



# Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 504.064.3:574

© 2021

## ОЦІНКА ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ ЗА ТРИВАЛОГО СИСТЕМАТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ

Г.В. Давидюк<sup>1</sup>, Л.І. Шкарівська<sup>2</sup>, І.І. Клименко<sup>3</sup>, Н.І. Довбаш<sup>4</sup>

кандидати сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

вул. Машинобудівників, 2 б, смт Чабани Фастівського р-ну Київської обл., 08162, Україна

e-mail: <sup>1</sup>anndavydiuk@gmail.com, <sup>2</sup>luda\_shkarivska@i.ua,

<sup>3</sup>ira\_klimenko@i.ua, <sup>4</sup>Nadezda\_D@ukr.net

ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-3877-2837, <sup>2</sup>0000-0002-4928-3238,

<sup>3</sup>0000-0001-9449-7377, <sup>4</sup>0000-0002-4741-2657

Надійшла 19.10.2020

**Мета.** На основі спостережень у системі полігонного агроекологічного моніторингу виявити зміни в природному колообігу біогенних і токсичних елементів, зумовлені антропогенним чинником. **Методи.** Загальнонаукові методи матеріалістичної діалектики, наукової абстракції, аналізу та синтезу, логічності мислення та спеціальні: полігонний агроекологічний моніторинг, математико-статистичний. **Результати.** Наведено результати досліджень, проведених на темно-сірому опідзоленому ґрунті Правобережного Лісостепу за тривалого внесення мінеральних добрив на фоні післядії побічної продукції попередника впродовж 1987 – 2017 рр. Установлено, що вміст гумусу підвищився на 0,2 – 0,3%, але погіршилися показники обмінної та потенційної кислотності, суми ввібраних основ порівняно з екотопом без застосування добрив, що свідчить про підкислювальну дію унесених добрив і потребу в проведенні вапнування. Кількість сполук легкогідролізного та мінерального азоту в удобрених екотопах була на дуже низькому та низькому рівнях. За внесення подвійної дози мінеральних добрив  $N_{75}P_{74}K_{83}$  по фону органічних рівень уміст рухомих фосфатів і калію був відповідно дуже високим і високим, що забезпечувало оптимальні умови для фосфорного і калійного живлення рослин сівозміни. У жодному з екотопів не було перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) та фонового вмісту рухомих форм свинцю, кадмію та нікелю для ґрунтів України. Уміст міді в ґрунті був низьким і середнім, цинку — дуже низьким і низьким. **Висновки.** За тривалого антропогенного навантаження упродовж 30-ти років у зернопросапній сівозміні Правобережного Лісостепу із застосуванням

**232 – 349 кг/га NPK по фоні приорювання побічної продукції рослинництва відбулося розширене відтворення родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту за вмістом гумусу, рухомих форм фосфору і калію, але є тенденція до накопичення рухомих форм кадмію за одночасного поглиблення дефіциту міді та цинку.**

**Ключові слова:** агроекологічний моніторинг, агроландшафт, екотоп, біогенні і токсичні елементи.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-01>

Зростаючий антропогенний вплив створює загрозу для біосфери, тому його регулювання з метою підтримання нормального функціонування біосфери як глобальної соціоекосистеми є пріоритетним завданням сучасного суспільства [1]. Тривалий агротехногенний пресинг може спричиняти трансформувannya природних властивостей і часткову втрату самовідновлювальної здатності ґрунтів. Недотримання екологічних вимог призводить до виснаження ґрунту, його забруднення, втрати гумусу, підкислення, засолення, переущільнення, ерозійних процесів. Змінюється рівень родючості ґрунту, який є критерієм оцінки екологічного стану сільськогосподарських угідь і значною мірою залежить від технологій вирощування сільськогосподарських культур. Нині дослідники розглядають питання деградації ґрунту не лише з позиції його ерозії чи втрати родючості, а й вивчення і запобігання погіршенню збалансованості екосистеми [2–6].

Гарантування екологічної безпеки можливе на основі моніторингу навколишнього середовища, який є комплексною системою спостережень, оцінки і прогнозу змін його стану під впливом антропогенних чинників. Залежно від критеріїв виокремлюють різні види моніторингу, одним з яких є агроекологічний. Він містить систему спостережень, комплексну оцінку щодо вивчення агроландшафтів і агроекосистем з урахуванням абіотичних і соціально-економічних чинників, контролю та прогнозування змін родючості ґрунтів, їх екологічного стану з метою управління їхньою продуктивністю [7].

Зниження рівня родючості ґрунтів орних земель є наслідком зменшення обсягів унесення органічних, мінеральних і вапнякових добрив, порушення сівозмін, ігнорування

закону повернення в ґрунт основних елементів живлення тощо [8]. Світовий досвід переконує, що екстенсивне ведення землеробства без застосування добрив неминуче призводить до поступового виснаження родючості ґрунтів і зниження врожайності вирощуваних культур [9]. У сучасних системах землеробства за рахунок унесених добрив у середньому компенсується лише близько 40% поживних речовин, винесених із ґрунту з урожаєм. Щороку дефіцит сполук фосфору і калію у ґрунті становить понад 40–60 кг/га [10]. Зменшення умісту азоту в ґрунті за внесення добрив спричинене посиленням процесів мінералізації гумусу, зростанням обсягів виносу врожаєм культур, непродуктивними втратами внаслідок вимивання та емісії [11]. Зі зростанням доз добрив підвищується також винос значної частини фітомаси врожаю, що призводить до зниження рівня гуміфікації, зростання виносу мікроелементів із ґрунту культурами, порушення природного співвідношення між ними та макроелементами в ґрунтового середовищі, підвищення кислотності ґрунту. Підкислення ґрунтів спричиняє зниження продуктивності сільськогосподарських культур, ефективності мінеральних добрив, підвищення накопичення в рослинах полютантів.

Отже, застосування органічних і мінеральних добрив, хімічних меліорантів, науково обґрунтованих сівозмін є необхідним для подальшого підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Проте потрібно приділяти увагу не лише пошуку способів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, а й дбати про збереження родючості ґрунту.

**Мета досліджень** — на основі спостережень у системі полігонного агроекологіч-

ного моніторингу виявити зміни в природному колообігу біогенних і токсичних елементів, зумовлені антропогенним чинником.

**Матеріали та методи досліджень.** Застосовано загальнонаукові методи матеріалістичної діалектики, наукової абстракції, аналізу та синтезу, логічності мислення і спеціальні: полігонний агроекологічний моніторинг — для визначення зміни кількісних і якісних характеристик темно-сірого опідзоленого ґрунту під впливом антропогенного навантаження, математико-статистичний — установлення на основі методів математичної статистики достовірності отриманих результатів і функціональних залежностей між різними чинниками та процесами. Для досліджень, пов'язаних з оцінюванням стану ґрунту, як одного з основних компонентів агроєкосистеми використано методики хімічного, фізико-хімічного аналізу із застосуванням сучасних методів атомно-абсорбційної спектrophотометрії, полум'яної фотометрії, математико-статистичного аналізу згідно з вимогами системи управління якістю відповідно до ДСТУ 3973-2000.

Дослідження проводили в агроландшафті зони Лісостепу на базі тривалого дослідів відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи ННЦ «Інститут землеробства НААН» (сmt Чабани Фастівського р-ну Київської обл.), який був закладений у 1987 р. і зазнав кількох реконструкцій. Сівозміна — зерно-просапна. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений легкосуглинковий. Система удобрення передбачає 12 варіантів (екотопів), серед яких ділянки без унесення мінеральних добрив і з різним насиченням сівозміни добривами. Спостереження проводили у варіантах, найменше змінених реконструкціями: 12 — без добрив (контроль), 2 — подвійна доза мінеральних добрив ( $N_{75}P_{74}K_{83}$ ), 5 — потрійна доза мінеральних добрив ( $N_{113}P_{111}K_{125}$ ), 6 — одноразове внесення фосфорних добрив «у запас» (4700 кг/га  $P_2O_5$ ) для досягнення фактора ємності фосфатів на рівні 400 мг  $P_2O_5$  на 1 кг ґрунту і калійних добрив — (2100 кг/га  $K_2O$ ) для досягнення фактора ємності калію на рівні 400 мг  $K_2O$  на 1 кг ґрунту та щорічне застосування подвійної дози мінеральних добрив ( $N_{75}P_{74}K_{83}$ ).

Аналізували ґрунт дослідних ділянок стаціонару, відібраний через 30 років після закладання дослідів.

**Результати досліджень.** Установлено, що на темно-сірому опідзоленому ґрунті Правобережного Лісостепу за тривалого внесення мінеральних добрив на фоні післядії побічної продукції попередника впродовж 1987–2017 рр. уміст гумусу підвищувався на 0,2–0,3% (за незначного варіювання  $V=7,6\%$ ), але погіршувалися показники обмінної на 0,4–0,6 од. відповідно за незначного варіювання ( $V=5,4\%$ ) та потенційної (гідролітичної) кислотності (Hr) на 0,94–1,49 мг-екв./100 г ґрунту, але з високим коефіцієнтом варіації — 32,2%, суми ввібраних основ (S) — на 0,6–0,7 мг-екв./100 г ґрунту з незначною мінливістю ( $V=3,5\%$ ) порівняно з екотопом без застосування добрив, де вміст гумусу становив 1,52%,  $pH_{\text{сол}}$  — 5,6, Hr — 1,08 мг-екв./100 г ґрунту, S — 12,1 мг-екв./100 г ґрунту, що свідчить про підкислювальну дію унесених добрив і потребу в проведенні вапнування (табл. 1). Адже від реакції ґрунтового середовища ( $pH_{\text{сол}}$ ) значною мірою залежить засвоєння рослинами поживних речовин ґрунту і добрив, мінералізація органічної речовини, ефективність унесених добрив, урожайність та якість сільськогосподарських культур. За відсутності вапнування процес деградації ґрунтового вбирного комплексу поглиблюватиметься, супроводжуватиметься зниженням урожайності культур і підвищенням рухомості політантів у ґрунті.

Загалом на удобрених екотопах уміст гумусу залишився на низькому рівні (1,75–1,85%), ґрунт мав середньо- і слабкокисло реакції ґрунтового розчину ( $pH_{\text{сол}}$  — 5,0–5,5), середню забезпеченість за сумою поглинутих основ (11,4–12,2 мг-екв./100 г ґрунту), слабокислий ступінь гідролітичної кислотності (2,02–2,57 мг-екв./100 г ґрунту), підвищений рівень насичення основами (81,7–85,8%). Уміст обмінних сполук кальцію мав середню забезпеченість (5,4–6,5 мг-екв./100 г ґрунту), магнію — низьку (0,8–0,9 мг-екв./100 г ґрунту). Аналіз фізико-хімічних показників ґрунту різних екотопів дослідів показав, що застосування технологій вирощування сільськогосподарських культур різної інтенсивності потребує

**1. Зміна фізико-хімічних та агрохімічних показників родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту за тривалого систематичного застосування різних доз органічних і мінеральних добрив (шар ґрунту 0–20 см)**

Варіант досліду	Азот				Рухомий фосфор, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Обмінний калій, K <sub>2</sub> O	Гумус, %	pH <sub>con</sub>	Ступінь насиченості ґрунту основами	Гідролітична кислотність	Сума основ	Обмінний калцій, Ca	Обмінний магній, Mg
	легкогідролізний, N	нітратний, N-NO <sub>3</sub>	амонійний, N-NH <sub>4</sub>	мінеральний, N									
	мг/кг												
2	72,8	7,1	5,0	12,1	232,5	165,0	1,82	5,0	84,9	2,02	11,4	5,4	0,9
5	75,6	3,4	4,6	12,7	382,5	202,5	1,74	5,0	81,7	2,57	11,5	5,8	0,8
6	72,8	3,7	5,9	9,6	382,5	153,8	1,75	5,2	85,8	2,02	12,2	6,2	0,9
12	65,7	3,8	8,9	8,0	130,5	110,0	1,52	5,6	91,8	1,08	12,1	6,5	0,9
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	71,7± ±2,1	4,5± ±0,9	6,1± ±1,0	10,6± ±1,1	282± ±61,6	157,8± ±19,0	1,71± ±0,06	5,2± ±0,1	86,0± ±2,1	1,9± ±0,3	11,8± ±0,2	6,0± ±0,2	0,88± ±0,03
V, %	5,9	38,7	31,9	20,7	43,7	24,1	7,61	5,4	4,9	32,2	3,5	8,0	5,7
S	4,2	1,7	1,9	2,2	123,3	38,1	0,13	0,3	4,2	0,6	0,4	0,5	0,1
HIP <sub>05</sub>	6,7	2,8	3,1	3,5	196,2	60,6	0,21	0,4	6,7	0,9	0,6	0,8	0,1
Примітка. 2 — подвійна доза мінеральних добрив (N <sub>75</sub> P <sub>74</sub> K <sub>83</sub> ); 5 — потрійна доза мінеральних добрив (N <sub>113</sub> P <sub>111</sub> K <sub>125</sub> ); 6 — одноразове внесення фосфорних і калійних добрив «у запас» (4700 кг/га P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> і 2100 кг/га K <sub>2</sub> O); 12 — без добрив (контроль).													

Примітка. 2 — подвійна доза мінеральних добрив ( $N_{75}P_{74}K_{83}$ ); 5 — потрійна доза мінеральних добрив ( $N_{113}P_{111}K_{125}$ ); 6 — одноразове внесення фосфорних і калійних добрив «у запас» (4700 кг/га  $P_{2O_5}$  і 2100 кг/га  $K_2O$ ); 12 — без добрив (контроль).

диференційованого підходу до проведення меліоративних заходів.

Кількість сполук легкогідролізного та мінерального азоту ( $NH_4+NO_3$ ) у варіантах з унесенням добрив була на дуже низькому та низькому рівнях, відповідно 72,8–75,6 і 9,6–12,7 мг/кг і незначно відрізнялася від контрольного екоотопу — без добрив. Зокрема, уміст легкогідролізного азоту мав високу стабільність, що підтверджується величиною коефіцієнта варіації  $V=5,9\%$ . Варіабельність умісту мінерального азоту ( $NH_4+NO_3$ ) відповідала високому рівню з відповідними коефіцієнтами варіації 20,7%, 31,9 та 38,7%.

Найнижчий у досліді рівень рухомого фосфору і калію в ґрунті відзначено на контролі без добрив (варіант 12), але вміст цих сполук був на рівні підвищеної забезпеченості і становив 130,5 мг/кг ґрунту  $P_{2O_5}$  та 110 мг/кг ґрунту  $K_2O$  (за Чиріковим). За відсутності надходження добрив були невисокими врожаї культур і відносно низьке використання сполук фосфору та калію з ґрунту. Крім того, відбувалося поповнення фосфатного і калійного фондів за рахунок

переміщення фосфору і калію кореневою системою рослин із нижніх горизонтів ґрунту до орного шару.

Математичний аналіз показав, що вміст рухомих форм фосфору і калію характеризувався значною мінливістю за величиною коефіцієнта варіації — відповідно 43,7% і 24,1%. Одноразове внесення фосфорних добрив «у запас» із наступним систематичним застосуванням мінеральних добрив у дозі  $N_{75}P_{74}K_{83}$  по фоні органічних забезпечило дуже високий рівень рухомих фосфатів у орному шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту — 382,5 мг/кг ґрунту  $P_{2O_5}$ . За тривалого застосування потрійної дози мінеральних фосфатів — 111 кг  $P_{2O_5}$  на фоні  $N_{113}K_{125}$  та органічних добрив також було створено в орному шарі ґрунту запас доступного рослинам фосфору на дуже високому рівні — 382,5 мг/кг ґрунту  $P_{2O_5}$ . За внесення подвійної дози мінеральних добрив  $N_{75}P_{74}K_{83}$  по фоні органічних рівень умісту рухомих фосфатів був дуже високим — 232,5 мг/кг ґрунту  $P_{2O_5}$ , що забезпечує оптимальні умови для фосфорного живлення рослин сівозміни.

**2. Уміст важких металів і мікроелементів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за різного агрохімічного навантаження (шар 0–20 см), мг/кг**

Варіант досліджу	Мідь (Cu)	Цинк (Zn)	Свинець (Pb)	Нікель (Ni)	Кадмій (Cd)	Марганець (Mn)	Залізо (Fe)
Рухомі форми (вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином з pH 4,8)							
2	0,17	0,8	0,7	0,7	0,07	36,8	3,2
5	0,15	1,4	0,7	0,8	0,09	34,6	4,3
6	0,16	1,4	0,7	0,8	0,10	29,4	3,0
12	0,13	0,7	0,6	0,6	0,06	29,0	1,5
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	0,15±0,01	1,08±0,19	0,68±0,03	0,73±0,05	0,08±0,01	32,4±1,93	3,00±0,58
V, %	11,2	35,1	7,41	13,2	22,8	11,9	38,4
HIP <sub>05</sub>	0,03	0,34	0,05	0,22	0,03	8,68	2,39
Гранично допустима концентрація (ГДК)							
	3	23	2	4	0,7	—	—

Застосування мінеральних добрив по фоні приорювання побічної продукції рослинництва мало значний вплив на акумуляцію рухомого калію, забезпечивши його розширене відтворення в орному шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту. Одноразове внесення калійних добрив «у запас» із наступним систематичним застосуванням подвійної дози мінеральних добрив ( $N_{75}P_{74}K_{83}$ ) по фоні приорювання побічної продукції рослинництва (варіант 6) дало змогу не лише створити, а й стабільно підтримувати рівень рухомого калію в орному шарі ґрунту на високому рівні — 153,8 мг/кг ґрунту  $K_2O$ . За тривалого застосування потрійної дози мінерального калію ( $K_{125}$  по фоні  $N_{113}P_{111}$ ) та приорювання побічної продукції рослинництва (варіант 5) в орному шарі ґрунту створено дуже високий рівень доступного рослинам калію — 202,5 мг  $K_2O$  на 1 кг ґрунту. Унесення подвійної дози мінеральних добрив  $N_{75}P_{74}K_{83}$  на фоні приорювання побічної продукції рослинництва (варіант 2) забезпечило високий рівень умісту рухомого калію в орному шарі темно-сірого

опідзоленого ґрунту — 165,0 мг  $K_2O$  на 1 кг ґрунту.

За тривалого систематичного внесення мінеральних добрив у сівоzmіні та приорювання побічної продукції рослинництва у верхньому шарі ґрунту 0–20 см спостерігалася тенденція до підвищення умісту рухомих, найдоступніших для рослин сполук мікроелементів і важких металів, які переходять в ацетатно-амонійний буферний розчин (pH<sub>сол</sub> 4,8) у всіх варіантах досліджу з унесенням добрив порівняно з контролем (табл. 2).

Установлено, що в жодному з варіантів не було перевищення ГДК і фонового вмісту рухомих форм свинцю, кадмію та нікелю для ґрунтів України, хоча рівні варіювання були середній і значний. Виявлено, що забезпеченість темно-сірого опідзоленого ґрунту мікроелементами, зокрема міддю, характеризувалася як низька та середня із рівнем варіації  $V=11,2\%$ , цинком — дуже низька та низька зі значним варіюванням ( $V=35,1\%$ ), марганцем — дуже висока з середнім рівнем варіабельності ( $V=11,9\%$ ).

## Висновки

За тривалого антропогенного навантаження впродовж 30-ти років у зерно-просапній сівоzmіні Правобережного Лісостепу із застосуванням 232–349 кг/га NPK по фоні приорювання побічної продукції рослинництва відбулося розширене

відтворення родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту за вмістом гумусу, рухомих форм фосфору, калію, але є тенденція до накопичення рухомих форм кадмію за одночасного поглиблення дефіциту міді та цинку.



Davydiuk H.<sup>1</sup>, Shkarivska L.<sup>2</sup>, Klymenko I.<sup>3</sup>,  
Dovbush N.<sup>4</sup>

NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 2b  
Mashynobudivnykiv Str., vil. Chabany, Fastiv re-  
gion, Kyiv oblast, 08162, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>ann-  
davydiuk@gmail.com, <sup>2</sup>Luda\_Shkarivska@i.ua,  
<sup>3</sup>Ira\_Klimenko@i.ua, <sup>4</sup>Nadezda\_D@ukr.net; ORCID:  
<sup>1</sup>0000-0002-3877-2837, <sup>2</sup>0000-0002-4928-3238,  
<sup>3</sup>0000-0001-9449-7377, <sup>4</sup>0000-0002-4741-2657

**Assessment of main fertility indicators of dark  
gray podzolized soil at the long-term systematic  
application of fertilizers**

**Goal.** Based on observations in the system of  
range agroecological monitoring to identify chang-  
es in the natural cycle of nutrients and toxic el-  
ements due to anthropogenic factors. **Methods.**  
General scientific methods of materialist dialectics,  
scientific abstraction, analysis and synthesis, lo-  
gical thinking, and special: range agroecological  
monitoring, mathematical and statistical. **Results.**  
The results of studies conducted on dark gray  
podzolized soil of the Right-Bank Forest-Steppe  
with long-term application of mineral fertilizers and  
the background of by-products of the predecessor  
during 1987–2017 are shown. It is fixed that hu-  
mus content has increased by 0.2–0.3%, while the  
indices of exchange and potential acidity, as well  
as the amount of the absorbed bases compared  
to the ecotope without the use of fertilizers, have

dropped. That is the indication of the acidifying ac-  
tion of the applied fertilizers and the need for liming.  
The number of compounds of light hydrolysis and  
mineral nitrogen in fertilized ecotopes was at very  
low and low levels. When applying a double dose  
of mineral fertilizers  $N_{75}P_{74}K_{83}$  on the background  
of organic levels, the content of mobile phosphates  
and potassium was respectively very high and  
high, which provided optimal conditions for phos-  
phorus and potassium nutrition of crop rotation  
plants. None of the ecotopes exceeded the maxi-  
mum allowable concentration (MAC) and the  
background content of mobile forms of lead, cad-  
mium and nickel for the soils of Ukraine. The con-  
tent of copper in the soil was low and medium, and  
the content of zinc was very low and low. **Conclu-  
sions.** During long-term anthropogenic loading for  
30 years in the grain-crop rotation of the Right-  
Bank Forest-Steppe with the application of 232–  
349 kg/ha NRK on the background of plowing of  
by-products of plant growing there was an expand-  
ed reproduction of fertility of dark-gray podzolized  
soil as to humus, mobile forms of phosphorus and  
potassium. But a tendency was observed of accu-  
mulation of mobile forms of cadmium with a simul-  
taneous deepening of copper and zinc deficiency.

**Key words:** agroecological monitoring, agro  
landscape, ecotope, biogenic and toxic elements.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-01>

## Бібліографія

1. Стойко С.М., Койнова І.Б. Сучасні види  
антропогенного впливу на життєве середовище.  
Український географічний журнал. 2012. № 1.  
С. 50–57.

2. FAO. The state of the world's land and water  
resources for food and agriculture — Managing  
systems at risk. *Food and Agriculture Organization  
of the United Nations, Rome and Earthscan*.  
London, 2011. 285 p.

3. FAO and ITPS. Status of the World's Soil  
Resources (SWSR); Main Report. *Food and  
Agriculture Organization of the United Nations and  
Intergovernmental Technical Panel on Soils: Rome*.  
Italy, 2015. P. 31–49.

4. Nachtergaele F.O., Petri M., Biancalani R.  
Land Degradation. In: Lal R. & Stewart B.A. *World  
Soil Resources and Food Security Advances in Soil  
Sciences*, Taylor and Francis. CRC Press. 574 p.

5. Tiziano Gomiero. Soil Degradation, Land  
Scarcity and Food Security: Reviewing a Complex  
Challenge. *Sustainability*. 2016. Is. 8. P. 281.  
doi:10.3390/su8030281

6. Gibbs H.K., Salmon J.M. Mapping the world's  
degraded lands. *Applied Geography*. 2015. V. 57.  
P. 12–21. doi: 10.1016/j.apgeog.2014.11.024

7. Білявський Г.О., Верестун Н.О. Агро-  
екологічний моніторинг — основа забезпечення  
збалансованого розвитку агросфери Вінниччини.  
*Зб. наук. пр. ВНАУ*. Серія: Екологія. 2011.  
№ 8(48). С. 93–99.

8. Ходаківська О.В., Корчинська С.Г., Мат-  
вієнко А.П. Еколого-економічні аспекти відтво-  
рення родючості ґрунтів. *Землеробство*. 2017.  
Вип. 1. С. 16–21.

9. Національна доповідь «Про стан родючості  
ґрунтів України»; за ред. С.А. Балука, В.В. Мед-  
ведєва, О.Г. Тараріка, В.О. Грекова, А.Д. Балаєва  
Київ, 2010. 112 с.

10. Тараріко О.Г., Греков В.О., Дацько Л.В.  
Механізми і технології контролю родючості ґрун-  
тів. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 11. С. 16–19.

11. Іваніна В.В. Біологізація удобрення куль-  
тур у сівозмінах: монографія. Київ: ЦП «Ком-  
принт», 2016. 328 с.