture storage were organic (manure 50 t/ha) and organic-and-mineral (manure 37,5 t/ha + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$) fertilizer system, where the moisture content is greater by 9–11 % compared to the mineral system.

It was found that the most favorable conditions for the intensive accumulation of macronutrients in light gray honeycomb soil was organic-and-mineral fertilizer system (manure 37,5 t/ha + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$): N – 120 mg/kg, P_2O_5 – 129 mg/kg and K_2O – 85 mg/kg soil, which provided a content of humus of 1,35 % (+ 0,12 % to biological control).

The research has established that in agrarian and ecological conditions of the Right Bank Polissya of Ukraine on clear-gray, sandy soils with low content in the soil of nitrogen, medium phosphorus and potassium to improve the basic agrophysical, biological properties and positive balance of humus, increase productivity and improve the quality of potato tubers, it is expedient to use organo- mineral fertilizer system (manure 37,5 t/ha + $N_{12,5}P_{10}K_{17,5}$), which provides more than 33 t/ha of tubers, which is 65 % more compared to biological control.

Key words: potatoes, alternative fertilizer, fertilizer systems, extended reproduction, soil biological activity, greenhouse gases, yield, energy efficiency, economic efficiency.

Підписано до друку 25.09.2018 р.
Умов. друк. арк. 1,0 формат 60 х 90/16
Наклад 100 примірників. Зам. №380

Свідоцтво суб'єкта про державну реєстрацію
ДК № 3402 від 23.02.2009 р.
Житомирський національний
агроекологічний університет, 2018
10008, м. Житомир, бульвар Старий, 7