

УДК 631.95:631.461:631.81:633.15

© 2015

*О.В. Шерстобосєва,**доктор сільсько-
господарських наук**Інститут агроєкології
і природокористування НААН**В.В. Волкогон,**О.М. Бердніков,**члени-кореспонденти НААН,
доктори сільськогосподарських
наук**Т.Б. Мілютенко**Інститут сільсько-
господарської мікробіології
та агропромислового
виробництва НААН*

МІГРАЦІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ҐРУНТУ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНОГО ЇЇ УДОБРЕННЯ

Мета. Дослідити вплив бактеризації та удобрення рослин кукурудзи на міграцію біогенних елементів з ґрунту і врожайність культури. **Методи.** Лабораторний, лізиметричний, польовий, математико-статистичний. **Результати.** Дані лізиметричного та польового дослідів свідчать про те, що за поєданого використання мікробного препарату поліміксобактерин, мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та люпинового сидерата формуються оптимальні для рослин показники вмісту сполук біогенних елементів в орному і підорному шарах дерново-підзолистого ґрунту за рахунок зниження втрат біогенних елементів ґрунтом. Це сприяє підвищенню врожайності та якості зерна кукурудзи.

Ключові слова: кукурудза, органічні та мінеральні добрива, біогенні елементи в ґрунті, урожайність.

Беззмінні посіви, сформовані під тиском аграрного ринку, короткоротаційні сівозміни, насичені зерновими, зменшення частки бобових культур, необґрунтована хімізація і ряд інших негативних чинників нині пригнічують позитивні ґрунтотворні процеси і виснажують ґрунти [8]. Дерново-підзолисті ґрунти, які в межах Українського Полісся займають понад 60% території, є вразливими щодо потужного антропогенного впливу сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур [4]. Останніми роками стан їх родючості погіршується, тому що сучасна землеробська галузь поліського регіону зорієнтована на вирощування ринково привабливих сільськогосподарських культур. При цьому ігноруються такі складові систем землеробства, як раціональне удобрення, науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні, повернення поживних речовин, відтворення родючості ґрунтів та ін.

Серед найпоширеніших ринково орієнтованих культур на дерново-підзолистих ґрунтах у зоні Полісся є кукурудза на зерно, що має значний продуктивний потенціал, який реалізується за дотримання науково-технологічних умов вирощування. Синтез гумусних сполук можливий лише за наявності в ґрунті органічної

речовини. Проте надходження її до ґрунтів нині обмежене через різке зменшення обсягів застосування гною, ігнорування сівозмін, зведення до мінімуму площ вирощування трав, спалювання соломи тощо. Унаслідок цього активно відбуваються процеси дегуміфікації. Важливою умовою ефективного застосування мінеральних добрив, і особливо азотних, є наявність у ґрунті свіжої органічної речовини [10].

Використання сидератів дає змогу істотно поліпшити баланс органічної речовини в ґрунті, знизити ризики водної і вітрової ерозій, ефективно боротися з бур'янами, розв'язати проблему підвищення родючості ґрунтів на полях господарств, віддалених від тваринницьких ферм, у яких гостро відчувається дефіцит органічних добрив [2].

Набуває популярності застосування мікробних препаратів для оптимізації складу та функціонування мікробного угруповання ґрунту. Інтродуковані в ґрунти агроценозів агрономічно цінні мікроорганізми активно впливають на формування кореневої системи культурних рослин, істотно збільшують її абсорбувальну і поглинальну здатність та асиміляцію сполук біогенних елементів [7].

Мета досліджень — визначити вплив

бактеризації та удобрення на міграцію біогенних елементів з ґрунту та врожайність культури.

Методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 2009–2013 рр. у польовому та лізиметричному дослідах на базі Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Ґрунт — дерново-підзолистий з умістом гумусу 1,1%, P_2O_5 (за Кірсановим) — 179 мг/кг, K_2O (за Масловою) — 70–90 мг/кг ґрунту, сума ввібраних основ 5,4 мг-екв/100 мг ґрунту, $pH_{\text{сол}}$ — 4,9.

Площа посівної ділянки — 102 м², облікової — 63 м². Спосіб розміщення ділянок — рендомізований.

Лізиметричний дослід проводили за методичним посібником Голубева [1]. Посівна площа чарунки — 3,8 м². Шар ґрунту однієї чарунки має висоту 155 см, загальну масу — 10,5 т. Повторність в обох дослідах — 4-разова.

Досліджували ефективність різних видів добрив за вирощування кукурудзи в ланці сівозміни: пшениця озима — кукурудза — пшениця яра — конюшина. Схема дослідів: 1 — без добрив; 2 — проміжний сидерат; 3 — $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4 — $N_{90}P_{90}K_{90}$ + сидерат; 5 — гній великої рогатої худоби (40 т/га).

У дослідах використовували гібрид кукурудзи Кишкун 4244, що за групою стиглості є середньораннім (ФАО 240), універсальним за використанням, пластичним до умов вегетації. Агротехніка вирощування культури — загальноприйнята для регіону.

Як сидеральне добриво використовували зелену масу люпину вузьколистого, який висівали як проміжну культуру після збирання врожаю пшениці озимої.

Мінеральні добрива застосовували у вигляді аміачної селітри (34,5%), суперфосфату простого гранульованого (19,5) та калію хлористого (60%).

Дослідження проводили методом розщеплених ділянок: засівали необробленим насінням та насінням, обробленим поліміксобактерином — препаратом, біоагентом якого є бактерія *Paenibacillus polymyxa* KB з фосформобілізувальними властивостями та властивостями, що стимулюють ріст.

Зразки ґрунту з шарів 0–20 та 20–40 відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464–2001. Уміст гумусу аналізували за методом Тюріна (ДСТУ 4289:2004); амонійного азоту — фотоколориметричним методом (ДСТУ 4729:2007); нітратного

азоту — іонометричним методом (ДСТУ 4729:2007); рухомих сполук фосфору та обмінного калію — за ДСТУ 4405:2005; $pH_{\text{сол}}$ — за методом ЦІНАО (ГОСТ 26483–85); гідролітичну кислотність — за методом Каппена [9].

Активність азотфіксації та емісії динітроген оксиду в ґрунті посіву кукурудзи визначали газохроматографічно [4].

Облік урожаю та статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за Б.О. Доспеховим [3] з використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel.

Результати досліджень. *Вертикальна міграція біогенних елементів.* Результати вивчення втрат сполук біогенних елементів у промивних водах свідчать про істотний вплив на цей процес практично всіх досліджуваних чинників (рис. 1).

Так, за внесення в ґрунт мінеральних добрив спостерігаються значні втрати нітратів, амонію, сполук кальцію і магнію. За цих умов інтенсивніше порівняно з контролем втрачаються водорозчинні гумусні сполуки та P_2O_5 і K_2O . Із застосуванням поліміксобактерину на цьому агрофоні істотно обмежується інтенсивність вимивання поживних речовин за межі кореневмісного шару ґрунтового профілю. Це свідчить про краще засвоєння та більший винос сполук біогенних елементів з урожаєм кукурудзи і про утримання їх збільшеною за інокуляції кореневою системою.

Використання зеленого добрива сприяє зменшенню втрат поживних речовин, водорозчинного гумусу. Мікробні препарати, застосовані на цьому агрофоні, ще більшою мірою обмежують вимивання сполук біогенних елементів за межі кореневмісного шару. На нашу думку, таке поєднання агрозаходів перспективне, оскільки є можливість надання інтродукованим в агроценоз бактеріям свіжої органічної речовини (на відміну від гною, не інфікованої сторонніми мікроорганізмами). За таких умов агрономічно цінні мікроорганізми можуть засвоювати як джерело вуглецю, крім корневих ексудатів рослин кукурудзи, також і продукти мінералізації сидеральної маси.

За внесення мінерального удобрення в дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та сидератів спостерігається зменшення інтенсивності вимивання поживних речовин порівняно з унесенням самих лише мінеральних добрив.

Застосування біопрепаратів на цьому агрофоні сприяє обмеженню втрат нітратів, амонійного азоту, водорозчинних сполук фосфору, калію і гумусу, що свідчить про збільшений

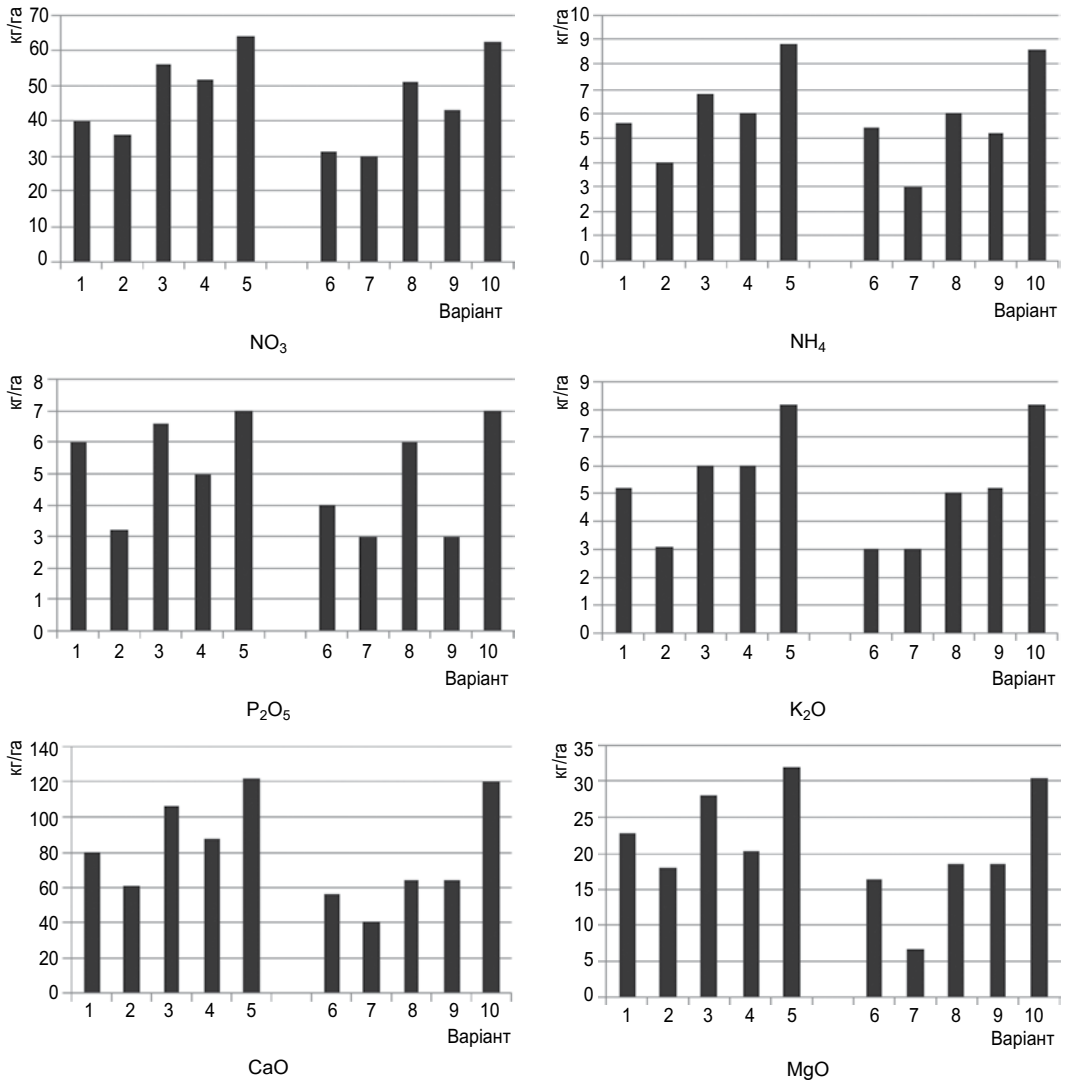


Рис. 1. Втрати біогенних елементів з ґрунту за вегетаційний період кукурудзи. $HIP_{0,99}$: $NO_3 - 0,6$ кг/га; $NH_4 - 0,08$; $P_2O_5 - 0,03$; $K_2O - 0,04$; $CaO - 1,40$; $MgO - 0,20$ кг/га. Без обробки насіння поліміксобактерином: 1 – без добрив; 2 – сидерат; 3 – $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4 – сидерат + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 5 – гній. Обробка насіння поліміксобактерином: 6 – без добрив; 7 – сидерат; 8 – $N_{90}P_{90}K_{90}$; 9 – сидерат + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 10 – гній

винос цих речовин з урожаєм та про тимчасове утримання їхньою кореневою системою бактеризованих рослин.

Використання 40 т/га гною великої рогатої худоби супроводжується найбільшими втратами поживних речовин. Застосування на цьому фоні поліміксобактерину не позначається на змінах показників умісту в промивних водах сполук фосфору і калію. Водночас спостерігається тенденція до зменшення інтенсивності

вимивання інших поживних речовин.

Отже, передпосівна бактеризація найменше впливає на обмеження втрат поживних речовин у досліді. Застосування мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ призводить до інтенсивного їх вимивання. Доповнення мінерального удобрення зеленим добривом та використання обробки насіння поліміксобактерином істотно обмежують втрати ґрунтом поживних речовин і вологи.

Азотфіксація. Процеси біологічної трансформації азоту в ґрунті свідчать про сприятливу чи загрозливу ситуацію в ґрунті за дії біотичних та абіотичних чинників. Такі процеси колообігу азоту, як амоніфікацію, нітрифікацію, денітрифікацію і азотфіксацію здійснюють мікроорганізми, тому визначення напруженості цих процесів може дати об'єктивну оцінку екологічного стану агроценозу. Слід зазначити, що амоніфікація і нітрифікація є пасивними процесами, тому для отримання даних щодо спрямованості трансформації сполук азоту в ґрунті достатньо визначити потенційну активність 2-х супротивних процесів азотфіксації і біологічної денітрифікації.

Проведені дослідження свідчать про стимулювальний вплив сидерата на перебіг процесу азотфіксації в кореневій зоні рослин кукурудзи. Передпосівна обробка насіння поліміксобактерином та подальше вирощування рослин на фоні сидерального добрива не забезпечують синергічного ефекту через те, що цей препарат створено на основі бактерій, які не є активним азотфіксатором (рис. 2).

Мінеральні добрива пригнічують перебіг процесу азотфіксації в кореневій зоні рослин кукурудзи, що підтверджує недоцільність їх застосування у такій дозі. Відновлення показників до контрольних значень спостерігається лише наприкінці вегетаційного періоду. Поєднання туків із сидератом значною мірою нівелює негативний вплив мінеральних

добрив на процес біологічної фіксації азоту атмосфери. Проте у фазі наливу зерна, коли мінеральні сполуки азоту засвоєні рослиною, для формування вегетативної маси в цьому варіанті спостерігається стимулювання активності азотфіксації. З унесенням гною забезпечується висока азотофіксувальна активність у ризосфері рослин упродовж усього вегетаційного періоду.

Денітрифікація. Протилежним азотфіксації процесом є емісія динітрогену оксиду внаслідок перебігу процесу біологічної денітрифікації. Проведені в динаміці дослідження свідчать про значні втрати азоту у формі N_2O за удобрення кукурудзи мінеральними добривами та гноєм (рис. 3).

Бактеризація на початкових фазах розвитку певною мірою стимулює активність біологічної денітрифікації в ґрунті в усіх без винятку варіантах дослідження. Це свідчить про те, що для невеликих рослин кукурудзи наявного в ґрунті азоту цілком достатньо. З ростом і розвитком рослин мікробні препарати починають активно сприяти зниженню газоподібних втрат азоту з ґрунту. Це пояснюється позитивним впливом інтродукованих бактерій на розвиток рослин кукурудзи, унаслідок чого вони засвоюють значно більшу кількість сполук азоту для конструктивного метаболізму і обмежують обсяги нітратів, які є субстратом для мікроорганізмів-денітрифікаторів. Слід зазначити, що поліміксобактерин, який не

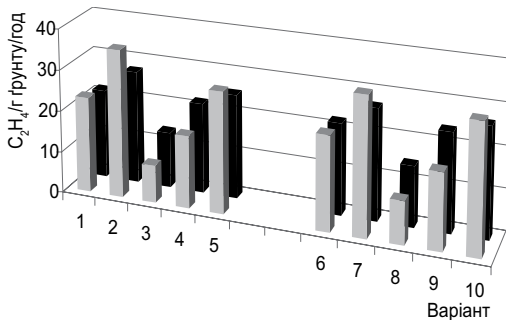


Рис. 2. Потенційна активність біологічної азотфіксації в ризосферному ґрунті рослин кукурудзи (середнє за 2010–2013 рр.). $NIP_{0,99}$ 2,2–2,5. Без обробки насіння поліміксобактерином: 1 – без добрив; 2 – сидерат; 3 – $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4 – сидерат + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 5 – гній.

Обробка насіння поліміксобактерином: 6 – без добрив; 7 – сидерат; 8 – $N_{90}P_{90}K_{90}$; 9 – сидерат + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 10 – гній; ■ – фаза 6–8-ми листків; ■ – фаза цвітіння

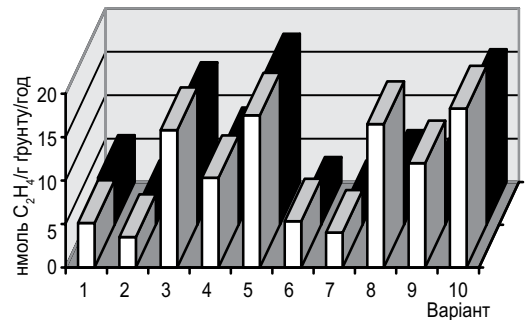


Рис. 3. Потенційна активність біологічної денітрифікації в ризосферному ґрунті рослин кукурудзи (середнє за 2010–2013 рр.), $NIP_{0,99}$ 2,2–2,4. Без обробки насіння поліміксобактерином: 1 – без добрив; 2 – сидерат; 3 – $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4 – сидерат + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 5 – гній.

Обробка насіння поліміксобактерином: 6 – без добрив; 7 – сидерат; 8 – $N_{90}P_{90}K_{90}$; 9 – сидерат + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 10 – гній; ■ – фаза 6–8-ми листків; ■ – фаза цвітіння

стимулює активність азотфіксації, істотно обмежує газоподібні втрати азоту і позитивно впливає на оптимізацію процесів біологічної трансформації азоту в агроценозі.

Потужним обмежувальним чинником впливу на процес біологічної денітрифікації виявилися сидерати, особливо в поєднанні з передпосівною бактеризацією насіння.

Отже, сидерати і мікробні препарати, застосовані окремо і в поєднанні, істотно обмежують втрати біогенних елементів з ґрунтів агрофітоценозів і можуть бути потужним агрозаходом в оптимізації живлення культурних рослин, зокрема кукурудзи. Унесення гною стимулює процес азотфіксації, проте зумовлює активізацію емісії закису азоту.

Урожайність та якість зерна. У середньому за 2010–2013 рр. урожайність зерна кукурудзи на контролі становила 3,9 т/га. За внесення органічних добрив — сидерата та гною — їх вплив на врожайність був на одному рівні: приріст урожаю в середньому за 4 роки дорівнював 0,8 т/га, або 21% порівняно з контролем. У посушливі 2011 і 2013 рр. найефективнішим було використання сидерата, тоді як у роки з достатнім зволоженням найвищу врожайність забезпечувало удобрення кукурудзи гноєм.

Застосування мінеральних добрив у середньому за роки досліджень сприяло підвищенню врожайності зерна кукурудзи щодо контролю в 1,8 раза, тобто на 3 т/га, а доповнення мінеральних добрив сидерацією дало змогу її збільшити вдвічі порівняно з контролем, приріст становив 4 т/га. Отже, поєднання сидерації і туків порівняно з мінеральною системою удобрення дало змогу додатково одержати 1 т/га зерна (рис. 4).

Передпосівна інокуляція насіння поліміксобактерином забезпечила підвищення врожайності зерна кукурудзи на 0,4–0,5 т/га практично на всіх досліджуваних агрофонах.

Найменший достовірний приріст забезпечувало застосування поліміксобактерину

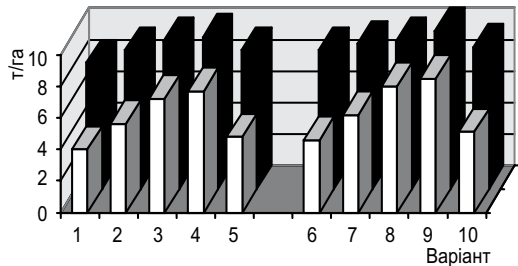


Рис. 4. Урожайність та якість зерна кукурудзи залежно від удобрення та передпосівної обробки насіння поліміксобактерином (середнє за 2010–2013 рр.). $NIP_{05} = 0,2$ т/га. Без обробки насіння поліміксобактерином: 1 – без добрив; 2 – сидерат; 3 – $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4 – сидерат + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 5 – гній. Обробка насіння поліміксобактерином: 6 – без добрив; 7 – сидерат; 8 – $N_{90}P_{90}K_{90}$; 9 – сидерат + $N_{90}P_{90}K_{90}$; 10 – гній; ■ – уміст білка, %; ■ – урожайність, т/га

на фоні 40 т/га гною. Незначний ефект бактеризації на цьому агрофоні можна пояснити конкуренцією між інтродукованими в агроценоз бактеріями і мікроорганізмами, що потрапили до ґрунту з гноєм.

Якість зерна за вмістом білка зростає як за окремого застосування всіх досліджуваних елементів технології, так і за їх комплексного застосування. Мінеральне добриво в поєднанні із сидератом поліпшувало якість зерна за вмістом білка в середньому на 2%, а внесення 40 т/га гною сприяло отриманню зерна з найвищим умістом протеїну — 10,6%, що на 2,3% вище порівняно з контролем. Інокуляція насіння до посіву поліміксобактерином не впливала на якість зерна за вмістом білка, адже за функціональною дією на рослини бактерія-біоагент цього препарату не впливає на азотне живлення рослин, а є продуцентом стимуляторів росту та мінеральних і органічних кислот, що трансформують важкорозчинні фосфорні сполуки в доступні для рослин форми.

Висновки

За поєднаного використання таких агрозаходів, як передпосівна інокуляція насіння мікробним препаратом поліміксобактерином, унесення в ґрунт мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та застосування люпинового сидерата, формуються оптимальні для рослин показники вмісту сполук біогенних елементів в орному і підорному шарах ґрунту, що

сприяє зниженню втрат біогенних елементів ґрунтом і підвищенню врожайності та якості зерна кукурудзи.

Застосування сидератів і біопрепаратів має стати обов'язковим за використання мінеральних добрив у технології вирощування кукурудзи на дерново-підзолистому ґрунті для підвищення ефективності їх використання.

Бібліографія

1. Голубев Б.А. Лизиметрические исследования в почвоведении и агрохимии/Б.А. Голубев. — М., 1967. — 46 с.
2. Довбан К.И. Зеленое удобрение в современном земледелии/К.И. Довбан. — Минск: Бел. наука, 2009. — 404 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта/Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
4. Екологічні проблеми землеробства/І.Д. Примака, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей та ін.; за ред. І.Д. Примака. — К.: Центр учб. літ-ри, 2010. — 455 с.
5. Експериментальна ґрунтова мікробіологія/В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова та ін.; за ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграр. наука, 2010. — 464 с.
6. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений/В.Н. Кудеяров. — М.: Наука, 1989. — 216 с.
7. *Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур*; за ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграр. наука, 2011. — 156 с.
8. Мілютенко Т.Б. Оптимізація поживного режиму ґрунту в агрофітоценозі кукурудзи/Т.Б. Мілютенко// Збалансоване природокористування. — 2014. — № 2. — С. 81–87.
9. *Практикум по агрохимии*; под ред. В.Г. Мишева. — М.: МГУ, 1989. — 304 с.
10. Сайко В.Ф. Проблема забезпечення ґрунтів органічною речовиною/В.Ф. Сайко//Вісн. аграр. науки. — 2003. — № 5. — С. 5–8.

Надійшла 31.05.2015.