

ЛАБОРАТОРІЯ ЕКОЛОГІЇ ГРУНТОВИХ МІКРООРГАНІЗМІВ. РЕЗУЛЬТАТИ І ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Історія становлення лабораторії екології ґрунтових мікроорганізмів включає кілька етапів. Спочатку підрозділ мав назву лабораторії ґрунтової мікробіології (1974-1997 рр. – керівник д. с-г. н., професор В. І. Канівець), потім, відповідно до нових завдань – біологічного фосфору (з 1998 р. по 2000 р. її керівником був доктор біол. наук, академік НААН В. П. Патица, а з 2000 по 2010 рр. – канд. с.-г. наук Л. М. Токмакова). Нову лабораторію з 2010 р. по 2020 р. очолювала Л. М. Токмакова, а з 2021 р. і по теперішній час – канд. с.-г. наук І. М. Пищур).

Дослідження лабораторії зосереджені на таких напрямках:

- проведення аналітичної селекції активних штамів фосфатмобілізуючих бактерій та створення на їх основі мікробних препаратів, розробка способів їх застосування в технологіях вирощування сільськогосподарських культур;
- науково-практичне обґрунтування технології сумісного застосування мікробних препаратів та протруйників насіння сільськогосподарських культур;
- розробка технологій вирощування кукурудзи за використання мікробних препаратів;
- створення біопрепаратів – деструкторів рослинної мортмаси.

При проведенні аналітичної селекції активних штамів фосфатмобілізуючих бактерій одержані та передані в колекцію корисних ґрунтових мікроорганізмів Інституту нові активні штами, здатні розчиняти важкодоступні мінералофосфати ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 , FePO_4) та орґанофосфати (кальцій гліцерофосфат $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_2\text{PO}_4\text{Ca}$) (1-2).

У ході досліджень створено мікробні препарати Альобактерин для підвищення урожайності буряків цукрових, ріпаку ярого та озимого,



ПИЩУР
Іван Миколайович
Завідувач лабораторії,
кандидат
сільськогосподарських наук

гірчиці білої і чорної; Поліміксобактерин для бактеризації насіння та поверхневої обробки вегетуючих рослин зернових культур (з 2019 р. згідно ліцензійної угоди власником Поліміксобактерину є ТОВ «Кернел – Трейд». Виробництво мікробного препарату проводиться в промислових умовах на базі «БТУ – ЦЕНТР»).

За результатами тривалих досліджень співробітниками лабораторії обґрунтовано технологію сумісного застосування мікробних препаратів та протруйників насіння сільськогосподарських культур. Вперше розроблено спосіб бактеризації насіння сільськогосподарських культур (Пат.

України №76153, 39166, 39167, 39168, 39169), що включає в себе завчасну обробку мікробними препаратами поєднано з фунгіцидами та інсектицидами та технологічний процес нанесення мікробних препаратів на насіння цукрових буряків (СОУ 01.4-37-339), зернових та зернобобових культур (СОУ 01.11-37-782), кукурудзи (СОУ 01.11-37-783).

Значна увага співробітників лабораторії зосереджена на дослідженні можливостей інтенсифікації органічного виробництва сільськогосподарської продукції за використання біологічних прийомів впливу на продукційний процес культур та родючість ґрунту. Згідно з офіційною точкою зору IFOAM, одним із пріоритетних принципів виробництва органічної продукції є збереження та покращення родючості та біологічної активності ґрунтів. При цьому біологічні чинники оптимізації кореневого живлення рослин, зокрема, мікробні препарати, сприяють підвищенню продуктивності агроценозів, покращенню якості продукції та фітосанітарного стану



Розчинення трикальційфосфату метаболітами бактерій *Paenibacillus polymyxa* KB на агаризованому середовищі Муромцева



Життєздатність клітин бактерій *Paenibacillus polymyxa* KB у суспензії з фунгіцидом Дивіденд Стар

посівів, значній економії енергоресурсів. На дерново-підзолистому ґрунті та чорноземі вилугуваному в умовах польових дослідів за використання показників стану мікробіоти нами обґрунтовано екологічну доцільність біологічних і абіогенних чинників удобрення сільськогосподарських культур, у т. ч. за органічної системи [3–13].

Сьогодні бактеризація насіння корисними ґрунтовими мікроорганізмами вважається необхідним і ефективним елементом сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, який сприяє поліпшенню живлення рослин, їх захисту від захворювань, підвищенню урожайності та покращенню якості продукції [25]. Застосування бактеріальних препаратів не втрачає своєї актуальності, проте, на наш погляд, потрібно змістити акценти в питаннях способів їх використання. Окремі мікробні препарати, крім бактеріального компонента, містять значні кількості фізіологічно активних речовин [26–27], що дозволяє розглядати можливість використання біопрепаратів не лише для інокуляції насіння, але й для нанесення їх суспензій на вегетуючі рослини з метою оптимізації низки фізіологічних процесів у рослинному організмі. У зв'язку з цим нами досліджено можливість поетапного застосування Поліміксобактерину (на основі рістстимуляторної бактерії *Paenibacillus*

polymyxa KB) при вирощуванні кукурудзи, що включає бактеризацію насіння та обприскування рослин під час вегетації водною суспензією препарату. У ході досліджень розроблено відповідний ефективний спосіб застосування препарату в технологіях вирощування кукурудзи (пат. України 99009, 138579). Зазначений агроприйом сприяє зростанню в кореневій зоні рослин чисельності бактерій, які розчиняють мінеральні та органічні фосфати ґрунту, підвищенню фосфатазної активності та ступеню рухомості фосфатів, при цьому спостерігається посилення засвоєння фосфору. Поліміксобактерин також впливає на фізіологічний стан рослин, стимулює їх ріст та розвиток. Урожайність зерна підвищується до 2,4 т/га (28,6 %) у порівнянні з контролем (8,4 т/га), вміст білка у зерні збільшується від 8,7 % (у контролі) до 10,1 %, та крохмалю від 59,8% (у контролі) до 68,027–68,7 %. При цьому у вегетативній масі рослин кукурудзи вміст загального Рибофлавіну (вітамін B2) підвищується на 64,9% у порівнянні з контрольним варіантом. Використання розробленого агроприйому є дієвим засобом підвищення економічної та біоенергетичної ефективності виробництва [28–35].

Значні зусилля колективу лабораторії екології ґрунтових мікроорганізмів зосереджені на пошуку мікроорганізмів, які характеризуються

високою целюлозолітичною активністю, здатністю до колонізації рослинної мортмаси і обмеження розвитку шкідливих бактерій і мікроміцетів у ґрунтах агроценозів [36]. При проведенні селекції штамів целюлозоруйнівних мікроорганізмів нами відібрано активні бактерії, які продукують ферменти целюлозолітичного комплексу: -глюкозидазу (целобіазу), екзоглюканазу та ендоглюканазу, а також мають антифунгальну активність щодо низки фітопатогенних мікроміцетів. На чорноземі вилуженому в умовах польових дослідів при вирощуванні кукурудзи в короткоротаційній сівозміні (соя – кукурудза на зерно – гречка – соя) та пшениці озимої в короткоротаційній сівозміні (соя – пшениця озима – гречка – люпин) досліджено мікробіологічні процеси, які протікають при мінералізації рослинних решток за використання селекціонованих штамів целюлозоруйнівних бактерій. Встановлено, що протягом вегетаційного періоду в кореневій зоні рослин гречки (пряма дія) та в кореневій зоні рослин люпину та сої (післядія) збільшується чисельність целюлозолітичних мікроорганізмів відносно контролю, зростає ферментативна активність: целюлазна, пероксидазна та поліфенолоксидазна. Показники біохімічного коефіцієнту накопичення гумусу за Муромцевим свідчать про підсилення інтенсивності розкладу органічної речовини при внесенні рослинних решток разом з селекціонованими бактеріями у порівнянні з контрольними варіантами [37, 35].

Проблема підвищення доступності культурним рослинам фосфору добрив і фосфоровмісних сполук ґрунту потребує уваги вчених і практиків сільськогосподарського виробництва [38–39]. Ефективна родючість ґрунтів обмежується недостатньою кількістю фосфору, який може засвоюватись рослинами, оскільки його доступність знижується через швидке формування нерозчинних комплексів із катіонами CaO, Fe, Al та ін. [40–41]. Тому вирішення проблеми фосфору постає як збільшення доступності його сполук для рослин, зростання їх рухомості, тобто перетворення їх з нерозчинних форм у розчинні

з наступним переходом у ґрунтовий розчин [42]. Одним із шляхів вирішення питань оптимізації фосфорного живлення є використання таких прийомів і методів, що дозволили б активізувати діяльність ґрунтової мікробіоти, якій належить головна роль у трансформації фосфоровмісних сполук ґрунту та добрив. Завдяки високій швидкості розмноження і зміни популяцій мікроорганізми залучають до біологічного колообігу велику кількість елементів, у тому числі й фосфор [43–48]. У зв'язку з цим, проведення селекції фосфатмобілізівних мікроорганізмів та створення на їх основі мікробних препаратів для покращення фосфорного живлення рослин є актуальним питанням у землеробстві. Особливою мірою це стосується кукурудзи. При виконанні досліджень нами одержано нові штами асоціативних фосфатмобілізівних бактерій, які здатні трансформувати важкорозчинні органічні та мінеральні сполуки фосфору ґрунту у форми, що легко засвоюються рослинами та вивчено характер життєдіяльності бактерій інокулюму на поверхні насіння і в зоні коріння рослин кукурудзи. Серед селекціонованих бактерій особливою активністю відрізняється штам фосфатмобілізувальних бактерій *Agrobacterium radiobacter* – продуцент карбонових кислот, ферментів, екзополісахаридів – амілопектину та левану, що сприяє розчиненню



Розвиток кореневої системи за впливу мікробного препарату Поліміксобактерину (зліва – без обробки, справа - за обробки Поліміксобактерином)



Колектив лабораторії екології ґрунтових мікроорганізмів (зліва направо): Пищур І. М., канд. с.-г. наук, с.н.с., завідувач лабораторії; Трепач А. О., канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник; Токмакова Л. М., канд. с.-г. наук, с.н.с., провідний науковий співробітник; Сапон А. Ю., лаборант-мікробіолог; Гурин Л. І., лаборант-мікробіолог; Гончаренко Л. В., лаборант-мікробіолог

важкодоступних для рослин мінеральних й органічних фосфатів ґрунту, та продукує речовини ауксинової, гіберелінової і цитокінінової природи, які стимулюють ріст та розвиток рослин (пат. України №138255).

Застосування мікробних препаратів для покращення фосфорного живлення рослин у технологіях вирощування сільськогосподарських культур потребує паралельного вирішення питання оптимальності мінеральних агрофонів, оскільки за збільшення рухомості фосфатів у ґрунті є можливість зменшення норм фосфорних добрив. У ході досліджень обґрунтовано доцільність застосування *A. radiobacter* при вирощуванні кукурудзи на чорноземі вилуженому за норм туків, що не перевищують N90P90K90. За цих умов підвищується винос фосфору з урожаєм культури від 51,2 до 83,4 кг/га, а ефективність фосфорного живлення рослин складає 62,9 %. Урожайність

зерна кукурудзи від дії Агробактерину підвищується на 1,4 т/га (21,7 %) у порівнянні з контролем (7,8 т/га), вміст білка в зерні на 1,5 % [49].

Сьогодні співробітники лабораторії екології ґрунтових мікроорганізмів проводять дослідження зі створення мікробного препарату для покращення засвоєння рослинами соняшнику поживних речовин; продовжується робота з мікроорганізмами-деструкторами рослинної мортмаси.

Лабораторія пройшла сертифікацію на відповідність вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 «Системаи керування вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання» (Свідоцтво № 36/2021 від 30.06.2021 р.).

У штаті лабораторії працюють:

- завідувач, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник Іван Миколайович Пищур;

- провідний науковий співробітник, кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник Любов Миколаївна Токмакова;
- старший науковий співробітник, кандидат с.-г. наук Алла Олексіївна Трепач;
- лаборант-мікробіолог Людмила Іванівна Гурин;
- лаборант-мікробіолог Лідія Василівна Гончаренко;
- лаборант-мікробіолог Сапон Анна Юріївна.

Основні публікації співробітників лабораторії:

1. Токмакова Л. М., Патица В. П., Асуюлко Л. О. Колекція корисних мікроорганізмів для виробництва біологічних препаратів, які використовуються в землеробстві. Грунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України: VI з'їзд Українського товариства грунтознавців та агрохіміків (м. Умань 1–5 липня). Умань, 2002. Т.3. С. 272–273.
2. Токмакова Л. М. Розробка прийомів і створення мікробіологічних препаратів для покращення фосфатного живлення і підвищення продуктивності цукрових буряків: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук / Ін. землеробства УААН. Київ, 1997. 20 с.
3. Ковпак П. В., Токмакова Л. М., Ларченко І. В., Трепач А. О. Чисельність фосфатомобілізуювальних бактерій у кореневій зоні рослин пшениці за дії Поліміксобактерину та мінеральних добрив. Сільськогосподарська мікробіологія. 2013. Вип. 17. С. 101–110.
4. Ковпак П. В., Волкогон К. І., Журба М. А. та ін. Розвиток бактерій азотного циклу в ризосфері рослин пшениці озимої за дії добрив та передпосівної бактеризації. Сільськогосподарська мікробіологія. 2013. Вип. 18. С. 64–74.
5. Ковпак П. В., Волкогон К. І. Особливості формування мікробних угруповань, що трансформують сполуки азоту, під впливом Поліміксобактерину та систем удобрення. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. Вип. 17 (Т. II). С. 144–149.
6. Volkohon V., Tokmakova L., Kovpak P. et al. Phosphate nutrition and yield of winter wheat under the influence of fertilizers and Polimiksobakteryn. Agricultural Science and Practice Journal. 2015. № 2. P. 3–8.
7. Волкогон В. В., Бердніков О. М., Токмакова Л. М. Спрямованість процесів біологічної трансформації азоту в ризосферному ґрунті рослин картоплі за дії біотичних та абіотичних чинників удобрення. Сільськогосподарська мікробіологія. 2016. Вип. 23. С. 3–9.
8. Волкогон В. В., Токмакова Л. М., Волкогон К. І. та ін. Мікробіологічні процеси в ризосфері рослин гороху за впливу добрив та Ризогуміну. Вісник аграрної науки. 2017. №. 1. С. 5–12.
9. Волкогон В. В., Бердніков О. М., Токмакова Л. М., Ларченко І. В. Розвиток мікроорганізмів у ризосфері рослин вівса голозерного та урожайність культури за дії добрив і біопрепарату Мікрогуміну. Вісник аграрної науки. 2017. №. 2. С. 5–10.
10. Волкогон В. В., Москаленко А. М., Токмакова Л. М., та ін. Використання мікробних препаратів в органічному землеробстві. Аграрна наука – виробництво. 2018. № 1. С. 15.
11. Токмакова Л. М., Ковпак П. В. Удосконалена система удобрення пшениці озимої. Аграрна наука – виробництву. 2019. № 3. С. 11.
12. Волкогон В. В., Токмакова Л. М., Бердніков О. М. та ін. Екологічна доцільність систем удобрення сільськогосподарських культур у зоні Полісся (науково-практичні рекомендації). Чернігів, 2015. 49 с.
13. Волкогон В. В., Токмакова Л. М., Волкогон К. І. та ін. Мікробіологічні аспекти продукційного процесу сільськогосподарських культур при вирощуванні на чорноземі вилуженому за різних систем удобрення (науково-практичні рекомендації). К., 2015. 39 с.
14. Саблук В. Т. Шкідники сходів цукрових буряків. К: Світ, 2002. 182 с.
15. Саблук В. Т., Пшеничук Р. Ф. Обробка насіння – захист цукрових буряків від коренеїду. Цукрові буряки. 1999. № 1. С. 18–19.



16. Волкогон В.В., Токмакова Л. М., Надкєрнична О. В. та ін. Особливості поєданого застосування мікробних препаратів із сучасними пестицидами у технологіях вирощування сільськогосподарських культур (науково-практичні рекомендації). Чернігів, 2015. 42 с.
17. Пищур І. М. Особливості життєздатності *Vacillus polymyxa* KB у різних екологічних умовах. Екологія та ноосферологія. 2004. Том 15. №1-2. С. 119–128.
18. Пищур І. М. Екологічні особливості інтродукції представників мікробоценозу (*Paenibacillus* та *Enterobacter*) в кореневу систему культурних рослин в умовах застосування пестицидів: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук / Дніпропетровський держ. аграр. ун-тет. Дніпропетровськ., 2005. 20 с.
19. Пищур І. М., Овчарова О. П. Вплив протруйників насіння зернових колосових культур на властивості біоагентів мікробних препаратів. Сільськогосподарська мікробіологія. 2006. Вип.4. С. 117–125.
20. Токмакова Л. М., Пищур І. М., Саблук В. Т., Грищенко О.М. Вплив інсектициду Круїзер 350 FS та фунгіциду Максим XL 035 FS на життєздатність та функціональну активність бактерій *Achromobacter album* 1122, біоагенту мікробного препарату Альобактерин Сільськогосподарська мікробіологія. 2011. Вип. 13. С. 42–51.
21. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / За ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграр. наука, 2011. 156 с.
22. Волкогон В. В., Токмакова Л. М., Пищур І. М. та ін. Ефективність сумісної обробки насіння цукрових буряків Поліміксобактерином, інсектицидом Семафор 20 ST та фунгіцидом Превікур 607 СЛ. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2012. Вип. 15. С. 36–41.
23. Токмакова Л. М., Тараріко Ю. О., Трепач А. О. та ін. Дія сучасних протруйників насіння сільськогосподарських культур на життєздатність та функціональну активність біологічних агентів мікробних препаратів. Сільськогосподарська мікробіологія. 2013. Вип. 18. С. 120–131.
24. Заришняк А. С., Іващенко О. О., Пилипенко Л. А. та ін. Ефективність використання біологічних та хімічних засобів оптимізації продукційного процесу пшениці ярої і пшениці озимої (науково-практичні рекомендації). К., 2015. 71 с.
25. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях / За ред. В. В. Волкогона. Київ, 2015. 248 с.
26. Цавкєлова Е. А., Климова С. Ю., Чердынцева Т. А., Нетрусов А. И. Микроорганизмы – продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение (обзор). Прикладная биохимия и микробиология. 2006. Т. 42, № 2. С. 133–143.
27. Трепач А. О., Токмакова Л. М., Близнюк Н. М. Фітогормональна активність штамів *Rhizobium radiobacter*. Сільськогосподарська мікробіологія. 2008. Вип. 8. С. 83–89.
28. Шевченко Л. А. Дія мікробного препарату Поліміксобактерину – стимулятора росту рослин на фотосинтетичну активність рослин кукурудзи. Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. 2017. № 21. С. 62–68.
29. Шевченко Л. А. Розвиток кореневої системи рослин кукурудзи за впливу Поліміксобактерину – стимулятора росту рослин. Сільськогосподарська мікробіологія. 2017. Вип. 26. С. 42–48.
30. Токмакова Л. М., Шевченко Л. А., Ларченко І. В., Лєпєха О. П. Чисельність фосфатмобілізувальних бактерій у чорноземі вилуженому та трансформація фосфору в корневій зоні рослин кукурудзи за впливу Поліміксобактерину. Сільськогосподарська мікробіологія. 2018. Вип. 28. С. 53–62.
31. Шевченко Л. А., Токмакова Л. М. Формування і продуктивність фотосинтетичного апарату рослин кукурудзи за дії Поліміксобактерину – стимулятора росту рослин. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2018. Т. 20, № 89. С. 47–51.
32. Токмакова Л. М., Шевченко Л. А. Вплив Поліміксобактерину на продуктивність кукурудзи

за різного способу застосування. *Агроєкологічний журнал*. 2019. № 1. С. 80–84.

33. Токмакова Л. М., Трепач А. О., Шевченко Л. А. Ефективність фосфорного живлення рослин кукурудзи за дії Поліміксобактерину. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 73–80.

34. Шевченко Л. А. Особливості застосування мікробного препарату поліміксобактерину в технології вирощування кукурудзи для оптимізації продукційного процесу культури: автореф. дис. канд. с.-г. наук / Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Чернігів, 2019, 20 с.

35. Токмакова Л. М., Трепач А. О., Шевченко Л. А. та ін. Прийоми оптимізації біологічних процесів в агроценозах кукурудзи за участі бактерій *Raenibacillus polymuxa* — продуцентів фізіологічно активних речовин, біоагенту Поліміксобактерину — та в агроценозах кукурудзи і пшениці озимої за участі мікроорганізмів-деструкторів органічної речовини (науково-практичні рекомендації). Чернігів, 2020. 56 с. ISBN 978-617-7570-63-8.

36. Центило Л. В., Сендецький В. М. Біологічна ефективність використання біодеструкторів. *Вісник ЖНАЕУ. Агроєкологія*. 2014, № 2 (42), Т. 1. С. 93–99.

37. Токмакова Л. М., Ларченко І. В., Ковпак П. В. Мікробіологічні процеси трансформації рослинних решток кукурудзи за інтродукції в агроценози мікроорганізмів-деструкторів органічної речовини. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 32. С. 35–47.

38. Гуляев Б. И., Патыка В. П. Фосфор как энергетическая основа процессов фотосинтеза, роста и развития растений. *Агроєкологічний журнал*. 2004. № 2. С. 3–9.

39. Никитишан В. И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистем. М., 2002. 258 с.

40. Abel S., Ticconi C. A., Delatorre C. A. Phosphate sensing in higher plants. *Physiol. Plant*. 2002. V. 115. P. 1–8.

41. Bolland M. D. A., Gilkes R. J. The chemistry and agronomic effectiveness of phosphate fertilizers. *Nutrient use in crop production*. N.Y, 1998. P. 139–163.

42. Орлов Д. С. *Химия почв*. М., 1985. 376 с.

43. Токмакова Л. Н. Штаммы *Bacillus polymuxa* и *Achromobacter album* – основа для создания бактериальных препаратов. *Микробиол. журнал*. 1997. Т. 59, № 4. С. 131–138.

44. Патица В. П., Токмакова Л. М., Ближнюк Н. М. та ін. Вплив мікробіологічних препаратів на продуктивність кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2001. Т. 1, №3(12). С. 507–510.

45. Чайковська Л. О., Патица В. П., Мельничук Т. М., Гармашов В. В. Ефективність біопрепаратів на богарних землях. *Агроєкологічний журнал*. 2002. № 3. С. 61–63.

46. Канівець В. І., Токмакова Л. М., Пищур І. М. Шляхи мікробіологічної мобілізації фосфатів у ґрунтах. *Ґрунтознавство*. 2006. Т. 7, №3–4. С. 118–122.

47. Гриник І. В., Локоть О. Ю., Токмакова Л. М., Лепеха О. П. Застосування мікробного препарату Поліміксобактерин для підвищення врожайності льону-довгунця. *Вісник аграрної науки*. 2007. №4. С. 19–21.

48. Трепач А. О. Особливості фосфорного живлення пшениці озимої за використання *Rhizobium radiobacter*: дис. ... канд. с.-г. наук / Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, Чернігів, 2012.

49. Токмакова Л. М., Ларченко І. В., Трепач А. О. та ін. Прийоми оптимізації кореневого живлення кукурудзи за рахунок інтродукції в агроценози агрономічно корисних мікроорганізмів та оптимальних норм мінеральних добрив (науково-практичні рекомендації). Чернігів, 2020. 24 с.