

УДК 631.81:631.895

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ У СКЛАДІ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

В.І. Кашковський, М.Д. Аксilenко, В.О. Євдокименко, Д.С. Каменських

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України

Розглянуто проблему оптимізації фосфорного живлення за використання органо-мінеральної композиції із вмістом зольного кремнію та золи осадів стічних вод (ОСВ). Вказано на перспективи застосування зольних компонентів у складі удобрювальної суміші з метою мобілізації фосфатів низької розчинності. Наведені результати досліджень з визначення ефективності використання композицій за вирощування пшениці озимої підтверджують позитивний вплив на коренеутворення, поглинальну здатність до використання рослинами важкорозчинних фосфатів золи ОСВ.

Ключові слова: зольний кремній, зола осадів, важкорозчинні фосфати, органо-мінеральна композиція.

Пошук ефективних шляхів регулювання мінерального живлення рослин є одним з найважливіших завдань агрохімії. Вагомою перешкодою цьому є значне зменшення за останнє десятиріччя кількості внесених добрив, зокрема фосфорних. Це зумовлює в землеробстві України щорічний негативний баланс фосфору, що своєю чергою спричиняє значне зниження продуктивності сільськогосподарських угідь, стійкості рослин до несприятливих погодних умов, погіршення ефективності використання рослинами азотних добрив.

На відміну від азоту та інших елементів живлення, добрива — це єдине джерело поповнення запасів фосфору в ґрунті. Слід зауважити, що сировину для виробництва фосфорних добрив Україна імпортує. Висока вартість суперфосфату як універсального добрива обумовлює в наш час проведення пошуку більш дешевих вітчизняних джерел фосфору.

На сьогодні науково обґрунтовано і доведено на практиці, що органо-мінеральні добрива, на відміну від мінеральних туків,

мають високу агрохімічну ефективність та мобілізуючу здатність стосовно важкорозчинних фосфатів, забезпечують доступність для рослин основних елементів живлення. Щороку зростає кількість нових зареєстрованих органічних та органо-мінеральних добрив (ОМД), створених на основі нетрадиційних різноманітних сировинних ресурсів, тому як ефективні складові можуть бути використані сапропель, мулові осади і різні органічні відходи та рештки [1, 2].

На території України накопичено значні обсяги (понад 0,5 млрд т) осадів стічних вод (ОСВ), які за відповідного знезараження та детоксикації можуть бути використані у складі ОМД. Проблема переробки та утилізації ОСВ має екологічне та економічне значення. В Україні більшість осадів містить у своєму складі важкі метали (ВМ). Для безпечного застосування ОСВ у сільському господарстві України рівень вмісту в них ВМ не повинен перевищувати (мг/кг): Ni — 200, Pb — 750, Cr — 750, Cu — 1500, Zn — 2500, Cd — 30. Зауважимо, що в країнах ЄС відповідні норми є нижчими в разі і становлять (мг/кг): Ni — 100, Pb — 100, Cr — 300, Cu — 600, Zn — 1500,

Hg – 1. Тому застосування ОМД на основі ОСВ слід проводити в суворо контрольованих умовах з урахуванням фізико-хімічних особливостей ґрунтів та необхідних агротехнічних заходів [3–5].

На сьогодні одним з найефективніших способів утилізації ОСВ у розвинених країнах світу є їх спалення. Зважаючи на сучасні тенденції в агровиробництві, зростання потреб у фосфорі і відсутність можливості задовольнити їх завдяки мінеральній сировині вітчизняних запасів фосфатів, переробка золи ОСВ у цінне ОМД є доволі виправданим заходом. Крім того, у такий спосіб вирішується питання щодо дегельмінтації ОСВ.

Тому, як альтернатива традиційним фосфорним добривам, нами було запропоновано застосування золи, отриманої від термічного знезараження ОСВ Бортницької станції аерації (БСА), в органо-мінеральній композиції (ОМК) для вирощування пшениці озимої – основної зернової культури України.

Рентгеноспектральний флуоресцентний аналіз золи, одержаної внаслідок спалювання ОСВ на дослідній установці, розробленій у відділі ІБОНХ НАН України, засвідчив доволі високий уміст P_2O_5 . Для порівняння, суперфосфат містить 19–21% P_2O_5 , а отримана зола – 16,4%.

Зола, що утворюється у такий спосіб, має багатий хімічний склад. Основними її компонентами є діоксид кремнію, фосфати заліза, кальцію, магнію, силікати алюмінію, калію, заліза, натрію тощо. Крім того, зола містить необхідні для живлення рослин мікроелементи (сірку, бор, марганець, молібден тощо), а також сполуки ВМ у вигляді фосфатів та силікатів. Існуючі реагентні методи, які забезпечують перетворення ВМ у малорухомий стан, мають здебільшого тимчасовий ефект або є доволі витратними, але застосування водних розчинів гумінових кислот – є ефективним засобом для детоксикації ВМ.

Слід зауважити, що кремній є також дуже важливим біогенним елементом у живленні рослин [6]. Дослідження провідних вчених у галузі біогеохімії кремнію

(Guo B., 2004; Guo X., 2010; Yang, 2008; Матиченков, Бочарникова, 2008; Пашкевич, Кирюшин, 2008; Догадина, 2008 та ін.) свідчать, що кремневімісні добрива сприяють оптимізації азотно-фосфорного живлення, рухомості сполук калію, а також зменшують його втрати з орного шару ґрунту завдяки високій адсорбційній здатності. Відомо також, що сполуки кремнію підсилюють гуміфікацію органічних відходів, сприяють збільшенню популяції амоніфікаторів, що пришвидшує процеси нітрифікації [7–13]. Існує чимало свідчень про позитивний вплив сумісного застосування зольного кремнію з фосфатами низької розчинності та його мобілізуючу дію саме на важкорозчинні ґрунтові фосфати [14, 15]. Аморфний SiO_2 у ґрунтовому розчині з водою утворює монокремнієву кислоту, яка реагує з фосфором, утворюючи доступні для рослин фосфоровмісні сполуки. А рослини і мікроорганізми можуть поглинати лише мономери кремнієвої кислоти та її аніони, тобто рухомі низькомолекулярні сполуки кремнію. Вміст їх у ґрунті є незначним – 150–200 мг/кг у розрахунку на SiO_2 . Хімічно інертні полікремнієві кислоти сприяють утворенню ґрунтових колоїдів, їм належить роль адсорбенту, один атом Si в таких гелях може утримувати до 146 молекул води. Експериментально доведено, що кремнієві добрива в ґрунті забезпечують поглинання рослинами фосфору з важкодоступних форм фосфатів, за їх використання зменшується хімічне зв'язування фосфору ґрунтом, здійснюється позитивний стимулюючий вплив на розвиток кореневої системи рослин, швидкість їх росту, продуктивність та стресостійкість [10, 13, 14, 16].

Оскільки останніми роками значно підвищився інтерес до поновлювальних відходів сільського господарства (лузги соняшнику, рису, гречки) як до ефективних ОМД з кремнієвмісним компонентом, у своїх дослідженнях ми використали низьковуглецеву золу рисової лузги. Природа кремнію рисових відходів досліджувалась низкою вчених, оскільки напрями їх застосування є доволі різноманітними [10,

17, 18]. Властивості золи, яка утворюється під час спалювання лузги, залежать від способу спалювання, що в подальшому визначає різні напрями її використання.

Високий уміст SiO_2 у відходах рисового виробництва дає змогу розглядати їх як перспективне джерело отримання кремнієвмісних препаратів для агровиробництва.

Мета досліджень полягала в створенні ОМК на основі золи ОСВ і рисової лузги, гумінового та азотвмісного компонента з подальшим визначенням впливу цієї композиції на процеси коренеутворення, винос фосфору рослинами та продуктивність пшениці озимої районованого сорту Легенда Миронівська.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення науково-дослідних робіт з визначення ефективності застосування ОМК на основі золи ОСВ та рисової лузги в живленні пшениці озимої були використані:

- зола осадів БСА, що має такий склад: P_2O_5 — 16,4%, CaO — 6, Al_2O_3 — 10, SiO_2 — 56 та оксидів Cu , Fe , Zn , Ti , S , Mn , Sr — менше 1%;

- зола рисової лузги з умістом аморфного SiO_2 — 97,8% та близько 1% K_2O , CaO .

Гумінова складова — лігногумат калію (ЛГ) марки А, ТУ 2431-007-31054001-99 — суміш калієвих солей гумінових і фульвокислот, макро- та мікроелементів (S , Ca , Si та ін.), має властивості адаптогену, імуномодулятора, склеювача. Функції ЛГ: акумулятивна — сприяє утворенню органічно-мінеральних сполук з металами, мікроелементами, які потім активно потрапляють в організм рослини; антиоксидантна — регулює катіонний обмін, буферність, окислювально-відновні процеси в рослинах і ґрунті; протекторна — адсорбує токсичні речовини та радіонукліди, що перешкоджає їх потраплянню в рослини.

Визначення ефективності використання ОМК та їх впливу на морфометричні показники кореневої системи пшениці озимої, поглинальну активність коренів,

зокрема сполук фосфору ОМК, винос рослинами фосфору здійснювали в умовах вегетаційного досліду на піщаному субстраті згідно з методикою [18]. Ефективність ОМК визначали на основі золи осадів БСА окремо та в суміші із зольним кремнієм, ЛГ, сульфатом амонію.

Дослід закладали в тарованому вініпластовому посуді ємністю 3 л. Кількість варіантів — 7, повторність — п'ятиразова, тривалість досліду — 32 дні. Маса сухого кварцового піску в посудині — 2,4 кг. Повна вологемність піску (ПВ) — 18,6%. Вологість піску в досліді — 70% (ПВ). Рослини пшениці озимої сорту Легенда Миронівська вирощували на поживному середовищі Арнона — Хогленда (А-Х), джерело P_2O_5 — KH_2PO_4 (контроль). У досліді для порівняння передбачено варіант 2, де джерелом фосфору слугував $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — одна з найпоширеніших форм важкодоступних ґрунтових фосфатів у живленні рослин. Доза фосфорної складової в усіх варіантах була однаковою та становила 0,15 г P_2O_5 на 1 кг сухого піску. Як протектор, зв'язувальний та детоксикаційний компонент, до складу ОМК було введено ЛГ — гуміновий препарат, який містить близько 90% гумінових кислот, що сприяє утворенню органічно-мінеральних сполук з ВМ, тому унеможливує їх потраплянню в рослини.

Морфологію кореневої системи вивчали після попереднього фарбування коренів 0,1% розчином фуксину з подальшим визначенням довжини та кількості зародкових та вторинних коренів однієї рослини, середньої довжини бічних корінців на одну рослину.

Загальну адсорбційну та робочу поглинальну поверхню коренів визначали методом Колосова і Сабініна з метиленовою синькою [19]. Як адсорбційну речовину використовували метиленову синьку, поглинання якої визначали колориметрично за зміною концентрації дослідного розчину. Зважали на те, що 1 мг метиленової синьки за мономолекулярної адсорбції покриває $1,05 \text{ м}^2$ поверхні адсорбенту. Концентрація дослідного розчину метиленової синьки — 112,1 мг/л, тривалість занурення коренів

у розчин — 1,5 хв, співвідношення об'єму розчину і коренів — 10:1. Загальну адсорбційну поверхню коренів (m^2) визначали шляхом множення коефіцієнта 1,05 на кількість міліграмів увібраної метиленової синьки за перших двох занурень коренів у розчин. Робочу поглинальну поверхню коренів розраховували у спосіб визначення кількості увібраної синьки під час третього занурення. Робочою (активною) поглинальною поверхнею коренів вважають ту частину, яка, поглинаючи молекули метиленової синьки з середовища (розчину), передає їх далі, до судин.

Продуктивність рослин у досліді визначали ваговим методом з кожного повторення.

У сухих зразках пшениці озимої, після їх мокрого озолення методом К. Гінзбурга визначали фосфор фотоколориметрично методом Деніже в модифікації А. Левицького [20]. Винос фосфору визначали розрахунковим методом.

Статистичну обробку отриманих показників проводили методом кореляційного та дисперсійного аналізу за методиками, викладеними Б.О. Доспеховим, з використанням комп'ютерних програм.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

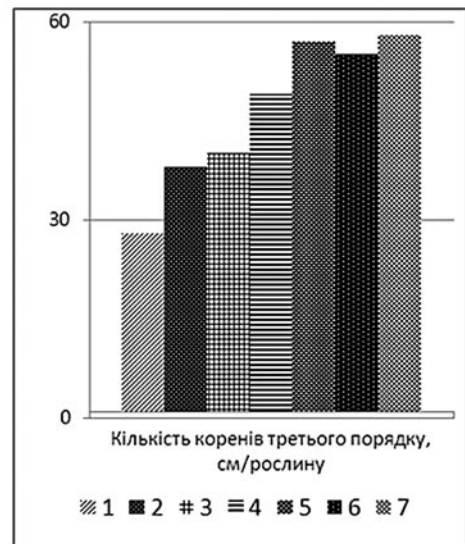
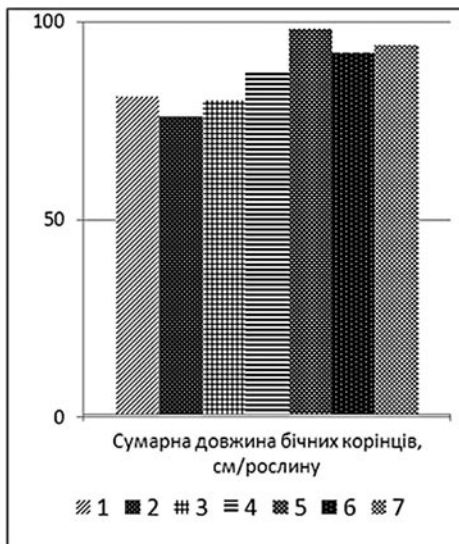
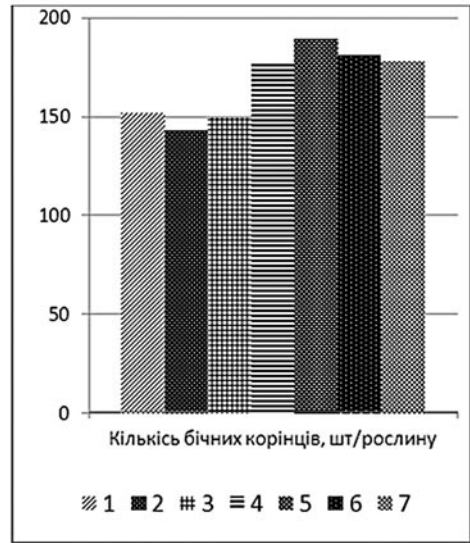
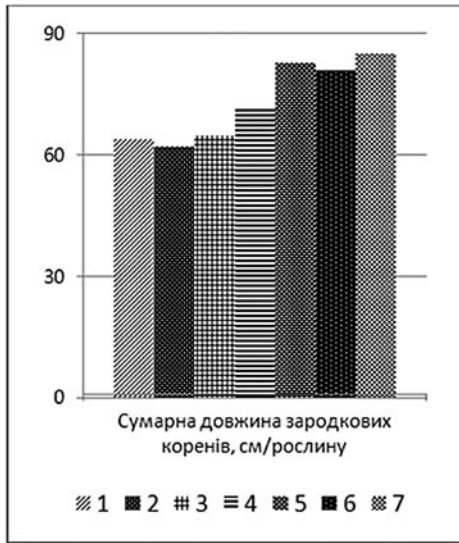
Важлива роль у підвищенні рухливості ґрунтових фосфатів і поліпшенні фосфорного живлення рослин пшениці озимої належить кореневій системі, її ацидофікуючій активності, хімічним та мікробіологічним процесам, які відбуваються в ризосфері коренів. Відомо, що від характеру і потужності розвитку кореневої системи залежить забезпеченість рослин вологою і елементами мінерального живлення, зокрема фосфором, а поглинають корені з великою швидкістю тільки з відстані, яка не перебільшує частки міліметра від їх поверхні. Швидкість дифузії води і речовин у ґрунті є незначною порівняно із швидкістю їх поглинання коренями рослин, і тільки безперервний ріст коренів, їх розгалуження дає змогу збільшити ризосферний осередок ґрунту, де і відбуваються численні процеси адсорбції, поглинання, виділення та

перетворення. Важливу роль в збільшенні продуктивності рослин пшениці озимої відіграє не тільки швидкість формування кореневої системи, а і збільшення її загальної адсорбуючої і, головне, робочої поглинальної поверхні [14, 21–23].

Результати проведених досліджень дають підстави стверджувати, що за використання ОМК рослини пшениці озимої формували потужну кореневу систему з покращеними морфологічними показниками порівняно з контролем. Запропоновані варіанти фосфорного живлення майже не вплинули на кількість зародкових коренів, але їх сумарна довжина збільшилась на 15–38% (рис.). Найвищі показники порівняно з контролем (64 см) відзначено у варіантах з введенням до складу ОМК зольного кремнію — 81–85 см. У вказаних варіантах відбувалось також збільшення кількості бічних коренів на 16–24% та їх сумарної довжини на 14–21%. Слід зауважити, що за таких форм фосфорного живлення відбувалось істотне збільшення корінців третього порядку (на 64–86%). Найвищі показники зафіксовано у варіантах з введенням зольного кремнію до складу ОМК.

Такі зміни морфологічних показників коренів рослин у досліді сприяли формуванню більш потужної кореневої системи та збільшенню площі її загальної адсорбуючої і робочої поглинальної поверхні. Всі варіанти фосфорного живлення у складі ОМК забезпечили достовірне збільшення вказаних показників.

Як свідчать результати досліджень, введення до складу ОМК гумінової та азотовмісної складової сприяло збільшенню як загальної адсорбуючої, так і робочої поглинальної поверхні коренів на 43 та 44% відповідно. Сумісне застосування зольного кремнію із золою ОСВ у рівних співвідношеннях сприяло збільшенню вказаних показників на 55–60%. Але якщо розглядати показник частки робочої поглинальної поверхні від загальної адсорбуючої, то найвищі значення — 44,6% — отримано за збільшеної вдвічі дози зольного кремнію у складі ОМК порівняно з 39,9% на контролі.



Вплив варіантів фосфорного живлення пшениці озимої сорту Легенда Миронівська на морфологічні показники кореневої системи та площу робочої поглинальної поверхні коренів 32-добових рослин: 1 – контроль; 2 – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; 3 – зола БСА; 4 – зола + ЛГ + N; 5 – зола + Si зольний + ЛГ; 6 – зола + Si зольний (1:2); 7 – зола + Si зольний (1:0,5) + ЛГ + N

Аналіз показників маси рослин (табл.) свідчить, що за використання ОМК у досліді, на відміну від автономного внесення золи у складі поживної суміші, відбувається достовірне збільшення маси коренів на 25–28% порівняно з контролем. Таке збільшення маси, вірогідно, відбувається

внаслідок пришвидшеної поглинальної активності коренів, мобілізації поживних речовин та інтенсифікації ростових процесів.

Слід зауважити, що в умовах досліді рослини краще використовували фосфор важкорозчинних фосфатів золи БСА у скла-

Вплив фосфорного живлення на вміст сухої речовини рослин пшениці сорту Легенда Миронівська та використання 32-добовими рослинами фосфору органо-мінеральних композицій

№ пор.	Варіанти досліду	Маса 100 рослин, г а.с.р.**				Вміст фосфору 100 рослинами, мг P ₂ O ₅				Вміст P ₂ O ₅ у а.с.р., мг/г	
		надземна частина	коренева система	рослини загалом	надземна частина	коренева система	рослини загалом	надземна частина	коренева система	надземна частина	коренева система
1	Контроль А-Х* (KH ₂ PO ₄) (P ₂ O ₅ – 0,150 г/кг)	8,8±0,27	1,89±0,06	10,69±0,46	129,9±8,00	31,88±1,19	161,78±9,19	14,76±0,5		16,87±0,72	
2	А-Х + Са ₃ (PO ₄) ₂ (P ₂ O ₅ – 0,150 г/кг)	7,2±0,21	2,20±0,09	9,40±0,43	55,4±2,11	27,17±1,10	82,57±3,21	7,70±0,2		12,35±0,5	
3	А-Х + зола ОСВ (P ₂ O ₅ – 0,150 г/кг)	7,5±0,22	1,79±0,06	9,29±0,42	72,0±3,7	21,36±0,76	93,36±4,46	9,60±0,4		11,93±0,5	
4	А-Х + зола ОСВ (P ₂ O ₅ – 0,150 г/кг) + N 5,5% + ЛП 0,1%	8,6±0,25	2,42±0,10	11,02±0,49	69,8±3,6	29,06±1,12	98,86±4,72	8,12±0,3		12,01±0,47	
5	А-Х + зола ОСВ (P ₂ O ₅ – 0,150 г/кг) + зольн. Si (1:1) + ЛП 0,1%	8,1±0,23	2,38±0,11	10,48±0,46	69,7±3,8	30,61±1,13	100,31±4,93	8,60±0,3		12,86±0,56	
6	А-Х + зола ОСВ (P ₂ O ₅ – 0,150 г/кг) + зольн. Si (1:2) + ЛП 0,1%	8,0±0,20	2,39±0,10	10,39±0,45	96,96±5,8	39,65±1,39	136,61±7,19	12,12±0,5		16,59±0,7	
7	А-Х + зола ОСВ (P ₂ O ₅ – 0,150 г/кг) + зольн. Si (1:0,5) + ЛП 0,1% + N 5,5%	8,1±0,22	2,36±0,10	10,46±0,44	71,24±3,9	36,37±1,37	107,61±5,27	8,85±0,3		15,41±0,61	

Примітка. *А-Х – поживне середовище Арнона – Хотгенда; ** а.с.р. – абсолютно суха речовина.

ді ОМК, на відміну від трикальційфосфату, який було введено до складу поживної суміші А-Х для порівняння. В усіх варіантах дослідів зафіксовано зростання показників виносу фосфору із ОМК порівняно з трикальційфосфатом. Підвищення виносу фосфору надземною частиною рослин становить 26–74%, їх кореневою системою — 13–48, рослинами загалом — 13–65%. Серед запропонованих варіантів найефективнішим заходом виявилось введення до складу ОМК збільшеної вдвічі дози зольного кремнію, внаслідок чого винос фосфору надземною частиною рослин переважав контрольні показники на 74%, корінням — на 48, рослинами загалом — на 65%.

Підвищення показників виносу фосфору на тлі застосування ОМК із кремнієвмісним компонентом, ймовірно, можна пояснити додатковим поглинанням фосфору кореневою системою із збільшеною поверхнею та поглинальною активністю, залученням його сполук до обмінних процесів і переміщенням до листка рослини. Отримані результати узгоджуються із численними літературними даними про ефективність застосування аморфного кремнезему в оптимальних дозах для покращення азотно-фосфорного живлення, стимулювання коренеутворення, поглинальної активності кореневої системи, зниження токсичності надлишкових кількостей важких металів, стресостійкості рослин тощо [9, 10, 14–16].

ВИСНОВКИ

Результати проведених досліджень підтверджують можливість сумісного застосування зольного кремнію з фосфатами низької розчинності золи ОСВ у складі ОМК. Створений препарат поліпшує фосфорне живлення рослин пшениці озимої завдяки покращенню морфологічних показників коренів та збільшенню їх робочої поглинальної поверхні до 60%, що істотно позначилось на показниках виносу фосфору. Збільшення вдвічі дози зольного кремнію у складі ОМК сприяло активнішому поглинанню важкодоступних сполук фосфатів.

Такий вплив ОМК є дуже важливим, особливо у перші 3–5 тижнів росту рослин, тобто у період, коли вони гостро потребують і активно поглинають доступні сполуки фосфору. Підвищення на першому етапі органогенезу рослин пшениці озимої доступності фосфору важкорозчинних фосфатів запропонованих добрив має сприяти посухо-, морозо- та зимостійкості посівів.

В умовах обмежених ресурсних і агротехнічних можливостей, глобального потепління і нестачі продуктивної вологи в ґрунтах під час сходів озимини вдало підібраний компонентний склад взаємодіючих сполук біофільного кремнію з фосфатами низької розчинності, їх оптимальне співвідношення сприятиме ефективності дії ОМК на покращення фосфорного живлення, що становить поживну цінність для рослин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дегодюк С.Е. Органо-мінеральні біоактивні добрива — перспектива для відтворення родючості ґрунтів / С.Е. Дегодюк, Е.Г.Дегодюк, О.І. Вітвіцька // Агрехімія і ґрунтознавство. — 2010. — Кн. 1. — С. 39–45.
2. Пахненко Е.П. Осадки сточних вод и другие нетрадиционные органические удобрения / Е.П. Пахненко. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — С. 273–283.
3. Зотов Н.И. К вопросу об использовании осадков бытовых сточных вод в сельском хозяйстве / Н.И. Зотов, С.Р. Сулов // Вісник національної академії будівництва та архітектури. — 2010. — 3 (83). — С. 214–217.
4. Sobgayda N.A. Recycling spent activated sludge / N.A. Sobgayda, A.B. Solodkova // International Journal of Environmental Problems. — 2015. — Vol. 1, Is. 1. — P. 64–74.
5. Долина Л.Ф. К вопросу обработки и утилизации осадков городских сточных вод / Л.Ф. Долина, Т.Л. Бушина // Экология и промышленность. — 2005. — Т. 3 (4). — С. 39–42.
6. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants / E. Epstein // Ann Appl. Biol. — 2009. — Vol. 55. — P. 155–160.
7. Effects of nitrogen and silicon applications on the growth and yield of rice and soil fertility / B. Guo, Y. Lou, Y. Liang et al. // Chinese J. of Ecology. — 2004. — Vol. 6. — P. 33–36.
8. Benefits of silicon nutrition on plants and its enlightenment to turf grass research / X.H. Guo, Z.G. Guo, H.X. Liu, X.R. Zhou // Pratacultural Science. — 2010. — P. 78–83.

9. Effects of nitrogen, potassium and silicon fertilizer on growth and resistance of rice seedlings against Magnaporthe grisea (rice blast disease) / X.J. Yang, C.Y. Zhu, Y.X. Du et al. // *Fujian Journal of Agricultural Sciences*. — 2008. — No. 1 (2). — P. 2–8.
10. Effect of Si fertilization on growth and P nutrition of Bahiagrass / V.V. Matichenkov, D. Calvert, G.H. Snyder, E.A. Bocharnikova // *Proc. Soil Crop Sci. Florida*. — 2001. — Vol. 60. — P. 30–37.
11. Куликова А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур. — Ульяновск: Изд-во Ульяновской ГСХА, 2012. — 167 с.
12. Пашкевич Е.Б. Роль кремния в питании растений и защита сельскохозяйственных культур от фитопатогенов / Е.Б. Пашкевич, Е.П. Кирюшин // *Проблемы агрохимии и экологии*. — 2008. — № 2. — С. 52–57.
13. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение: дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Матыченков. — Пущино, 2008. — 34 с.
14. Кудинова Л.И. Влияние кремния на рост, величину площади листьев и адсорбционную поверхность корней растений / Л.И. Кудинова // *Агрохимия*. — 1975. — № 10. — С. 117–120.
15. Лось С.Л. Продукционные и биохимические показатели овощных и зелёных культур при использовании аморфного диоксида кремния / С.Л. Лось, А.В. Силенок, Е.В. Борздыко // *Успехи современной науки*. — 2017. — Т. 5. — № 2. — С. 62–65.
16. Ma J.F. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan / J.F. Ma, E. Takahashi. — Netherlands: Elsevier, 2002. — 281 p.
17. Сергиенко В.И. Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречки / В.И. Сергиенко, Л.А. Земнухова, А.Г. Егоров // *Российский химический журнал общества им. Д.И. Менделеева*. — 2004. — Т. XLVІІІ, № 3. — С. 116–124.
18. Холломейдик А.Н. Аморфный кремнезем из шелухи риса / А.Н. Холломейдик, Л.А. Земнухова // *Современные проблемы экологии: тез. докл. XI Междун. науч.-технич. конференции*. — Тула, 2014. — С. 50–51.
19. Грицаенко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / З.М. Грицаенко, А.О. Грицаенко, В.П. Карпенко. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2003. — 320 с.
20. Агрохімічний аналіз / під ред. М.М. Городнього, А.П. Лісовала та ін. — К., 2005. — 475 с.
21. Вихрева В.А. Селен в жизни растений / В.А. Вихрева, А.А. Блинохватов. — Пенза: РИО ПГСХА, 2012. — 226 с.
22. Господаренко Г.М. Основы интегрированного застосування добрив / Г.М. Господаренко. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2002. — 344 с.
23. Трекозова А.В. Гормональная регуляция роста корней растений арабидопсиса при дефиците фосфора в питательном растворе / А.В. Трекозова, Л.Б. Высоцкая, Г.Н. Кудоярова // *Успехи современного естествознания: Мат-лы конфер.* — Калининград, 2014. — С. 118–119.

REFERENCES

1. Dehodiuk, S.E., Dehodiuk, E.H., & Vitvitska, O.I. (2010). Orhano-mineralni bioaktyvni dobrovya — perspektyva dlia vidtvoorennia rodiuchosti hruntiv [Organo-mineral bioactive fertilizers — a prospect for the reproduction of soil fertility]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo — Agrochemistry and soil science*, 1, 39–45 [in Ukrainian].
2. Pahnenko, E.P. (2007). *Osadki stochnykh vod i drugie netraditsionnyie organicheskie udobreniya [Sewage sludge and other non-conventional organic fertilizers]*. Moskva: BINOM. Laboratoriya znaniy [in Russian].
3. Zotov, N.Y. & Suslov, S.R. (2010). K voprosu ob yspolzovanny osadkov bytovykh stochnykh vod v selskom khoziaistve [On the question of the use of sediment of household waste water in agriculture]. *Visnyk natsionalnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury — Bulletin of the National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 3(83), 214–217 [in Russian].
4. Sobgayda, N.A. & Solodkova, A.B. (2015). Recycling spent activated sludge. *International Journal of Environmental Problems*, 1, 1, 64–74 [in English].
5. Dolyna, L.F. & Bushyna, T.L. (2005). K voprosu obrabotki i utilizatsii osadkov gorodskih stochnykh vod [To the issue of treatment and utilization of municipal sewage sludge]. *Ekologiya i promyshlennost — Ecology and Industry*, 3, 4, 39–42 [in Russian].
6. Epstein, E. (2009). Silicon: its manifold roles in plants. *Ann Appl. Biol.*, 55, 155–160 [in English].
7. Guo, B., Lou, Y., Liang, Y., Zhang, J., Hua, H. & Xi, Y. (2004). Effects of nitrogen and silicon applications on the growth and yield of rice and soil fertility. *Chinese J. of Ecology*, 6, 33–36 [in English].
8. Guo, X.H., Guo, Z.G., Liu, H.X. & Zhou, X.R. (2010). Benefits of silicon nutrition on plants and its enlightenment to turf grass research. *Pratacultural Scienc*, 78–83 [in English].
9. Yang, X.J., Zhu, C.Y., Du, Y.X., Ruan, H.C., Guan, R.F. & Chen, F.R. (2008). Effects of nitrogen, potassium and silicon fertilizer on growth and resistance of rice seedlings against Magnaporthe grisea (rice blast disease). *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 1, 2, 2–8 [in English].
10. Matichenkov, V.V., Calvert, D., Snyder, G.H. & Bocharnikova, E.A. (2001). Effect of Si fertilization on growth and P nutrition of Bahiagrass. *Proc. Soil Crop Sci. Florida*, 60, 30–37 [in English].
11. Kulikova, A.H. (2012). *Kremniy i vyisokokremnistyyie porodyi v sisteme udobreniya selskohozyaystvennykh kultur [Silicon and high-silicon rocks in the system of fertilizing crops]*. Ulyanovsk: Izd-vo Ulyanovskoy GSHA [in Russian].
12. Pashkevich, E.B. & Kiryushin, E.P. (2008). Rol kremniya v pitanii rasteniy i zaschita selskohozyaystvennykh kultur ot fitopatogenov [The role of silicon in plant nutrition and the protection of crops

- from phytopathogens]. *Problemyi agrohimii i ekologii — Problems of agrochemistry and ecology*, 2, 52–57 [in Russian].
13. Matychenkov, V.V. (2008). Rol podviznykh soedineniy v rastenyakh i sisteme pochva-rastenie [The role of mobile compounds in plants and the soil-plant system]. *Doctor's thesis*. Pushchino [in Russian].
 14. Kudinova, L.I. (1975). Vliianie kremniia na rost velichinu ploshchadi listev i adsorbtsionnuu poverkhnost kornei rastenii [The influence of silicon on growth, the size of the leaf area and the adsorption surface of plant roots]. *Agrokhimiiia — Agrochemistry*, 10, 117–120 [in Russian].
 15. Los, S.L., Silenok, A.V. & Borzdyko, E.V. (2017). Produktsionnye i biokhimicheskie pokazateli ovo-shchnykh i zelenykh kultur pri ispolzovanii amorf-nogo dioksida kremniia [Productive and biochemical indicators of vegetable and green crops using amorphous silicon dioxide]. *Uspekhi sovremennoi nauki — Advances in modern science*, 5, 2, 62–65 [in Russian].
 16. Ma, J.F. & Takahashi, E. (2002). *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan*. Netherlands: Elsevier [in English].
 17. Sergienko, V.I., Zemnukhova, L.A., & Yegorov, A.G. (2004). Vozobnovlyаемые источники khimicheskogo syr'ya: kompleksnaya pererabotka otkhodov proizvodstva risa i grechki [Renewable sources of chemical raw materials: integrated processing of rice and buckwheat waste products]. *Rossiyskiy khimicheskii zhurnal obshchestva im. D.I. Mendeleeva — Russian Chemical Journal of the Society. D.I. Mendeleev University*, XLVIII, 3, 116–124 [in Russian].
 18. Holomeydyk, A.N. & Zemnuhova, L.A. (2014). Amorfnyi kremnezem iz sheluhi risa [Amorphous silica from the husks of rice]. Modern problems of ecology '14: XI Mezhdun., nauch.-tehnich. konferentsii — 11th International, Scientific and Technical Conference. (pp. 50–51). Tula [in Russian].
 19. Hrytsaienko, Z.M. & Hrytsaienko, A.O. & Karpenko, V.P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslin i hruntiv [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]*. Kyiv: ZAT «Nichlava» [in Ukrainian].
 20. Gorodnii, M.M., Lisovala, A.P. et al. (2005). *Agrochemical analysis*. Kyiv [in Ukrainian].
 21. Vikhrev, V.A. & Blinokhvatov, A.A. (2012). *Selen v zhizni rasteniy [Selenium in plant life]*. Penza: RIO PGSKhA [in Russian].
 22. Hospodarenko, H.M. (2002). *Osnovy intehrovanoho zastosuvannia dobryv [Fundamentals of integrated fertilizer application]*. Kyiv: ZAT «Nichlava» [in Ukrainian].
 23. Trekozova, A.V., Vyisotskaya, L.B., & Kudoyarova, G.N. (2014). Gormonalnaya regulyatsiya rosta korney rasteniy arabidopsisa pri defitsite fosfora v pitatelnom rastvore [Hormonal regulation of root growth of plants of arabidopsis with phosphorus deficiency in nutrient solution]. *Advances in Modern Natural Science '14: Materialy konferentsii — Conference materials* (pp. 118–119). Kaliningrad [in Russian].

УДК 631.879.2

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД ЯК ДОБРИВ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ

В.А. Гаврилюк, А.М. Бортнік, М.Б. Августинівч

Поліська дослідна станція ННЦ

«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

Наведено результати досліджень ефективності використання осадів стічних вод (ОСВ) за вирощування вівса на зелену масу. Визначено основні норми внесення ОСВ. Встановлено, що внесення ОСВ сприяє позитивній тенденції до збільшення основних поживних елементів у дерново-підзолистому супіщаному ґрунті, покращенню врожайності культури та зниженню накопичення важких металів у ґрунті і вирощеній продукції. Обґрунтовано доцільність застосування ОСВ для використання як добрив з урахуванням практичності, економічності та екологічності вказаного сировинного ресурсу.

Ключові слова: осаді стічних вод, овес, ґрунтові умови, поживні елементи, важкі метали, врожайність.

Обмежені національні резерви мінеральних та зниження застосування органіч-

них добрив потребує пошуку нових шляхів оптимізації умов живлення рослин і відтворення родючості ґрунтів. Саме тому використання місцевих сировинних ресурсів