

ISSN 2077–4893

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



3•2017

Виходить чотири рази на рік

ЗАСНОВНИКИ

**Інститут агроєкології і природокористування
Національної академії аграрних наук України**

**Державна установа
«Інститут охорони ґрунтів України»**

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ
вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143
тел. (044) 522-60-62
e-mail: agroecojournal@ukr.net
<http://journalagroeco.org.ua>

*Журнал включено до переліку наукових видань України
з сільськогосподарських і біологічних наук
відповідно до наказу МОН України № 1528 від 29.12.2014*

*Журнал включено до міжнародних інформаційних та наукометричних баз:
Research Bib Journal Database (Японія),
РИНЦ (Російська Федерація),
Index Copernicus (Республіка Польща)
Googl Scholar (США)
Ulrich's Periodicals Directory (США)*

Пристатейний список літератури продубльовано відповідно до вимог міжнародних систем транслітерації (зокрема, наукометричної бази SCOPUS)

Редколегія не завжди поділяє думки авторів статей

**Журнал друкується і поширюється через мережу Інтернет
за рішенням вченої ради Інституту агроєкології і природокористування НААН
(протокол № 6 від 19.06.2017)
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 21008-10808 ПР від 15.10.2014**

Підписано до друку 03.07.2017 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 14,51. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-03–17.
Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

3 • 2017



КИЇВ • 2017

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

3 • 2017

AGROECOLOGICAL JOURNAL

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

FURDYCHKO O., Doctor of Economic and Agricultural Science, Prof., Full member of NAAS

Executive Secretary

DEMYANYUK O., Ph.D. of Agricultural Science, Senior Researcher

Output editor

RYZHYKOVA L.

- | | |
|--|---|
| BOYKO A. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.,
Full member of NAAS</i> | RADCHENKO V. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.,
Full member of NAS of Ukraine</i> |
| BORODAY V. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.</i> | SOZINOV O. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of NAS of Ukraine and NAAS</i> |
| BULYGIN S. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of NAAS</i> | STADNYK A. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of EAS of Ukraine</i> |
| GRYNYK I. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof., Full member of NAAS</i> | TARARIKO O. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of NAAS</i> |
| GUDKOV I. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof., Full member of NAAS</i> | TARASYUK S. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof., Corresponding
member of NAAS</i> |
| DREBOT O. ,
<i>Doctor of Economic Science, Prof., Corresponding member of NAAS</i> | CHABANIUK Ya. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher</i> |
| YEHOROVA T. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher</i> | CHOBOTKO G. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.</i> |
| ZHUKORSKYI O. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof., Corresponding member of NAAS</i> | SHERSTOBOEVA O. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.</i> |
| ZARYSHNYAK A. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof., Full member of NAAS</i> | SHERSHUN M. ,
<i>Doctor of Economic Science, Senior Researcher</i> |
| ISAYENKO V. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.</i> | ALEKNAVICIUS P. ,
<i>Doctor of Social Science, Prof. (Lithuania)</i> |
| IUTYNSKA G. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof., Corresponding member
of NAS of Ukraine</i> | VOLKOV S. ,
<i>Doctor of Economic Science,
Full member of RAAS (Russian Federation)</i> |
| KONISHCHUK V. ,
<i>Doctor of Biological Science, Senior Researcher</i> | ZHEKONIENE V. ,
<i>Doctor of Biomedical Science, Prof. (Lithuania)</i> |
| KOPYLOV E. ,
<i>Doctor of Biological Science, Senior Researcher</i> | KOLMYKOV A. ,
<i>Doctor of Economic Science (Belarus)</i> |
| KUCHMA M. ,
<i>Doctor of Agricultural Science</i> | KOWALSKI A. ,
<i>Doctor of Economic Science, Prof. (Poland)</i> |
| LAVROV V. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.</i> | NAD J. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Hungary)</i> |
| LANDIN V. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher</i> | NURZHANOVA A. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.
(Republic of Kazakhstan)</i> |
| MOKLYACHUK L. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.</i> | SOBCHYK V. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Poland)</i> |
| PALAPA N. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher</i> | TIKHONOVICH I. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.,
Full member of RAAS (Russian Federation)</i> |
| PARPAN V. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.</i> | |
| PARFENYUK A. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.</i> | |
| PRISTER B. ,
<i>Doctor of Biological Science, Full member of NAAS</i> | |

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

ФУРДИЧКО О.І., д-р екон. і с.-г. наук, проф., акад. НААН

Відповідальний секретар

ДЕМ'ЯНЮК О.С., канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.

Відповідальний редактор

РИЖИКОВА Л.Г.

- | | |
|---|---|
| БОЙКО А.Л. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | РАДЧЕНКО В.Г. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НАН України (Київ) |
| БОРОДАЙ В.П. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | СОЗІНОВ О.О. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НАН України і НААН (Київ) |
| БУЛИГІН С.Ю. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) | СТАДНИК А.П. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. ЛАН України (Біла Церква) |
| ГРИНИК І.В. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) | ТАРАРІКО О.Г. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) |
| ГУДКОВ І.М. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | ТАРАСЮК С.І. ,
д-р с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) |
| ДРЕБОТ О.І. ,
д-р екон. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) | ЧАБАНЮК Я.В. ,
д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) |
| ЄГОРОВА Т.М. ,
д-р с.-г. наук, доцент (Київ) | ЧОБОТЬКО Г.М. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) |
| ЖУКОРСЬКИЙ О.М. ,
д-р с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) | ШЕРСТОБОЄВА О.В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) |
| ЗАРИШНЯК А.С. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) | ШЕРШУН М.Х. ,
д-р екон. наук, доцент (Київ) |
| ІСАЄНКО В.М. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) | АЛЕКНАВІЧЮС П.Ю. ,
д-р соц. наук, проф. (Литовська Республіка) |
| ІУТИНСЬКА Г.О. ,
д-р біол. наук, проф., чл.-кор. НАН України (Київ) | ВОЛКОВ С.М. ,
д-р екон. наук, проф., акад. РАН (Російська Федерація) |
| КОНІЩУК В.В. ,
д-р біол. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | ЖЯКОНЕНЕ В.Ю. ,
д-р біомед. наук, проф. (Литовська Республіка) |
| КОПИЛОВ Є.П. ,
д-р біол. наук, старш. наук. співроб. (Чернігів) | КОЛМИКОВ А.В. ,
д-р екон. наук (Республіка Білорусь) |
| КУЧМА М.Д. ,
д-р с.-г. наук (Київ) | КОВАЛЬСЬКІ А. ,
д-р екон. наук, проф. (Республіка Польща) |
| ЛАВРОВ В.В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Біла Церква) | НАДЬ Я. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Угорщина) |
| ЛАНДІН В.П. ,
д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | НУРЖАНОВА А.А. ,
д-р біол. наук, проф. (Республіка Казахстан) |
| МОКЛЯЧУК Л.І. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | СОБЧИК В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Республіка Польща) |
| ПАЛАПА Н.В. ,
д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | ТИХОНОВИЧ І.А. ,
д-р біол. наук, проф., акад. РАН (Російська Федерація) |
| ПАРПАН В.І. ,
д-р біол. наук, проф. (Івано-Франківськ) | |
| ПАРФЕНЮК А.І. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) | |
| ПРІСТЕР Б.С. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | |

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

Яцук І.П., Моклячук Л.І., Ліщук А.М.
Національні та регіональні індикатори
«зеленого зростання» сільського госпо-
дарства

**РАЦІОНАЛЬНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**Устименко О.В., Глушенко Л.А.,
Куценко Н.І., Колосович М.П.**
Агроекологічні дослідження у розвитку
лікарського рослинництва

**АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
МОНІТОРИНГ**

Михальчук М.В.
Важкі метали і мікроелементи у фонових
грунтах та агроландшафтах південного
заходу Білорусі

Бондар О.І., Риженко Н.О.
Фітотоксикологічна класифікація мета-
лів за інтенсивністю їх біокумуляції в
умовах зелених паркових зон м. Києва

**Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю., Самчук А.І.,
Локтіонова О.П., Мусіч О.Г.**
Еколого-геохімічна характеристика мі-
кроелементів техногенно забруднених
агроселітебних ландшафтів України

**Романчук Л.Д., Федонюк Т.П.,
Петрук А.А.**
Екологічна оцінка якості води в р. Устя
за інтенсивного антропогенного наван-
таження

Аристархова Е.О.
Оптимізація Allium-тесту для експрес-
оцінки токсичності вод поверхневих дже-
рел водопостачання

**РОДЮЧІСТЬ
І ОХОРОНА ҐРУНТІВ**

**Краснов В.П., Зборовська О.В.,
Суховерхівка С.В., Ландін В.П.,
Захарчук В.А.**
Оцінка властивостей лісових ґрунтів на
водно-льодовикових відкладах у різних
типах лісорослинних умов

TOPICAL ECOLOGICAL PROBLEMS

7 **Yatsuk I., Moklyachuk L., Lishchuk A.**
National and regional indicators of Green
Growth of agriculture

**RATIONAL NATURAL
MANAGEMENT**

18 **Ustymenko O., Hlushchenko L.,
Kutsenko N., Kolosovych M.**
The influence of agro ecological science on
medicinal plant cultivation development

**AGROECOLOGICAL
MONITORING**

27 **Mihalchuk N.**
Heavy metals and minerals in background
soils and agrolandscapes of the south-west
of Belarus

32 **Bondar O., Ryzhenko N.**
Phytotoxicological classification of metals
according to the plant up-take ability in
green park zones of Kyiv

40 **Kuraeva I., Voitiuk Yu., Samchuk A.,
Loktionova O., Musich O.**
Geochemistry of microelements in techno-
genically polluted agro-residential land-
scapes of Ukraine

46 **Romanchuk L., Fedonyuk T.,
Petruk A.**
Environmental assessment of the quality
of water in the river Ustyia under intensive
anthropogenic loading

50 **Arystarkhova E.**
Optimization of Allium test for express-
assessment of waters toxicity from the sur-
face sources of water supply

**FERTILITY
AND PROTECTION OF SOILS**

55 **Krasnov V., Zborovska O.,
Sukhovetska S., Landin V.,
Zakharchuk V.**
Estimation of forest soils properties on
water-glacial deposits in different types of
forest conditions

**Дегодюк С.Е., Літвінова О.А.,
Дмитренко О.В., Молдаван Л.П.**

Вплив добрив на накопичення мікроелементів і важких металів у сірому лісовому ґрунті

Грищенко О.М., Венглінський М.О.

Динаміка родючості ґрунтів Сквирського району Київської області

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ

Ретьман С.В., Панченко Ю.С.

Протруйники для захисту посівів вівса від хвороб у Правобережному Лісостепі України

Герасимчук Л.О., Валерко Р.А.

Екологічна оцінка якості овочевої продукції агроселітебних територій приміської зони м. Житомира

Гришко В.М., Лисенко О.І.

Стійкість гібридів кукурудзи до стресового впливу хрому і нікелю на початку ювенільного етапу розвитку рослин

**Влащук А.М., Колпакова О.С.,
Конашчук О.П.**

Вплив строків сівби на продуктивність та якість зерна гібридів кукурудзи в умовах зрошення

**Василенко М.Г., Стадник А.П.,
Душко П.М.**

Перспективи застосування органо-мінеральних добрив і регуляторів росту рослин

Цигічко Г.О., Маклюк О.І.

Формування мікробних угруповань азотного циклу в чорноземі опідзоленому за органічної системи землеробства та їх вплив на показники якості зерна пшениці озимої

Симочко В.В.

Ефективність застосування клейких пасток у системі фітосанітарного моніторингу шкідливих організмів роду *Liriomyza*

**61 Degodyuk S., Litvinova O.,
Dmitrenko O., Moldavan L.**

Effect of fertilizers on the accumulation of trace elements and heavy metals in gray forest soil

66 Grishchenko E., Venglinsky N.

The main indicators of soil fertility in Skvyra district of Kiev region

ENVIRONMENTALLY SAFE AGROTECHNOLOGIES

72 Retman S., Panchenko Yu.

Protectants for protection of oats from diseases on the early stages of organogenesis in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine

76 Gerasymchuk L., Valerko R.

The ecological estimation of the quality of vegetable products grown in agropopulated areas of Zhytomyr residential suburb

82 Gryshko V., Lysenko O.

Maize hybrids metal tolerance to chromium and nickel at the beginning of their juvenile stage

**89 Vlaschuk A., Kolpakova O.,
Konashchuk O.**

Influence of sowing terms on grain yield and grain quality of maize hybrids under irrigation conditions

**96 Vasilenko M., Stadnyk A.,
Dushko P.**

Prospects for the application of organo-mineral fertilizers and plant growth regulators

103 Tsygichko G., Makluk O.

Peculiarities of formation microbial communities of nitrogen cycle in the podzolized chernozem under using organic farming system and their impact on the quality of winter wheat

110 Symochko V.

The effectiveness of the use of colored adhesive traps in the system of phytosanitary monitoring of regulated pests of the genus *Liriomyza*

ЕКОЛОГІЯ ТВАРИННИЦТВА

- Волошин М.І., Тертична О.В.,
Свалявчук Л.І. 116

Обґрунтування вибору модельних птахо-
підприємств для екологічних досліджень

- Курбатова І.М., Байєр О.В.,
Захаренко М.О. 122

Залишки антибактеріальних препаратів,
антигельмінтиків та гормонів у відходах
життєдіяльності свиней

- Кукурудзяк К.В., Бригас О.П. 129

Біоіндикація екологічного стану ґрун-
ту за впливу господарств з виробництва
свинини

БІОРІЗНОМАНІТТА
ТА БІОБЕЗПЕКА ЕКОСИСТЕМ

- Шавріна В.І., Ткач Є.Д. 134

Синантропізація флори фітоценозів спо-
лучних територій Лядівського регіональ-
ного екокоридору

- Крутило Д.В., Леонова Н.О.,
Іутинська Г.О. 138

Формування симбіотичної системи сої
за впливу штамів *Bradyrhizobium japoni-
cum* — продуцентів речовин фітогормо-
нальної дії

- Симочко Л.Ю. 147

Оцінка сорбції і токсичності фторхіноло-
вого антибіотика в агроекосистемах

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

- Руденко О.М. 152

Вплив лісорослинних умов зростання на
середовищотвірні функції соснових на-
саджень Міжрічинського регіонального
ландшафтного парку

- Орловський А.В. 155

Діагностика ізолятів ВТМ (*Tobamovirus*)
на рослинах клена гостролистого в умо-
вах лісових біоценозів

ЮБІЛЕЇ

- О.І. Фурдичку — 65 159

- В.П. Ландіну — 70 161

НЕКРОЛОГ

- Пам'яті В.А. Проневича 162

ECOLOGY OF ANIMAL HUSBANDRY

- Voloshyn M., Tertychna O.,
Svaliavchuk L. 116

Justification of the choice of model poultry
farms for environmental research

- Kurbatova I., Bayer O.,
Zakharenko M. 122

Antibacterial drugs, anthelmintics and hor-
mones of pigs waste

- Kukurudzyak K., Brygas O. 129

Bioindication of the ecological state of the
soil under the influence of pork farms

BIODIVERSITY AND BIOSAFETY
OF ECOSYSTEMS

- Shavrina V., Tkach Ye. 134

Synatropization of phytocoenoses flora of
connecting territories of the Lyadiv regional
eco-corridor

- Krutylo D., Leonova N.,
Iutynska G. 138

Soybean symbiotic system formation un-
der influence of *Bradyrhizobium japonicum*
strains which produce the substances with
phytohormonal action

- Symochko L. 147

Assessment of sorption and toxicity of fluo-
roquinolone antibiotic in agroecosystems

YOUNG SCIENTIST'S PAGE

- Rudenko O. 152

The influence of forest growth conditions
on environment-forming functions of pine
stands of the Mizhrichynskiy regional land-
scape park

- Orlovskyy A. 155

Diagnostics of VTM isolates (*Tobamovirus*)
on *Acer platanoides* plants in conditions of
forest biocoenosis

JUBILEE

- O. Furdychko — 65 159

- V. Landin — 70 161

OBITUARY

- To the memory of V. Pronevych 162

НАЦІОНАЛЬНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ІНДИКАТОРИ «ЗЕЛЕНОГО ЗРОСТАННЯ» СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

І.П. Яцук¹, Л.І. Моклячук², А.М. Ліщук²

¹ ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

² Інститут агроєкології і природокористування НААН

Проведено аналіз та порівняння основних індикаторів «зеленого зростання» сільського господарства, запропонованих міжнародними організаціями ЄС і адаптованих для України. Встановлено необхідність визначення агроєкологічних індикаторів «зеленого зростання» на глобальному, регіональному та локальному рівнях. Відзначено, що одним із основних індикаторів «зеленого зростання» сільського господарства вважається динаміка вмісту органічної речовини ґрунту. Цей індикатор відповідає критеріям Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) та є регіональним індикатором «зеленого зростання» сільського господарства.

Ключові слова: «зелене зростання», індикатори, критерії ОЕСР, сільське господарство, агроєкосистема.

Концепція «Green growth», або «Зеленого зростання», яку вперше було висунуто у 2005 р. на V Конференції міністрів охорони навколишнього середовища Азійсько-Тихоокеанського регіону (Сеул, Південна Корея) [1], стала новою соціально-економічною парадигмою, що ґрунтується на використанні чотирьох принципів:

1) екоєфективності — передбачає максимізацію корисних властивостей товарів і послуг за одночасної мінімізації впливу на навколишнє природне середовище впродовж усього життєвого циклу продукції;

2) ресурсозбереження — передбачає прийняття управлінських рішень з урахуванням необхідності збереження природних ресурсів;

3) єдності — передбачає узгодженість дій усіх суб'єктів національної економіки, що беруть участь у процесі розвитку;

4) міжсекторальності — означає залучення представників різних секторів суспільства до процесу прийняття рішень.

Наразі «зелене зростання» — це стратегія перетворення економічної системи, за якої інвестиції в екологічні ресурси та

послуги стають рушійною силою економічного розвитку, а охорона навколишнього природного середовища розглядається як чинник економічного зростання [2].

У підсумковому документі «Ріо+20», прийнятому Конференцією ООН зі сталого розвитку 20–22 червня 2012 р. у Ріо-де-Жанейро («Майбутнє, якого ми хочемо»), визначено, що Концепція «Зеленого зростання» має об'єднати екологічні та економічні стратегії в аспекті сталого розвитку [3]. Рішення Конференції ООН «Ріо+20» активізували зусилля багатьох країн у напрямі формування стратегій, планів дій та дорожніх карт економічного розвитку у «зеленому напрямі», а також розроблення системи індикаторів для моніторингу та оцінки результативності «зеленого розвитку» різних галузей господарств, у т.ч. й «зеленого розвитку» сільського господарства [4, 5].

Агроєкологічні індикатори «зеленого зростання» ОЕСР. Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) за цілою низкою досліджень визначила загальні рамки і розробила підхід до створення набору агроєкологічних індикаторів. Пілотні дослідження агроєкологічних інди-

каторів країнами-членами ОЕСР були проведені у 1995 р., а вже у 2008 р. за повного використання агроекологічних індикаторів було надано звіт екологічної діяльності сільського господарства в країнах ОЕСР, починаючи з 1990 р.

Отже, моніторинг прогресу на шляху до «зеленого зростання», оцінювання ефективності джерел інформації, що використовуються, та рівня досягнення поставлених цілей потребує розроблення відповідних критеріїв та індикаторів — показників «зеленого зростання» [6].

Нині розробленням критеріїв та індикаторів «зеленого зростання» займаються численні організації, основними з яких є ОЕСР, організації системи ООН, Єврокомісія, Світовий банк, Міжнародна платформа досвіду «зеленого зростання» (Green Growth Knowledge Platform — GGKP) [7, 8].

Наразі існує значна кількість показників, які можуть бути використані як агроекологічні індикатори «зеленого зростання». Зокрема, ОЕСР пропонує розглядати індикатори за такими основними критеріями: актуальність політики, аналітична доцільність, вимірність, рівень агрегації.

Актуальність політики — критерій, що належить до агроекологічних індикаторів, які мають важливе значення для визначення політики ОЕСР. Індикатори стосуються екологічних проблем у сільському господарстві, оскільки актуальність політики потенційно сприяє розумінню і аналізу агроекологічного та сталого сільського господарства. Відносна значущість цього критерію в різних країнах залежить від особливостей навколишнього природного середовища і стану сільськогосподарських екосистем. Основними актуальними агроекологічними питаннями, за якими визначають політику ОЕСР, є [9]:

- стан ґрунту: засолення, підкислення, баланс мікроелементів, токсичні забруднення, ущільнення, перезволоження, рівні вмісту органічної речовини ґрунту, продуктивність, ерозія, зсуви;
- вода: водні ресурси, поверхневі та підземні води і їх використання, якість води,

залежність якості води від вимивання або вилугування азоту, фосфору, токсичні залишки пестицидів, кислотних речовин і осаду ґрунту;

- повітря: забруднення повітря пестицидами, викидами парникових газів від сільського господарства, тваринництва, спалювання біомаси; руйнування озонового шару;

- природа: біологічне біорізноманіття, місця проживання і природного існування диких та напівдиких тварин на сільськогосподарських землях; ландшафтний дизайн, розподіл біотопів, соціально-культурні цінності;

- фінансові питання фермерських господарств, у т.ч. фінансові ресурси, які можуть впливати на стан навколишнього природного середовища;

- соціокультурні питання, які можуть впливати на відносини між сільським господарством і навколишнім природним середовищем, баланс населення між сільськими і міськими районами.

Аналітична доцільність. Критерій аналітичних проблем доцільності, зокрема ступінь, в якому цей індикатор може відтворити встановлення зв'язків між сільськогосподарською діяльністю та умовами навколишнього природного середовища і тому, насамперед, відноситься до атрибутів, що є основою для вимірювання показника. Завдання цього індикатора — пояснити зв'язок між сільським господарством та екологічною проблемою. Індикатор також має продемонструвати тенденції і діапазони зміни значень у часі, які можуть бути доповнені певними цільовими показниками і пороговими значеннями на національному рівні, якщо такі існують. У деяких країнах цільові і порогові значення були встановлені, щоб відобразити вибір і стандарти, яких слід досягти [9].

Вимірність. Критерій вимірності відносяться до відповідних даних, доступних для вимірювання індикатора. Індикатор має бути розроблений, переважно, з урахуванням довготривалого періоду часу. Аналіз свідчить, що на противагу ОЕСР, де існує значна база даних цього критерію,

в багатьох країнах постає проблема щодо їх визначення, оцінювання якості та регулярності, методів збору та вимірювання індикаторів. Для того щоб подолати деякі з перелічених труднощів, ОЕСР проводить порівняння цих методів між країнами. Однак важливо визнати, що ці критерії можуть варіювати і залежати від конкретних національних і субнаціональних ситуацій. Наприклад, відносна значущість показників щодо вирішення аграрного питання якості ґрунту — водної та вітрової ерозії, засолення, підкислення, перезволоження, балансу мікроелементів і токсичного забруднення — буде відрізнятися не лише між країнами, але і змінюватися всередині країн.

Рівень агрегації. Критерій рівня агрегації має визначати, на якому рівні (ферми, галузевому, регіональному, національному) цей індикатор може бути застосований для цілей політики. Цей критерій висуває на перший план питання про просторове та тимчасове різноманіття навколишнього природного середовища і географічний масштаб різних екологічних проблем, починаючи від ферми — до глобального масштабу. Крім того, він визначає, якою мірою різні агроекологічні зони зазнали змін фізичних характеристик ресурсів і прав власності щодо цих ресурсів, і надає змогу виявити вплив екологічних наслідків, що можуть виникати внаслідок ведення сільського господарства в цих зонах [9].

У багатьох країнах національні дані у сільському господарстві часто збираються не відповідно до агроекологічних зон, а на основі політичних і/або адміністративних одиниць, таких як субнаціональні регіони.

Індикатори агроекологічних проблем були визначені країнами-членами ОЕСР як пріоритетні, для яких розробляються критерії: використання поживних речовин; використання пестицидів; біорізноманіття; місця існування диких тварин; використання води; ландшафти; використання і збереження земель; управління фермерським господарством; якість ґрунту; якість води; парникові гази; сільськогосподарські фінансові ресурси; соціально-культурні проблеми [10]. Важливість цих агроекологічних

питань може варіювати залежно від країни, її екологічних багатств, наприклад, якості ґрунту, відносного тиску на земельні ресурси (висока щільність населення), інтенсивності сільськогосподарського виробництва, рівня доходу і пріоритетів політики, зовнішніх впливів навколишнього природного середовища на сільське господарство, таких як кислотні дощі і зміна клімату. Рекомендації Стратегії «зеленого зростання» ОЕСР мають бути адаптованими кожною країною під свій рівень розвитку, забезпеченість природними ресурсами і екологічне навантаження.

Для того щоб показники, за якими проводять оцінювання «зеленого зростання» сільського господарства, можна було вважати індикаторами, ці показники мають, насамперед, відображати ті природні та антропогенні зміни, які відбуваються у агроєкосистемах. Запропоновані міжнародними організаціями індикатори «зеленого зростання» є неоднаково актуальними для різних країн і мають інтерпретуватися з урахуванням їх специфіки. Потрібно також зважати на те, що усереднені національні значення можуть приховувати значні відмінності всередині країни. Крім того, щоб надати результати для порівняння між країнами, завжди слід враховувати методи, за якими проводили визначення та вимірювання. Для того щоб визначені індикатори можна було порівняти на міжнародному рівні, вони мають бути визначені за допомогою уніфікованих міжнародними організаціями методів та одиниць вимірювань [7].

Індикатори «зеленого зростання», адаптовані для України. Робота над адаптацією індикаторів «зеленого зростання» для України почалася у 2013 р. Питанню розвитку «зеленого зростання» економіки присвячено дослідження українських вчених Л.А. Мусіної, Т.П. Галушкіної, А.В. Ямчука, Т.К. Кваші, Я.П. Квача та ін. [11–13].

Міжвідомча робоча група у складі представників вітчизняних органів виконавчої влади та профільних установ: Міністерства економічного розвитку і торгівлі, Міністерства екології та природних ресурсів, Державної служби статистики, Державного

агентства з енергоефективності та енергозбереження, низки науково-дослідних інститутів і недержавних організацій запропонувала набір індикаторів «зеленого зростання», адаптованих для умов України і рекомендованих для моніторингу та оцінки прогресу реалізації цілей Стратегії

державної екологічної політики України до 2020 р. з урахуванням практики ЄЕК ООН, ОЕСР та інших міжнародних організацій [14]. Перелік економічних, екологічних та соціальних індикаторів «зеленого зростання» для України та їх динаміку змін наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік та динаміка індикаторів «зеленого зростання» для України [14]

Назва показників для України	Оцінка тренду (2005–2015 рр.)
1. Екологічна і ресурсна продуктивність	
Вуглецева продуктивність ВВП (у межах виробництва), грн/кг CO ₂	позитивний тренд
Енергетична продуктивність ВВП: ВВП на одиницю спожитої енергії, грн/кг	позитивний тренд
Матеріальна неенергетична продуктивність ВВП, грн/кг	негативний тренд
Водна продуктивність ВВП, грн/м ³	позитивний тренд
Продуктивність ВВП за відходами I–IV класів, грн/кг	позитивний тренд
Продуктивність ВВП за побутовими та подібними відходами, грн/кг	негативний тренд
Динаміка родючості ґрунтів: баланс гумусу і поживних речовин на 1 га	негативний тренд
2. Наявність і використання природних ресурсів	
Зміни в землекористуванні — питома вага в загальній площі земельних ресурсів:	негативний тренд
– орних земель, %	позитивний тренд
– пасовищ, %	негативний тренд
– земель під забудову, %	позитивний тренд
Площа землі, зайнята під органічним сільським господарством, у % до загальної площі сільськогосподарських земель	позитивний тренд
Площа лісів і лісовкритих територій, га	позитивний тренд
Обсяги видобутої води на душу населення, м ³	негативний тренд
Обсяги видобутку невідновлюваних ресурсів	негативний тренд
3. Екологічні аспекти якості життя	
Динаміка викидів найбільш забруднювальних речовин:	
– діоксиду азоту	негативний тренд
– суспендованих твердих частинок розміром менше 10 мкм і менше 2,5 мкм	негативний тренд
– неметанових летких органічних сполук	негативний тренд
Питома вага домогосподарств, підключених до централізованої системи водопостачання	негативний тренд

Закінчення табл. 1

Назва показників для України	Оцінка тренду (2005–2015 рр.)
Темпи зростання захворюваності населення України:	
– хворобами органів кровообігу	позитивний тренд
– хворобами органів дихання	негативний тренд
Середня очікувана тривалість життя народжених, років	позитивний тренд
4. Економічні можливості та політичні рішення	
Витрати на охорону навколишнього природного середовища, у % до ВВП	негативний тренд
Частка коштів державного бюджету у витратах на охорону навколишнього природного середовища, у т.ч.:	негативний тренд
– поточні витрати, %	позитивний тренд
– капітальні витрати, %	негативний тренд
Державні витрати на наукові дослідження та інновації, важливі для «зеленого зростання»	негативний тренд
5. Соціально-економічні умови та параметри росту	
Питома вага у доданій вальовій вартості (ДВВ) України, %:	
– промисловості	негативний тренд
– сільського господарства	негативний тренд
– послуг	позитивний тренд
Загальна чисельність населення	негативний тренд
Питома вага населення в працездатному віці у загальній чисельності населення країни, %	негативний тренд
Рівень економічної активності населення віком 15–70 років, %	негативний тренд
Рівень зайнятості населення у віці 15–70 років, %	позитивний тренд
Рівень безробіття населення у віці 15–70 років, %	позитивний тренд
Темпи зростання багатофакторної продуктивності	позитивний тренд
Рейтинг за індексом легкості ведення бізнесу (Doing Business)	позитивний тренд
Інновації та технологічна готовність (Всесвітній економічний форум, Глобальний індекс конкурентоспроможності — ГІК)	позитивний тренд
Рейтинг за індексом екологічної ефективності	позитивний тренд
Рейтинг за індексом сталого розвитку суспільства	позитивний тренд

Визначені індикатори, загалом, характеризують процес «зеленого зростання» країни. Проте для оцінювання «зеленого зростання» сільського господарства запропонованих індикаторів недостатньо. Аналіз

наукових джерел та наші дослідження свідчать про необхідність визначення агроекологічних індикаторів «зеленого зростання» на глобальному, регіональному та локальному рівнях.

Індикатори моніторингу стану ґрунтів сільськогосподарського призначення. Для моніторингу прогресу у напрямі «зеленого зростання» сільського господарства ОЕСР пропонує такі індикатори [15]:

- стан агроландшафтів;
- використання і збереження земель;
- збалансоване використання поживних речовин;
- використання води;
- якість ґрунту;
- якість води;
- збереження біорізноманіття;
- рівень застосування пестицидів;
- парникові гази;
- сільськогосподарські фінансові ресурси;
- соціально-культурні проблеми.

За рекомендаціями ОЕСР основними індикаторами «зеленого зростання» сільського господарства є зміни концентрації органічної речовини ґрунту та зміни у балансі і концентрації поживних речовин. Але нині ще не розроблено чіткої системи індикаторів «зеленого зростання» сільськогосподарського виробництва України. Для розроблення цієї системи, насамперед, слід розробити індикатори, які характеризують «зелене зростання» ґрунтів земель сільськогосподарського призначення, оскільки ґрунти є основним засобом виробництва сільськогосподарської продукції. Отже, основною продуктивною силою аграрного виробництва є ґрунт. Стан ґрунту і баланс поживних речовин у ньому є одним із основних індикаторів збалансованого розвитку агроєкосистем. Баланс поживних речовин може вказувати на рівень потенційного забруднення ґрунту, води і повітря надлишками поживних речовин або на недостатню їх кількість для отримання належного врожаю. Це — концентрація азоту і фосфору, виражена як валовий баланс N і P на 1 га земель сільськогосподарського призначення.

З метою розроблення індикаторів «зеленого зростання» сільського господарства на національному, регіональному та локальному рівнях, як засобу скорочення негативних екологічних наслідків сільськогосподарського виробництва, а також збалансова-

ного використання його позитивного екологічного потенціалу, у т.ч. збереження екосистем і забезпечення продовольством населення, проведено аналіз, оцінювання та порівняння основних індикаторів «зеленого зростання», запропонованих міжнародними організаціями і адаптованих для України, та індикаторів моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення, що проводиться в ЄС та Україні.

Наукові та практичні основи системи моніторингу ґрунтів для Європи було розроблено у межах проекту ENVASSO: (Environmental Assessment of Soil for monitoring), що входив до VI Рамкової програми Європейської комісії. Основна мета проекту полягала в тому, щоб визначити і документувати систему моніторингу ґрунту для впровадження Ґрунтової рамкової директиви, спрямованої на захист ґрунту в ЄС [16].

Відповідно до Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, затвердженого наказом Мінагрополітики України від 26.02.2004 р. № 51 і зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 29.03.2004 р. за № 383/8982, ДУ «Держґрунтохорона України» підготовлено Періодичну доповідь про стан ґрунтів України на землях сільськогосподарського призначення, в якій викладено дані IX туру (2006–2010 рр.) агрохімічного обстеження земель [17].

Для того щоб показники, за якими проводять оцінювання «зеленого зростання» сільського господарства, можна було вважати індикаторами, останні мають насамперед відображати природні та антропогенні зміни, що відбуваються в агроєкосистемах. Але показники, за якими проводиться моніторинг ґрунтів, також є індикаторами загроз, що виникають у процесі сільськогосподарського виробництва.

Так, В.В. Медведєв запропонував широкий спектр індикаторів моніторингу ґрунтів, частина з яких може бути обов'язковими для країни, а частина — відображати місцеві особливості формування екологічної ситуації. До обов'язкових віднесено характеристики точки (висота, ухил,

метеорологічні дані), тип ґрунту (класифікаційне положення, опис профілю), поживні елементи (валові і рухомі форми), органічний вуглець (валовий), хімія ґрунтів (рН, ємність катіонного обміну, склад поглинених основ), щільність будови, основні види фауни (наприклад, дощові черв'яки), забруднення (деякі види важких металів, зокрема, свинець). До необов'язкових (регіональних) віднесено показники, що характеризують ґрунтові процеси: опустелювання (агресивність опадів, біомаса, деякі специфічні види рослин), підкислення (сухі і вологі кислотні опади, рухомий алюміній, рН, хімічний склад ґрунтового розчину), засолення (електропровідність, водоутримна здатність, вміст солей і соди), якість зрошувальної води, евтрофікація (сухі і вологі відкладення азоту, вміст доступних аміачних і нітратних форм азоту) [18].

З іншого боку, вміст органічної речовини ґрунту, мікроелементів та баланс поживних речовин можуть вказувати на рівень потенційного забруднення ґрунту, води і повітря

надлишками поживних речовин або на недостатню їх кількість для отримання належного врожаю. Вони також вказують на погіршення чи покращення стану ґрунтів. Тому ці показники певною мірою можуть слугувати агроекологічними індикаторами «зеленого зростання» агроекосистем.

Одним із основних індикаторів «зеленого зростання» сільського господарства вважається динаміка вмісту органічної речовини ґрунту. Цей індикатор відповідає критеріям ОЕСР, до того ж є регіональним індикатором «зеленого зростання» сільського господарства.

Динаміка зміни концентрації гумусу у ґрунті як регіональний індикатор «зеленого зростання». Процеси дегуміфікації ґрунтів України на землях сільськогосподарського призначення продовжуються тривалий час. Загалом, найбільші площі займають ґрунти з середнім та підвищеним умістом гумусу — 61,9%, з високим та дуже високим — 22,8, дуже низьким та низьким — 15,4% (рис. 1) [17].

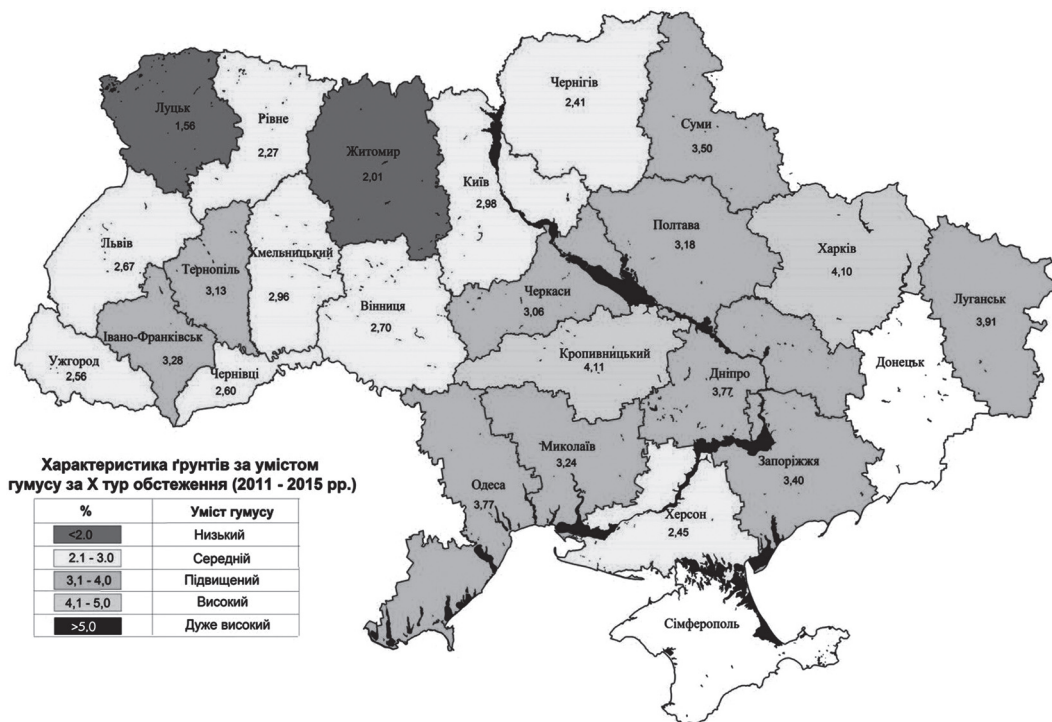


Рис. 1. Вміст гумусу в ґрунтах України [20]

За результатами агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення впродовж п'яти турів (1986–2010 рр.) агрохімічного обстеження середньозважений вміст гумусу в ґрунтах України зменшився на 0,22% в абсолютних величинах і становив 3,14% [17]. Умовні збитки від втрати такої кількості гумусу сягають близько 450 млрд грн. Крім того, за прогнозами науковців, для створення 1 см родючого шару ґрунту природі необхідно щонайменше 100 років. У розрізі ґрунтово-кліматичних зон найбільшого зниження вмісту гумусу зазнали ґрунти степової зони — із 3,72 до 3,40%, тобто на 0,32%. У Лісостепі ці зміни дещо менші, але з огляду на втрати гумусу є значними — 0,19% (рис. 2). За результатами інтенсивнос-

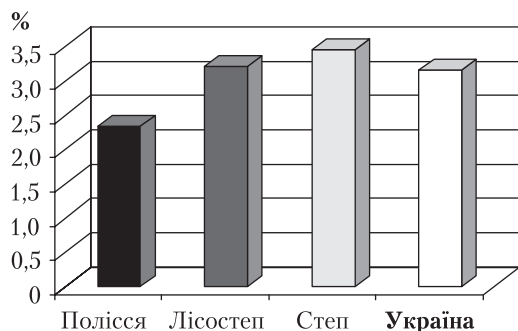


Рис. 2. Динаміка вмісту гумусу в ґрунті за період 1986–2010 рр. [17]

ті зменшення вмісту гумусу за турами можна зробити висновок, що в 1996–2010 рр. темпи дегуміфікації дещо уповільнилися, оскільки останніми роками побічна продукція після збирання озимих та ярих зернових, кукурудзи, соняшнику, ріпаку залишається у полі, а не відчужується [19].

За результатами X туру (2011–2015 рр.) агрохімічних обстежень (рис. 3) середньозважений вміст гумусу у ґрунтах України становив 3,16% [20] порівняно з 3,14% у IX турі [17]. Тобто за незначного збільшення вмісту гумусу в ґрунті цей показник за останні п'ять років зменшився у 11 областях, найбільших змін зазнали ґрунти Запорізької та Хмельницької областей — на 4%, Дніпропетровської, Полтавської і Чернігівської областей — на 2,5%.

Зменшення середньозваженого показника вмісту гумусу своєю чергою вплинуло на перерозподіл площ угідь за рівнем його забезпечення. Порівняно з V туром обстеження ґрунтів, IX тур засвідчив, що частка площ із дуже високим його вмістом (>5,1%), загалом в Україні, зменшилася з 6,4 до 2,4% від обстеженої площі, високим (4,1–5,0%) — з 24,9 до 19,2%. Натомість, збільшилася з середнім і підвищеним вмістом — на 5,8 та 3,6% відповідно (рис. 4).

Зменшення вмісту гумусу у ґрунті останніми роками відбувається переважно внаслідок: високого рівня розораності

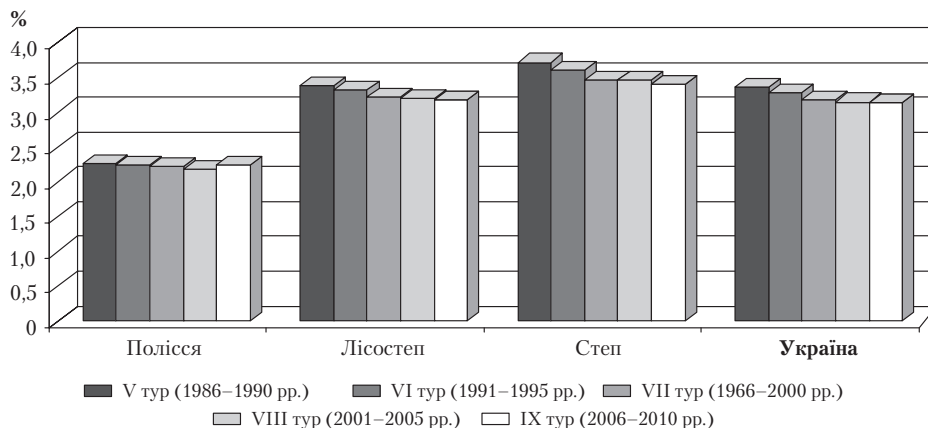


Рис. 3. Вміст гумусу в ґрунтах України за результатами агрохімічних обстежень у 2011–2015 рр. [20]

території України і сільськогосподарських угідь; катастрофічного зменшення кількості надходження до ґрунту органічних добрив; незбалансованого використання мінеральних добрив — їх відсутності або занадто низьких чи високих норм. За таких умов значно посилюється лабільність (рухомість) органічної речовини; порушення структури посівних площ у бік переваги просапних культур над культурами суцільного способу посіву, вирощування монокультур, зменшення площ посіву багаторічних трав та зернобобових культур; інтенсивність обробітку ґрунту; зміщення рівноваги між процесами гуміфікації та мінералізації органічної речовини ґрунту на користь мінералізації [19].

За результатами ІХ туру агрохімічної паспортизації частка ґрунтів з високим та дуже високим умістом гумусу становила 21,7% від обстеженої площі (рис. 4). Здебільшого — в степовій зоні, де переважають чорноземи звичайні середньо- і малогумусні. Площа ґрунтів України, яка характеризується середнім і підвищеним умістом гумусу, становить 15,3 млн га, або 62,4% від обстеженої площі. З них 53,8% зосереджено в Степу, 33,2 — у Лісостепі, 13,0% — у Поліссі.

Переважає площа ґрунтів з низьким та дуже низьким умістом гумусу розміщується в поліській зоні — 52,8%, де переважають легкі малогумусні ґрунти, 23,5 — у лісостеповій, 23,7% — у степовій зоні.

Тому для відтворення вмісту гумусу у ґрунтах потрібно зменшувати у польових сівозмінах частку просапних культур; за можливості, застосовувати технології з мінімальним обробітком ґрунту; вносити як органічні добрива побічну продукцію сільськогосподарських культур; вирощувати сидерати з подальшим їх приорюванням; підвищувати ефективність дії гною як добрива та гумусоутворювача [21].

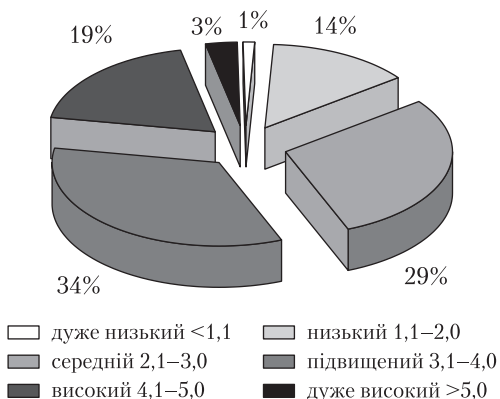


Рис. 4. Розподіл площі сільськогосподарських угідь України за вмістом гумусу, % від обстеженої площі

ВИСНОВКИ

Для того щоб показники, за якими проводять оцінювання «зеленого зростання» сільського господарства, можна було вважати індикаторами, ці показники повинні, насамперед, відображати природні та антропогенні зміни, які відбуваються у агро-екосистемах.

Відповідно до рекомендацій ОЕСР, основними індикаторами «зеленого зростання» сільського господарства для умов України є показники зміни концентрації органічної речовини ґрунту та зміни у балансі поживних речовин ґрунтів земель сільськогосподарського призначення. Вони є основними показниками родючості ґрунтів, що відповідають критеріям ОЕСР, та є регіональними індикаторами «зеленого зростання» сільського господарства.

Показники, за якими проводиться моніторинг ґрунтів, є індикаторами не лише загроз, що виникають у процесі сільськогосподарського виробництва, але й можуть слугувати національними та регіональними індикаторами «зеленого зростання» сільського господарства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основные тенденции и мероприятия на региональном уровне: регулирование процесса глобализации [Електронний ресурс] / E/ESCAP/1337. — Режим доступу: https://digitallibrary.un.org/record/552295/files/E_ESCAP_1337-RU.pdf

2. OECD Environmental Outlook to 2030 [Електронний ресурс] / OECD. — 2008. — Р. 14. — Режим доступу: https://digitallibrary.un.org/record/552295/files/E_ESCAP_1337-RU.pdf

- доступу: <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/40200582.pdf>
3. The future we want. Outcome of the UN Conference of Sustainable development. A/CONF.216/L.1 [Електронний ресурс] / United Nations Conference on Sustainable Development (Rio de Janeiro, Brazil, 2012). — Р. 53. — Режим доступу: <https://sustainabledevelopment.un.org/futurewewant.html>
 4. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication [Електронний ресурс] / UNEP. — 2011. — Р. 632. — Режим доступу: <http://www.unep.org/GreenEconomy>
 5. Итоговая Декларация лидеров «Группы двадцати» [Електронний ресурс] / (Лос-Кабос, 12 июня 2012 г.). — Режим доступу: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=1415
 6. OECD. Towards Green Growth: Monitoring Progress: OECD Indicators, OECD Green Growth Studies, OECD Publishing [Електронний ресурс]. — Paris: OECD, 2011. — Р. 144. — Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264111356-en>
 7. OECD. Green Growth Indicators, OECD Green Growth Studies, OECD Publishing [Електронний ресурс]. — Paris: OECD, 2014. — Р. 144. — Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264202030-en>
 8. United Nations. System of Environmental Economic Accounting — Central Framework, European Commission, FAO, IMF, OECD, UN, the World Bank, United Nations [Електронний ресурс]. — New York, 2014. — 378 p. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SEEA_CF_Final_en.pdf
 9. OECD. Agricultural Innovation Systems: A Framework for Analysing the Role of the Government, OECD Publishing [Електронний ресурс]. — Paris: OECD, 2013. — 106 p. — Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264200593-en>
 10. Measuring Inclusive Green Growth at the Country Level [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://docslide.net/documents/measuring-inclusive-green-growth-at-the-country-level.html>
 11. Мусіна Л.А. Взаємний вплив економіки та природного середовища в сучасному світі: політика, стратегії, технології: монографія / Л.А. Мусіна, А.В. Ямчук, Т.К. Кваша. — К.: УкрІНТЕІ, 2012. — 260 с.
 12. Марчук Л.П. «Зелена» економіка: суперечності та перспективи розвитку / Л.П. Марчук // Вісн. аграр. науки Причорномор'я. — 2014. — Вип. 1. — С. 34–41.
 13. Галушкіна Т.П. Джерела економічного зростання в умовах моделі «зеленої» економіки / Т.П. Галушкіна // Формування ринк. відносин в Україні — 2013. — № 5. — С. 71–74.
 14. Доклад о зеленой трансформации в Украине на основе показателей зеленого роста ОЭСР [Електронний ресурс] / Министерство экономического развития и торговли Украины. — Режим доступу: <http://www.me.gov.ua>
 15. OECD/FAO [Електронний ресурс] / OECD-FAO, Paris: OECD Publishing, Agricultural Outlook. — Режим доступу: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en
 16. Environmental Assessment of Soil for Monitoring Volume VI: Soil Monitoring System for Europe [Електронний ресурс] / M.G. Kibblewhite, R.J.A. Jones, L. Montanarella, Baritz R., S. Huber (eds.) // EUR 23490 EN/6, Office for the Official Publications of the European Communities Luxembourg, 2008. — Режим доступу: <http://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/envasso>
 17. Періодична доповідь про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України за результатами 9 туру (2006–2010 роки) агрохімічного обстеження земель / М-во аграр. політики та продовольства України; ДУ «Ін-т охорони ґрунтів України»; підгот.: І.С. Брошак, М.О. Венгліньський, В.Б. Гаврилюк [та ін.]. — К.: Вік принт, 2015. — 118 с.
 18. Медведев В.В. Анализ опыта европейских стран в проведении мониторинга почвенного покрова / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова // Почвоведение. — 2012. — № 1. — С. 106–113.
 19. Оцінювання екологічного стану ґрунтів земель сільськогосподарського призначення / Л.І. Моклячук, І.П. Яцук, А.М. Ліщук, І.М. Городиська // Вісник аграрної науки. — 2017. — № 1. — С. 52–56.
 20. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України: за результатами X туру (2011–2015 рр.) / За ред. І.П. Яцука. — К., 2017. — 68 с.
 21. Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands / L. Moklyachuk, I. Yatsuk, O. Mokliachuk, L. Plaksiuk // Emirates Journal of Food and Agriculture. — 2016. — Vol. 28 (6). — P. 438–448.

REFERENCES

1. Osnovnye tendencii i meropriyatiya na regional'nom urovne: regulirovanie processa globalizacii [Major trends and activities at the regional level: managing the globalization process]. *digitallibrary.un.org*. Retrieved from: https://digitallibrary.un.org/record/552295/files/E_ESCAP_1337-RU.pdf [in Russian].
2. OECD environmental outlook to 2030. (2008). Organisation for Economic Co-operation and Development. *oecd.org*. Retrieved from: <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/40200582.pdf> [in English].
3. The future we want. (2012). Outcome of the UN Conference of Sustainable development. A/CONF.216/L.1. *United Nations Conference on Sustainable Development (Rio de Janeiro, Brazil 20–22 June)*. Retrieved from: <https://sustainabledevelopment.un.org/futurewewant.html> [in English].
4. Towards a Green Economy. (2011). *Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*.

- UNEP. [www.unep.org](http://www.unep.org/GreenEconomy). Retrieved from: <http://www.unep.org/GreenEconomy> [in English].
5. *Ito govaya Deklaraciya liderov «Gruppy dvadcati»*. [The Final Declaration of the G20 Leaders]. (2012). Los-Kabos. www.conventions.ru. Retrieved from: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=1415 [in Russian].
 6. OECD. (2011). Towards Green Growth: Monitoring Progress: OECD Indicators, OECD Green Growth Studies. OECD Publishing. Paris: OECD. [dx.doi.org](http://dx.doi.org/10.1787/9789264111356-en). Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264111356-en> [in English].
 7. OECD. (2014). Green Growth Indicators. OECD Green Growth Studies. OECD Publishing. [dx.doi.org](http://dx.doi.org/10.1787/9789264202030-en). Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264202030-en> [in English].
 8. United Nations. (2014). System of Environmental Economic Accounting – Central Framework, European Commission, FAO, IMF, OECD, UN, the World Bank, United Nations. New York. unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SEEA_CF_Final_en.pdf [in English].
 9. OECD. (2013). *Agricultural Innovation Systems: A Framework for Analysing the Role of the Government*. OECD Paris: OECD. Publishing. [dx.doi.org](http://dx.doi.org/10.1787/9789264200593-en). Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264200593-en> [in English].
 10. Measuring Inclusive Green Growth at the Country Level. (2016). [docslide.net](http://docslide.net/documents/measuring-inclusive-green-growth-at-the-country-level.html). Retrieved from: <http://docslide.net/documents/measuring-inclusive-green-growth-at-the-country-level.html> [in English].
 11. Musina, L.A., Yamchuk, A.V., & Kvasha, T.K. (2012). *Vzayemnyy vplyv ekonomiky ta pryrodnoho sere-dovyscha v suchasnomu sviti: polityka, stratehiyi, tekhnolohiyi: monohrafiya* [Mutual influence of the economy and the natural environment in the modern world: politics, strategies, technologies: monograph]. Kyiv, 260 p. [in Ukrainian].
 12. Marchuk L.P. (2014). «Zelena» ekonomika: su-perechnosti ta perspektyvy rozvytku [«Green» economy: contradictions and prospects for development]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya – Visn. agrar science of the Black. Sea region*, 1, 34–41 [in Ukrainian].
 13. Halushkina T.P. (2013). Dzherela ekonomichnoho zrostantnya v umovakh modeli «zelenoyi» [Sources of economic growth under the model of the «green» economy]. *Formuvannya rynk. vidnosyn v Ukraini: zb. nauk. prats' – Formation of the market. relations in Ukraine: sciences works*, 5, 71–74 [in Ukrainian].
 14. *Doklad o zelenoj transformacii v Ukraine na osnove pokazatelej zelenogo rosta OEHSR* [Report on Green Transformation in Ukraine based on OECD green growth indicators]. (2016). Ministerstvo ehkonomicheskogo razvitiya i torgovki Ukrainy. www.me.gov.ua. Retrieved from: <http://www.me.gov.ua> [in English].
 15. OECD/FAO. (2012). *Agricultural Outlook*. [dx.doi.org](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en). Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en [in English].
 16. Kibblewhite, M.G., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Baritz, R., Huber, S., Arruays, D., & Stephens, M. (2008). *Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume VI Soil Monitoring System for Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. [esdac.jrc.ec.europa.eu](http://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/envasso). Retrieved from: <http://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/envasso> [in English].
 17. Broshchak, I.S., Venhlns'kyy, M.O., & Havrylyuk V.B. et al. (2015). *Periodychna dopovid' pro stan gruntiv na zemlyakh sil'skohospodars'koho pryznachennya Ukrainy za rezul'tatamy 9 turu (2006–2010 roky) ahrokhimichnoho obstezhennya zemel'* [Periodic report on the state of soils on agricultural lands of Ukraine based on the results of the 9th round (2006–2010) of the agro-chemical survey of lands]. Min. of Agrarian Policy and Food of Ukraine, State Institute of Soil Conservation of Ukraine. Kyiv: Age print [in Ukrainian].
 18. Medvedev, B.V., & Laktyonova, T.N. (2012). Analiz opyta evropejskih stran v provedenii monitoringa pochvennogo pokrova [Analysis of European countries' experience in monitoring soil cover]. *Pochvovedenye – Soil Science*, 1, 106–113 [in Russian].
 19. Moklyachuk, L.I., Yatsuk, I.P., Lishchuk, A.M., & Gorodyska, I.M. (2017). Otsynuyannya ekolohichnoho stanu gruntiv zemel' sil'skohospodars'koho pryznachennya [Estimation of the ecological state of soils of agricultural lands]. *Visnyk ahrarnoyi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 1, 52–56 [in Ukrainian].
 20. Yatsuk, I.P. (Eds.). (2017). *Naukovi doslidzhennya z monitorynhu ta obstezhennya sil'skohospodars'kykh uhid' Ukrainy: za rezul'tatamy X turu (2011–2015 rr.)* [Research on monitoring and survey of agricultural lands in Ukraine: on the results of the Xth round (2011–2015)]. Kyiv [in Ukrainian].
 21. Moklyachuk, L., Yatsuk, I., Mokliachuk, O., & Plak-siuk, L. (2016). Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands. *Emir. J. Food Agric.*, 28 (6), 438–448 [in English].

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У РОЗВИТКУ ЛІКАРСЬКОГО РОСЛИННИЦТВА

О.В. Устименко, Л.А. Глущенко, Н.І. Куценко, М.П. Колосович

*Дослідна станція лікарських рослин
Інституту агроекології і природокористування НААН*

Наведено результати агроекологічних досліджень лікарських рослин за період 2001–2016 рр. Доведено, що під впливом господарської діяльності в агроценозах відбувається формування стійких антропогенних фітоценозів з комбінаційними системами. У фітоценозах з лучно-степовою рослинністю та низьким рівнем антропогенного навантаження відбуваються різкі відхилення до ксероморфності та синантропності. Серед екологічних чинників, що найбільше впливають на сезонний ритм росту і розвитку лікарських видів, є коливання температури та вологості. Виявлено особливості комбінування лікарських рослин та розроблено принципи формування ландшафтних композицій для декоративно-оздоровчих комплексів. Наведено характеристику новостворених сортів лікарських рослин з високою екологічною адаптивністю, запропоновано нові методи оцінки якості сировини за вмістом біологічно активних речовин та удосконалено методики проведення оцінки рослинницьких зразків лікарських рослин. Розроблено комплекс екологічно безпечних технологій вирощування нових та традиційних лікарських культур. Проведено пошук екологічно безпечних засобів для підвищення врожайності та якості сировини лікарських рослин.

Ключові слова: лікарські рослини, фітоценози, екологічні чинники, екологічно безпечні технології, біологічно активні речовини.

Ґрунтові і погодні умови України є сприятливими для вирощування лікарських рослин. На думку українських і міжнародних експертів, лікарське рослинництво є перспективним напрямом сільськогосподарського виробництва і має всі передумови стати однією з провідних галузей економіки країни [1]. Незважаючи на проблеми в аграрному секторі, за останні десятиліття в галузі спостерігається позитивна тенденція: підвищується врожайність культур, розширюється асортимент культивованих видів, збільшується обсяг виробленої фармацевтичної сировини, насіння та садивного матеріалу. За даними Food Agricultural Organisation (Всесвітньої продовольчої організації при ООН) країни Східної Європи, і насамперед Україна, мають значні перспективи розвитку лікарського рослинництва, що підтверджу-

ється попитом на внутрішніх ринках, позитивними тенденціями обсягів експорту, вдосконаленням технологій вирощування та бізнесу [2, 3].

Однак перед науковцями і виробниками стоять нові завдання: підвищити якість лікарської рослинної сировини і врожайність культур, зменшити енергозатрати на вирощування продукції. Для виконання поставлених завдань і подальшого розвитку галузі розроблено і впроваджено у виробництво ресурсо- і енергозберігаючі технології замість затратних, що потребувало не лише вдосконалення їх елементів, а й формування нових агроекологічних поглядів на традиційні прийоми вирощування лікарських культур. Агроекологічна наука у нинішніх складних екологічних та економічних умовах визначає стратегію розвитку як аграрного виробництва загалом, так і лікарського рослинництва зокрема. Її спрямованість обумовлено необхідністю

збереження природних ресурсів та забезпечення людей високоякісною екологічно безпечною продукцією.

З огляду на визнання вітчизняним фармацевтичним виробництвом правил належної виробничої практики (GMP) та прийняття Державної Фармакопеї України (ДФУ), гармонізованої з Європейською Фармакопеєю (ЄФ) із відповідним контролем якості, різко підвищуються вимоги до практики вирощування та якості лікарської рослинної сировини.

Сталість і відтворюваність якості сировини лікарських рослин, що використовуються в медичній галузі, є найважливішими умовами клінічної ефективності і відтворюваності фармакологічної дії препаратів на її основі. Сировина повинна походити із джерела, яке перебуває під постійним контролем і відтворюється, що на практиці може бути забезпечено за вирощування сировини з дотриманням науково обґрунтованої технології за умови постійного моніторингу її якості.

На сьогодні в Україні чинними є міжнародні (ВООЗ) і європейські документи з керівних принципів належної практики культивування і збирання лікарських рослин (GACP), де відображено основні вимоги до екологічно обґрунтованої технології вирощування, правила збору культивованої та дикорослої лікарської сировини, переробки, збереження, які гарантують високу якість та безпечність товарної продукції, що своєю чергою ставить перед науковцями нові завдання. Завдяки розробкам Дослідної станції лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН (ДСЛР) [4] та з прийняттям Настанови МОЗ [5] у 2013 р. Україна долучилася до керівних принципів належної практики культивування та збирання вихідної сировини рослинного походження. Наукові дослідження ДСЛР за керівництва науково-методичного центру «Агроєкологія» відрізнялися багатовекторністю та продуктивністю.

У 2001–2005 рр. у рамках виконання завдання з розробки основ раціонального використання, збереження і відтворення

природних фітоценозів проведено дослідження щодо впливу господарської діяльності на зміни в агроценозах на прикладі малопродуктивних земель, вилучених з активного господарського обігу. Було проведено оцінку стану ценопопуляцій рослин-аспектоутворювачів за шкалою життєвості Браун-Бланке та встановлено, що в процесі сукцесійних змін на основі конкурентних взаємодій видів відбулося поступове формування стійких фітоценозів з комбінаційними системами.

Здійснено моніторинг стану ценопопуляцій цінних лікарських видів у фітоценозах з типовою лучно-степовою рослинністю та низьким рівнем антропогенного навантаження. Для встановлення динаміки природної рослинності та сировинного потенціалу дикорослих лікарських видів досліджували: звіробій, материнку, чебрець Маршалів, сон, череду пониклу та трироздільну, сальвію плаваючу та айр. Аналіз процесів у рослинних угрупованнях свідчить, що зміна умов зростання та помірне антропогенне навантаження (випас, випалювання, рекреація) призводить до кількісних і якісних змін лучно-степових угруповань, спричиняє різкі відхилення до ксероморфності та синантропності фітоценозів. Приводні і водні угруповання менше підпадають під дію мінливих умов середовища та характеризуються нормальним протіканням розвитку фітоценозів. За результатами спостережень та досліджень розроблено методичні підходи до проведення моніторингу популяцій дикорослих лікарських видів для раціонального природокористування, виділено дигресійні стани фітоценозів, введено для практичного застосування коефіцієнти щільності їх випасу [6].

У 2006–2010 рр. у рамках розробки науково-методичних засад агроєкологічного моніторингу природних ресурсів агросфери для оцінки впливу спонтанних довготривалих процесів натуралізації інтродуцентів на природні та штучні біоценози проведено аналіз документації з ботанічних та інтродукційних досліджень ДСЛР (1923–1962 рр.). За вказаний період досліджено 700 форм і популяцій видів рослин авто-

хтонної та алохтонної флор, що належать до 220 видів 42 родин. Визначено систематичне положення інтродукованих рослин за сучасною систематикою та ботанічною номенклатурою. Розроблено робочу класифікаційну схему екотопів, просторову класифікаційну схему поширення інтродукованих видів, які натуралізувалися, відносно їх первинного місця висадки. У посівах лікарських і сільськогосподарських культур виявлено 47 видів рослин-засмічувачів, у т.ч. 6 видів лікарських рослин-інтродуцентів, які натуралізувалися. Виявлено локалітети семи інвазійно-небезпечних видів, що натуралізувалися. Із досліджуваних об'єктів до ступеня колонофіту натуралізувалися такі: ваточник сірійський (*Asclepias syriaca* L.), кендир коноплевий (*Trachomitum cannabinum* L.), золотушник канадський (*Solidago canadensis* L.), сільфіум пронизанолистий (*Silphium perforatum* L.) та ін. [8].

Інтродукційні дослідження здебільшого спрямовано на розширення видового різноманіття культивованих видів та покращення якості життя людини.

Сучасні умови праці, проживання та відпочинку населення міст істотно відрізняються від умов великих населених пунктів десятилітнього минулого. Ріст чисельності міського населення, потужності виробництва, збільшення кількості транспорту спричиняє такі проблеми сьогодення, як забруднення навколишнього природного середовища, погіршення умов життя, стреси та ріст захворюваності. Одним із напрямів, що значно покращує ситуацію, є екологічно виважені підходи до формування фітокомплексів рослин у місцях відпочинку, проживання та праці населення. Такі комплекси передбачають в озелененні та ландшафтному будівництві використання лікарських, ароматичних та фітонцидних рослин, які дають змогу поєднати лікувальні і декоративні властивості видів. У різних районах України накопичено значні фонди інтродукованих видів рослин, що мають декоративні властивості. Проте актуальними залишаються питання встановлення сезонної динаміки декоративності, взаємодії видів за сумісного зрос-

тання та післядія рослин за вирощування в умовах мегаполісів [8].

Упродовж 2006–2010 рр. у рамках виконання завдань програми «Агроєкологія» здійснювали оцінювання трав'янистих та деревних лікарських видів для використання їх у ландшафтному будівництві і деяких лікарських рослин-інтродуцентів для вирощування в умовах інтер'єрів приміщень. Під час розроблення принципів формування ландшафтних композицій з лікарських рослин і гармонізації екологічного середовища оцінено 564 зразки 368 видів за їх декоративністю. Так, за терміном цвітіння (ранньоквітучі, середньоквітучі та пізньоквітучі) виділено 15 перспективних видів, за декоративністю стебел, листків та плодів (форма, забарвлення, розмір) — 12 перспективних видів. Для вертикального озеленення та утворення ґрунтопокривних композицій виділено 10 перспективних видів [8]. З метою ефективного використання біорізноманіття автохтонних і алохтонних інтродуцентів формуються колекції лікарських видів — донорів цінних ознак.

Основою подальшого формування колекцій є оцінка зразків за цінними господарськими ознаками, зокрема за стійкістю до основних екологічних чинників. Головні принципи створення колекцій залежать від напрямку їх використання. На ДСЛР здійснюється всебічне вивчення колекцій щодо специфічних ознак: екологічної мінливості, стійкості до стресових чинників середовища, хвороб та шкідників тощо. На особливу увагу заслуговують дослідження, спрямовані на удосконалення методів інтродукції, вивчення особливостей адаптації лікарських рослин.

Під час розробки основ формування, збереження та раціонального використання колекцій лікарських рослин проаналізовано вплив екологічних чинників на сезонний ритм росту і розвитку 60 лікарських видів. Основними кліматичними чинниками, які стримують вирощування цінних видів і сортів лікарських рослин в умовах Лісостепу України, є коливання температури та вологості. Особливо це стосується сезонного ритму розвитку інтродуцентів, коли

коливання середньодобової температури повітря на початку вегетації (квітень — початок травня) та в період формування насіння (серпень — жовтень) є визначальним чинником [9].

Для розширення асортименту культивованих видів, адаптованих до умов України, проведено аналіз номенклатури лікарських рослин, що офіційно дозволені до використання у Європейському Союзі. Встановлено, що перелік видів, які є офіційними в ЄФ, але не включені у перелік Державної фармакопеї XI видання (СРСР), налічує 50 видів. З огляду на це, для введення в культуру і вирощування товарної продукції запропоновано ДП «Державний науковий центр лікарських засобів» включити до ДФУ альтернативні види відомих лікарських рослин, сировина яких входить до ЄФ 6, зокрема вовчуг колючий (*Ononis spinosa* L.), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.) та овальний (*P. ovata* Forssk) тощо [10].

У 2011–2013 рр. під час розробки науково-практичних засад підвищення якості продукції лікарського рослинництва на основі створення сортів з високою екологічною адаптивністю та виробництва високоякісного насіннєвого матеріалу за результатами проведеної селекційної роботи створено сорт астрагалу шерстистоквіткового Фаворит (As-06) з урожайністю сухої надземної маси — 37 ц/га, вмістом діючих речовин (суми тритерпенових глікозидів) — 2,4 %, з високою посухо- та зимостійкістю [11]. Вид охороняється державою та входить до Червоного списку як уразливий, тому його вирощування має не лише господарське, а й природоохоронне значення.

Розроблено та затверджено методику проведення кваліфікаційної експертизи для сортів астрагалу шерстистоквіткового (*Astragalus dasyanthus* Pall.) на однорідність, відмінність та стабільність, а також рекомендації з вирощування сорту Фаворит (As-06).

На завершальних етапах селекції виділено перспективні зразки трьох видів: м'яти М 01-09 — з урожайністю сухого листа 29,6 ц/га, вмістом ефірної олії — 3,56 % та

стійкістю до посухи і антракнозу; маруни цінерарієлистої — з урожайністю сировини 9,2 ц/га, насіння — 2,1 ц/га; валеріани лікарської V-13-98 — 25 та 1,4 ц/га відповідно [10].

У рамках розробки комплексу екологічно безпечних технологій вирощування нових та традиційних лікарських культур розроблено агротехнічні прийоми вирощування двох нових видів лікарських рослин — кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale* Wigg.) та видів роду лопух (*Arctium* L.) У лабораторних умовах визначено методи виведення насіння зі стану спокою, у польових — відпрацьовано параметри норм висіву, глибини загортання насіння, площі живлення рослин та визначено оптимальні терміни сівби [12].

Встановлено, що на кульбабі лікарській за глибини загортання насіння 2,0 см та норми висіву 10,0 кг/га отримано найвищу біологічну врожайність сухих коренів — 41,5 ц/га. На етапі становлення агроценозів кульбаби лікарської шкідливі організми не спричиняють значних втрат урожаю коренів.

Апробовано механізоване збирання насіння лопуха великого з рослин другого року вегетації, врожайність якого становила 4,0–5,5 ц/га, шляхом прямого комбайнування. Пошкоджуваність рослин основними шкідниками впродовж вегетації становила 30–40 %, поширеність хвороб — від 20 (борошниста роса) — до 92 % (плямистість листя).

Під час визначення впливу біологічних препаратів на якість та врожайність сировини і насіннєву продуктивність п'яти видів лікарських рослин проти комплексу сисних комах та листогризухих шкідників на козлятнику і м'яті найкращі результати продемонстрував Актотіт, ефективність якого становила 38–63 %; збережений урожай сировини — 6–17 %. Проти хвороб ехінацеї, шавлії, м'яти та нагідок найвищу ефективність продемонстрував Мікосан В, дія якого сприяла збереженню врожаю лікарської сировини на рівні 12–40 %.

Дворазова обробка рослин у період вегетації вказаними біологічними препаратами

надала змогу зменшити поширення хвороб та заселеність шкідниками чотирьох видів лікарських культур, що своєю чергою вплинуло на підвищення врожайності лікарської сировини.

На культурах ехінацеї, валеріани та шоломниці локальне внесення мінеральних добрив у дозі NPK_{34} забезпечило прибавку врожайності сухих коренів на рівні 20,2–35,6 %.

За результатами проведеного моніторингу фітосанітарного стану п'яти досліджуваних культур родини бобових і складноцвітих визначено ризиковані фази розвитку рослин щодо захисту та найнебезпечніші шкідливі організми, які впливають на якість сировини.

Встановлено, що застосування краплинного зрошення сприяє збільшенню врожайності коренів: валеріани лікарської — на 15–16 ц/га, шоломниці байкальської — на 7,3–20,0 та ехінацеї пурпурової — на 6,2–10,6 ц/га.

Розроблено методичні вказівки з оцінки стійкості до шкідників і хвороб селекційного матеріалу п'яти видів родини бобових та складноцвітих, які включають: методи досліджень, що дають змогу проводити моніторинг за фітосанітарним станом селекційних сортів; уточнення видового складу домінуючих та найнебезпечніших шкідливих організмів; вивчення біологічних особливостей фітофагів та патогенів; модифікацію методів обліку шкідливих організмів на конкретних лікарських культурах; розробку уніфікованих шкал оцінки стійкості сортів за ступенем пошкодження комахами та ураження хворобами.

Результати оцінювання селекційного матеріалу лікарських культур родини бобових на стійкість до шкідників і хвороб свідчать, що найбільш шкідливими видами для вочуга польового в період формування репродуктивних органів є клопи, щитинконога совка і квітковий п'ядун. Щодо захворюваності рослин, найбільш уразливою є фаза початку бутонізації — цвітіння, що співпадає з періодом масового розвитку справжньої борошнистої роси. Для козлятника лікарського — фаза сходів, а найнебезпечнішими

для культури — жуки сірого бурякового і смугастого бульбичкового довгоносики та кореневі гнилі і аскохітоз [12].

Під час розробки методів визначення біологічно активних речовин для створення високоякісних сортів лікарських рослин розроблено та удосконалено методики з їх оцінки (нагідки лікарські, розторопша плямиста, шоломниця байкальська, лопух справжній) за хімічними ознаками. Розроблено робочу методику експрес-оцінки сировини нагідок лікарських у селекційному процесі за хімічними ознаками. Запропоновано для відбору кращих зразків календули хімічну оцінку вмісту суми флавоноїдів проводити методом диференціальної спектрофотометрії безпосередньо у спиртовому екстракті квітів. Доведено можливість визначення флавоноїдів при аналітичній довжині хвилі 405 нм. Проведено порівняння розробленого методу з фармакопейним. Уміст флавоноїдів у зразках становить 0,8–1,1 % у перерахунку на рутин. Методику апробовано на зразках відділів селекції і агротехніки та впроваджено на фармацевтичних підприємствах.

За використання методу вискофактивної рідинної хроматографії проведено хімічні дослідження суми і складу флаволігнанів розторопші. У складі колекції розторопші виявлено 6 основних хемотипів з різними хроматографічними профілями та переваженням деяких флаволігнанів. Отримані хімічні профілі флаволігнанів будуть використані для відбору кращих зразків розторопші для селекційних цілей.

Запропоновано хімічну оцінку якості сировини коренів шоломниці байкальської проводити за вмістом флавоноїду байкаліну. Проведено вивчення флавоноїдного складу шоломниці байкальської за допомогою рідинної хроматографії високого тиску. Підібрано умови хроматографування для визначення флавоноїду байкаліну.

Запропоновано хімічну оцінку коренів лопуха справжнього здійснювати за вмістом основних діючих речовин — фруктозанів. Апробовано фотоколориметричну методику визначення високомолекулярних фруктозанів, що базується на реакції кетоз

з резорциновим реактивом. А також запропоновано методику визначення летких речовин меліси лікарської, яка може бути застосована для кількісного аналізу лікарських рослин з низьким умістом ефірних олій.

Встановлено хімічний склад гадючника в'язолистого. Визначено, що за хімічними характеристиками лікарською сировиною є уся рослина (квіти, трава, кореневища). Підземні органи (кореневища) містять дубильні речовини (3,5–21,8%), фенольні сполуки і фенолглікозиди; листя — дубильні речовини (3,63–16,8), фенолкарбонові кислоти, катехини, флавоноїди (10); квіти — ефірну олію (0,2), стероїди, вітамін С, фенолкарбонові кислоти, фенолглікозиди, дубильні речовини (3–19), флавоноїди (4–9,7%), вищі жирні кислоти. Основними діючими речовинами квітів гадючника в'язолистого є феноглікозид, гаультерин і спереїн. До складу всіх частин рослини входить метилово-саліцілова ефірна олія. На основі інтродукційних досліджень та фітохімічного аналізу вид визнано перспективним для введення в промислову культуру в умовах України.

Доведено перспективність вирощування гадючника в'язолистого, розроблено фармакогностичні показники для ідентифікації сировини трави гадючника в'язолистого обмолоченого і запропоновано її для використання у нових фітокомпозиціях; розробку нормативної документації на сировину і фіточай.

Відпрацьовано і вдосконалено експрес-методику визначення флавоноїдів у квітках нагідок лікарських та методики визначення вмісту фруктозанів у сировині лопуха звичайного; методики хімічної оцінки лопуха звичайного. Визначено вміст фруктозанів — у межах 12,1–24,68%.

Відпрацьовано і вдосконалено методики кількісного визначення біологічно-активних речовин у сировині лікарських рослин: кореня лопуха звичайного, квітів нагідок лікарських, трави меліси лікарської, що рекомендовані для включення до науково-технічної документації (ТУ, ТФС, ФС та ін.) на відповідну лікарську рослину

сировину для кількісної оцінки біологічно-активних речовин у сировині [13].

У рамках селекційних досліджень щодо виділення зразків на етапах селекції з високою екологічною адаптивністю, апробації схем виробництва насіння та садивного матеріалу районованих сортів розроблено та передано на затвердження до Українського інституту експертизи сортів рослин методику проведення кваліфікаційної експертизи для сортів шандри звичайної на однорідність, відмінність та стабільність.

За результатами випробування до Реєстру сортів, придатних до поширення в Україні, з 2012 р. внесено три нові сорти лікарських рослин: десмодіум канадський (*Desmodium canadensis* DC) Персей — з урожайністю сировини 63,9 ц/га, насіння — 15,6 ц/га та вмістом флавоноїдів у сировині — 1,8%; шавлію лікарську (*Salvia officinalis* L.) Шанс — з урожайністю сировини (листя) 21,2 ц/га, насіння — 3,1 ц/га, вмістом ефірної олії у сировині — 1,8% та камфори у ефірній олії — 21%; шоломницю байкальську (*Scutellaria baicalensis* Georgi) Наталія — з урожайністю сухої надземної маси 41,2 ц/га, сухих кореневищ — 32,0 ц/га, вмістом флавоноїдів у коренях — 24,02%. Створено сорт шандри звичайної Медунічка — з урожайністю сировини на перший рік вегетації 35 ц/га, на другий — 46,6 ц/га, що відповідно на 9 і 7% вище, ніж у культивованого виробничого зразка, та вмістом марубіну в сировині (2,79%) з високою посухо- та зимостійкістю [21].

У колекційних розсадниках м'яти, нагідок, собачої кропиви, валеріани та розсадниках перспективних видів досліджували понад 500 зразків, з яких виділено 24 — як джерела та донори стійкості до біотичних та абіотичних чинників.

Розроблено та передано на затвердження до Українського інституту експертизи сортів рослин Методику проведення кваліфікаційної експертизи сортів виду *Pyrethrum cinerariifolium* Trev. на однорідність, відмінність та стабільність.

У конкурсному випробуванні маруни цінерарієлистої за врожайністю сировини та насіння перспективний зразок Мг-6-06

перевищує вихідну популяцію — відповідно на 8 та 10 %.

За комплексом ознак у колекційному розсаднику нагідок виділено зразки С.т.-11-34 (*C. alendula tripterocarpa* Rupr.), С.о.-04-27 (св. *Fiesta gitana* mix.), які є перспективними для залучення до подальшого селекційного процесу. Зразки С.о.-13-121, С.о.-13-115, С.о.-13-14 доцільно використовувати як донори за деякими ознаками.

За результатами конкурсного випробування м'яти перспективним виявився зразок М-01-09, що в умовах 2013 р. мав найвищу врожайність сухого листа — 21,6 ц/га, кореневищ — 145 ц/га, посухостійкість становила 9 балів.

Оцінка зразків собачої кропиви в розсаднику вихідного матеріалу засвідчила, що перспективним є зразок L-12-11, який поєднує високу врожайність (64 ц/га), є високорослим (131 см) та стійким до плямистості листа (7 балів).

У розсаднику конкурсного сортовипробування розторопші плямистої вирізнявся зразок S-65-09: діаметр розетки — 40 см, кількість генеративних пагонів — 3 од., урожайність насіння — 11,7 ц/га [13].

У 2015 р. під час розробки екологічно безпечних та економічно виправданих агрозаходів розсадного вирощування лікарських культур розроблено технологію розсадного способу вирощування валеріани та ехінацеї в умовах краплинного зрошення, що сприяє частковому або повному усуненню проведення ручних прополовань та забезпечує високу врожайність і якість отриманої сировини впродовж першого року вегетації.

Ефективним способом вирощування розсади ехінацеї та валеріани є застосування касет з розміром чарунок $4,2 \times 6,5 \times 1,2$ мм. Так, розсада, вирощена у касетах, має однаковий розмір, що особливо важливо для її висаджування механізованим способом.

Урожайність сировини ехінацеї пурпурової в умовах розсадного вирощування із зрошенням упродовж річної вегетації є високою, а саме: трави — 42–64 ц/га, коренів — 12–21 ц/га, що підтверджує можливість вирощування цієї культури в умовах Лісостепу України як однорічної.

Найвищу ефективність передпосівної обробки насіння лікарських культур виявлено завдяки застосуванню препарату Гіберелін, з концентрацією робочого розчину 0,005 %. Енергія проростання насіння валеріани після обробки стимулятором становить 72–76 %, ехінацеї — 17–19, шоломниці — 31–32; схожість — 87–94, 89–96, 76–81 % відповідно.

Доведено, що застосування передпосадкового внесення добрив та дворазової обробки рослин під час вегетації препаратом Наномікс забезпечує найвищу врожайність сухих коренів з кореневищами валеріани лікарської — на рівні 2,5–2,7 т/га.

Розроблено науково-практичні рекомендації для їх вирощування [12].

У 2016 р. під час удосконалення технологій вирощування лікарських рослин для забезпечення відповідності фармацевтичної сировини вимогам GACP розроблено відповідний Протокол та технологічні регламенти вирощування валеріани лікарської та ехінацеї пурпурової за краплинного зрошення.

Опубліковано друге видання навчально-практичного посібника для виробників лікарської рослинної сировини [14].

Для забезпечення високої якості і безпечності лікарської рослинної сировини здійснено пошук екологічно безпечних засобів для підвищення врожайності та якості сировини нагідок лікарських та лопуха справжнього. Ефективними та безпечними є регулятори росту рослин біологічного походження Регоплант, Емістим С та Стімпо. Найвищу врожайність (28,5 ц/га) лопуха справжнього зафіксовано у варіанті із застосуванням Стімпо, що перевищувало контроль на 46,2 %. Найвищу врожайність сухих квітів нагідок лікарських отримано у варіанті із застосуванням Емістиму С — 8,1 ц/га.

Для встановлення чинників, які впливають на якість фармацевтичної сировини лікарських рослин, здійснено фітопатологічне оцінювання посівного матеріалу та проведено пошук ефективних і безпечних засобів, що послаблюють чи усувають їх дію, на нагідках лікарських та лопуха справжньому. Найвищу ефективність що-

до зменшення інфекційного навантаження на насіння проявили Регоплант та Емістим С. Ураженість насінин грибною інфекцією вказаних видів зменшилась на 19,3 та 16,3% відповідно. Стимулюючу дію на насіння лопуха справжнього проявили препарати Стімпо та Емістим С. Найвища ефективність у боротьбі з пліснявою насіння лопуха спостерігалась за дії препарату Емістим С, який у 7 разів зменшував її поширення, а Стімпо — у 5 разів [12].

ВИСНОВКИ

Вплив господарської діяльності на зміни в агроценозах, на прикладі малопродуктивних земель ДСЛР, вилучених з активного господарського обігу, свідчить, що в процесі сукцесійних змін відбулося поступове формування стійких антропогенних фітоценозів з комбінаційними системами, зокрема за участю *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Oenotera biennis* L., *Setaria glauca* (L.) Beauv та ін.

За результатами моніторингу на ділянках з типовою лучно-степовою рослинністю та низьким рівнем антропогенного навантаження встановлено, що випас, випа-

лювання, рекреація спричиняють кількісні та якісні зміни лучно-степових угруповань, а також різке посилення ксероморфності і синантропності фітоценозів.

Виявлено особливості комбінювання лікарських рослин та принципи формування ландшафтних композицій. Виділено перспективні групи видів для декоративно-оздоровчих комбінацій.

З урахуванням сезонного ритму розвитку інтродуцентів запропоновано альтернативні види відомих лікарських рослин, сировину яких включено до ЄФ 6, зокрема вовчуг колючий (*Ononis spinosa* L.), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.) та овальний (*Plantago ovata* Forssk) та ін.

За результатами проведеної селекційної роботи створено сорти з високою екологічною адаптивністю: астрагалу шерстистоквіткового Фаворит (As-06), десмодіуму канадського Персей, шавлії лікарської Шанс, шоломниці байкальської Наталія.

Ефективними та безпечними для нагідок лікарських та лопуха справжнього є регулятори росту рослин біологічного походження Регоплант, Емістим С та Стімпо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ключевская Е. Выращивание лекарственных растений может стать прибыльным бизнесом [Електронний ресурс] / Е. Ключевская // Российская газета. — 2011. — Режим доступа: <http://www.rg.ru/2011/06/09/reg-ural/lekarstva.html>
2. Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds, Recommendations, [Електронний ресурс] / Blackwell Scientific Publications. — Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/>
3. Мінарченко В. Лікарські судинні рослини України: медичне та ресурсне значення / В.М. Мінарченко. — К.: Фітосоціоцентр, 2005. — 324 с.
4. Належна практика культивування із збору лікарських рослин (GACP) як гарантія якості лікарської рослинної сировини і препаратів на їх основі / під ред. О.В. Середи. — К.: Комітет сприяння боротьби з економічною злочинністю і корупцією, 2013. — 104 с.
5. Настасова «Лікарські засоби». Належна практика культивування та збирання вихідної сировини рослинного походження: СТ-Н МОЗУ 42-4.5: 2012. — [Введено в дію від 2013-02-14]. — К.: МОЗ України, 2012 — 13 с. — (Національний стандарт України).
6. Глущенко Л.А. Моніторинг ценопопуляцій лікарських рослин в умовах помірного антропогенного пресингу / Л.А. Глущенко, Л.М. Сивоглаз // Екологічні проблеми довкілля: IX Каришинські читання: збірник наук. праць Міжнарод. наук.-практ. конф. — Полтава: Полтавський державний педагогічний університет ім. В.Г. Короленка, 2002. — С. 84–85.
7. Глущенко Л.А. Спонтанное распространение некоторых интродуцированных видов на Опытной станции лекарственных растений УААН / Л.А. Глущенко, Л.М. Сивоглаз // Лекарственное растениеводство: Матер. Междун. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию ВИЛАР. — М.: ВИЛАР, 2006. — С. 239–242.
8. Глущенко Л.А. Формування ґрунтопокривних насаджень з *Thymus serpyllum* L. для ландшафтного будівництва / Л.А. Глущенко, І.Ю. Глущенко // Будівництво та реконструкція ботанічних садів і дендропарків в Україні (Сімферополь, 23–26 травня 2006 р.). — Сімферополь, 2006. — С. 129–130.
9. Порада О.А. Основні етапи вивчення колекційних зразків лікарських рослин / О.А. Порада, Л.А. Глущенко // Таврійський наук. вісник. — 2007. — Вип. 52. — С. 133–138.
10. Розробити основи формування, збереження та раціонального використання колекції лікарських рослин: Звіт про НДР (заклуч.) / Дослідна станція лікарських рослин ІАЕП НААН. — ДР № 0106U002414; інв. № 502. — Березото-

- ча, 2010. — 24 с. — Деп. у ДСЛР 01.03.2011 р. № 0211U004984.
11. Колосович М.П. результати селекційної роботи з астрагалом шерстистоквітковим / М.П. Колосович // Перспективні напрямки наукових досліджень лікарських та ефіроолійних культур: Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. конф. молод. учених (Березоточа, 4–5 червня 2015 р.). — Березоточа, 2015. — С. 80–83.
 12. Розробити комплекс екологічнобезпечних технологій вирощування нових та традиційних лікарських культур: Звіт про НДР (закл. укл.) / Дослідна станція лікарських рослин ІСГПС НААН. — ДР № 0111U004180; інв. № 505. — Березоточа, 2013. — 47 с. — Деп. в ДСЛР 29.03.2011 р. № 0214U000085.
 13. Куценко Н.І. Селекції лікарських рослин 90 років / Н.І. Куценко // Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень: Матеріали II Міжнар. наук. конф. (Березоточа, 4–5 червня 2014 р.). — Березоточа, 2014. — С. 138–143.
 14. Належна практика культивування і збору лікарської рослинної сировини (ГАСР) як гарантія якості лікарської рослинної сировини і препаратів на її основі. — Лубни: Комунальне видавництво «Лубни», 2016. — 102 с.

REFERENCES

1. Kliuchevskaia, E. (2011). Vyrashchivanie lekarstvennykh rastenii mozhetsya stat pribylnym biznesom [Growing medicinal plants can become a profitable business]. *Rossiiskaia gazeta — Russian newspaper*. Retrieved from: <http://www.rg.ru/2011/06/09/regural/lekarstva.html> [in Russian].
2. Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds, Recommendations. Blackwell Scientific Publications. www.fao.org. Retrieved from: <http://www.fao.org/faostat/> [in English].
3. Minarchenko, V.M. (2005). *Likarski sudynni roslyny Ukrainy: medychna ta resursne znachennia* [Medicinal vascular plants of Ukraine: medical and resource value]. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
4. Sereda, O. (Eds.). (2013). *Nalezna praktyka kul'tyuvannia iz zboru likars'kykh roslyn (GACP) yak harantiia yakosti likars'koi roslynnoi syrovyny i preparat na yikh osnovi* [Good Practice of Medicinal Herbal Cultivation (GACP) as a guarantee of quality of medicinal plant material and preparations based on them]. Kyiv: Komitet spryannia borot'by z ekonomichnoyu zlochynnistyu i koruptsiyeyu [in Ukrainian].
5. Nastanova «Likars'ki zasoby». Nalezna praktyka kul'tyuvannia ta zbyrannia vykhidnoyi syrovyny roslynnoho pokhodzhennia [Guidelines «Medicines: Good practice in cultivating and harvesting raw materials of plant origin». (2013). *Standard MHU 42-4.5: 2012. from 14th February 2013*. Kyiv: MOZ Ukrainy [in Ukrainian].
6. Hlushchenko, L.A., & Syvohlaz, L.M. (2002). Monitoring tsenopopulatsii likarskykh roslyn v umovakh pomirnoho antropohennoho presynhu [Monitoring of crop populations of medicinal plants under conditions of moderate anthropogenic pressure]. Proceedings from Ecological environmental problems '02: IX Kar'yshynski chytannia — 10nd Carishean Readings (pp. 84–85). Poltava: Poltavskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet im. V.H. Korolenka [in Ukrainian].
7. Hlushchenko, L.A., & Syvohlaz, L.M. (2006). Spontanne rasprostraneniya nekotorykh yntrodutsyrovannykh vydiv na Opytnoi stantsii lekarstvennykh rasteniy UAAN [Spontaneous distribution of some introduced species at the Experimental Station of Medicinal Plants of the UAAS]. Proceedings from Medicinal plant growing '06: *Mater. Mezhdun. nauch.-prakt. konf., posviashchono 75-letiyu VYLAR — Intern. scientific-practical conference dedicated to the 75th anniversary of VILAR*. (pp. 239–242). Moscow: VYLAR [in Russian].
8. Hlushchenko, L.A. & Hlushchenko, I.Iu. (2006). Formuvannia gruntopokryvnykh nasadzen z *Thymus serpyllum* L. dlia landshaftnoho budivnytstva [Formation of soil coverings from *Thymus serpyllum* L. for landscape construction]. Proceedings from Construction and reconstruction of botanical gardens and arboreturns in Ukraine '06: *Nauk. konf. (Simferopol, 23–26 travnia 2006 r.) — Scientific Conference* (pp. 239–242). Simferopol [in Ukrainian].
9. Porada, O.A., Hlushchenko, L.A. (2007). Osnovni etapy vyvchennia kolektsiinykh zrazkiv likarskykh roslyn [The main stages of studying the collection of medicinal plant samples. *Tavriyskiy naukovy visnyk — Taurian scientific bulletin*, 52, 133–138 [in Ukrainian].
10. Rozrobyty osnovy formuvannia, zberezhenia ta ratsionalnoho vykorystannia kolektsii likarskykh roslyn [To develop the basics of formation, preservation and rational use of the collection of medicinal plants]. (2010.) *Zvit pro NDR (zakliuch.)* [Report on research work (final)]. Doslidna stantsiia likarskykh roslyn IAEP NAAN. Berzotocha [in Ukrainian].
11. Kolosovych, M.P. (2015). Rezultaty selektsiinoi roboty z astrahalom sherstystokvitkovym [Results of breeding work with *Astragalus dasyanthus* Pall]. Perspective directions of scientific research of medicinal and essential oil cultures '15: *II Vseukrainska nauk.-prakt. konf. molod. uchenykh (Berezotocha, 4–5 chervnia 2015 r.) — 2nd All-Ukrainian sciences-practice. conf. young scientists*. (pp. 80–83). Berzotocha [in Ukrainian].
12. Rozrobyty kompleks ekolohobezpechnykh tekhnolohii vyroshchuvannia novykh ta tradytsiynykh likarskykh kultur. [To develop a complex of ecologically safe technologies for the cultivation of new and traditional medicinal crops]. (2010). *Zvit pro NDR (zakliuch.)* [Report on research work (final)]. Doslidna stantsiia likarskykh roslyn IAEP NAAN. Berzotocha [in Ukrainian].
13. Kutsenko, N.I. (2014). Selektii likarskykh roslyn 90 rokiv [Selection of medicinal plants 90 years]. Medicinal plants: traditions and research prospects '14: *II Mizhnar. nauk. konf. — 2nd International Scientific Conference*. (pp. 138–143). Berzotocha [in Ukrainian].
14. *Nalezna praktyka kul'tyuvannia i zboru likars'koi roslynnoi syrovyny (GACP) yak harantiia yakosti likars'koi roslynnoi syrovyny i preparat na yiyi osnovi* [Good Practice of Medicinal Herbal Cultivation (GACP) as a guarantee of quality of medicinal plant material and preparations based on them]. (2013). Lubny: Municipal publishing house «Lubny» [in Ukrainian].

УДК 631.445.15 (476)

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ФОНОВЫХ ПОЧВАХ И АГРОЛАНДШАФТАХ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

Н.В. Михальчук

Поліський аграрно-екологічний інститут НАН Білорусі

Установлено, що в дерново-підзолистих піщаних ґрунтах південного заходу Білорусі в концентраціях нижче від фонового вмісту рухомих форм для ґрунтів регіону виявлено Zn, Mn, Cd; вище фонового рівня — Cu і Pb. Останній елемент відноситься до найнебезпечніших забруднювачів і відрізняється дещо вищими показниками накопичення в поверхневому шарі ґрунтів природних ландшафтів порівняно з ґрунтами орних угідь. Визначено, що максимальне накопичення більшості важких металів і мікроелементів характерно для дернових заболочених карбонатних ґрунтів; формула геохімічної спеціалізації рухомих форм елементів для орних їх категорій має вигляд: Ni 9,5 — Cu 6,6 — Mn 4,8 — Pb 2,2 — Cd 1,4 — Zn 0,9; підвищений вміст більшості досліджених елементів (особливо Mn, Cu і Pb: Mn 4,8 — Cu 4,4 — Pb 3,5 — Zn 1,5 — Ni 1,1 — Cd 0,8) спостерігається в південному і південно-західному секторах НП «Біловезька пуца», що обмежує можливість використання відповідних показників як фонових для здійснення порівняльних оцінювань.

Ключові слова: важкі метали, рухомі форми, дерново-підзолисті ґрунти, дернові заболочені карбонатні ґрунти.

В настоящее время тяжелые металлы (ТМ) общепризнанно рассматриваются в качестве приоритетных загрязнителей почв, при этом наиболее активными агентами загрязнения являются подвижные их формы, способные переходить из твердых фаз в почвенные растворы и поглощаться растениями. Негативные эффекты повышенного содержания ТМ в почвах усугубляются продолжительными периодами их полувыведения, которые измеряются в ряде случаев сотнями и тысячами лет [1, 2]. Природные и аграрные ландшафты юго-запада Беларуси также подвержены влиянию выбросов ТМ и иных веществ-загрязнителей из техногенных источников, что создает потенциальную опасность включения токсичных элементов в пищевые цепи и ограничивает возможность получения высококачественной сельскохозяйственной продукции. Рассматриваемый субрегион Беларуси отличается развитой транспортной инфраструктурой, интенсивными

формами ведения аграрного производства, сравнительно высоким промышленным потенциалом. Кроме того, накопление ТМ в почвах юго-запада Беларуси связано также с особым географическим положением территории: она находится под влиянием трансграничного переноса загрязняющих веществ с индустриально развитых регионов Европы. Все эти факторы, взятые в совокупности, обуславливают актуальные и потенциальные риски загрязнения почв ТМ.

Для оценки экологической опасности и прогноза загрязнения почв ТМ необходимо иметь сведения о фоновом их содержании, объемах поступления в ландшафт, а также об особенностях их поведения в различных почвенно-геохимических условиях. Средние (фоновые) содержания ТМ и микроэлементов (МКЭ) в почвах в их региональном и субрегиональном измерениях являются геохимическим эталоном, который может использоваться при решении широкого круга как научных, так и практических задач. В последнем случае исследования направлены на выявление

геохимической специфики окружающей среды в сельскохозяйственных, медицинских и природоохранных целях [3].

Цель исследования — выявление особенностей содержания ТМ и МКЭ в дерново-подзолистых песчаных и дерновых заболоченных карбонатных почвах фоновых территорий и агроландшафтов юго-запада Беларуси.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в природных и антропогенных ландшафтах юго-запада Беларуси, преимущественно в границах физико-географического округа Брестское Полесье. В работе рассмотрены восемь элементов, которые часто включают в группу ТМ: цинк, медь, марганец, свинец, кадмий, никель, кобальт, хром (часть исследуемых элементов — Zn, Cu, Mn, Co — входят в группу почвенных МКЭ). Нами осуществлен сравнительный анализ содержания подвижных форм ТМ и МКЭ в поверхностном слое (0–10 см) двух типов почв — дерново-подзолистых песчаных как наиболее распространенной категории минеральных почв в условиях Белорусского Полесья и Предполесья и дерновых заболоченных карбонатных почв, отличающихся специфическими особенностями в накоплении элементов и распределении их по профилю.

Подвижные формы ТМ определяли в вытяжке 1N HCl (отношение почвы к экстрагенту 1:10) атомно-абсорбционным методом на приборе SOLAAR MkII M6 Double Beam AAS. Кислотный экстрагент был выбран потому, что он извлекает как усвояемые (доступные) растениями формы ТМ, так и часть их из ближнего резерва, которая может быть задействована в экстремальных условиях (чаще всего создаваемых человеком). В эту довольно жесткую вытяжку переходят водорастворимые, обменные, а также частично сорбированные аморфными гидроксидами железа и более труднорастворимые соединения элементов, включая сорбированные карбонатами. На основе рассчитанных коэффициентов концентрации (Kc) подвижных форм элемен-

тов (как отношения их среднего содержания в исследуемых почвах к региональным фоновым значениям для почв Беларуси) определяли формулу геохимической специализации элементного состава рассматриваемых почв в виде ранжированного по убыванию величины Kc ряда приоритетных элементов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено (табл.), что дерново-подзолистые песчаные почвы как фоновых природных ландшафтов, так и пахотных угодий характеризуются низким содержанием большинства изученных ТМ и МКЭ, что в первую очередь связано с бедностью элементного состава почвообразующих пород, среди которых в регионе абсолютно преобладают рыхлые песчаные отложения. Дефициту элементов способствует также химическая инертность основного почвообразующего минерала — кварца.

В почвах юго-запада Беларуси в концентрациях ниже фоновых содержания для почв Беларуси обнаруживаются цинк, марганец, кадмий; выше фоновых уровня — медь и свинец. Последний элемент относится к числу наиболее опасных загрязнителей почв и отличается несколько более высокими уровнями накопления в природных ландшафтах (4,23–4,56 мг/кг) в сравнении с почвами пахотных угодий (3,31 мг/кг), находящимися вне зон влияния промышленных центров и автомагистралей (табл.). Подобная ситуация является следствием регулярного перемешивания слоев при вспашке (фактически — искусственное разбавление), а также более интенсивного выноса подвижных соединений ТМ из пахотных почв, в т.ч. и с формируемым урожаем, в сравнении с их ненарушенными естественными аналогами.

В то же время наиболее высокие уровни накопления свинца (около 10,0 мг/кг) зафиксированы в почвах сельскохозяйственных угодий, испытывающих влияние автомагистрали М-1/Е-30 Брест — Москва с интенсивным движением. В подобных почвах, в сравнении с фоновыми, отмечены также более высокие концентрации

**Содержание подвижных форм ТМ в почвах фоновых ландшафтов
и сельскохозяйственных угодий, мг/кг**

Почва		Содержание элемента, мг/кг на естественную влажность							
		Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	Ni	Co	Cr
Среднее фоновое содержание для почв Беларуси [4]		5,40	0,30	51,90	1,20	0,10	0,30		
Дерново-подзолистые песчаные почвы	1*	3,07	0,93	39,00	4,56	0,02		0,08	0,77
	2	2,35	0,59		3,31	0,07	0,22	0,19	0,56
	3	8,03	1,33	248,80	4,23	0,08	0,34	0,70	
	4	4,44	1,25	40,61	9,67	0,13	0,63	0,31	1,05
Дерновые карбонатные заболоченные почвы	1	4,77	1,82	269,17	5,59	0,18	2,13	1,12	1,83
	2	5,11	1,98	250,21	2,59	0,14	2,85	0,54	4,11
	5	5,17	2,08	266,87	2,56	0,13	3,17	0,48	3,30

Примечание: *1 — субрегиональный природный фон для почв юго-запада Беларуси, 2 — субрегиональный фон для пахотных почв, 3 — природный фон в ареале НП «Беловежская пуща», 4 — пахотные почвы в зоне влияния автомагистрали М-1/Е30, 5 — локальный фон пахотных почв ОАО «Красный партизан» Малоритского р-на.

подвижных форм кадмия, никеля, хрома, меди. В целом, формула геохимической специализации элементов для пахотных дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада Беларуси имеет вид: Pb 2,8 — Cu 2,0 — Ni 0,7 — Cd 0,7 — Zn 0,4; для аналогичных почв в зоне влияния автомагистрали М-1/Е30: Pb 8,1 — Cu 4,2 — Ni 2,1 — Cd 1,3 — Zn 0,8 — Mn 0,8. Учитывая вышеизложенное, необходимо пересмотреть в сторону ужесточения практику отвода земель, находящихся в пределах придорожных полос автомобильных дорог с интенсивным движением, для создания плантаций ягодных культур, лекарственных и пряноароматических растений, а также возделывания овощных и кормовых культур.

Дерновые заболоченные карбонатные (ДЗК) почвы юго-запада Беларуси выделяются относительно высокими уровнями аккумуляции большинства исследованных ТМ и МКЭ. Интенсивное накопление ТМ в случае карбонатных почв — следствие, прежде всего, хемосорбции элементов на поверхности карбонатов или образования осадков малорастворимых солей [5]. Кроме того, эти почвы отличаются высоким содержанием гумуса — до 7,0%

и более (в среднем в 3,2 раза выше, чем у дерново-подзолистых песчаных), что также способствует концентрированию ряда ТМ и МКЭ.

Содержание никеля в ДЗК почвах оказалось примерно на порядок выше, чем в дерново-подзолистых почвах; в пахотных дерново-карбонатных заболоченных почвах ОАО «Красный партизан» зафиксированы максимальные уровни накопления элемента — 3,76 мг/кг. Это хорошо согласуется с известными данными [6], когда максимальная концентрация подвижных форм никеля имела место в нейтральных и слабощелочных условиях при высоком содержании гумуса.

Субрегиональный природный фон хрома в гумусово-аккумулятивном горизонте дерново-карбонатных заболоченных почв в 2,4 раза превышает аналогичный показатель для дерново-подзолистых почв. При этом в пахотном слое карбонатных почв усредненное содержание подвижного хрома в 2,1 раза выше, чем в гумусовом горизонте природных почв-аналогов, и колеблется от 3,30 до 4,11 мг/кг. По-видимому, это объясняется перемещением в пахотный горизонт путем припашки вещества карбо-

натного горизонта, который для данного элемента выступает геохимическим барьером [7], и где содержание хрома, согласно нашим исследованиям, может достигать значений до 9,0 мг/кг.

Дерновые заболоченные карбонатные почвы характеризуются также высокими показателями концентраций марганца, при этом они изменяются в относительно небольшом диапазоне — от 250,2 до 302,7 мг/кг; существенно не отличаясь у возделываемых и ненарушенных почв.

Все отмеченные особенности в накоплении ТМ и МКЭ в дерново-карбонатных заболоченных почвах нашли отражение в формуле геохимической специализации элементов, которая для пахотных почв этой категории имеет вид: Ni 9,5 — Cu 6,6 — Mn 4,8 — Pb 2,2 — Cd 1,4 — Zn 0,9.

Обращает на себя внимание повышенное содержание ряда ТМ и МКЭ в поверхностном горизонте почв в ареале НП «Беловежская пуца» (южная и юго-западная его части и прилегающие территории). Почвенные образцы отбирались в лесных сообществах сосняков черничных, ельников сосново-черничных на дерново-палево-среднеподзолистых почвах, развивающихся на двучленных супесчано-песчаных почвообразующих породах или на песках, подстилаемых суглинками. В подобных почвах содержание подвижного марганца, достигающее 250 мг/кг, примерно в 5 раз больше в сравнении с фоновым содержанием в почвах Беларуси и в 6,4 раза выше субрегионального фона для юго-запада республики. Вместе с тем полученные результаты хорошо согласуются с известными данными [8] для перегнойно-аккумулятивного горизонта подзолов Беловежской пуцы. Сравнительно большое содержание марганца, сопоставимое с его накоплением в ДЗК почвах, отличающихся наличием мощных геохимических барьеров, обусловлено, прежде всего, его биологическим аккумулярованием в условиях очень длительного взаимодействия лесной растительности с почвой, столь свойственного массиву коренных лесов Беловежской пуцы. Это обстоятельство, по-видимому,

является определяющим и в отношении содержания других элементов, прежде всего цинка, превышающего 8,0 мг/кг, — максимальное значение среди всех сравниваемых почв. Необходимо также учитывать, что данная территория находится под влиянием трансграничного переноса загрязняющих веществ; ТМ антропогенного происхождения чаще всего попадают в почву из воздуха в виде твердых и (или) жидких осадков. Лесные массивы с их развитой контактирующей поверхностью особенно интенсивно задерживают ТМ, в результате чего повышается их содержание в почвенном покрове, а также в некоторых видах продукции побочного лесопользования (например, накопление Zn, Cd, Pb, Mn и Cu в плодовых телах подберезовика обыкновенного сопоставимо с таковым в придорожной полосе автомагистрали М-1/Е-30). Перечисленные факторы обусловили следующий ряд в формуле геохимической специализации элементов в дерново-подзолистых песчаных почвах НП «Беловежская пуца»: Mn 4,8 — Cu 4,4 — Pb 3,5 — Zn 1,5 — Ni 1,1 — Cd 0,8. В этой связи представляется не вполне корректным использовать показатели накопления ТМ и МКЭ в почвах под коренными массивами лесов, в т.ч. относящихся к заповедному фонду, в качестве фоновых. В каждом конкретном случае, сообразно целям исследования, фон должен быть специфичен: фоновый уровень для почв лесопокрываемых территорий; фоновый уровень для почв луговых угодий и т.п. Кроме того, должен быть усилен контроль качества некоторых видов продукции побочного лесопользования, получаемой как в зонах загрязнения, так и на условно безопасных территориях, — глобальный характер техногенных эмиссий ТМ уменьшает, к примеру, основания для микофильного поведения населения.

ВЫВОДЫ

В дерново-подзолистых песчаных почвах юго-запада Беларуси в концентрациях выше фонового уровня для почв Беларуси накапливаются подвижные формы меди и свинца. Максимальные уровни содержания

ТМ характерны для дерновых заболоченных карбонатных почв. Повышенное содержание подвижных форм большинства исследованных ТМ и МКЭ (особенно марганца, меди, цинка и свинца) наблюдается в южном и юго-западном секторах НП «Беловежская пуца», что ограничивает

возможности использования соответствующих показателей в качестве фоновых при проведении сравнительных оценок. Полученные данные важны при решении задач фонового геохимического мониторинга и определении агроэкологических рисков, связанных с загрязнением почв ТМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 142 с.
2. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. — Новосибирск: Наука, 1991. — 150 с.
3. Петухова Н.Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н.Н. Петухова, В.А. Кузнецов // Докл. АН Беларуси. — 1992. — Т. 36. — № 5. — С. 461–465.
4. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень 2010 г. / Под ред. В.Ф. Логина. — Минск: Минскпроект, 2011. — 398 с.
5. McBride M.B. Chemisorption and precipitation of Mn^{2+} at $CaCO_3$ surfaces / M.B. McBride // Soil. Sci. Soc. J. — 1979. — Vol. 43, No. 4. — P. 693–698.
6. Касимов Н.С. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах лесостепи Среднего Поволжья (опыт многофакторного регрессионного анализа) / Н.С. Касимов, Н.Е. Кошелева, О.А. Симонова // Почвоведение. — 1995. — № 6. — С. 705–713.
7. Мечковский С.А. Оценка техногенного загрязнения дерново-подзолистых почв на основе подвижных форм хрома / С.А. Мечковский, Н.К. Чертко, Ю.В. Заневская // География и природные ресурсы. — 1999. — № 1. — С. 128–130.
8. Ничипорович Д.В. Динамика некоторых химических свойств почв в сосновых и еловом лесах / Д.В. Ничипорович // Беловежская пуца. Исследования. — Минск: Ураджай, 1968. — Вып. 2. — С. 57–68.

REFERENCES

1. Alekseev, Ju.V. (1987). *Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah* [Heavy metals in soils and plants]. Leningrad: Agropromizdat [in Russian].
2. Il'in, V.B. (1991). *Tjzhelye metally v sisteme pochva-rastenie* [Heavy metals in the soil-plant system]. Novosibirsk: Nauka [in Russian].
3. Petuhova, N.N., Kuznetsov, V.A. (1992). K klarkam mikroelementov v pochvennom pokrove Belarusi [To clusters of microelements in the soil cover of Belarus]. — *Dokl. AN Belarusi — Dokl. Academy of Sciences*, 36, 5, 461–465 [in Russian].
4. Loginov, V.F. (Eds.). (2011). *Sostojanie prirodnoj sredy Belarusi: Jekologicheskij bjulleten' 2010 g.* [The state of the environment in Belarus: Environmental Bulletin 2010]. Minsk: Minskproekt [in Russian].
5. McBride, M.B. (1979). Chemisorption and precipitation of Mn^{2+} at $CaCO_3$ surfaces. *Soil. Sci. Soc. J.* 43, 4, 693–698 [in English].
6. Kasimov, N.S., Kosheleva, N.E., Simonova, O.A. (1995). Podvizhnye formy tjzhelyh metallov v pochvah lesostepi Srednego Povolzh'ja (opyt mnogo-faktornogo regressionnogo analiza) [Movable forms of heavy metals in the soils of the forest-steppe of the Middle Volga region (the experience of multifactorial regression analysis)]. *Pochvovedenie — Soil science*, 6, 705–713 [in Russian].
7. Mechkovskij, S.A., Chertko, N.K., Zanevskaja, Ju.V. (1999). Ocenka tehnogennogo zagrjaznenija der-novo-podzolistyh pochv na osnove podvizhnyh form hroma [Assessment of technogenic pollution of sod-podzolic soils on the basis of mobile forms of chromium]. *Geografija i prirodnye resursy — Geography and natural resources*, 1, 128–130 [in Russian].
8. Nichiporovich, D.V. (1968). Dinamika nekotoryh himicheskikh svojstv pochv v sosnovyh i elovom le-sah [Dynamics of some chemical properties of soils in pine and spruce forests]. *Belovezhskaja pushha. Issledovanija — Bialowieza Forest. Research*, 2, 57–68 [in Russian].

ФІТОТОКСИКОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛІВ ЗА ІНТЕНСИВНІСТЮ ЇХ БІОКУМУЛЯЦІЇ В УМОВАХ ЗЕЛЕНИХ ПАРКОВИХ ЗОН м. КИЄВА

О.І. Бондар, Н.О. Риженко

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

Розроблено фітотоксикологічну класифікацію металів за інтенсивністю їх біокумуляції у системі «грунт — рослина» в умовах Голосіївсько-Феофанівської та Конча-Заспівської зелених зон. Встановлено, що до металів з інтенсивною біокумуляцією відносяться Cd, Pb, Zn, Cu: середньоарифметичний коефіцієнт біокумуляції цих металів більше 2,24. До металів із низькою здатністю переходу у рослини віднесено Co. Виявлено закономірність існування широкого діапазону коефіцієнтів біокумуляції для ультрамікроелементів та вузького — для мікроелементів стосовно всієї сукупності досліджуваних рослин. Біокумуляція металів у рослинах, які зростають на ґрунтах із більшим їх умістом унаслідок високого антропогенного навантаження (Голосіївський проспект), є меншою. За інтенсивністю біокумуляції на всій досліджуваній території отримано такий ряд металів: $Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Co$.

Ключові слова: метали, фітотоксична класифікація, біокумуляція, зелені паркові зони.

З'ясування стану природних екосистем в умовах нинішніх темпів забруднення, особливо токсичними металами (Cd, Pb, Cu, Co, Zn, Ni), є необхідним заходом для оцінки якості навколишнього природного середовища та охорони природи загалом [1–4]. До найважливіших осередків природних екосистем у великих містах (які відносяться до олігогеморобних та мезагеморобних екосистем) належать зелені паркові зони, репрезентативними представниками яких є Голосіївсько-Феофанівська (ГФЗЗ) та Конча-Заспівська (КЗЗ) зелені зони м. Києва [2]. Виявлення поведінки, рівня забруднення, ранжирування металів за ступенем токсичності їх впливу на фітокомпонент у зелених зонах можливо за здійснення їх широкомасштабного моніторингу [5, 6]. Наразі встановлення залежності «доза — ефект» у природній екосистемі, що дає чітке уявлення про токсичність полютанта щодо рослин, є ускладненим через біорізноманіття фітоценозів, різний термін вегетації видів, едафічні умови зростання. Однак виявлення ступеня токсичності в природних екосистемах металів є очевидно необхідним, тому що дає можливість прогнозувати негативні наслідки

у разі забруднення цими полютантами, а також встановити закономірності їх впливу (поведінки) на фітокомпонент, який, без сумніву, серед живих організмів є головним акумулятором металів [3, 7]. Численними експериментами доведено здатність рослин захищатись від шкідливої дії металів [3, 7]. Різні механізми такого захисту описано у багатьох працях [3, 7–9]. Шляхи надходження металів у рослини є доволі різноманітними, однак основні з них — кореневий та фоліарний. Тому встановлення фітотоксикологічного класу небезпечності металів за показником біокумуляції має вагоме практичне значення [7–9].

Мета роботи — розробити фітотоксикологічну класифікацію металів (Cd, Cu, Co, Pb, Ni, Zn) за показником біокумуляції для оцінки рівня їх небезпечності в умовах ГФЗЗ та КЗЗ у м. Києві.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Обидві досліджувані паркові зони розміщуються на стику Правобережного Полісся та Лісостепу України у межах теплої середньозволоженої агрокліматичної зони. Зокрема, ГФЗЗ є характерною лісопарковою зоною детального проектування, створеною методом ландшафтного лісництва.

Клімат ГФЗЗ і КЗЗ — помірно-континентальний; рельєф характеризується наявністю ярів з крутими схилами з напрямком у бік міста, до долини Дніпра. Більшу частину території ГФЗЗ (62%) становлять дубові насадження з середнім віком 86 років. За ними — насадження граба (22%). Голосіївський ліс — це своєрідна грабова діброва. Її перший ярус складається, переважно, з дуба червоного, що на родючих ґрунтах доповнюється ясенем звичайним. Другий ярус утворюють тіньові породи: липа, граб, клен, в'яз, лісова груша, яблуня тощо. Підлісок складають ліщина, місцями — шипшина, терен, верболіз, дрід красивий та інші чагарники й напівчагарники. На більшій частині території КЗЗ ростуть соснові та сосново-дубові ліси з середнім віком 70 років. У ГФЗЗ і КЗЗ переважає ландшафт закритих просторів, у Голосієві і Феофанії — це насадження дуба і граба, частка лісистості становить 40% території. Насадження соснових та дубово-соснових лісів у Конча-Заспі становлять 25% території. Як ГФЗЗ, так і КЗЗ призначено для масового відпочинку [2, 5, 6]. Вибір пробних площ обґрунтовано орографічно. Пробна площа становить 0,25 га (50×50 м).

Територія ГФЗЗ та КЗЗ — це частина ландшафту підвищених горбисто-увалистих рівнин на палеоген-неогеновій основі, складених лесоподібними суглинками, що підстелені пісками та валунними суглинками із ясно-сірими та сірими лісовими ґрунтами, у межах досліджуваної його частини — під грабово-дубовими лісами. Завдяки характерним для них опуклим формам рельєфу та суглинковим ґрунтам такі поверхні, потенційно, відносяться до зон інтенсивного виносу речовини (й техногенних забруднювачів).

Експериментальні дані отримано впродовж 2002–2012 рр. Відбір зразків ґрунту та рослин здійснювали на основі використання методу профілювання, що дає змогу виявити й охарактеризувати особливості ґрунту, обумовлені різницями у рельєфі, характер рослинного покриву, умови зволоження, ґрунтоутворювальні породи та

закономірності розподілу ґрунтів щодо їх формування за культурно-технічним станом (оцінка природних умов, зміна компонентів екосистеми внаслідок господарчої діяльності людини). Напрямок профілю обирався, насамперед, з урахуванням особливості рельєфу, всіх його типових форм і елементів, що дало можливість характеризувати геохімічно споріднений ряд ґрунтів. За лініями профілю закладали ґрунтові розрізи у всіх основних геоморфологічних виділах (міжріччя, тераси тощо). Контрольні розрізи розміщували так, щоб кожен з них характеризував ґрунт певної форми рельєфу (приводороздільні і придолинні схили, дно балок). Під час відбору зразків ґрунту зважали на характер рослинності, рослинні асоціації. У розрізі відбирали зразки у чотириразовій повторності, з яких готували змішаний усереднений зразок ґрунту для кожного горизонту обсягом близько 1 кг [10]. З кожної пробної площі відбирали рослинні зразки, з яких готували змішаний усереднений зразок певної фракції фітомаси обсягом близько 100 г. Аналізували надземну фракцію фітомаси ранньоквітучих рослин; фотосинтетичну та генеративну фракцію фітомаси дерев і чагарників. Для визначення вмісту важких металів та розподілення їх форм у об'єктах навколишнього природного середовища (ґрунт, рослини) використовували метод хроматографування у тонкому шарі сорбенту (№ 50–97 від 19.06.97 р.) [11]. Для аналізу одержаних результатів користувались кореляційним та дисперсійним статистичними методами обробки. Рівень достовірності обчислювали при $P_{0,95}$.

На всій досліджуваній території було проведено вимірювання вмісту металів у ґрунті та рослинах і розраховано коефіцієнт біокумуляції (Кб) за рівнянням [3–6, 7–9]:

$$K_b = \frac{Conc_{\text{росл}}}{Conc_{\text{ґрунт}}},$$

де Кб — коефіцієнт біокумуляції, $Conc_{\text{росл}}$ — концентрація у рослині сух. реч. (частина фітомаси), мг/кг, $Conc_{\text{ґрунт}}$ — концентрація у ґрунті, мг/кг 1Н НСІ.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Уміст Cd, Pb, Ni, Co, Zn, Cu у надземній фітомасі рослин та ґрунті досліджуваної території наведено у табл. 1. Коефіцієнти біокумуляції металів та їх середньоарифметичні значення для кожної рослини та окремого елемента, коефіцієнти варіації (V) та осциляції (Kr), стандартне відхилення (S) та дисперсію (S^2), розмах варіації (R) у системі «ґрунт — рослина» ГФЗЗ та КЗЗ наведено у табл. 2.

Оскільки коефіцієнт варіації є мірою відносного розкиду значення сукупності, за цим статистичним показником можна зробити висновок про амплітуду (ширину діапазонів) Кб кожного досліджуваного металу [10, 12]. Виявлено, що найменше значення V належить міді, а найбільше — нікелю. Відповідно до коефіцієнта варіації за критерієм біокумуляції, низхідний ряд є таким: Ni>Pb>Co>Cd>Cu>Zn. Значення V та Kr , які демонструють відповідно — міру відносного розкиду значень сукупності та відносні зміни між крайніми значеннями (приблизно середні), свідчать про неоднорідність вибірок, тобто про істотну різницю в інтенсивності біокумуляції одного металу різними видами рослин. Зауважимо, що коефіцієнти кореляції міді та цинку, що є життєво необхідними мікроелементами для рослин, мали найнижчі значення V за критерієм біокумуляції. Натомість нікель, свинець, кобальт та кадмій, фізіологічну роль яких для рослин всебічно не висвітлено, характеризувались високими значеннями V [3, 7–9, 13]. Це надає змогу зробити висновок про закономірність існування широкого діапазону інтенсивності біокумуляції ультрамікроелементів та вузького — інтенсивності біокумуляції мікроелементів відносно всієї сукупності рослин. Така закономірність підтверджує принцип екологічної конгруентності (відповідності), згідно з якою живі складові екосистеми виробили відповідні пристосування, скоординовані абіотичним середовищем [1]. Значний розкид сукупностей Кб ультрамікроелементів, очевидно, зумовлено кількома чинниками: захисні бар'єри рослинного організму не дають можливості поглинати

ультрамікроелементи у великих кількостях на незабруднених безпечних ґрунтах в оліго- та мезагеморобних екосистемах; крім того, амплітуда фізіологічно необхідного вмісту для кожного виду рослин є доволі істотною, що може пояснюватись специфічною роллю ультрамікроелементів для рослин. Поряд із тим необхідність міді та цинку є очевидною, оскільки розкид сукупностей Кб — незначний, тобто фізіологічна необхідність цих елементів є сталою.

За думкою багатьох учених, види та родини рослин різняться хімізмом, і тільки через брак досліджень у цьому напрямі доводиться обмежуватись під час класифікації їх морфологічними ознаками. Внутрішньовидова амплітуда за хімічним складом, зазвичай, стосується кількісних відносин за порівняння постійності специфіки компонентів, їх формул, іншими словами, якісного складу. Слід додати, що якісний склад хімічних компонентів особин виду є доволі постійним та характеризує видові радикали [3]. Водночас міжвидова амплітуда хімічного складу за кількісними значеннями може бути доволі значною [3, 7–9].

Найвищим Kr відзначався нікель, що свідчить про достовірно широкий діапазон значень Кб вказаного металу для різних рослин. Фізіологічна роль нікелю для рослинного організму відома мало, наразі зафіксовано широку амплітуду інтенсивності поглинання цього металу певними рослинами. Численними дослідженнями продемонстровано, що діапазон нормальних концентрацій буде менш широким для елементів, що легко проникають в метаболічно важливі центри рослин [3, 7].

У межах одного і того самого виду рослин Кб різняться в рази залежно від умов зростання. Так, Кб кадмію для дуба звичайного у кілька разів є вищим у КЗЗ, ніж у ГФЗЗ, що може бути зумовлено різним рівнем надходження цього металу у ґрунт, а також відмінністю едафічних та інших умов зростання, віком рослин тощо (табл. 1, 2). Адже відомо, що деревина багаторічних деревних видів є місцем депонування елементів живлення та полутантів, які надходять до організму рослини. Влас-

Таблиця 1

Біокумуляція металів рослинами Голосіївсько-Феофанівської та Конча-Заспівської зелених зон м. Києва

Рослини	Cd			Cu			Zn			Pb			Co			Ni		
	Грунт	Рос-лина	Кб	Грунт	Рос-лина	Кб	Грунт	Рос-лина	Кб	Грунт	Рос-лина	Кб	Грунт	Рос-лина	Кб	Грунт	Рос-лина	Кб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Гусяча цибуля жовта 1*	1,0± 0,1	0,15± 0,02	0,15	3,0± 0,2	9,0± 1,5	3,0	3,0± 0,4	2,25± 0,2	0,75	3,85± 0,4	7,50± 0,8	1,95	4,5± 0,5	0,15± 0,05	0,03	3,5± 0,4	0,15± 0,01	0,04
Матит-мачуха звичайна 1	0,5± 0,1	3,20± 0,4	6,4	5,52± 0,4	22,4± 2,6	4,1	0,8± 0,1	4,80± 0,4	6	1,94± 0,2	19,20± 3,2	9,9	0,8± 0,1	0,32± 0,08	0,4	1,1± 0,1	9,60± 1,0	8,7
Анемона жовтецева 1	1,0± 0,1	2,30± 0,2	2,3	3,0± 0,1	13,8± 1,0	4,6	3,0± 0,3	3,45± 0,3	1,2	3,85± 0,2	11,50± 2,3	3	4,5± 0,5	2,30± 0,3	0,51	3,5± 0,4	6,90± 0,9	1,97
Пішка весняна 1	0,6± 0,15	0,05± 0,01	0,08	1,6± 0,08	7,7± 0,8	4,8	0,8± 0,15	1,65± 0,2	2	2,94± 0,3	6,05± 0,58	2,1	0,6± 0,07	1,10± 0,07	1,83	1,0± 0,1	3,30± 0,3	3,3
Медунка неясна 1	0,6± 0,1	0,05± 0,01	0,08	2,7± 0,2	8,4± 0,85	3,1	0,6± 0,1	2,80± 0,1	7	0,44± 0,1	6,30± 0,67	14,3	1,2± 0,1	1,40± 0,1	1,2	1,1± 0,1	4,20± 0,4	3,82
Зірочник ланцетолистий 1	0,5± 0,15	0,05± 0,01	0,1	5,52± 0,5	24,0± 5,0	4,4	0,8± 0,15	7,50± 0,8	9,4	0,64± 0,1	0,05± 0,01	0,1	0,8± 0,1	0,05± 0,01	0,06	0,9± 0,1	2,40± 0,3	2,7
Конвалія травнева 1	0,5± 0,15	2,5± 0,3	5	5,52± 0,5	20,0± 6,0	3,6	0,8± 0,1	7,50± 0,9	9,4	0,64± 0,1	5,0± 0,5	7,8	0,8± 0,1	0,05± 0,01	0,06	0,9± 0,1	2,40± 0,3	2,7
Звиробій звичайний 1	0,5± 0,15	0,05± 0,01	0,1	5,52± 0,6	20,0± 5,0	3,6	0,8± 0,1	2,50± 0,2	3,1	0,64± 0,1	7,5± 0,8	11,7	0,8± 0,1	0,05± 0,01	0,06	0,9± 0,1	1,00± 0,1	1,1
Граб звичайний 2**	1,0± 0,2	0,1± 0,015	0,1	3,0± 0,1	3,8± 0,6	1,3	3,0± 0,3	3,5± 0,3	1,2	3,85± 0,3	3,5± 0,4	0,9	4,5± 0,4	0,4± 0,05	0,1	3,5± 0,3	0,01± 0,005	0,003

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Грaб звичайний 2	0,1± 0,16	0,8± 0,02	8	0,9± 0,1	3,8± 0,9	4,2	1,4± 0,1	3,2± 0,2	2,3	1,94± 0,2	2,0± 0,3	1	0,6± 0,1	0,1± 0,03	0,2	0,7± 0,1	0,01± 0,005	0,01
Вербa козяча 2	1,0± 0,14	0,8± 0,02	0,8	3,0± 0,4	3,8± 0,5	1,3	3,0± 0,3	4,5± 0,5	1,5	3,85± 0,3	0,5± 0,1	0,13	4,5± 0,6	1,4± 0,1	0,31	3,5± 0,4	0,01± 0,005	0,003
Липa серцелиста 2	1,0± 0,15	0,8± 0,25	0,8	3,0± 0,2	5,8± 0,5	1,93	3,0± 0,25	3,8± 0,15	1,3	3,85± 0,3	0,5± 0,1	0,13	4,5± 0,6	0,1± 0,05	0,02	3,5± 0,4	0,01± 0,005	0,003
Клен гостролистий 2	1,0± 0,14	0,8± 0,4	0,8	3,0± 0,1	0,1± 0,01	0,03	3,0± 0,25	4,0± 0,2	1,3	3,85± 0,3	0,1± 0,03	0,03	4,5± 0,5	0,9± 0,05	0,2	3,5± 0,3	1,00± 0,1	0,3
Бузина чорна 1	0,6± 0,07	1,3± 0,15	2,2	1,6± 0,08	0,3± 0,05	0,2	0,8± 0,1	2,0± 0,1	2,5	2,94± 0,3	5,5± 0,7	1,9	0,6± 0,1	0,4± 0,03	0,7	1,0± 0,1	0,01± 0,005	0,01
Грaб звичайний 1	0,5± 0,06	0,3± 0,08	0,6	1,6± 0,07	2,3± 0,1	1,4	0,8± 0,1	3,0± 0,1	3,8	0,84± 0,05	1,0± 0,2	1,2	0,5± 0,1	0,7± 0,03	1,4	1,1± 0,1	0,01± 0,005	0,01
Клен гостролистий 1	0,7± 0,1	0,3± 0,01	0,43	1,3± 0,1	1,3± 0,1	1	0,8± 0,1	2,5± 0,3	3,1	0,18± 0,01	1,0± 0,1	5,6	0,8± 0,1	0,7± 0,03	0,9	0,2± 0,03	0,01± 0,005	0,05
Липa серцелиста 3***	0,2± 0,04	1,8± 0,1	9	5,1± 0,6	1,3± 0,2	0,3	0,8± 0,15	5,0± 0,6	6,3	1,94± 0,4	2,5± 0,3	1,3	3,00± 0,4	0,9± 0,03	0,3	3,0± 0,4	0,01± 0,005	0,003
Грaб звичайний 3	0,2± 0,05	1,8± 0,2	9	5,1± 0,5	0,3± 0,2	0,1	0,8± 0,15	1,5± 0,2	1,9	1,94± 0,5	1,5± 0,1	0,8	3,00± 0,4	0,10± 0,05	0,03	3,0± 0,2	0,01± 0,005	0,003
Дуб звичайний 3	0,2± 0,04	0,7± 0,1	3,5	0,9± 0,2	2,5± 0,3	2,8	0,8± 0,1	2,0± 0,3	2,5	1,34± 0,4	0,01± 0,005	0,01	0,6± 0,1	0,01± 0,005	0,02	1,0± 0,02	2,5± 0,2	2,5
Черемха звичайна 4****	0,2± 0,04	0,5± 0,1	2,5	1,8± 0,1	3,0± 0,3	1,7	2,8± 0,3	2,5± 0,4	0,9	1,0± 0,1	0,01± 0,005	0,01	0,01± 0,005	0,005± 0,005	0,5	1,0± 0,03	1,5± 0,1	1,5
Дуб звичайний 4	0,1± 0,05	0,7± 0,25	7	1,5± 0,1	2,0± 0,1	1,3	2,5± 0,3	2,4± 0,3	0,96	0,5± 0,1	0,01± 0,005	0,02	0,01± 0,005	0,005± 0,005	0,5	0,7± 0,1	3,0± 0,3	4,3

Примітка (до табл. 1, 2): 1* — Дилорівська та 2** — Горіхуватська балки Голосіївської зеленої паркової зони; 3*** — Феоданівська та 4**** — Конча-Застівська зелені паркові зони.

тивість гіперакумуляції металів є відносно рідкісним феноменом у царині рослин, механізми толерантності та гіперакумуляції рослин відносно металів наразі активно дискутуються у науковій літературі [3, 7–9, 13].

ляції рослин відносно металів наразі активно дискутуються у науковій літературі [3, 7–9, 13].

Таблиця 2

Коефіцієнти біокумуляції металів у системі «грунт — рослина»

Рослини	Cd	Cu	Zn	Pb	Co	Ni	Кб _{сер.}
Гусяча цибуля жовта 1*	0,15	3,0	0,75	1,95	0,03	0,04	0,99
Мати-й-мачуха звичайна 1	6,4	4,1	6	10	0,4	8,7	5,93
Анемона жовтецева 1	2,3	4,6	1,2	3	0,51	1,97	2,26
Пшінка весняна 1	0,08	4,8	2	2,1	1,83	3,3	2,35
Медунка неясна 1	0,08	3,1	7	14,3	1,2	3,82	4,92
Зірочник ланцетолистий 1	0,1	4,4	9,4	0,1	0,06	2,7	2,79
Конвалія травнева 1	5	3,6	9,4	7,8	0,06	2,7	4,76
Звіробій звичайний 1	0,1	3,6	3,1	11,7	0,06	1,1	3,28
Граб звичайний 2**	0,1	1,3	1,2	0,9	0,1	0,003	0,60
Граб звичайний 2	8	4,2	2,3	1	0,2	0,01	2,62
Вербка козяча 2	0,8	1,3	1,5	0,13	0,31	0,003	0,67
Липа серцелиста 2	0,8	1,93	1,3	0,13	0,02	0,003	0,70
Клен гостролистий 2	8,8	0,03	1,3	0,03	0,2	0,3	1,78
Бузина чорна 1	2,2	0,2	2,5	1,9	0,7	0,01	1,25
Граб звичайний 1	0,6	1,4	3,8	1,2	1,4	0,01	1,40
Клен гостролистий 1	0,43	1	3,1	5,6	0,9	0,05	1,85
Липа серцелиста 3***	9	0,3	6,3	1,3	0,3	0,003	2,87
Граб звичайний 3	9	0,1	1,9	0,8	0,03	0,003	1,97
Дуб звичайний 3	3,5	2,8	2,5	0,01	0,02	2,5	1,89
Черемха звичайна 4****	2,5	1,7	0,9	0,01	0,5	1,5	1,19
Дуб звичайний 4	7	1,3	0,96	0,02	0,5	4,3	2,35
Кб _{сер.}	3,19	2,32	3,26	3,05	0,44	1,57	–
S — станд. відх.	3,43	1,61	2,72	4,27	0,51	2,19	–
S ² — дисперс.	11,78	2,60	7,42	18,26	0,26	4,80	–
Розмах варіації: x _{max} — x _{min}) (R)	8,92	4,77	8,65	14,29	1,81	8,7	–
Коефіцієнт варіації V, %	105	67,74	81,61	136,9	111,1	140,9	–
Коефіцієнт осциляції (Kr, %)	279	205,43	265,5	469	407	579,6	–

У процесі дослідження розроблено фітотоксикологічну класифікацію металів (Cd, Pb, Ni, Co, Zn, Cu) за інтенсивністю їх біокумуляції. Фітотоксикологічна оцінка небезпечності металів передбачала віднесення їх до різних класів за Кб. За формулою Стерджеса кількість класів розраховується за формулою [12]:

$$k = 1 + 3,32 \lg(n),$$

де k – кількість класів за певною ознакою; n – кількість варіантів. Наразі розглядається 21 варіант рослин на всій досліджуваній території (табл. 1, 2). За цією формулою рекомендована кількість налічує п'ять класів. Однак у токсикології прийнято оперувати чотирма класами небезпечності. З огляду на це, в розрахунках фітотоксикологічних класів небезпечності металів за Кб використовували чотири класи [14]. Для віднесення металів до різних фітотоксикологічних класів були використані середньоарифметичні значення Кб кожного металу за всією вибіркою рослин [12]:

1) $\text{Lim} = x_{\text{сер.арифм}} - x_{\text{min.арифм}} = 30 - 0,003 = 29,997$.

Для ранжирування класів необхідно розрахувати розмах класу dx :

2) $dx = \text{Lim}/k = 29,997/4 = 7,5$;

4) початок IV класу = $x_{\text{min}} - dx/2 = 0,003 - 7,5/2 = -3,747$;

5) кінець IV класу = $x_{\text{min}} + dx/2 - \sigma = 0,003 + 7,5/2 - 0,001 = 3,752$, де σ – точність вимірювання;

6) початок III класу = кінець попереднього класу + $\sigma = 3,752 + 0,001 = 3,753$;

7) кінець III класу = отриманий початок цього класу + $dx - \sigma = 3,753 + 7,5 - 0,001 = 11,252$;

8) початок II класу = кінець попереднього класу + $\sigma = 11,252 + 0,001 = 11,253$;

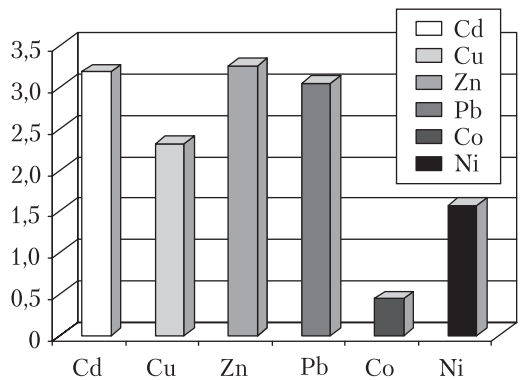
9) кінець II класу = отриманий початок цього класу + $dx - \sigma = 11,253 + 7,5 - 0,001 = 18,752$;

10) початок I класу = кінець попереднього класу + $\sigma = 18,752 + 0,001 = 18,753$;

11) кінець I класу = отриманий початок цього класу + $dx - \sigma = 18,753 + 7,5 - 0,001 = 26,282$.

Класи, їх розмах, віднесення до класів небезпечності металів за значенням Кб наведено у табл. 3.

За середньоарифметичними значеннями Кб металів у рослинах на всій досліджуваній території отримано такий ряд інтенсивності біокумуляції: $\text{Zn} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$ (рис.).



Середньоарифметичні значення коефіцієнтів біокумуляції металів

Таблиця 3

**Фітотоксикологічна класифікація металів за коефіцієнтом біокумуляції у рослинах
Голосіївсько-Феофанівської та Конча-Заспівської зелених зон**

Кб	Класи безпеки			
	I	II	III	IV
	Інтенсивна	Середня	Помірна	Низька
	>2,24	2,23–1,52	1,51–0,8	<0,79
	Cd, Pb, Zn, Cu	Ni	–	Co

За допомогою статистичної обробки даних виявлено, що до металів з інтенсивною біокумуляцією належать Cd, Pb, Zn, Cu — середньоарифметичний Кб цих металів становить понад 2,24 (табл. 3). До металів із низькою здатністю переходу у рослини віднесено Со. Отже, у екосистемах зелених зон м. Києва майже всі досліджувані метали (крім кобальту) відносяться до елементів інтенсивного або середньо інтенсивного поглинання. Використання інформації стосовно належності до фітотоксикологічних класів небезпечності за Кб може мати практичне застосування під час прогнозування впливу металів у інших оліго- та мезогеморобних екосистемах.

ВИСНОВКИ

Розроблено фітотоксикологічну класифікацію металів за інтенсивністю їх біокумуляції у системі «грунт — рослина» в умовах ГФЗЗ та КЗЗ за чотирма фітотоксикологічними класами. Такі як Cd, Ni, Pb, Zn, Cu відносяться до елементів інтенсивного або середньо інтенсивного поглинання рослинами. До металів із низькою біокумуляцією віднесено Со. Виявлено закономірність існування широкого діапазону коефіцієнтів біокумуляції для ультрамікроелементів (Ni, Co, Pb, Cd) та вузького — для мікроелементів (Cu, Zn). За інтенсивністю біокумуляції (Кб) отримано такий ранжируваний ряд металів: $Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Co$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. — М., 1994. — 367 с.
2. Бондар О.І. Екологічний стан м. Києва / О.І. Бондар, В.А. Трокоз, Н.О. Рижченко. — К., 2008. — 95 с.
3. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте / Ю.В. Алексеев. — СПб., 2008. — 216 с.
4. Кучерявий В.П. Екологія / В.П. Кучерявий — Л., 2001. — 500 с.
5. Рижченко Н.О. Екологічний моніторинг рекреаційних ландшафтів Голосіївсько-Феофанівської та Конча-Заспівської зелених зон м. Києва / Н.О. Рижченко // Екологічні науки. — 2015. — № 10 (3). — С. 202–225.
6. Бондар О.І. Екологічний моніторинг м. Києва / О.І. Бондар, Н.О. Рижченко // Агроекологічний журнал. — 2010. — № 2. — С. 41–46.
7. Щербаченко О.І. Важкі метали як токсичний фактор забруднення природного середовища: стійкість і адаптація рослин до їх впливу / О.І. Щербаченко // Наукові записки державного природознавчого музею. — 2014. — Вип. 30. — С. 157–182.
8. Quantitative and risk analysis of heavy metals in selected leafy vegetables [Електронний ресурс] / P. Mamatha, S. Salamma, A.V.N. Swamy and B. Ravi Prasad Rao // Der Pharma Chemica. — 2014. — No. 6 (3). — P. 179–185 — Режим доступу: [http://derpharmachemica.com/archive.html]
9. Brian J. Alloway. Heavy metals in soils. Trace elements and Metalloids in Soils and their Bioavailability / Third ed. Alloway Brian J. — UK, Springer, 2010. — 235 p.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
11. Методичні вказівки по визначенню Hg, Zn, Co, Cd, Cu, Ni в ґрунті, рослинах, у воді методом тонкошарової хроматографії / В.М. Кавецький, Н.А. Макаренко, А.М. Лішук та ін. // Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в пищевых продуктах в кормах и внешней среде. — К.: Минэкологии Украины, 2001. — Вып. 29. — С. 18–24.
12. Ивантер Э.В. Элементарная биометрия: учеб. пособие / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. — Петрозаводск, 2010. — 104 с.
13. Cempel M. Nickel: A Review of Its Sources and Environmental Toxicology / M. Cempel // Polish J. of Environ. Stud. — 2006. — Vol. 15, No. 3. — P. 375–382.
14. Куценко С.А. Основы токсикологии: научно-методическое издание / С.А. Куценко. — СПб., 2004. — 720 с.

REFERENCES

1. Reymers, N.F. (1994). *Jekologija (teorii, zakony, pravila, principy i gipotezy)* [Ecology (theories, grounds, principles, rules and hypothesis)]. Moscow [in Russian].
2. Bondar, O.I., Trokoz, V.A. & Ryzhenko, N.O. (2008). *Ekolohichnyi stan m. Kyieva* [Ecological state of Kyiv]. Kyiv: AMG [in Ukrainian].
3. Alekseyev, YU.V. (2008). *Tjzhelye metally v agrolandshafte* [Heavy metals in agrolandscape]. Sankt-Peterburg: PIYaPh [in Russian].
4. Kucheryavyy, V.P. (2001). *Ekolohiia* [Ecology]. Lviv: Svit [in Ukrainian].
5. Ryzhenko, N.O. (2015). *Ekolohichnyi monitorynh rekreatsinykh landshaftiv Holosiivsko-Feofanivskoi*

- ta Koncha-Zaspivskoi zelenykh zon m. Kyieva [Ecological monitoring in recreation landscapes of 'Holosiyiv-Pheophania' and 'Koncha-Zaspa' green parks in Kyiv]. *Ekologichni nauky – Ecological sciences*, 10 (3), 202–225 [in Ukrainian].
6. Bondar, O.I. & Ryzhenko, N.O. (2010). Ekologichnyi monitorynh m. Kyieva [Ecological monitoring of Kyiv]. *Ahroekologichnyy zhurnal – Agroecological Journal*, 2, 41–46 [in Ukrainian].
 7. Scherbachenko, O.I. (2014). Vazhki metaly yak toksychnyi faktor zabrudnennia pryrodnoho sere-dovyshcha: stiikist i adaptatsiia roslyn do yikh vplyvu [Heavy metals as a toxic factor of environment pollution: stability and adaptation of plants to their influence]. *Naukovi zapysky derzhavnoho pryrodnoznavchoho muzeiu – Scientific notes of the State Natural History Museum*, 30, 157–182 [in Ukrainian].
 8. Mamatha, P., Salamma, S., Swamy, A.V.N. & Ravi Prasad Rao, B. (2014). Quantitative and risk analysis of heavy metals in selected leafy vegetables, *Der Pharma Chemica*, 6 (3), 179–185. Retrieved from <http://derpharmachemica.com/archive.html> [in English].
 9. Brian J. (2005). *Alloway. Heavy metals in soils. Trace elements and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. (3d ed.). UK: Springer [in English].
 10. Dospheov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta [Methodology of field experiment]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
 11. Kavetsky, V.N., Makarenko, N.A., Lishchuk, A.M., Bugogis, A.M. & Kavetsky, S.V. (2001). Metodychni vkazivky po vyznachenniu Hg, Zn, Co, Cd, Cu, Ni v gruntі, roslynakh, u vodi metodom tonkosharovoі khromatohrafiі [Chromatography Methods of the Hg, Zn, Co, Cd, Cu, Ni determination in soil, plant and water]. *Methodic of determination pesticides residues in food, forage and environment*. (Vol. 29). Kyiv: Minekolohiyi Ukrayiny [in Ukrainian].
 12. Ivanter, Je.V., Korosov, A.V. (2010). *Jelementarnaja biometrija: ucheb. Posobie [Elementary biometrics: Textbook]*. Petrozavodsk: PetrGU [in Russian].
 13. Cempel, M. (2006). Nickel: A Review of Its Sources and Environmental Toxicology. *Polish J. of Environ. Stud.*, 15, 3, 375–382 [in English].
 14. Kucenko, S.A (2004). *Osnovy toksikologii: nauchno-metodicheskoe izdanie [Principles of Toxicology: scientific and methodologic edition]*. Sankt-Peterburg: Folyant [in Russian].

УДК 550.4 : 502.56/568

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ АГРОСЕЛІТЕБНИХ ЛАНДШАФТІВ УКРАЇНИ

І.В. Кураєва¹, Ю.Ю. Войтюк¹, А.І. Самчук¹, О.П. Локтіонова¹, О.Г. Мусіч²

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

² ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища України»

Досліджено закономірності розподілу мікроелементів у ґрунтах під впливом промислових підприємств (Маріупольська та Шосткинська ділянки). За геохімічними критеріями виділено техногенні асоціації важких металів у забруднених ґрунтах агроландшафтів під впливом підприємств чорної металургії ($Pb\ 23,2 > Cu\ 8,4 > Zn\ 5,5 > Cr\ 3,9 > Mn\ 2,5$) та хімічної промисловості ($Pb\ 23 > Ni\ 16 > Cr\ 9 > Co\ 5 > Ag\ 4 > Cu\ 2$). Встановлено, що на техногенно-забруднених територіях змінюються фізико-хімічні показники ґрунтових відкладів; збільшується рухливість важких металів. Обґрунтовано біогеохімічні критерії виділення техногенно забруднених ділянок за наявністю мікроорганізмів у ґрунтах, не характерних для фонових територій.

Ключові слова: мікроелементи, агроландшафти, мікроорганізми.

Ландшафтно-геохімічні умови України сприяють розвитку аграрної галузі. Однак

насиченість території країни промисловими підприємствами різного профілю істотно вплинула на мікроелементний склад ґрунтового і рослинного покриву. Особливу роль для розуміння процесів міграції та

концентрації хімічних елементів у життєво важливих для людини об'єктах довкілля відіграє сучасна екологічна геохімія. Встановлення закономірностей зміни хімічного складу навколишнього природного середовища загалом та його компонентів, зокрема в умовах техногенного впливу, є важливим завданням природознавства, вирішенням якого і займається екологічна геохімія.

Велика роль фундатора сучасної екологічної геохімії належить В.І. Вернадському. Подальші ідеї та підходи до вивчення техногенної міграції були розроблені провідними геохіміками і спеціалістами природничих наук — О.Є. Ферсманом, О.П. Виноградовим, Б.Б. Полиновим, О.О. Беусом, О.І. Перельманом, В.А. Ковдою, М.О. Глазовською, М.С. Касимовим, К.І. Лукашевим, В.К. Лукашевим, В.В. Добровольським, Ю.Ю. Саєтом, Ю.А. Ізраєлем, В.В. Ковальським, Е.В. Собоновичем, Е.Я. Жовинським, Г.О. Іутинською, В.В. Медведєвим, А.І. Фатєєвим, Т.М. Єгоровою, В.Б. Ільїним, Дж. Фортеск'ю та ін. Проте геохімічні особливості міграції та акумуляції мікроелементів у геологічному середовищі, що зазнає техногенного впливу, вивчено не всебічно. Особливо, це стосується дослідження форм знаходження мікроелементів у ґрунтах та їх біогеохімічних особливостей, що впливають на умови ведення аграрної діяльності.

Метою наших досліджень було визначення закономірностей розподілу мікроелементів у ґрунтах агроселітебних ландшафтів у зоні впливу підприємств чорної металургії та хімічної промисловості.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення вмісту мікроелементів у ґрунтах використовували фізико-хімічні (атомно-абсорбційний, спектральний) та хімічний (силікатний) аналізи. Для розділення форм знаходження мікроелементів у ґрунті застосовували метод постадійних витяжок [1]. Карти розподілу мікроелементів у ґрунтах побудовано у програмі MapInfo 9 відповідно до методичних рекомендацій Н.К. Андросової [2]. Еколого-геохімічну оцінку за сумарним показником

забруднення здійснювали за методикою Ю.Ю. Саєта [3]. Чисельність ґрунтової мікрофлори визначали загальноприйнятими методами [4, 5]. Відбір проб ґрунту здійснювали відповідно до вимог ГОСТ 17.4.4.02–84 паралельно з опробуванням рослинності.

Об'єктами дослідження були ґрунти, ґрунтові мікроорганізми та рослинність «Маріупольської ділянки», що зазнає впливу підприємств чорної металургії, та «Шосткинської ділянки», на якій позначився вплив підприємств хімічної промисловості. Для Маріупольської ділянки за фонову територію було прийнято с. Мелекіне, для Шосткинської — с. Ображіївка. На ділянках досліджень вирощують сільськогосподарську продукцію, яку споживає місцеве населення. Загалом, було відібрано 450 зразків ґрунтів та 60 зразків рослинності.

Місцерозташування Маріупольської ділянки — південь Донецької обл. біля гирла р. Кальміус, що впадає в Азовське море. Поверхня — рівнинна, слабохвиляста, до моря обривається крутим уступом, уздовж моря — вузька смуга піщаного узбережжя. Ділянка досліджень розміщується у південній частині Приазовського мегаблоку — східна частина Українського щита. Дослідження проводили, в основному, на чорноземах звичайних і приазовських потужних малогумусних. Ґрунтоутворювальними породами на цій території є лесоподібні важкі суглинки. Маріупольська ділянка належить до ландшафтів кальцієвого геохімічного класу; перебуває під впливом ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат (ММК) ім. Ілліча» та ВАТ «Металургійний комбінат (МК) «Азовсталь», які характеризуються підвищеними обсягами повітряних викидів та водних скидів [4].

Шосткинська ділянка розміщується на території Сумської обл., що входить до зони Новгород-Сіверського Полісся (частина Українського Полісся). На сході територію обмежує Середньоросійська височина, на півдні — Сумська лісостепова зона. У фізико-географічних процесах безпосередньо беруть участь крейди, і,

палеогенові та антропогенові відклади, які залягають вище від місцевого базису ерозії. Потужність антропогенових відкладів у межах м. Шостки становить 20–25 м. Дослідження проводили здебільшого на дерново-підзолистих ґрунтах. Основними забруднювачами на цій площі є три промислові зони міста — ПАТ «Шосткинський завод хімічних реактивів», Шосткинський казенний завод «Зірка», ВАТ «Акціонерна компанія «Свема», що спричиняють небезпечну екологічну ситуацію на досліджуваній території [6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Маріупольська ділянка. Мікроелементи, що надходять із техногенних джерел, зрештою потрапляють на поверхню ґрунтів. Їх подальша міграційна здатність у глиб профілю залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунтів (табл. 1).

Однією з найважливіших еколого-геохімічних характеристик є буферність ґрунтів. Вона залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунтового поглинального комплексу, складу органічної речовини ґрунту. Коефіцієнт буферності є прямопропорційним змiні рН. Еколого-геохімічна суть цього показника полягає у відображенні властивостей системи протистояти техногенному впливу [7].

Коефіцієнти концентрації мікроелементів у ґрунтах агроландшафтів під впливом Маріупольської ділянки утворюють ряд — Pb 23,2 > Cu 8,4 > Zn 5,5 > Cr 3,9 > Mn 2,5. За результатами геохімічних досліджень

у м. Маріуполі виявлено дві техногенні аномалії із значно високим рівнем забруднення (рис.) — поліелементне забруднення ґрунтів у зоні впливу підприємств чорної металургії: перша — у центральній (густонаселеній) частині міста, друга — у північно-західній.

Встановлено, що внаслідок забруднення ґрунтів мікроелементами змінюється не тільки валовий уміст, але і їх форми находження в ґрунтах [8]. Завдяки методу послідовних витяжок ми виявили, що найменший уміст важких металів є характерним для водорозчинної форми — 0,1–0,15% від валової кількості хімічних елементів. Слід наголосити, що незважаючи на високі рівні забруднення ґрунтів, що значно перевищують фонові значення мікроелементів за валовою кількістю, їх уміст у водній витяжці залишається доволі низьким і перевищує гранично допустимі концентрації лише у найбільш забруднених ґрунтах.

Уміст мікроелементів у обмінній формі досліджуваних ґрунтів становить 8–11%. Для фонових ґрунтів цей показник є нижчим — 1–2,3%. Відмінною рисою чорноземів звичайних є наявність форм мікроелементів, сполучених з карбонатами, що обумовлено специфічною міцелярною формою останніх. Частка мікроелементів, сполучених з карбонатами, у техногенно-забруднених ґрунтах становить 12–14%. Значна частина металів поєднується з оксидами і гідроксидами Fe. Слід зауважити, що більша частина металів поєднується з аморфними сполуками Fe. Частка сполук у цій формі становить 38–42% від валової

Таблиця 1

Фізико-хімічна характеристика ґрунтів Маріупольської ділянки

Місце відбору проб ґрунтів	C _{орг} [*] , мг/кг	рН	Обмінні катіони, мг · екв/100 г						K _б ^{***}
			H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	E _{сум} ^{**}	
Техногенно забруднена ділянка	4,7	6,8	7,2	2,3	1,2	0,1	1,0	11,8	4,2
Фонові ділянки (с. Мелекіне)	6,4	7,4	8,4	38,2	13,0	0,6	0,5	60,7	55,2

Примітка: * C_{орг} — кількість органічної речовини; ** E_{сум} — сума обмінних катіонів; *** K_б — коефіцієнт буферності.



Карта сумарного показника забруднення ґрунтів Маріупольської ділянки важкими металами

кількості мікроелементів. Ймовірно, це обумовлено розвитком відновлювальних процесів і оглеєння в перезволожених ґрунтах, що сприяє збільшенню частки аморфних сполук і відновленню Fe^{3+} до Fe^{2+} .

Проведено еколого-геохімічне дослідження трав'янистої рослинності на прикладі пір'ю повзучого (*Elytrigia repens*) [9], що є найпоширенішим представником міських біоценозів. Аналіз коефіцієнтів біологічного переходу дав змогу виявити деякі закономірності у біологічному поглинанні мікроелементів видом із твердої фази ґрунту. Найінтенсивніше пір'я повзучий поглинає Mo і Cu (хімічні елементи сильного біологічного накопичення), менш інтенсивно — Ni , Co , найменше — Cr і V . Коефіцієнт біогеохімічної активності виду, що характеризує інтенсивність поглинання хімічних елементів рослинами, становить 10,4. Зольність — 13,5–14,5%.

За техногенного надходження мікроелементів відбувається різкий вплив на природні біологічні комплекси, що спричиняє зміни рівноважного стану у спільнотах живих організмів, у т.ч. мікроскопічних грибів [5]. Під час дослідження ґрунтів Маріупольської ділянки було виділено та

ідентифіковано 61 штам, 27 видів і 15 родів мікроскопічних грибів [4]. Домінуючими видами для ґрунтів, відібраних біля «МК «Азовсталь», були *Mucor plumbeus*, *Aspergillus fumigatus* і *Aspergillus flavus*. Останні два види грибів відносяться до III групи патогенності і можуть продукувати мікотоксини та викликати різні захворювання людини і тварин. Так, *Aspergillus flavus* продукує афлатоксин, афлатрем, стеригматоцистину; викликає легеневі інфекції, отомікози, мікотичні синусити, ендокардити. *Aspergillus fumigatus* може продукувати гліотоксин, верукулоген, вірідітоксин, фумігатин, фумігалін, гільвелову кислоту, ерготоксин; є збудником бронхопневмонії; викликає аспергіломи, кератити, оніхомікози, різного роду алергії. Домінуючими видами для ґрунтів, відібраних біля «ММК ім. Ілліча», були *Rhizopus stolonifer* і *Aspergillus niger*. Важливим чинником є те, що *Aspergillus niger* — це меланінвмісний гриб. Часто трапляється *Aspergillus flavus* і *Aspergillus fumigatus* (III група патогенності).

Шосткинська ділянка. Встановлено, що на розподілення важких металів впливають фізико-хімічні показники ґрунтів [7]. Уміст органічної речовини зменшується з 1,61%

Таблиця 2

Вміст рухомих форм мікроелементів у ґрунтах Шосткинської ділянки

Ділянки досліджень	Вміст рухомої форми, мг/кг				
	Ni	Pb	Cr	Cu	Co
Техногенно забруднена ділянка	5,5	46	7	20	6
Фонова ділянка (с. Ображіївка)	0,4	1,4	0,2	2,2	0,1
Граничнодопустима концентрація	4	2	0,05	3	5

на фонових ділянках до 0,75% для техногенно забруднених ґрунтів. У техногенно забруднених ґрунтах рН варіює у межах 4,8–5,1, у ґрунтах фонових ділянок цей показник підвищується до 6,4–6,5. Уміст поглинутих катіонів у ґрунтах фонових ділянок є вищим порівняно із техногенно забрудненими.

Валові концентрації мікроелементів на Шосткинській ділянці перевищують фонові значення в десятки разів. Наприклад, валовий уміст Cr у гумусовому горизонті ґрунтів ділянки перевищує фон у 30 разів, Ni — у 25, Ag — у 10, Cu — у 6, Pb — у 3, Co — у 4 рази. Було розраховано коефіцієнти концентрації мікроелементів у ґрунтах, на основі яких виділено техногенні геохімічні асоціації. До складу геохімічної асоціації мікроелементів у ґрунтах Шосткинської ділянки входять такі елементи (гумусовий горизонт): Pb 23 > Ni 16 > Cr 9 > Co 5 > Ag 4 > Cu 2. Шосткинська ділянка має різний ступінь техногенного навантаження: від середнього — до дуже забрудненого, сумарний показник забруднення коливається від 16,5 до 177,1.

Для повної характеристики забруднення території досліджень були враховані форми надходження мікроелементів (табл. 2).

Дослідження вмісту рухомих форм металів на вказаній території під впливом підприємств хімічної промисловості підвищується порівняно з фоновими ділянками, що є критерієм забрудненості ґрунтових відкладів. Наприклад, зростає рухомість: Cr — у 35 разів, Pb — у 33, Ni — у 13, Cu — у 9, Co — у 2 рази.

Спеціальні біогеохімічні дослідження ґрунтів на видовий склад мікроскопічних

грибів засвідчили, що найчастіше у значній кількості трапляються представники роду *Penicillium*. Серед них багато видів зі значною біохімічною активністю: *P. hazzianum* Rifai, *P. thomii* Zalesky, *P. godlevsky* Zalesky, *P. decumbens* Thom. Мабуть, саме ці види пеніцелії та *Trichoderma harzianum* Rifai можуть бути індикаторами наявності мікроелементів у ґрунті. Із зразка, взятого на глибині 100 см, виділено такі види грибів: *Trichoderma* — *Tr. hamatum* Bainier і *Tr. koningii* Oudem, а також *P. notatum* Westling і *P. kursanovii* Chalab, що є специфічними тільки для ґрунтових відкладів досліджуваного промислового району. Існують й інші види — *Alternaria*, *Aspergillus*, але ці представники є типовими для багатьох промислових районів [10].

ВИСНОВКИ

Забрудненість ґрунтів мікроелементами спричиняє зміни їх фізико-хімічних властивостей (рН, катіонно-обмінна ємність), які відрізняються від властивостей фонових ділянок. У досліджуваних ґрунтах під впливом підприємств чорної та хімічної промисловості значно підвищується валовий уміст мікроелементів порівняно з умовно безпечними ґрунтами. Техногенне надходження мікроелементів у навколишнє природне середовище негативно впливає не тільки на ґрунти, але і на рослини, які по-різному адаптуються до екстремальних еколого-геохімічних умов довкілля. Проведені мікробіологічні дослідження свідчать, що індикаторами забруднення ґрунтів мікроелементами слугують певні види мікроорганізмів у досліджених відкладах. Результати можуть бути використані як

для прогнозування екологічної ситуації на локальному та регіональному рівнях, так і

для виробництва та проведення агроекологічних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах / А.И. Самчук, Г.Н. Бондаренко, В.В. Долин [и др.] // Минералогический журнал. — 1998. — № 2. — С. 48–59.
2. Андросова Н.К. Геолого-экологические исследования и картографирование (Геоэкологическое картирование): учеб. пос. / Н.К. Андросова. — М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 2000. — 98 с.
3. Саєт Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саєт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
4. Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти): монографія / С.П. Кармазиненко, І.В. Кураєва, А.І. Самчук [та ін.]. — К.: Інтерсервіс, 2014. — 168 с.
5. Іутинська Г.О. Ґрунтова мікробіологія: навч. пос. / Г.О. Іутинська. — К.: Апістей, 2006. — 282 с.
6. Heavy Metals in Soils Under the Heel of Heavy Industry / G. Lysychnenko, I. Kuraieva, A. Samchuk [et al.] // Soil Science Working for a Living. Applications of soil science to present-day problems. — National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2017. — P. 203–211.
7. Жовинський Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины: монография / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева. — К.: Наук. думка, 2002. — 213 с.
8. Форми знаходження важких металів у техногенно забруднених ґрунтах міських агломерацій / А.І. Самчук, І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк [та ін.] // Мінералогічний журнал. — 2016. — Т. 38, № 4. — С. 66–74.
9. Войтюк Ю.Ю. Поглинання важких металів із ґрунту рослинністю зони техногенезу / Ю.Ю. Войтюк // Вісник Дніпропетровського університету. — 2016. — Т. 24, № 2. — С. 11–17. — (Серія: Геологія. Географія).
10. Біогеохімічні критерії оцінки екологічного стану ґрунтового покриву міських агломерацій / І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк, О.В. Матвієнко, О.Г. Мусіч // Пошукова та екологічна геохімія. — 2015. — № 1 (16). — С. 3–8.

REFERENCES

1. Samchuk, A.I., Bondarenko, G.N., Dolin, V.V., Shshik, Ju.Ja., Shramenko, I.F., Mickevich, B.F., & Egorov, O.S. (1998). Fiziko-himicheskie uslovija obrazovaniya mobil'nyh form toksichnyh metallov v pochvah [Physico-chemical conditions for the formation of mobile forms of toxic metals in soils]. *Mineralogichnyj zhurnal — Mineralogical journal*, 2, 48–59 [in Russian].
2. Androsova, N.K. (2000). *Geologo-jekologicheskie issledovaniya i kartografirovanie (Geojekologicheskoe kartirovanie) [Geological and Ecological Studies and Mapping (Geoecological Mapping)]*. Moscow: Yzd-vo RUDN [in Russian].
3. Saet, Ju.E., Revich, B.A., & Janin, E.P. (1990). *Geohimija okruzhajushhej sredy [Environmental Geochemistry]*. Moscow: Nedra [in Russian].
4. Karmazynenko, S.P., Kurajeva, I.V., Samchuk, A.I., Vojtjuk, Ju.Ju., & Manichev, V.J. (2014). *Vazhki metaly u komponentah navkolyshn'ogo seredovyshha m. Mariupol' (ekologo-geohimichni aspekty) [Heavy metals in the components of the environment. Mariupol (ecological and geochemical aspects)]*. Kyiv: Interservis [in Ukrainian].
5. Iutyyn's'ka, G.O. (2006). *G'runтова mikrobiologija [Soil microbiology]*. Kyiv: Aristej [in Ukrainian].
6. Lysychnenko, G., Kuraieva, I., Samchuk, A., Manichev, V., Voitiuk, Yu., & Matvienko, O. (2017). Heavy Metals in Soils Under the Heel of Heavy Industry. *Soil Science Working for a Living. Applications of soil science to present-day problems*. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine [in English].
7. Zhovinskij, Je.Ja., & Kuraieva, I.V. (2002). *Geohimija tjazhelyh metallov v pochvah Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in soils of Ukraine]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
8. Samchuk, A.I., Kurajeva, I.V., Vojtjuk, Ju.Ju., Matvienko, O.V., & Vovk, K.V. (2016). Formy znahodzhennja vazhkyh metaliv u tehnogenno zabrudnennyh g'runtah mis'kyh aglomeracij [Forms of finding heavy metals in technogenically polluted soils of urban agglomerations]. *Mineralogichnyj zhurnal — Mineralogical journal*, 38 (4), 66–74 [in Ukrainian].
9. Vojtjuk, Ju.Ju. (2016). Poglynannja vazhkyh metaliv iz g'runtu roslinnistju zony tehnogenezu [Absorption of heavy metals from the soil by vegetation in the technogenic zone]. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo universytetu. Geologija. Geografija — Bulletin of the University of Dnepropetrovsk. Geology, geography*, 24 (2), 11–17 [in Ukrainian].
10. Kurajeva, I.V., Vojtjuk, Ju.Ju., Matvienko, O.V., Musich, O.G. (2015). Biogeohimichni kryterii' ocinky ekologichnogo stanu g'runtovogo pokryvu mis'kyh aglomeracij [Biogeochemical criteria for assessing the ecological status of the soil cover of urban agglomerations]. *Poshukova ta ekologichna geohimija — Exploration and environmental geochemistry*, 1 (16), 3–8 [in Ukrainian].

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ В р. УСТЯ ЗА ІНТЕНСИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Л.Д. Романчук, Т.П. Федонюк, А.А. Петрук

Житомирський національний агроекологічний університет

Наведено результати досліджень якості води р. Устя на ділянках, розташованих вище та нижче м. Рівного. Встановлено, що природний гідрохімічний режим майже на всіх ділянках річки істотно порушено внаслідок впливу антропогенних чинників, а за такими показниками, як амонійний азот, нітритний азот, фосфор, БСК₅, ХСК вода річки відноситься до категорії 4, III класу, що за екологічною класифікацією вод відповідає значенню «задовільні», або «слабозабруднені» води. Обґрунтовано, що з огляду на максимальні значення деяких параметрів води р. Устя, її слід віднести до категорії 6 — «погані» і «брудні».

Ключові слова: забруднення, поверхневі води, антропогенне навантаження, стічні води.

Екологічні проблеми річок України на сьогодні набувають дедалі більшої актуальності, адже стан їх басейнів здебільшого оцінюється як критичний. Зокрема, значне занепокоєння викликає стан малих річок, які особливо страждають від антропогенного навантаження [1, 2]. Своєрідним «лакмусовим папірцем» малих річок України, які потребують особливої уваги та охорони, є р. Устя. Річка протікає лише на території Рівненської області, у межах Рівненського та Здолбунівського районів, і за своєю гідрологічною будовою та іншими характеристиками є типовим представником малих річок Волинської височини. Водойма належить до басейну р. Горинь та є її лівою притокою першого порядку. Майже на всій своїй протяжності, як і всі інші річки Полісся України, вона зазнає значного техногенного впливу підприємств промислового та аграрно розвиненого густонаселеного регіону. Стан деяких складових екосистеми р. Устя і направленість процесів, що відбуваються в її басейні, зумовили загальну екологічну ситуацію, яка на сьогодні характеризується як незадовільна.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Екологічну оцінку якості води р. Устя у 2015–2016 рр. здійснювали згідно з еко-

логічною класифікацією якості поверхневих вод суші та естуаріїв, викладеній у «Методиці екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями». Дослідженнями було охоплено дві ділянки, на яких відбирали проби води: 1 — розташована вище м. Рівного, що надало змогу зробити висновки про стан води у річці; 2 — розташована нижче м. Рівного, що уможливило оцінити якість води, яка формується внаслідок надходження стічних вод та поверхневого стоку сільськогосподарських угідь. Відбір проб здійснювали згідно з чинними нормативними документами [3–6].

Фізичні властивості та хімічний склад природних вод р. Устя визначали за відповідною методикою [4] загальноприйнятими методами. Температуру води вимірювали термометром у момент відбору проб *in situ*. З органолептичних характеристик води визначали колірність та запах. Всі аналізи з визначення показників якості води виконували згідно з чинними керівними нормативними документами та методичними розробками [5–7] у відділі інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції у Рівненській області.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз результатів досліджень свідчить, що природний гідрохімічний режим майже

на всіх ділянках річки є істотно порушеним під впливом антропогенних чинників. Одним з найбільш негативних процесів, що відбуваються у басейні р. Устя, є постійне заболочування на всій протяжності русла, що спричинено як природними процесами, так і господарською діяльністю людини. Значну частку в земельному фонді басейну становлять землі сільськогосподарського призначення (79,8%), тому розораність схилів та русла річки до прибережної смуги, змив ґрунтів, торфорозробка, пологі береги (чинник утворення ярів та надмірного поверхневого стоку), підтоплення територій та замулювання русла спричиняють міграцію значної кількості зважених часток, сполук азоту та фосфору, пестицидів та інших отрутохімікатів.

У досліджуваній період величина мінералізації води р. Устя змінювалася в межах від 556 до 632 мг/дм³, що згідно з екологічною класифікацією відповідало значенню категорії 2 II класу. Концентрація хлоридів у воді в створі вище м. Рівного варіювала у межах 55,71–78,0 мг/дм³, відповідно — категоріям 3–4 II класу. Вміст сульфатів у воді становив 18,5–67,2 мг/дм³, і ці значення, як правило, не виходили за межі категорії 1.

За трофосапробністю річка вище м. Рівного характеризується, переважно, як мезо-евтрофний (зі зміщенням до евтрофного), β'-мезосапробний (із зміщенням до β''-мезосапробного) водний об'єкт. Однак за найгіршими показниками в деякі сезони р. Устя належить до евтрофних і навіть до евполітрофних α-мезосапробних вод, що свідчить про доволі високу забрудненість водойми.

Поряд із тим особливості процесів, які відбуваються в екосистемах р. Устя, обумовлюють закономірну диференціацію відповідності певних трофо-сапробіологічних показників категоріям якості води. Вони зводяться до таких основних аспектів, як-от:

- низька прозорість води (характеризується значеннями 6–7), що спричинено високими показниками вмісту гумусових та залізовмісних речовин. Здебільшого, це обумовлено характером та станом ґрунто-

вого покриву басейну та значною часткою його розораності, а також хімічними складовими ґрунтових вод та їх значенням у живленні річки;

- високий вміст у річковій воді важкоокислюваних гумусових речовин, що надходять із перезволожених територій і заболочених ділянок, а також із ґрунтовими і стічними водами, чим пояснюються і порівняно високі значення біхроматної окиснювальності води;

- значний діапазон мінливості рН річкової води (від 1 до 6 категорії) пояснюється значним впливом як антропогенних, так і природних чинників, таких як, наприклад, геологічна будова водозбору, продукційно-деструкційні процеси у водних екосистемах тощо;

- високий вміст мінерального азоту і фосфору у воді р. Устя, що зумовлено надмірним надходженням їх у водний об'єкт зі стічними водами, а також з поверхневим стоком водозбору річки.

За результатами досліджень середньорічні концентрації завислих частинок у воді р. Устя є незначними. Їх показники, переважно, не перевищують межі категорії 2. У створі вище та нижче м. Рівного 2015 р. середньорічна концентрація завислих речовин становила (мг/дм³): 3,01 (1 категорія), варіюючи в діапазоні 0,85–8,35 (1–2 категорія) та 5,25 (2 категорія), варіюючи у діапазоні 0,72–22,11 (1–4 категорія) відповідно. Найбільша концентрація завислих речовин була зафіксована восени, найнижча — влітку.

Так, прозорість води р. Устя є низькою (20 см) — відповідає категорії 6. Варіювання значень цього показника є незначним — 18,21–23,1 см (категорії 6–7). Найнижчим цей показник був восени внаслідок підвищення концентрації завислих речовин, що зумовлено надходженням поверхневого стоку з території водозбору річки.

Для води р. Устя характерною є слаболужна реакція. Внаслідок надходження у воду річки стічних вод значення рН у досліджений період варіювало у межах — від 6,0 до 8,64. Однак його середньорічне значення не перевищувало рівень категорії 1.

Кисневий режим води р. Устя переважно є сприятливим. Концентрація кисню у досліджуваній період здебільшого не перевищувала $8,5 \text{ мг/дм}^3$ (категорія 1). Однак, слід наголосити, надходження до річкових вод органічних частинок зі стічними водами, поверхневим стоком та ґрунтовими водами визначали за дефіцитом кисню у водному об'єкті у створі нижче м. Рівного. Наприклад, у 2015 р. на ділянці річки вище міста вміст кисню у воді становив $8,3 \text{ мг/дм}^3$ (категорія 1), а нижче — $3,1 \text{ мг/дм}^3$ (категорія 7).

Для води р. Устя характерним є високий вміст біогенних елементів. Цей факт пояснюється значним антропогенним навантаженням на водний об'єкт. Нижче м. Рівного концентрація амонійного азоту у воді річки різко зростає. Так, середньорічна концентрація амонійного азоту у 2015 р. вище м. Рівного становила $0,45 \text{ мг/дм}^3$ (категорія 4 — «задовільні»), а нижче міста — $1,71 \text{ мг/дм}^3$ (категорія 6 — «погані»).

Аналіз динаміки вмісту амонійного азоту у воді р. Устя засвідчив, що цей показник відповідає категорії 3 якості води — $0,33 \text{ мг/дм}^3$. Виняток є лише ті ділянки водойми, де перевищення за іонами аміаку, нітрат- та нітрит іонами зумовлено високим їх вмістом у ґрунтових водах.

Також зафіксовано у водах річки і значний вміст нітритів. Зокрема, у 2014 р. — $0,022 \text{ мг/дм}^3$, у 2015 р. — $0,033 \text{ мг/дм}^3$, що відповідає категоріям якості води — 3 та 4 відповідно.

Уміст нітратів за весь досліджуваний період у воді р. Устя був низьким. Середньорічна їх концентрація варіювала в незначному діапазоні — $0,079\text{--}0,119 \text{ мг/дм}^3$ і не перевищувала значення категорії 1 якості води у системі екологічної класифікації поверхневих вод. Найвищі значення вмісту нітратів сягали категорії 4, а найнижчі — (категорія 3) були зафіксовані влітку, що свідчить про інтенсивне споживання азоту водними рослинами.

Іншим біогенним елементом, що визначає якість води, є фосфор. Середньорічна концентрація цього елемента у досліджуваний період варіювала в межах $0,089\text{--}$

$0,252 \text{ мг/дм}^3$, за максимального значення $0,201\text{--}0,299 \text{ мг/дм}^3$ (категорії 5–7).

Значення БСК₅ варіювало у воді р. Устя у незначному діапазоні — $2,79\text{--}4,91 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (категорії 4–5). Незначно змінювався цей показник і у розрізі сезонів року.

Перманганатна окиснювальність у воді р. Устя вимірювалась у межах — $3,15\text{--}6,1 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (категорії 2–3). Середньорічне значення біхроматної окиснювальності води вище м. Рівного у 2014 р. становило $25,98 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (категорія 4), максимальне — у межах $38,98 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$. Такі високі значення біхроматної окиснювальності свідчать про присутність у ній важкоокиснювальних органічних сполук. Найвищі співвідношення ХСК/БСК₅ спостерігалися у літньо-осінній період.

ВИСНОВКИ

Аналізуючи усі параметри, які характеризують забрудненість води органічними речовинами у р. Устя на ділянці вище м. Рівного, можна зробити висновок, що за такими показниками, як завислі речовини, рН, нітратний азот, розчинений кисень вона відноситься до категорії 1–2 I класу, що відповідає градації вод «дуже добрі»; за такими показниками, як амонійний азот, нітритний азот, фосфор, БСК₅, біхроматна окиснювальність — відноситься до категорії 4 III класу, що відповідає за екологічною класифікацією вод значенню «задовільні» або «слабозабруднені» води. Зважаючи на максимальні значення деяких параметрів, води р. Устя слід віднести до категорії 6 — «погані» і «брудні».

Пріоритетними щодо покращення стану басейну р. Устя мають стати заходи зі зменшення змиву ґрунтів, які призводять до замулювання та забруднення поверхневих вод, шляхом обмеження господарського втручання в заплаву, а також впровадження екологічно безпечних технологій сільськогосподарського та промислового виробництва у її басейні, здійснення систематичного контролю господарської діяльності, створення лісових та чагарникових насаджень у долині для зменшення поверхневого стоку, недопущення надходження

забруднених стоків від приватних секторів, сільськогосподарських підприємств,

проведення екологічної роз'яснювальної діяльності серед населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василюк Т.П. Видовий склад макрофітів водойм біоочистки стічних вод Житомирщини / Т.П. Василюк // Сучасні проблеми екології та геотехнологій: тези X Всеукр. наук. конф. студентів, магістрів та аспірантів (Житомир, 10–12 квітня 2013 р.). — Житомир: ЖДТУ, 2013. — С. 34.
2. Романчук Л.Д. Динаміка вмісту аніонних поверхнево-активних речовин у експериментальних спорудах гідрофітного очищення води / Л.Д. Романчук, Т.П. Федонюк, В. М. Пазич // Збалансоване природокористування. — 2015. — № 4. — 72–76.
3. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків. — Ч. 6: Настанови щодо зберігання та поводження з пробами. — Ч. 3: ДСТУ ISO 5667–2001. — [Чинний від 01.07.2001 р.]. — К., 2002. — 11 с. — (Державний стандарт України).
4. Охорона навколишнього природного середовища. Якість вимірювання складу та властивостей об'єктів довкілля та джерел їх забруднення: КНД 21.1.4025–95. — К., 1997. — 663 с. — (Видання офіційне).
5. Сладечек В. Унифицированные методы исследования качества вод. — Ч. III: Индикаторы сапробности / В. Сладечек, В. Розмаглова. — М.: Изд. отд. Упр. дел секр-та СЭВ, 1977. — 92 с.
6. Романенко В.Д. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко. — К.: Символ, 1998. — 48 с.
7. Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення (з доповн. від 21.10.91 р.): СанПін 4630–88 [Електронний ресурс]. — К., 1992. — 67 с. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4630400–88>

REFERENCES

1. Vasyliuk, T.P. (2013). Vydovyi sklad makrofitiv vodoim bioochystky stichnykh vod Zhytomyrshchyny [Species composition of macrophytes of biological sewage water reservoirs of Zhytomyr region]. Modern problems of ecology and geotechnologies '13: X Vseukr. nauk. konf. studentiv, mahistriv ta aspirantiv (Zhytomyr, 10–12 kvitnya 2013 r.) — 10nd All-Ukrainian sciences conf. Students, masters and graduate students (pp. 34). Zhytomyr: ZhDTU [in Ukrainian].
2. Romanchuk, L.D., Fedoniuk, T.P., & Pazyh, V.M. (2015). Dynamika vmistu anionnykh poverkhnevo-aktyvnykh rehovyn u eksperymentalnykh sporudakh hidrofитного ochyshchennia vody [Dynamics of anionic surfactants content in experimental hydrophilic water treatment constructions]. Zbalansovane pryrodokorystuvannja — Balanced nature using, 4, 72–76 [in Ukrainian].
3. Jakist vody Vidbyrannia prob. Chastyna 6. Nastanovy shchodo vidbyrannia prob z richok i strumkiv [Water quality. Sampling. Part 6. Guidelines for taking samples from rivers and streams]. (2002). DSTU 5667–6:2009 (ISO 5667–6:2005, IDT) from 01th July 2001. Kyiv: Derzhavnyy standart Ukrayiny [in Ukrainian].
4. Okhrona navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha. Yakist vymiryuvannia skladu ta vlastyvostei ob'ektiv dovkillia ta dzherel yikh zabrudnennia [Environmental protection. Quality of the composition and properties measurements of environmental objects and sources of their pollution]. (1997). KND 21.1.4025–95 from 28th December 1994. Kyiv: Vydannya ofitsiynе [in Ukrainian].
5. Sladечek, V., & Rozmailova, V. (1977). Unyfytsirovannye metody yssledovannia kachestva vod. Ch. III. Yndykatory saprobnosti [Unified methods for water quality studies. P.III. Indicators of saprobity]. Moscow: Izd. Sekr. SEV [in Russian].
6. Romanenko, V.D. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevnykh vod za vidpovidnyimi katehoriiami [Methodology of ecological assessment of surface water quality according to the relevant categories]. Kyiv: Symvol [in Ukrainian].
7. SanPiN 4630–88. Sanitarni pravyla i normy okhoroony poverkhnevnykh vod vid zabrudnennia [Sanitary rules and norms of surface water protection from pollution]. (1989). SanPin 4630–88 from 2 th October 1991. Kyiv [in Russian].

ОПТИМІЗАЦІЯ ALLIUM-ТЕСТУ ДЛЯ ЕКСПРЕС-ОЦІНКИ ТОКСИЧНОСТІ ВОД ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Е.О. Аристархова

Інститут агроекології і природокористування НААН

Для експрес-оцінки токсичності вод поверхневих джерел водопостачання м. Житомира використано Allium-тест, що був удосконалений у наших попередніх дослідженнях завдяки скороченню терміну експозиції рослин та зниженню працємисткості їх тестування. В експерименті застосовано температурну стимуляцію цибулин та біотестування вод за стандартними і власними методиками. Встановлено, що здійснена перед тестуванням стимуляція ростових процесів рослин сприяла підвищенню інформативності біотесту (зокрема зменшенню на 66,67% тривалості експозиції цибулин), а також надала змогу знизити його працємисткість (завдяки спрощеному визначенню тест-реакцій цибулі). Оцінку токсичності вод поверхневих джерел водопостачання на цибулі звичайній запропоновано проводити після 14-добової температурної стимуляції цибулин ($20 \pm 2, 5^{\circ}\text{C}$) за допомогою тест-реакцій коренеутворення (за кількістю рослин із добре сформованим кореневим пучком) з експозицією 1 доба.

Ключові слова: поверхневі джерела водопостачання, Allium-тест, температурна стимуляція, коренеутворення, індекс токсичності, гостра токсична дія.

Для визначення якості вод поверхневих джерел водопостачання поряд з загально-прийнятими методами досліджень в останні десятиліття дедалі ширше впроваджуються біологічні методи, серед яких біотестування займає особливе місце, оскільки є одним з найбільш простих і зручних методів, що дає змогу виявляти загальну токсичність вод і до того ж не потребує застосування дорогих приладів та висококваліфікованих кадрів для їх обслуговування [1–4].

Майже в усіх методиках з тестування, особливо розрахованих на використання організмів різних рівнів біологічної організації, застосовується Allium-тест (біотест на цибулі) [5–8]. А подекуди тестування на цибулі може розглядатись навіть як альтернатива іншим видам тест-об'єктів [9, 10]. Єдиною проблемою реалізації тесту є тривалий термін експонування — 3–5 діб, що в умовах швидкого підвищення токсичності водного середовища внаслідок небезпечних скидів не дає можливості використовувати його для проведення експрес-оцінки вод. До того ж біотестування на цибулі, якщо вимірюється кожен корінець, потребує

багато ручної праці, що повинна бути включена за експрес-оцінки вод. Тому слід скоротити терміни експонування цибулин та спростити техніку проведення біотесту.

У наших попередніх дослідженнях за визначення якості питної води Allium-тест було удосконалено у спосіб проведення температурної стимуляції цибулин упродовж 14-ти діб та визначення довжини кореневого пучка замість довжини корінців (близько 20 од. у кожній цибуліні). Тому необхідно з'ясувати, наскільки ефективним може бути використання біотесту за модифікованою нами методикою щодо вод поверхневих джерел водопостачання.

Мета досліджень — визначити можливість використання Allium-тесту після температурної стимуляції цибулин для експрес-оцінки вод поверхневих джерел водопостачання.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення у жовтні 2014 р. гострої токсичності вод поверхневих джерел водопостачання м. Житомира, проби яких були відібрані з водосховищ р. Тетерів обсягом 1 дм^3 на групу за загальноприйнятими ме-

тодиками [9, 10], використовували біотест на цибулі звичайний сорту Штутгартен Різен. Зауважимо, що методику було удосконалено у наших попередніх дослідженнях з визначення якості питної води. Тестування вод, призначених для водопостачання, проводили у хімічних ємностях ($0,5 \text{ дм}^3$) за щоденної заміни використаної води на воду відповідної якості.

Запропонована нами методика біотестування передбачала попереднє пророщування листків цибулі. Для цього однакові за розміром цибулини ($n=200$) витримували у сухому приміщенні у прозорих хімічних ємностях ($0,5 \text{ дм}^3$) за температурної стимуляції ($20 \pm 2,5^\circ\text{C}$) і природної освітленості до відростання листків упродовж 14-ти діб. З них відбирали цибулини-аналоги (з довжиною листків $3 \pm 0,5 \text{ см}$) для формування контрольної та дослідних груп ($n=20$). Контрольну групу піддавали дії дехлорованої водопровідної води, а дослідні групи — дії вод з водосховищ р. Тетерів. Перед проведенням біотесту зрізали поодинокі сухі корінці, що були на деяких цибулинах, а також відросле листя.

Дослідження проводили за такою схемою:

- *Контрольна група* — проби дехлорованої (24 год) водопровідної води.
- *Дослідна група Д1* — проби води з водосховища «Денишівське».
- *Дослідна група Д2* — проби води з водозабору «Відсічне».

Біотестування — за кількістю цибулин із сформованим кореневим пучком (не менше 10 мм) на першу добу.

Тест-об'єкт — цибуля звичайна (*A. cepa*).

Індекс токсичності вод, що не має перевищувати 50 %, розраховували за результатами біотестування, порівнюючи отримані у дослідних групах дані з контролем за використання загальноприйнятої формули [7, 10].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Експрес-оцінка гострої токсичності води на рослинних тест-об'єктах є проблематичнішою порівняно з тваринними. Існує лише

невелика кількість тестів, здебільшого на водних рослинах, що дають змогу визначати токсичну дію води впродовж декількох годин (біотести на елодеї, валіснерії, рясці, водоростях тощо). На вищих наземних рослинах тестування зводиться переважно до виявлення інгібування росту їх кореневої системи за негативного впливу на неї неякісних вод з експозицією 3–5 і більше діб. Так, тестування на цибулі звичайній саме впродовж 5 діб вважається найефективнішим [4]. А для виявлення гострого ефекту дії вод у більш ранні терміни необхідно пришвидшити активізацію процесів росту та розвитку рослин. За нашими даними це можливо зробити за допомогою температурної стимуляції ($20 \pm 2,5^\circ\text{C}$) цибулин упродовж 14-ти діб. За цей період у рослин проростає листя, а їх коренева система перебуває у стані анабіозу. Було отримано рослини з різною довжиною листків, серед яких відбирали цибулини, що були аналогами не тільки за розміром, але й за енергією росту листя. До того ж з самого початку тестування активне листоутворення цибулин сприяло із перенесенням їх у проби води, відібрані з водосховищ, швидшому формуванню кореневої системи (табл.). Тому на відміну від класичного Allium-тесту, термін біотестування токсичності вод на цибулі значно скоротився.

Наведені дані свідчать, що температурна стимуляція росту листків цибулі, яка була проведена безпосередньо перед біотестуванням, сприяла швидшому формуванню корневих пучків, ніж за стандартного біотесту (на 66,67 %). Для зниження працемісткості тестування тест-реакцію коренеутворення фіксували за значно простішими для визначення показниками: кількістю цибулин з нормально сформованою кореневою системою та кількістю цибулин з недорозвиненим або відсутнім кореневим пучком. У класичному Allium-тесті передбачено вимірювання довжини кожного корінця, що потребує тривалішого часу, ніж звичайний підрахунок цибулин з трьома видами особливостей розвитку кореневого пучка. За допомогою вказаних показників у дослідних групах була ви-

**Біотестування токсичності вод поверхневих джерел водопостачання за визначенням
коренеутворення цибулі звичайної (*A. сера*)**

Доба дослідю/ Індекс токсичності води (Т)	Кількість цибулин (<i>n</i> = 20):					
	контрольна група (К)		дослідні групи			
			Д1		Д2	
	од.	%	од.	%	од.	%
<i>1-ша доба</i>	18	90	7	35	8	40
T_1			61,11		55,00	
Цибулини: з недорозвиненим корене- вим пучком	—		7	35	7	35
з відсутнім кореневим пучком	—	—	6	30	5	25
<i>2-га доба</i>	20	100	9	45	10	50
T_2			55,00		50,00	
Цибулини: з недорозвиненим корене- вим пучком	—	—	5	25	6	30
з відсутнім кореневим пучком	—	—	6	30	4	20

явлена токсична дія вод на процеси формування кореневої системи цибулі, що проявлялась інгібуванням росту корінців, унаслідок чого у майже половини рослин вони або взагалі не з'явилися, або відросли лише частково. Після першої доби тестування індекси токсичності перевищували 50 %, тобто вказували на чітко виражений небезпечний вплив дослідних вод на рослини. На другу добу токсичність вод дещо зменшилась (на 6,11 % — у групі Д1 і на 5 % — у групі Д2), проте продовжувала залишатись істотною. Кількість цибулин з відсутнім кореневим пучком фактично не змінилась — лише на 5 % у групі Д2, а кількість цибулин з недорозвиненим кореневим пучком стала меншою на 10 % — у групі Д1 і на 5 % — у групі Д2. У дослідних групах частка порушень формування кореневого пучка цибулі становила 25–35 %, не були виявлені — у 20–30 %. У контрольній групі будь-яких порушень у рості та розвитку кореневої системи рослин не спо-

стерігалось. Отже, токсичні компоненти вод джерел водопостачання м. Житомира майже однаково негативно впливали як на проростання корінців, так і на особливості росту та розвитку кореневого пучка.

Простіші за технікою фіксації тест-реакції цибулі звичайної, що були використані нами за удосконалення Allium-тесту з виявлення токсичності питної води, надали змогу визначити також токсичність вод поверхневих джерел водопостачання — водосховища «Денишівське» та водозабору «Відсічне». І хоча характер токсичності вод досліджуваних джерел водопостачання значно різнився (найбільш небезпечні токсиканти у питній воді — сполуки хлору, особливо хлороформ, алюмінію, а у водах водосховищ — важкі метали, СПАР, нафтопродукти, органічні речовини), коренева система цибулі у всіх варіантах дослідю демонструвала загальну токсичну дію забруднювальних речовин. До того ж тест-реакція коренеутворення, за якою підраховували

цибулини, що різнилися за особливостями формування кореневого пучка, виявилась придатнішою для визначення індексу токсичності вод, ніж загальноприйняте вимірювання довжини усіх корінців кожної цибулини. Це має забезпечити здійснення експрес-оцінки якості вод на цибулі звичайній, яка у традиційному Allium-тесті (3-добове тестування) була неможливою.

Отже, експрес-оцінку токсичності вод поверхневих джерел водопостачання на цибулі звичайній запропоновано проводити після 14-добової температурної стимуляції рослин ($20 \pm 2,5^\circ\text{C}$) за тест-реакцією коренеутворення з експозицією — 1 доба. У подальших дослідженнях кореневу систему цибулі слід використати також для виявлення цито- та генотоксичності цих вод.

ВИСНОВКИ

Температурна стимуляція цибулин упродовж 14-ти діб за підготовки до проведення біотесту на цибулі сприяла росту листків рослин на тлі відсутності проростання корінців. З початком тестування і введенням цибулин у водні проби, відібрані з водосховищ р. Тетерів, активізувалися і процеси коренеутворення, які, до того ж, після закінчення першої доби за значеннями індексів токсичності, визначеними за тест-реакцією коренеутворення (кількістю цибулин із сформованим кореневим пучком), продемонстрували чітко виражену гостру токсичну дію дослідних вод. Тобто експрес-оцінка токсичності вод поверхневих джерел водопостачання м. Житомира на цибулі звичайній є можливою за умов попередньої стимуляції ростових процесів цибулин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стецюк Л.М. Використання методів біоіндикації та біотестування для оцінки стану водних екосистем / Л.М. Стецюк // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. — 2013. — Вип. 2 (62). — С. 175–181. — (Серія «Сільськогосподарські науки»).
2. Пат. 10804 А Україна, МПК G 01 N 33/18; G 01 N 21/76. Спосіб комплексного визначення генетичної безпечності питної води / В.В. Гончарук; заявник та патентовласник В.В. Гончарук; заявл. 5.11.2015, опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.
3. Аристархова Е.О. Особливості визначення токсичності питної води / Е.О. Аристархова // Агро-екологічний журнал. — 2016. — № 3. — С. 50–55.
4. Arkhipchuk V.V. Mercury, metolachlor, and 4-nitroquinoline-N-oxide cytotoxicity for *Allium cepa*, *Lactuca sativa* and *Hydra attenuata* cells / V.V. Arkhipchuk, N.N. Garanko, Yu.A. Stoika // 10th International Symposium on Toxicity Assessment Quebec City (Quebec, Canada, 26–31 August, 2001): book of abstracts. — Quebec, Canada, 2001. — P. 24.
5. Arkhipchuk V.V. A novel nucleolar biomarker in plant and animal cells for assessment of substance cytotoxicity / V.V. Arkhipchuk, N.N. Garanko // Environmental Toxicology. — 2002. — Vol. 17, No. 3. — P. 187–194.
6. Arkhipchuk V.V. Cytogenetic study of organic and inorganic toxic substances on *Allium cepa*, *Lactuca sativa* and *Hydra attenuata* cells / V.V. Arkhipchuk, M.V. Malinovskaya, N.N. Garanko // Environmental Toxicology and Water Quality. — 2000. — Vol. 15, No. 4. — P. 338–344.
7. Скок С.В. Оцінювання якості питної води м. Херсона методом біотестування / С.В. Скок // Агро-екологічний журнал. — 2015. — № 2. — С. 26–30.
8. Комплексна оцінка токсичності водних зразків за допомогою рослинних і тваринних тест-організмів / М.С. Осмалений, А.М. Головков, А.В. Нанієва, М.Р. Верголяс // Фактори експериментальної еволюції організмів. — 2015. — Т. 16. — С. 74–77.
9. Fiskesjo G. The Allium test — an alternative in environmental studies: the relative toxicity of metal ions // Mutation Res. — 1988. — Vol. 197. — P. 243–260.
10. Die Bestimmung des oekotoxikologischen Wasserpotentials mit *Allium cepa* L. / E.O. Aristarchowa, A.S. Kozuba, I.W. Danilova, T.P. Kolodjuk // 2nd International scientific conference Science progress in European countries new concepts and modern solutions Education (Stuttgart, Germany October 14–15th, 2013). — Stuttgart, 2013. — S. 34–35.

REFERENCES

1. Stetsiuk, L.M. (2013). Vykorystannia metodiv bioindycatsii ta biotestuvannia dla otsinky stanu vodnykh system [Application of bioindication and biotesting methods for evaluation of water systems state]. *Visnyk Nationalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia — Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management*, 2 (62), 175–181 [in Ukrainian].
2. Honcharuk, V.V. (2016). Spisob kompleksnogo vyznachennia henetychnoi bezpechnosti pytnoi vody

- [Metod of comprehensive determination of drinking water genetical safety]. *Ukranian patent no. 10804, MIIK G 01 N 33/18; G 01 N 21/76. 11.04.2016. Bul. 7* [in Ukrainian].
3. Arystarkhova, E.O. (2016). Osoblyvosti vysnashennia toksyshnosti pytnoi vody [Features of the determination of drinking water toxicity]. *Agroecologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 3, 50–55 [in Ukrainian].
 4. Arkhipchuk, V.V., Garanko, N.N., & Stoika, Yu.A. (2001). Mercury, metolachlor, and 4-nitroquinoline-N-oxide cytotoxicity for *Allium cepa*, *Lactuca sativa* and *Hydra attenuata* cells '01: *10th International Symposium on Toxicity Assessment Quebec City, Quebec, Canada (26–31 august 2001)*. (pp. 24). Quebec, Canada [in English].
 5. Arkhipchuk, V.V., & Garanko, N.N. (2002). A novel nucleolar biomarker in plant and animal cells for assessment of substance cytotoxicity. *Environmental Toxicology*, 17, 3, 187–194 [in English].
 6. Arkhipchuk, V.V., Malinovskaya, M.V., & Garanko, N.N. (2000). Cytogenetic study of organic and inorganic toxic substances on *Allium cepa*, *Lactuca sativa* and *Hydra attenuata* cells. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 15, 4, 338–344 [in English].
 7. Skok, S.V. (2015). Otsiniuvannia yakosti pytnoi vody m. Khersona metodom biotestuvannia [Evaluation potable water quality Kherson city by the method biological testing]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 26–30 [in Ukrainian].
 8. Osmalenyi, M.S., Holovkov, A.M., Nanijeva, A.V., & Vergolias, M.R. (2015). Kompleksna otsinka toksychnosti vodnykh srazkiv za dopomogou roslynnykh i tvarynnykh test-orhanizmiv [Comprehensive evaluation of toxicity of water samples using plant and animal test-organisms]. *Fakty eksperymentalnoi evolutsii orhanismiv — Factors of organisms experimental evolution*, 16, 74–77 [in Ukrainian].
 9. Fiskesjo, G. (1988). The *Allium* test — an alternative in environmental studies: the relative toxicity of metal irons. *Mutation Res.*, 197, 243–260 [in English].
 10. Aristarchowa, E.O., Kozuba, A.S., Danilova, I.W., & Kolodjuk, T.P. (2013). Die Bestimmung des oekotoxikologischen Wasserpotentials mit *Allium cepa* L. [Determination of water ecotoxicological potential using *Allium cepa* L.] '13: *2nd International scientific conference Science progress in European countries new concepts and modern solutions Education*. (pp. 34–35). Stuttgart (Germany), 34–35 [in German].
-

УДК 631*4:630*114:630*187

ESTIMATION OF FOREST SOILS PROPERTIES ON WATER-GLACIAL DEPOSITS IN DIFFERENT TYPES OF FOREST CONDITIONS

V. Krasnov¹, O. Zborovska², S. Sukhovetska¹, V. Landin³, V. Zakharchuk³

¹ Житомирський державний технологічний університет

² Поліський філіал Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького

³ Інститут агроекології і природокористування НААН

Наведено результати досліджень гранулометричного складу та вмісту поживних елементів генетичних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів, сформованих на водно-льодовикових відкладах, у різних типах лісорослинних умов. Дослідження проводили у свіжих борах і суборах під насадженнями сосни звичайної різного віку. Виявлено, що основна кількість коренів сосни звичайної формується до глибини 60–80 см. Встановлено, що більший уміст нітрогену, калію та гумусу накопичено у свіжих суборах порівняно зі свіжими борами. Висловлено припущення, що лісорослинний потенціал піщаних ґрунтів з часом (у процесі наростання біомаси із збільшенням віку лісового насадження) децю знижується.

Ключові слова: лісові ґрунти, водно-льодовикові відклади, соснові лісові культури, родючість ґрунту, дерново-підзолисті ґрунти.

Forest soil cover is in direct dependence on soil-forming and parent rocks. The region of Polissia (according to Tutkovsky) can be divided into three landscapes: outwash, moraine and end-moraine landscapes. «Outwash» landscape was formed by melting glaciers whose powerful streams deposited sand in the direction of their course. In such a way, sandy plains were formed. However, different velocity of streams flow formed sands with different granulometric composition [1].

Not numerous forest-typological researches (1972–2007) allowed defining the main quantitative parameters in the system of «soil- undersoil» [2–7]. It should be noted, that there were not enough scientific studies of the main characteristics of forest soils in certain regions. Research data on the study of sandy soils formed on fluvio-glacial deposits in the most typical forest conditions of Zhytomyr Polissia are given in the paper.

MATERIALS AND METHODS

The research goal is to define peculiarities of sandy soils formed on fluvio-glacial deposits in the most typical forest conditions. Research was conducted in artificial stand of SE «Luhyny FE» on the territory with dominating outwash landscapes.

Sample plots were laid out in forest stands which are homogeneous on their taxation characteristics. Using the phyto-indication analysis the type of forest conditions was identified. Two sample plots were laid out to gain the objectives of the research: 1st sample plot – laid out in fresh bory with plantations aged 12–100 years old (No. 14–18); 2nd sample plot – laid out in fresh subory (No. 20–24) with plantations aged 14–100 years old (Table 1).

The fertility was assessed by Soil Index System which includes fundamental soil characteristics (granulometric composition, exchange and actual acidity, NPK content, humus) [8–10].

Table 1

Taxation characteristics of scots pine culture on sample plots

No.	Block	Composition of plantation	Age, years	Average height, m	Average diameter, cm	Growth class	Reserve at the density 1.0, m ³ ·ha ⁻¹
Fresh bory							
15	19	9Scots pine 1Silver birch	23	6.2±0.28	6.2±0.43	III	78
16	18	9Scots pine 1Silver birch	44	12.9±0.38	13.7±0.68	III	234
17	41	10 Silver birch	64	18.8±0.29	19.3±0.64	II	423
18	18	10 Silver birch	100	20.1±0.31	29.5±1.20	III	328
Fresh subory							
21	30	10 Silver birch	23	9.7±0.20	12.3±0.61	I	165
22	34	9Scots pine 1Silver birch	44	15.1±0.57	17.7±0.76	II	327
23	52	10 Silver birch	63	22.3±0.51	23.6±1.03	I	521
24	36	10 Silver birch	100	24.7±0.36	31.2±1.04	II	568

RESULTS AND DISCUSSION

According to the phyto-indication analysis, it was determined that oligotrophs and oligomesotrophs dominate on sample plots No. 14–18 in grassy and shrubby layer; xeromesophytes and mesophytes dominate here to suit water requirements. Thus, fresh bory (A₂) are identified on these sample plots. On sample plots (SP) No. 20–24, prevailing majority of grassy species are the representatives of oligomesotrophs and mesotrophs; such ecological groups as xeromesophytes and mesophytes dominate here to suit water requirements. Maximum quantity of plan species growing here are the indicators of fresh conditions. Thereby, fresh subory (B₂) are the edatope of these sample plots.

On the territory of SE «Luhyny FE», glacial deposits are represented by loose clay sands and loamy sands. Soils on sample plots are identified as soddy slightly–and soddy medium-podzolic soils. According to the level of acidity, soils can be classified as sour soils (pH = 4.2–5.9 in fresh bory; pH = 4.1–5.2 in fresh subory). Fresh bory are characterized by soddy slightly (medium)-podzolic fixed sandy

soils on fluvoglacial deposits. Forest litter of 2–10 cm thick is formed on these deposits. Forest litter consists of scots pine needle-foliage and its abscission, green moss and grassy vegetation. The thickness of humus horizon is of 12.00±2.4 cm. The major portion of roots occurs in soil layer down to 60 cm.

Soils of fresh subory are represented by soddy medium-podzolic fixed sandy soils formed on fluvoglacial deposits. The thickness of the forest litter is the same as in fresh bory (2–10 cm). The density of humus-eluvial horizon is of 5.67±1.4cm. Root-containing layer is of 0 – 80 cm thick.

In fresh bory soils, the content of sandy fractions is about 76.0–92.5%; the content of pulverescent fractions is about 22.7%, and the content of slit fractions is about 6.1%. The content of physical clay is 3.2–11.8%. Both in fresh subory and fresh bory, soil become heavier deep in the profile. It is connected with a high content of slit particles and, as the result, with the content of physical clay in humus horizons which is about 7.2–10.0%. Maximum values of this indicator (10.1–11.0%) were observed in loamy sand horizons.

The level of fertility in these soils is low. Fluvioglacial sandy deposits predominantly consist of quartz and, practically, do not contain fine-dispersed fractions. Sandy particles predominate in the composition of soil on sample plots. Such particles cannot accumulate and retain organic mineral compounds. That is why, fresh bory soils are characterized by low humus level in upper humus-eluvial layer ($0.88 \pm 0.18\%$) with its sharp decrease within the profile. Humus content in soil humus-eluvial layer in fresh subory is about $1.64 \pm 0.14\%$ (Pic. 1).

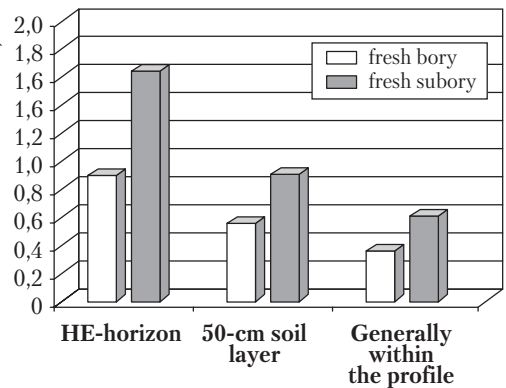
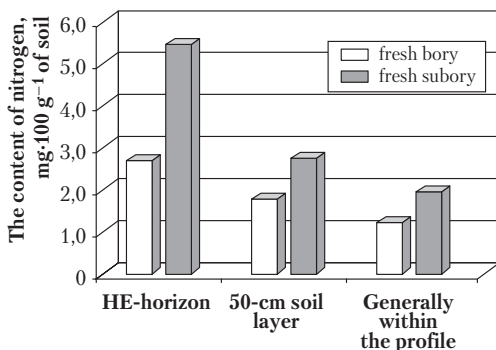
Obtained research results allow making some generalization:

- humus content in fresh bory on fluvio-glacial deposits is 42–47% lower compared to fresh subory;
- humus content decreases by 60–62% in fresh bory and by 63–66% in fresh subory from upper soil layer down to the parent rock;

Soddy-podzolic soils on fluvioglacial deposits are also characterized by a low content of fertile elements in all horizons of soil profiles (Pic. 2–4).

The mode of changes of nitrogen and potassium content in separated layers of soil profiles coincides with the changes of humus content:

- nitrogen content in fresh bory on fluvio-glacial deposits is 50–55% lower and potassium content is 37–50% lower compared to the content of these elements in fresh subory;



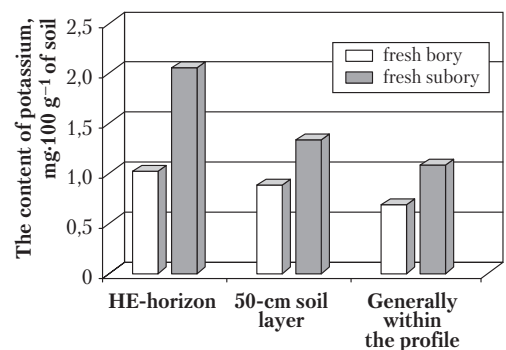
Pic. 1. Humus content in soddy-podzolic soils on fluvioglacial deposits in fresh bory and fresh subory

- nitrogen content decreases by 48–55% in fresh bory and by 63–64% in fresh subory from upper soil layer down to the parent rock;

- potassium content decreases by 24–32% in fresh bory and by 35–47% in fresh subory from upper soil layer down to the parent rock.

Regularities observed in the changes of phosphorus content (Pic. 3) considerably differ from previously observed regularities. Maximum content of this element is observed in 50-cm soil layer; minimum content is observed in humus-eluvial layer.

Thus, the indices of microelements concentration ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ soil) and humus content (%) in soil are higher in the conditions of fresh subory compared with the same indices in fresh bory. Analyzing the overall profile,

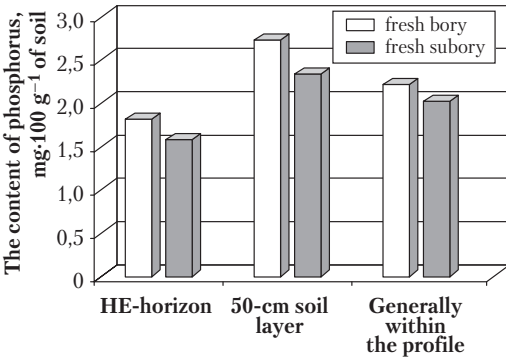


Pic. 2. Nitrogen and potassium content in soddy-podzolic soils on fluvioglacial deposits in fresh bory and fresh subory

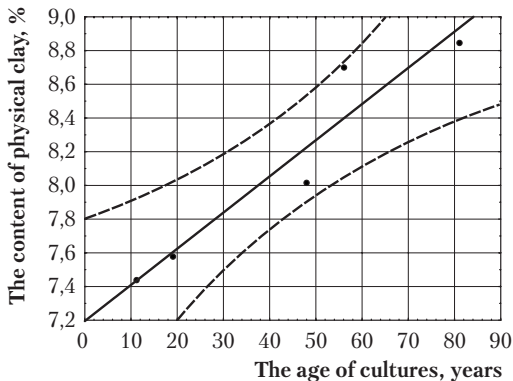
Table 2

Correlation coefficient of soil fertility indices and of the age of pine stands

Soil fertility indices	Root-containing soil layer (50-cm) in types of forest conditions		Humus-eluvial soil layer (HE) in types of forest conditions	
	fresh bory	fresh subory	fresh bory	fresh subory
Sand fraction	0.19	0.08	0.32	0.05
Big-sized dust fraction	−0.25	−0.38	−0.31	−0.07
Physical clay	0.31	0.96	0.13	0.38
Humus	−0.67	0.09	−0.76	0.06
Nitrogen	−0.67	0.10	−0.70	0.03
Phosphorus	−0.26	0.62	0.24	0.36
Potassium	−0.58	0.58		



Pic. 3. Phosphorus content in soddy-podzolic soils on fluvio-glacial deposits in fresh bory and fresh subory



Pic. 4. The change of the content of physical clay in root-containing soil layer in fresh subory depending on the age of scots pine culture on fluvio-glacial deposits

the values obtained for all studied indices (except phosphorus) regularly decrease (by 45–60 % on average).

The analysis of soil parameters allowed generalizing of certain characteristics of soil and plantations on studied sample plots. Correlation analysis can be used to detect changes of such indices as the content of sandy fractions, big-sized dust, physical clay, microelements and humus depending on the age of pine cultures in definite trophotops (Table 2). Our research was performed for the soil layer, where the major portion of roots occurs (50-cm), and for the upper fertile layer (HE).

Research results demonstrated that the content of physical clay was the only granulometric index which showed the increase in 50-cm soil layer in the condition of fresh subory. Determination coefficient is – 92.2 % (Pic. 4).

The only index which showed certain connection with the age of plantations in 50-cm soil layer on fluvio-glacial deposits was the content of physical clay (phc) (fresh subory): $y_{phc(50)(B_2)} = 7.19 + 0.02x$ (where $y_{phc(50)(B_2)}$ – the content of physical clay in 50-cm soil layer in fresh subory; x – the age of scots pine culture).

At the same time, just agrochemical indices change in fresh bory on fluvio-glacial deposits depending on the age of stands: the content of humus decreases in 57.8 % of stu-

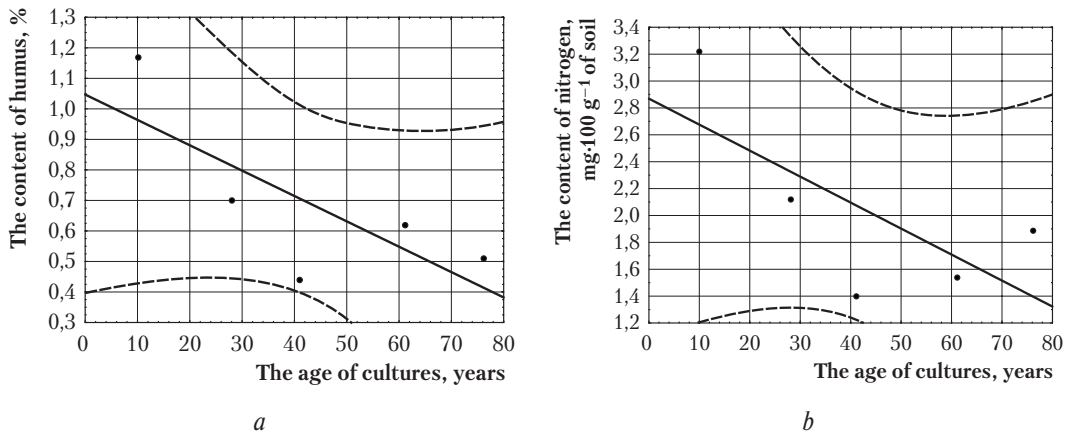


Fig. 5. The change of HE-horizon in fresh bory in fluvio-glacial deposits depending on the age of scots pine cultures: *a* — humus content; *b* — nitrogen content

died samples; the content of nitrogen in 49% of studied samples.

The equation of the dependencies of the given parameters is the following:

$$y_{g(HE)(A_2)} = 1.05 - 0.008x;$$

$$y_{N(HE)(A_2)} = 2.87 - 0.02x,$$

where $y_{g(HE)(A_2)}$ — humus content in HE-soil horizon in fresh bory; $y_{N(HE)(A_2)}$ — nitrogen content in HE-soil horizon in fresh bory; $y_{P(HE)(A_2)}$ — phosphorus content in HE-soil horizon in fresh bory; x — the age of scots pine cultures.

Taking into account obtained dependencies, the conclusion can be drawn that forest potential of sandy soils of Zhytomyr Polissia is decreasing with time (with the increase of biomass and the age of forest stands). It can be explained by the rapid pace of nutrients absorption, first of all, by tree species, if to compare with the pace of nutrients release

from initial minerals under the action of abiotic and biotic factors. The part of nutrients is kept in the wood and does not return to soil with annual abscission. From our point of view, such assumption needs more detailed study.

CONCLUSIONS

1. Sandy soils on fluvio-glacial deposits are characterized by higher acidity, light granulometric composition, insufficient thickness of humus horizon, low humus content and low content of some macroelements. Nitrogen, potassium and humus contents are higher in fresh subory in comparison with fresh bory.

2. Humus and nitrogen contents in HE-horizon, as well as the content of physical clay in root-containing soil layer (50 cm) can be used to analyze forest potential of sandy soils of Zhytomyr Polissia in fresh bory and subory on fluvio-glacial deposits.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грунтознавство з основами геології / О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький. — К.: Оранта, 2005. — 648 с.
2. *Погребняк П.С.* Лісова екологія і типологія лісів: Вибрані праці / П.С. Погребняк. — К.: Наукова думка, 1993. — 496 с.
3. *Смольянинов И.И.* Резервы элементов почвенного питания растений в равнинных лесах УССР / И.И. Смольянинов, В.А. Сименсон, Е.В. Рябуха // Природные и трудовые ресурсы левобережной Украины и их использование. — Т. 13. — М.: Недра, 1972. — С. 32–38.
4. *Лебедев Е.А.* Миграция азота, кальция, магния и калия по профилю дерново-подзолистых лесных почв / Е.А. Лебедев, В.С. Победов // Почвоведение. — 1984. — № 5. — С. 91–95.
5. *Астапович А.В.* Почвенно-грунтовые условия произрастания сосновых культурфитоценозов мшистого и черничного типов леса Белорусского Полесья / А.В. Астапович // Проблемы

- лесоведения и лесоводства. — 2008. — Вып. 68. — С. 5–11.
6. Распопина С.П. Методологічні проблеми оцінки лісопродуктивної здатності земель, що виводяться із сільськогосподарського обігу / С.П. Распопина // Науковий вісник НУБіП України. — 2010. — Вип. 152. — Ч. 2. — С. 163–170.
 7. Binkley D. Ecology and management of forest soils / D. Binkley, R. Fisher. — 4th ed. — Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. — 347 p.
 8. Яцук І.П. Аналіз агроекологічного стану ґрунтів Житомирської області за допомогою методики еколого-агрохімічної паспортизації / І.П. Яцук // Землекористування. — 2014. — № 2. — С. 107–110.
 9. Ведмідь М.М. Оцінка лісорослинного потенціалу земель: Методичний посібник / М.М. Ведмідь, С.П. Распопина. — К.: ЕКО-інформ, 2010. — 84 с.
 10. Почвы. Метод определения обменной кислотности: ГОСТ 26484–85 [Електронний ресурс]. — [Дата введення 01.07.1986]. — Режим доступу: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/20253/>
 11. Методическое пособие по аналитическим работам для агрохимической службы Украины. — Ч. 1. — К., 1989. — 118 с.

REFERENCES

1. Hnatenko, O.F., Kapshtyk, M.V., Petrenko, L.R., Vitvyts'kyi, S.V. (2005). *Gruntoznavstvo z osnovamy heolohiyi* [Soil science with the basics of geology]. Kyiv: Oranta [in Ukrainian].
2. Pohrebniak, P.S. (1993). *Lisova ekologiya i typolohiya lisiv: Vybrani pratsi* [Forest ecology and typology of forests: selected works]. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
3. Smolianinov, I.I., Simenson, V.A., Ryabukha, E.V. (1972). Rezervy elementov pochvennogo pitaniia rastenii v ravninnykh lesakh USSR [The reserves of elements of soil nutrition of plants in the plain forests of the USSR]. *Prirodnye i trudovye resursy levoberezhnoi Ukrainy i ikh ispolzovanie* [The natural and labor resources and their use in the left-bank Ukraine]. (Vol. 13). Moskva: Nedra [in Russian].
4. Lebedev, E.A., Pobedov, V.S. (1984). Migratsiya azota, kaltsiya, magniya i kaliya po profilyu dernovo-podzolistykh lesnykh pochv [The migration of nitrogen, calcium, magnesium and potassium along the profile of sod-podzolic forest soils]. *Pochvovedeniye — The Soil Science*, 5, 91–95 [in Russian].
5. Astapovich, A.V. Pochvenno-gruntovyye usloviya proizrastaniya sosnovykh kulturfitotsenozov mshistogo i chernichnogo tipov lesa Belarusskogo Polesia [The soil conditions for the growth of the phytocenoses of pine cultures in mossy and blueberry forest types in the Belarus Polissya]. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva — Problems of forest science and forestry*, 68, 5–11 [in Russian].
6. Raspopina, S.P. (2010). Metodolohichni problemy otsinky lisoproduktyvnoi zdatsnosti zemel, shcho vyvodiatsia iz silskohospodarskoho obihu [The methodological problems of assess of the forest productive capacity that are derived from agricultural circulation]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy — Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 152, 2, 163–170 [in Ukrainian].
7. Binkley, D., Fisher, R. (2013). *Ecology and management of forest soils*. 4th ed. Oxford: Wiley-Blackwell [in English].
8. Yatsuk, I.P. (2014). Analiz ahroekolohichnoho stanu gruntiv Zhytomyrskoi oblasti za dopomohoiu metodyky ekoloho-ahrokhimichnoi pasportyzatsii [The analysis of the agroecological conditions of soil in Zhytomyr region using the technique of ecological and agrochemical certification]. *Zemlekorystuvannia — Land using*, 2, 107–110 [in Ukrainian].
9. Vedmid, M.M., Raspopina, S.P. (2010). *Otsinka lisoroslynnoho potentsialu zemel: Metodychnyi posibnyk* [Assessment of forest production of lands: Workbook]. Kyiv: Eco-inform Publ. [in Ukrainian].
10. Pochvy. Metod opredeleniya obmennoy kislotnosti pochvy [Soils. Method to calculate changing acidity]. (1986). *HOST 26484–85 from 1st June 1986* [in Russian].
11. *Metodicheskoe posobie po analiticheskim rabotam dlya agrokhimicheskoy sluzhby Ukrainy. Chast 1* [Workbook on analytical works for agrochemical service of Ukraine. Part 1]. (1989). Kiev [in Russian].

ВПЛИВ ДОБРИВ НА НАКОПИЧЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ

С.Е. Дегодюк¹, О.А. Літвінова¹, О.В. Дмитренко², Л.П. Молдаван²

¹ ННЦ «Інститут землеробства НААН»

² ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Наведено результати досліджень зміни вмісту рухомих і кислоторозчинних форм мікроелементів і важких металів за систематичного застосування органічних і мінеральних добрив у польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті. Встановлено, що застосування добрив впливало на підвищення рівнів цих показників у ґрунті порівняно з початковим станом дослідження, але перевищення ГДК стосовно всіх елементів не спостерігалось. Найефективнішою як у процесах накопичення найбільш значущих у життєдіяльності рослин мікроелементів, так і створення високого рівня продуктивності ланки сівозміни виявилась органо-мінеральна система удобрення (12 т/га гною + $N_{60}P_{60}K_{68}$). Застосування тільки мінеральних добрив за високих навантажень у системах удобрення є недоцільним в агрономічному аспекті.

Ключові слова: мікроелементи, важкі метали, родючість ґрунту, продуктивність, сівозміна.

Підвищення продуктивності рослинництва безпосередньо залежить від інтенсивного використання мінеральних і органічних добрив, а також від вапнування кислих ґрунтів. Усі ці заходи впливають на мікроелементний склад ґрунтів і доступність цих елементів рослинам. Нестача мікроелементів у ґрунті, як і надлишок, пригнічує ріст і розвиток рослин, знижує їх стійкість до несприятливих умов навколишнього природного середовища та хвороб. Розрізняють кілька біологічних груп рослин, що характеризуються підвищеною потребою в тих або інших мікроелементах. Так, зернові, насамперед, реагують на мідь, бобові — на молібден і бор, кукурудза — на цинк, соняшник — на бор і мідь, ріпак — на бор і марганець [1–4].

Важкі метали залежно від їх вмісту у ґрунті є або каталізаторами, або інгібіторами ґрунтових біохімічних процесів. Антропогенні чинники значно впливають на вміст важких металів у ґрунті, зокрема, надмірна кількість меліорантів і мінеральних добрив може різко збільшити вміст важких металів у ґрунті [5]. Поглинання і накопичення важких металів рослинами

залежить від низки чинників: типу ґрунту, його фізичних і фізико-хімічних властивостей, вмісту органічної речовини, окислювально-відновних умов, антагонізму чи синергізму між металами, їх кількості в педосфері; температури ґрунту, типу рослинності тощо.

Важкі метали і мікроелементи в мінеральних добривах є природними домішками, що містяться в агрорудах. Як відомо, до мінеральних добрив важкі метали потрапляють із сировини внаслідок недовисконалих технологічних прийомів їхнього виробництва. Найістотнішими за набором та концентраціями домішок важких металів є фосфорні добрива, а також добрива, вироблені з використанням екстракційної ортофосфornoї кислоти (амофоси, нітрофоски, подвійні суперфосфати). Азотні добрива можуть містити у своєму складі певну їх кількість (мг/кг): кадмію — 0,05–8,5, кобальту — 5,4–12, міді — 1,0–15,0, молібдену — 1,0–7,0, нікелю — 7,0–34,0, свинцю — 2,0–27,0, цинку — 1,0–42,0. У аміачній селітрі вітчизняного виробництва може міститись близько 0,25мг/кг міді, 0,84 — нікелю, 0,05 — свинцю, 0,2 — цинку мг/кг [6]. Слід зауважити, що з 1 т підстилкового гною до ґрунту у середньому надходить 152 мг цинку, 6,9 — нікелю, 4,4 — свинцю, 27 —

міді, 0,25 — кадмію та 273 мг марганцю [7]. Тому дослідження рівня накопичення ґрунтом мікроелементів і важких металів за систематичного внесення добрив є актуальним, і найбільш повну характеристику цих змін можна одержати в умовах стаціонарних дослідів за дотримання польових сівозмін.

Мета роботи — дослідити вплив систематичного застосування добрив у польовій сівозміні на накопичення мікроелементів і важких металів у сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті за різних обсягів внесення мінеральних і органічних добрив.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2011–2016 рр. у дослідному господарстві ДПДГ «Чабани» ННЦ «Інститут землеробства НААН» на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті у п'ятипільній польовій сівозміні: кукурудза, ячмінь ярий, гречка, горох, пшениця озима. За пробами на початку проведення дослідів орний шар (0–20 см) ґрунту характеризувався середньокислою реакцією ($\text{pH}_{\text{сол.}}$ 4,6), низьким умістом загальною гумусу — 1,25%, низькою забезпеченістю гідролізованим азотом (50,8 мг/кг ґрунту), підвищеним умістом рухомого фосфору (168 мг/кг P_2O_5) та середнім умістом обмінного калію (92 мг/кг ґрунту).

Дослід закладено в 2011 р. і розпочато в натурі на трьох полях; налічує 11 варіантів, повторення — чотириразове. Посівна площа ділянки — 52 м², облікова — 22 м². Одинарна доза для гречки та гороху — $\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$, пшениці озимої — $\text{N}_{50}\text{P}_{30}\text{K}_{50}$. Підстилковий гній ВРХ застосовували під кукурудзу на зерно в одинарній дозі 60 т/га, або в перерахунку на 1 га сівозмінної площі — 12 т, решта культур використовували його післядію: гречка — на другий рік, горох — на третій, пшениця озима — на четвертий рік. Органо-мінеральне біоактивне добриво (ОМБД) виготовлено на основі сапропелю озерного, торфу перехідного, мінеральних добрив (NPK) сорбентів та іонообмінників з використанням біоти — комплексу цінних

агрономічних мікроорганізмів із співвідношенням поживних речовин — $\text{N}_4\text{P}_4\text{K}_4$.

Аналітичні роботи проводили із зразками ґрунту, відібраними на період завершення першої ротації сівозміни за вирощування пшениці озимої. Концентрацію валових, кислоторозчинних (після вилучення 1,0 н HCl , 0,1 н H_2SO_4) та рухомих (після вилучення ацетатно-амоніємним буферним розчином pH 4,8) форм важких металів і мікроелементів (марганець, цинк, кадмій, залізо, мідь, нікель, свинець) — методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії ДСТУ 4770.1:2007, ДСТУ 4770.2:2007, ДСТУ 4770.3:2007, ДСТУ 4770.4:2007, ДСТУ 4770.6:2007, ДСТУ 4770.9:2007 (аналітичні роботи проведено в лабораторії безпеки земель, якості продукції та довкілля ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Установлено, що систематичне застосування добрив у польовій сівозміні впродовж однієї ротації мало вплив на зміну вмісту як рухомих, так і кислоторозчинних форм мікроелементів і важких металів у сірому лісовому ґрунті. Слід наголосити, що у зразках ґрунту значення цих показників як на початок дослідів (2011 р.), так і наприкінці (2016 р.) не перевищували ГДК. Однак спостерігалось накопичення деяких рухомих і кислоторозчинних форм мікроелементів та важких металів порівняно з початковими даними.

Встановлено, що застосування добрив за різних систем удобрення не вплинуло на перевищення ГДК кислоторозчинних і рухомих форм марганцю, кобальту, міді, цинку, кадмію, свинцю, заліза. Слід зауважити, що за період 2011–2016 рр. у ґрунті всіх варіантів спостерігалась тенденція до підвищення вмісту кислоторозчинних та рухомих форм кобальту, міді, заліза і кислоторозчинних форм марганцю і свинцю.

Найістотнішим було накопичення мікроелементів за органо-мінеральної системи удобрення (12 т/га гною + $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{68}$). За цих умов уміст кислотнорозчинних форм становив: марганцю — 145 мг/кг, кобальту —

1,07, міді — 7,64, цинку — 2,71 мг/кг, тоді як на початок дослідів — 130; 0,8; 2,65 мг/кг ґрунту відповідно.

За мінеральної системи удобрення з максимальним внесенням добрив ($N_{90}P_{90}K_{102}$) спостерігалось зниження вмісту показників, за винятком заліза (9,88 порівняно з початковим — 9,85), тоді як за помірних доз мінеральних добрив уміст у ґрунті важливих для життєдіяльності рослин мікроелементів підвищувався. Слід наголосити, що кількість рухомих форм марганцю за систематичного застосування добрив у сівоzmіні зменшилась у 1,1–2,0 рази. Застосування ОМБД на сірому лісовому ґрунті сприяло підвищенню всіх кислоторозчинних форм мікроелементів (марганцю, міді, цинку, заліза) на 3–7% порівняно з початковим значенням та запобіганню накопичення важких металів у ґрунті (табл. 1).

Результати досліджень щодо вмісту найбільш доступних для рослин рухомих сполук мікроелементів і важких металів свідчать про те, що кількість марганцю, цинку, кадмію, свинцю, заліза була дещо нижчою або не змінювалась в усіх варіантах порівняно з початковими показниками. Ця закономірність узгоджується з результатами інших науковців (Городній, Бикін, 2005) щодо можливості зменшення рухомих форм мікроелементів і важких металів у верхньому шарі ґрунту за його інтенсивного використання у землеробстві. Такий ефект є вагомим за застосування ОМБД, оскільки за цих умов метали активніше закріплюються органо-мінеральними сполуками, утворюючи менш рухомі органо-мінеральні комплекси.

Накопичення у ґрунті макро- і мікроелементів сприяє одержанню сталих урожаїв сільськогосподарських культур. У 2016 р. у ланці польової сівоzmіні на сірому лі-

Таблиця 1

Уміст рухомих і кислоторозчинних форм мікроелементів і важких металів у сірому лісовому ґрунті за різних систем удобрення (шар 0–20 см) за 2016 р., мг/кг

Удобрєння на 1 га ріллі		Марганець		Кобальт		Мідь		Цинк		Кадмій		Свинець		Залізо	
Гній, т	НРК, кг	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Без добрив (контроль)		11,8	130,1	0,21	1,19	0,13	7,66	0,71	2,77	0,12	0,12	0,98	5,23	3,5	9,50
12	$N_{60}P_{60}K_{68}$	16,1	145,1	0,17	1,07	0,15	7,64	1,01	2,71	0,10	0,13	1,00	5,46	5,0	8,79
12	$N_{60}P_{60}K_{60}$	9,6	136,9	0,30	0,64	0,08	6,92	0,55	2,29	0,07	0,17	0,67	4,10	3,4	7,44
6	$N_{60}P_{60}K_{60}$	11,4	136,2	0,27	0,73	0,04	7,88	0,92	2,65	0,13	0,17	0,55	5,34	3,25	9,84
—	$N_{60}P_{60}K_{68}$	21,5	140,0	0,28	0,39	0,15	6,98	1,00	2,96	0,07	0,15	0,92	5,79	7,45	9,85
—	$N_{90}P_{90}K_{102}$	17,4	130,6	0,21	0,23	0,18	6,45	0,97	2,71	0,08	0,14	0,54	5,50	7,35	9,88
ОМБД 1,0 т/га		16,5	140,3	0,32	0,44	0,29	6,92	1,04	2,77	0,10	0,10	0,92	5,37	5,45	9,89
Початковий уміст (2011 р.)		20,0	130,0	0,26	0,8	0,12	6,70	1,05	2,65	0,10	0,15	1,00	5,48	4,0	9,60
НІР ₀₅		9,3	12,2	0,11	0,72	0,16	1,12	0,39	0,41	0,05	0,05	0,44	1,10	3,73	1,86
ГДК		140	—	5,0	—	3,0	—	23,0	—	0,7	—	2,00	—	—	—

Примітка: 1* — уміст рухомих форм мікроелементів і важких металів, 2** — уміст кислоторозчинних форм мікроелементів і важких металів.

Таблиця 2

**Продуктивність культур ланки сівозміни за різних систем удобрення
в тривалому досліді, за 2016 р.**

Удобрення на 1 га ріллі		Продуктивність основної продукції, т/га, з.о						Продуктивність ланки, т/га, з.о.		
гній, т	NPK, кг	гречка		горох		пшениця озима				
			приріст до контролю		приріст до контролю		приріст до контролю		приріст до контролю	% до кон-тролю
Без добрив (контроль)		2,21	–	3,01	–	2,53	–	2,58	–	–
12	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₈	3,44	1,43	5,70	2,69	5,44	2,91	4,86	2,28	88
12	N ₀ P ₀ K ₀	4,39	2,18	5,11	2,10	4,66	2,13	4,72	2,14	83
6	N ₀ P ₀ K ₀	2,59	0,36	4,56	1,55	3,67	1,14	3,61	1,03	40
–	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₈	3,44	1,23	4,56	1,55	4,89	2,36	4,36	1,78	69
–	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₀₂	3,15	0,94	5,35	2,34	5,13	2,60	5,54	1,96	76
ОМБД 1,0 т/га		3,46	1,25	5,07	2,06	5,05	2,52	4,53	1,95	76

совому ґрунті вирощували гречку, горох і пшеницю озиму. Перерахунок урожайності в зернові одиниці (з.о.) свідчить, що продуктивність цих культур без внесення добрив (контроль) у середньому становила 2,58 т/га. Найвищим (4,86 т/га з.о.) цей показник був за внесення 12 т гною на 1 га сівозмінної площі + N₆₀P₆₀K₆₈. Післядії гною, внесеного під кукурудзу, виявилась через ланку польової сівозміни ефективнішою на 14% порівняно з прямою дією оптимальної дози ОМБД за мінеральної системи удобрення (табл. 2).

Незважаючи на віддалений ефект післядії гною (4 роки), перевага органо-мінеральної системи удобрення над мінеральною у ланці сівозміни є очевидною, що узгоджується із накопиченням у ґрунті мікроелементів. Звертає на себе увагу важливість введення у сівозміну бобового компонента — гороху, що підвищило біологічну активність ґрунту з істотним зростанням післядії гною під пшеницею озимою. Внесення у ланці сівозміни лише підвищеної дози мінеральних туків (N₉₀P₉₀K₁₀₂) не мало переваги над оптимальною, адже за перевищення її у 1,5 раза додатковий ефект становив всього 7%.

Середня продуктивність трьох культур сівозміни за застосування ОМБД марки 4–4–4, внесених у дозі 1 т/га, забезпечило одержання 4,53 т/га з.о. із приростом 76% до контролю, що за ефективністю наближалось до післядії гною і прямої дії мінеральних добрив, тобто було на рівні потрібної дози НРК за мінеральної системи удобрення.

Отже, показники врожайності ланки польової сівозміни за 2016 р. свідчать про перспективність ведення органо-мінеральних систем удобрення, а також про ефективність ОМБД. Натомість застосування надмірних доз добрив за мінеральної системи удобрення є невиправданим прийомом.

ВИСНОВКИ

Систематичне застосування добрив у польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті мало вплив на накопичення рухомих і кислоторозчинних форм мікроелементів і важких металів у ґрунті порівняно з початковим рівнем (2011 р.), але перевищення ГДК за всіма елементами не зафіксовано.

Найвищий рівень накопичення мікроелементів і важких металів зафіксовано за органо-мінеральної системи удобрення

(12 т/га гною + $N_{60}P_{60}K_{68}$). За цих умов уміст кислоторозчинних форм становив: марганцю — 145 мг/кг, кобальту — 1,07, міді — 7,64, цинку — 2,71 мг/кг ґрунту, тоді як у зразках на початок досліді — 130; 0,8; 2,65 мг/кг ґрунту відповідно.

Найвищий рівень продуктивності (4,86 т/га з.о.) досягнуто за оптимальної

орґано-мінеральної системи удобрення (12 т/га гною + $N_{60}P_{60}K_{68}$). Внесення 1 т/га ОМБД марки 4–4–4 забезпечило одержання 4,53 т/га з.о., або було на 70 % вище порівняно з контролем (без добрив) — 2,58 т/га з.о., що свідчить про перспективність їх застосування в інтенсивному землеробстві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аристархов А.Н. Использование микроэлементов в условиях интенсивной химизации и принципы определения потребности в них / А.Н. Аристархов // Химизация сельского хозяйства. — 1985. — № 8. — С. 15–22.
2. Халитов Н.Г. Содержание макроэлементов и тяжелых металлов в полевых культурах / Н.Г. Халитов // Земледелие. — 2006. — № 2. — С. 28.
3. Фатеев А.Н. Основы применения микроудобрений / А.Н. Фатеев, М.А. Захарова. — Х., 2003. — 110 с.
4. Господаренко Г.М. Агрохімія мінеральних добрив / Г.М. Господаренко. — К., 2003. — 135 с.
5. Дмитрук Ю.М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриття агроєкосистем. — Чернівці: Рута, 2006. — 328 с.
6. Клименко І.І. Вплив добрив на накопичення важких металів у темно-сірому опідзоленому ґрунті /
- І.І. Клименко // Вісник аграрної науки. — 2009. — № 6. — С. 67–69.
7. Макаренко Н.А. Агроєкологічна оцінка мінеральних добрив за впливом на ґрунтову систему: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16 / Н.А. Макаренко. — К., 2002. — 16 с.
8. Макаренко Н.А. Методичні рекомендації з встановлення допустимих концентрацій шкідливих речовин в агрохімікатах / Н.А. Макаренко. — К., 2007. — 16 с.
9. Гаврилов В.Л. До питання про джерела надходження в ґрунти екзогенних хімічних елементів / В.Л. Гаврилов, В.І. Кисіль, Л.О. Дикач // Тези доп. Четвертого з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України: Секція агрохімії та охорони навколишнього середовища (Харків, 1994 р.). — Х., 1994. — С. 82–84.

REFERENCES

1. Arystarkhov, A.N. (1985). Yspol'zovanye mykroelementov v uslovyakh yntensyvnoy khymyzatsyy u pryntsyypu opredelenyya potrebnosti v nykh [Use of trace elements in conditions of intensive chemicalization and principles of determining the need for them]. *Khymyzatsyya sel'skoho khozyaystva — Chemicalization of agriculture*, 8, 15–22 [in Russian].
2. Khalytov, N.H. (2006). Soderzhanye makroelementov y tyazhelykh metallov v polevykh kul'turakh [The content of macroelements and heavy metals in field crops]. *Zemledelye — Agriculture*, 2, 28 [in Russian].
3. Fateev, A.N., Zakharova, M.A. (2003). *Osnovy primeneniya mikroudobreniy* [Fundamentals of microfertilizers]. Kharkiv [in Russian].
4. Hospodarenko, H.M. (2003). *Ahrokhimiya mineral'nykh dobryv* [Agrochemistry of mineral fertilizers]. Kyiv [in Ukrainian].
5. Dmytruk, Y.M. (2006). *Ekoloho-geokhimichnyy analiz gruntovoho pokryvya ahroekosystem* [Ecological-geochemical analysis of soil cover of agroecosystems]. Chernivtsi: Ruta [in Ukrainian].
6. Klymenko, I.I. (2009). Vplyv dobryv na nakopychennya vazhkykh metaliv u temno-siromu opidzolenomu grunti [Effect of fertilizers on the accumulation of heavy metals in dark gray, podzolized soils]. *Visnyk ahromoyi nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 6, 67–69 [in Ukrainian].
7. Makarenko, N.A. Ahroekolohichna otsinka mineral'nykh dobryv za vplyvom na gruntovu systemu [Agroecological assessment of mineral fertilizers for the influence on the soil system: author's abstract]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Makarenko, N.A. (2007). *Metodychni rekomendatsiyi z vstanovlennya dopustymykh kontsentratsiy shkidlyvykh rechovyv v ahrokhimikatakh* [Methodical recommendations on the establishment of permissible concentrations of harmful substances in agrochemicals]. Kyiv [in Ukrainian].
9. Havrylov, V.L., Kysil, V.I., Dykach, L.O. (1994). Do pytannya pro dzherela nadkhodzheniya v grunt y ekzohennykh khimichnykh elementiv [On the question of sources of exogenous chemical elements entering into soil]. *Tезy dop. Четвертого з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків Украйны: Секція агрохімії та охорони навколишнього середовища — Abstract supplementary Fourth Congress of Soil Scientists and Agrochemists of Ukraine: Section of Agrochemistry and Environmental Protection*. (pp. 82–84). Kharkiv [in Ukrainian].

ДИНАМІКА РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ СКВИРСЬКОГО РАЙОНУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

О.М. Грищенко, М.О. Венглі́нський

ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Висвітлено результати агрохімічного стану ґрунтів Сквирського р-ну Київської обл. та наведено динаміку зміни обмінної кислотності, вмісту гумусу, рухомих сполук фосфору і калію за останні 15 років агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. Наведено еколого-агрохімічну оцінку ґрунтів та оцінку нинішнього рівня їх забезпеченості основними елементами живлення.

Ключові слова: ґрунт, агрохімічна паспортизація, обмінна кислотність, гумус, вміст рухомих сполук фосфору, вміст рухомих сполук калію, еколого-агрохімічний бал, динаміка.

Зміна земельних відносин в агросфері та поширення оренди сільськогосподарських угідь приватними підприємствами, орієнтованими на отримання прибутку з мінімальними витратами, спричиняє збільшення навантаження на ґрунти, поширення процесів деградації та погіршення їх родючості. Для здійснення державного контролю за зміною показників родючості та екологічної безпеки ґрунтів, раціонального використання земель сільськогосподарського призначення в Україні, з періодичністю один раз на 5 років, здійснюється агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення. Такі наукові дослідження проводяться ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» уже понад 50 років. Достовірна інформація про динаміку їх родючості у просторі та часі є основою ефективного використання ґрунтових ресурсів та отримання високих, стабільних та екологічно безпечних урожаїв сільськогосподарських культур.

Мета дослідження — моніторинг агрохімічних показників ґрунтів Сквирського р-ну Київської обл. за результатами останніх трьох турів агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (2001–2015 рр.) [1–3].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Агрохімічну паспортизацію сільськогосподарських угідь здійснювали згідно з

Методикою проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [4]. Для оцінки стану земель використовували результати досліджень, проведених відповідно до вимог ДСТУ та ГОСТ.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

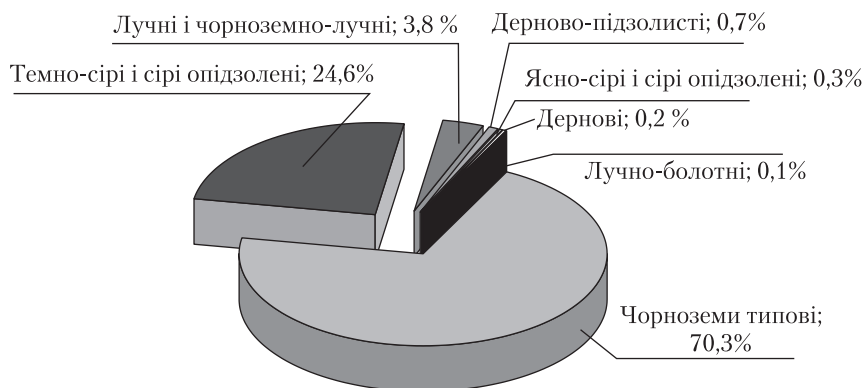
Станом на 01.01.2017 р. загальна площа земель Сквирського р-ну становила майже 98,0 тис. га. Із них на сільськогосподарські угіддя припадає 81,7 тис. га (83,4%), у т.ч. орних земель — 90,7%, багаторічних насаджень — 1,5, сіножатей — 1,4, пасовищ — 6,2% [5].

У структурі ґрунтового покриття орних земель району основну частину становлять чорноземи типові (70,3%), темно-сірі і сірі опідзолені (24,6%), які є потенційно найродючішими ґрунтами району, області та України загалом (рис.).

Одним з вирішальних чинників, який визначає придатність ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур, є рівень кислотності ґрунтового розчину.

За результатами проведених досліджень встановлено, що середньозважений показник кислотності ґрунтів району за останні 15 років обстежень (2001–2015 рр.) майже не змінювався і вимірювався у близьких до нейтрального рівня (табл. 1).

Розширення площ кислих ґрунтів було зафіксовано у IX турі обстеження (24,5%), що більше порівняно з попереднім майже



Розподіл орних земель Сквирського р-ну Київської обл. за типом ґрунту

Таблиця 1

Агрохімічна характеристика обстежених земель Сквирського р-ну Київської обл. за реакцією ґрунтового розчину (2001–2015 рр.)

Тур обстеження	Обстежена площа, тис. га	Площі ґрунтів за реакцією ґрунтового розчину, %									Середньозважений показник рН _{KCl}
		дуже сильно- та сильнокислі ≤4,5	середньокислі 4,6–5,0	слабокислі 5,1–5,5	Всього кислих ≤ 5,5	близькі до нейтральних 5,6–6,0	нейтральні 6,1–7,0	слаболужні 7,1–7,5	середньолужні 7,6–8,0	сильно- та дуже сильнолужні >8,0	
VIII (2001–2005)	52,8		0,9	19,7	20,6	37,1	36,9	5,3	0,2		6,0
IX (2006–2010)	51,0		1,9	22,6	24,5	31,9	38,7	4,8			5,9
X (2011–2015)	51,8			1,9	1,9	18,0	41,1	35,3	3,7	0,1	5,9

на 4 %. Спричинено це припиненням вапнування ґрунтів району у 1980–1990 рр. Починаючи з 2006 р., внесення дефекату на поля у значних обсягах сприяло відчутному зменшенню площ ґрунтів з кислою реакцією ґрунтового розчину — з 24,5 % у 2006 р. до 1,9 % у 2011 р. Так, упродовж останніх п'яти років площ кислих ґрунтів зменшилася на 20,7 тис. га (22,6 %). Зафіксовано також зменшення площ ґрунтів з близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину, натомість доволі істотно збільшилися площі з слаболужною реакцією.

Основна частина ґрунтів району характеризується нейтральною та слаболужною реакцією ґрунтового розчину, що становить 41,1 і 35,3 % від обстеженої площі відповідно.

Динаміка реакції ґрунтового розчину за останні три тури агрохімічної паспортизації свідчить, що за стабільного середньозваженого показника кислотності ґрунту (5,9–6,0) у районі відбувається зменшення площ кислих ґрунтів.

Як відомо, вміст у ґрунті гумусу (органічної речовини) вважається основним

показником його родючості. Гумус значною мірою визначає напрями процесів ґрунтоутворення, біологічні, хімічні та фізичні властивості ґрунтового середовища. Дослідженнями встановлено, що врожайність сільськогосподарських культур та ефективність мінеральних добрив напрямую залежить від гумусованості ґрунту [6].

Інформація ДУ «Держґрунтохорона», накопичена у процесі обстеження сільськогосподарських угідь, дає змогу прослідкувати зміни вмісту гумусу, що відбулися впродовж 2001–2015 рр. у господарствах Сквирського р-ну.

Середньозважений уміст гумусу в ґрунтах на обстежених угіддях району у 2001 р. становив 3,18%, що відповідає підвищеному рівню забезпечення. Зменшення обсягів внесення у ґрунт органічних добрив та невиправдане насичення сівозмін культурами інтенсивного мінерального живлення спричинило зниження його вмісту на час проведення IX та X турів агрохімічної паспортизації — до 3,16 та 3,03% відповідно (табл. 2).

Натепер у районі переважають ґрунти з середнім та низьким умістом гумусу, їх частка становить 56,9 та 39,4% від загальної кількості обстежених угідь відповідно. Частка площ з дуже низьким рівнем становить 2,3%, підвищеним — 1,4%. Ґрунтів з високим та дуже високим умістом гумусу серед обстежених земель району не виявлено.

Згідно з отриманими даними можна стверджувати, що вміст гумусу в районі є доволі стабільним і відповідає рівню землеробства області та району.

Одним із головних показників ґрунтової родючості є рухомий фосфор, від якого безпосередньо залежить розвиток кореневої системи, її активна поглинальна здатність щодо вологи і поживних речовин, нуклеїновий обмін, інтенсивність фотосинтезу, темпи розвитку і продуктивність рослин [7].

За результатами VIII туру (2001–2005 рр.) агрохімічної паспортизації вміст рухомих сполук фосфору у ґрунтах Сквирського р-ну становить 101 мг/кг ґрунту, що відповідає їх підвищеному вмісту (табл. 3).

Упродовж IX і X турів обстеження вміст рухомих сполук фосфору підвищувався і сягав: у IX турі (2006 р.) — 134 мг/кг, у X турі (2011 р.) — 115 мг/кг ґрунту.

Порівняно з IX туром, показник умісту рухомих сполук фосфору за X тур зменшився на 19 мг/кг ґрунту. Слід наголосити, що за вказаний період питома вага ґрунтів з високим та дуже високим умістом фосфору зменшилася на 20% унаслідок збільшення угідь з середнім та підвищеним умістом цього елемента (19%).

За вмістом рухомих сполук фосфору згідно з даними X туру обстеження ґрунти району розподілилися так: 51,9% усіх обстежених площ характеризуються їх підвищеним умістом, 32 – середнім, 14,8 – високим і дуже високим, 1,3% – низьким рівнем забезпеченості.

Калій також є одним з основних елементів живлення рослин. За належного калійного живлення підвищується посухостійкість та морозостійкість рослин, поліпшується обмін поживних речовин і

Таблиця 2

**Агрохімічна характеристика орних земель Сквирського р-ну Київської обл.
за вмістом гумусу (2001–2015 рр.)**

Тур обстеження	Обстежена площа, тис. га	Площі ґрунтів за вмістом гумусу, %				Середньозважений показник, %
		дуже низький (<1,1)	низький (1,1–2,0)	середній (2,1–3,0)	підвищений (3,1–4,0)	
VIII (2001–2005)	50,1	0,6	38,9	56,7	3,8	3,18
IX (2006–2010)	51,0	1,4	37,3	57,2	4,1	3,16
X (2011–2015)	51,8	2,3	39,4	56,9	1,4	3,03

Таблиця 3

**Агрохімічна характеристика обстежених земель Сквирського р-ну Київської обл.
за вмістом рухомих сполук фосфору (2001–2015 рр.)**

Тип обстеження	Обстежена площа, тис. га	Площі ґрунтів за вмістом рухомих сполук фосфору, %						Середньо-зважений показник, мг/кг
		дуже низький <21	низький 21–50	середній 51–100	підвищений 101–150	високий 151–200	дуже високий >200	
VIII (2001–2005)	52,8		4,2	51,3	34,3	8,7	1,5	101
IX (2006–2010)	51,0		0,4	22,6	42,2	25,6	9,2	134
X (2011–2015)	51,8		1,3	32,0	51,9	14,1	0,7	115

води. Калій впливає на накопичення в рослинному організмі крохмалю, цукру. Бере участь в азотному обміні і синтезі білка, підвищує використання сонячної енергії та відтік асимілянтів [8].

За матеріалами X туру обстеження сільськогосподарських угідь Сквирського р-ну ґрунти з підвищеним ступенем забезпечення калієм становлять 24,8 тис. га (47,8%); 16,8 (32,6) — характеризуються його високим вмістом; 9,4 тис. га (18,1%) — середнім вмістом рухомих сполук цього елемента у ґрунті. Значно високим вмістом рухомих сполук калію характеризуються ґрунти на площі 0,7 тис. га (1,3%), низьким — на площі 0,1 тис. га (0,2%) (табл. 4).

Упродовж VIII–X турів обстеження показник вмісту рухомих сполук калію в ґрунті був майже стабільним — 102–107 мг/кг, що відповідає підвищеному рівню забезпеченості.

Рациональне використання земельних угідь у сільськогосподарському виробництві, розробка і ефективне застосування комплексу заходів з регулювання та управління родючістю ґрунтів не є можливим без знання їх еколого-агрохімічного стану, що визначається сукупністю агрофізичних, фізико-хімічних, агрохімічних та біологічних властивостей, а також враховує забрудненість ґрунтового покриву важкими металами, радіонуклідами та пестицидами [9].

На основі даних агрохімічного обстеження проведено якісну оцінку ґрунтів сільськогосподарських угідь Сквирського р-ну та встановлено, що вона, загалом, відповідає середньому рівню якості — 60 балів (V клас) та є однією з найвищих у Київській обл. (табл. 5). Зокрема, ґрунти високої якості становлять 55,9%, середньої — 42,38, угіддя з ґрунтами низької якості — 1,7% від обстежених площ.

Таблиця 4

**Агрохімічна характеристика обстежених земель Сквирського р-ну Київської обл.
за вмістом рухомих сполук калію (2001–2015 рр.)**

Тип обстеження	Обстежена площа, тис. га	Площі ґрунтів за вмістом рухомих сполук калію, %						Середньо-зважений показник, мг/кг
		дуже низький <21	низький 21–40	середній 41–80	підвищений 81–120	високий 121–180	дуже високий >180	
VIII (2001–2005)	52,8	0,1	33,1	40,9	21,2	4,7		102
IX (2006–2010)	51,0		0,1	23,3	45,6	26,7	4,3	107
X (2010–2015)	51,8		0,2	18,1	47,8	32,6	1,3	105

Таблиця 5

**Оцінка обстежених ґрунтів Сквирського р-ну Київської обл.
за їх придатністю для сільськогосподарського виробництва**

Тур обстеження	Обстежена площа, тис. га	Середній бал	Найкращі землі (%)		Високої якості (%)		Середньої якості (%)		Низької якості (%)	
			Клас/бал							
			I (91–100)	II (81–90)	III (71–80)	IV (61–70)	V (51–60)	VI (41–50)	VII (31–40)	VIII (21–30)
IX (2006– 2010)	51,0	63,0	–	0,06	8,98	60,27	18,73	11,96	–	–
X (2011– 2015)	51,8	60,0	–	–	6,08	49,86	38,35	4,03	1,53	0,15

Порівняно з попереднім туром, середньо-зважений показник якості ґрунтів зменшився на 3 одиниці (4,8%), що свідчить про зниження деяких показників їх родючості. Спостерігається перерозподіл площ ґрунтів за якісною оцінкою. У X турі обстеження на території Сквирського р-ну ґрунтів II класу (найкращі землі) не виявлено, але, мусимо констатувати, з'явилися ґрунти низької якості (VII та VIII клас). Крім того, на 11,7% збільшилися площі ґрунтів середньої якості. Тобто відбулося зменшення площ ґрунтів високої якості на 13,31%.

ВИСНОВКИ

Підвищення культури землеробства, а своєю чергою родючості ґрунтів та збільшення врожайності сільськогосподарських культур у районі, повинне базуватися, насамперед, на впровадженні науково обґрунтованих сівозмін як основи для системи удобрення, механічного обробітку ґрунту, захисту посівів від бур'янів, шкідників та збудників хвороб, регулювання кругообігу елементів живлення рослин.

Порівняно з попередніми турами агрохімічного обстеження земель, середньо-зважений показник вмісту гумусу в X турі майже не змінився, проте, зважаючи на виражений негативний баланс гумусу

в землеробстві області, необхідно забезпечити його поповнення з усіх можливих джерел, серед яких: внесення підвищених норм органічних добрив, максимальне використання на площах побічної продукції, післяжнивних решток, збільшення площ посіву сидеральних культур, введення у сівозміни більшої кількості бобових культур та багаторічних трав.

Унесення значних обсягів дефекату на поля Сквирського р-ну сприяло істотному зменшенню площ ґрунтів з кислою реакцією ґрунтового розчину — з 24,5% у 2006 р. до 1,9% у 2011 р. Для поліпшення родючості ґрунтів району та недопущення повторного підкислення доцільним є внесення дефекату у науково обґрунтованих обсягах.

Калійний та фосфорний режим ґрунтів району є стабільним і відповідає підвищеному рівню забезпеченості, що уможливорює формування високих урожаїв сільськогосподарських культур.

З метою збереження та підвищення агроекологічного стану ґрунтів Сквирського р-ну необхідно повністю компенсувати дефіцит органічної речовини та елементів живлення у ґрунті, що досягається внесенням оптимальних норм мінеральних та органічних добрив, проведенням у необхідних обсягах хімічної меліорації ґрунтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Науковий звіт Київського обласного державного проектно-технологічного центру охорони родючості ґрунтів і якості продукції про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2006 році (заключний) / Київський ОДПТЦ охорони родючості ґрунтів і якості продукції. — К., 2006. — 261 с.
2. Звіт Київського обласного державного проектно-технологічного центру охорони родючості ґрунтів і якості продукції про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2010 році (заключний) / Київський ОДПТЦ охорони родючості ґрунтів і якості продукції. — К., 2011. — 245 с.
3. Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2015 році (заключний) / ДУ «Держґрунтоохорона». — К., 2016. — 255 с.
4. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. — К., 2013. — 99 с.
5. Агропромисловий комплекс Сквирського району [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://skvira-rda.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=261&Itemid=77/
6. Жуков А.И. Регулирование баланса гумуса в почве / А.И. Жуков, П.Д. Попов. — М.: Росагропромиздат, 1988. — 40 с.
7. Носко Б.С. Баланс фосфора в системе почва — удобрения — растения / Б.С. Носко // Агрохимия. — 1990. — № 11. — С. 71–82.
8. Marschner P. Mineral Nutrition of Higher Plants / P. Marschner. — [3rd ed.]. — London: Academic Press, 2012. — 672 p.
9. Панас Р. Бонітування ґрунтів як важлива складова Державного земельного кадастру / Р. Панас // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Кадастр та землеустрій. — 2011. — Вип. 1 (21). — С. 199–203 p.

REFERENCES

1. *Naukovyi zvit Kyivskoho oblasnoho derzhavnoho proektno-tekhnologichnoho tsentru okhorony rodiuchosti gruntiv i yakosti produktii pro vykonannia proektno-tekhnologichnykh ta naukovo-doslidnykh robot u 2006 rotsi (zakliuchnyi)* [Scientific report of the Kyiv Regional State Design and Technology Center for soil fertility and product quality on the implementation of design-technological and research work in 2006 (final)]. (2006). Kyivskiy ODPTTs okhorony rodiuchosti gruntiv i yakosti produktii. Kyiv [in Ukrainian].
2. *Zvit Kyivskoho oblasnoho derzhavnoho proektno-tekhnologichnoho tsentru okhorony rodiuchosti gruntiv i yakosti produktii pro vykonannia proektno-tekhnologichnykh ta naukovo-doslidnykh robot u 2010 rotsi (zakliuchnyi)* [Report of the Kyiv Regional State Design and Technology Center for soil fertility and product quality on the implementation of design-technological and research work in 2010 (final)]. (2006). Kyivskiy ODPTTs okhorony rodiuchosti gruntiv i yakosti produktii. Kyiv [in Ukrainian].
3. *Zvit pro vykonannia proektno-tekhnologichnykh ta naukovo-doslidnykh robot u 2015 rotsi (zakliuchnyi)* [Report for on the implementation of design-technological and research work in 2015 (final)]. (2015). State Institution «Soil Protection Institute of Ukraine». Kyiv [in Ukrainian].
4. Yatsuk, I. & Baliuk, S. (Eds.). (2013). *Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia* [The method of agrochemical certification of agricultural land]. Kyiv [in Ukrainian].
5. Ahropromyslovyy kompleks Skvyrs'koho rayonu [Agrarian promises complex Skvirsky district]. (n.d). *skvira-rda.org.ua*. Retrieved from http://skvira-rda.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=261&Itemid=77/ [in Ukrainian].
6. Zhukov, A. (1988). *Rehulyrovanye balansu humusa v pochve* [Humus balance control in soil]. Moskva: Rosahropromyzdat [in Russian].
7. Nosko, B.S. (1990). Balans fosfora v systeme pochva — udobreniya — rasteniya [The balance of phosphorus in the soil system — fertilizers — plants]. *Ahrokhymiya — Agrochemistry*, 11, 71–82 [in Russian].
8. Marschner, H. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). London: Academic Press [in English].
9. Panas, R. (2011). Bonituvannia gruntiv yak vazhlyva skladova Derzhavnoho zemelnogo kadastru [Ground leveling as an important component of the State Land Cadastre]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva: Kadastr ta zemleustrii — Modern achievements in geodetic science and production: Cadastre and land management*, 1 (21), 199–203 [in Ukrainian].

УДК 633.13 + 632.925

ПРОТРУЙНИКИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОСІВІВ ВІВСА ВІД ХВОРОБ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПІ УКРАЇНИ

С.В. Ретьман, Ю.С. Панченко

Інститут захисту рослин НААН

Оцінено фітосанітарний стан посівів вівса сортів Чернігівський 28 та Самуель у Правобережному Лісостепі України. Наведено технічну ефективність хімічних протруйників Венцедор, ТН; Вінцит 050 CS, кс та біологічних — Гаупсин, р. та Фітоцид, р. проти основних хвороб культури на ранніх етапах органогенезу. Визначено врожайність вівса за дії різних протруйників.

Ключові слова: овес, протруйники, інтенсивність ураження хворобами, технічна ефективність, врожайність.

В Україні впродовж XX століття площі посівів вівса (*Avena sativa* L.) — культури, що має вирішальне значення у збільшенні виробництва зерна, зменшилися з 2,9 до 0,55 млн га; останніми роками його вирощують на площі 0,3–0,4 млн га (у 2016 р. — 0,21) переважно у Лісостепі та на Поліссі. Овес використовують як продовольчу культуру, зокрема для дитячого і дієтичного харчування; змішані посіви вівса з бобовими — найкращі попередники у сівозміні [1, 2]. Такі посіви мають здатність пригнічувати розвиток деяких хвороб, поліпшуючи фітосанітарний стан наступних культур. Овес є ланкою ефективних різноротаційних сівозмін, рекомендованих для Полісся, Лісостепу, Степу [3]. Середня врожайність культури становить 1,9–2,1 т/га (у 2016 р. — 2,4), у 2017 р. станом на 11.08 за даними Мінагрополітики України — 2,9 т/га [4]. Серед чинників, які стримують реалізацію генетично детермінованого потенціалу продуктивності вівса (6–8 т/га для вівса піввчастого — *A. sativa* subsp. *sativa* Rod. Et Sold. та 5–6 т/га для вівса голозерного — *A. sativa* subsp. *nudi sativa* (Husnot) Rod. Et Sold.), не останнє місце займають хвороби. Регіони інтенсивного вирощу-

вання вівса є сприятливими для розвитку у посівах фітопатогенних мікроорганізмів. Вища густина продуктивного стеблостою, внесення підвищених доз добрив, особливо азотних, розміщення у сівозмінах різних зернових на одних і тих самих полях, забур'яненість посівів спричиняє створення специфічних умов для посилення розвитку патогенних грибів. До того ж високоврожайні сорти, призначені для інтенсивних технологій, не завжди характеризуються стійкістю до мікозів. Основними хворобами вівса на ранніх етапах органогенезу є: борошниста роса (*Blumeria graminis* DC f. sp. *avenae* Em. Marchal), червоно-бура плямистість (*Pyrenophora avenae* (Eidam) Kurib.; анаморфа *Drehslera avenae* (Eidam) Sharif); септоріоз (*Phaeosphaeria avenaria* (G.F. Weber) O. Eriksson f. sp. *avenae* (*Stagonospora avenae* (A.B. Frank) Bisset); коренева гниль (*Cochliobulu ssativus* (Ito et Kurib)); коричнева плямистість, або гетероспоровоз (*Heterosporium avenae* Oudem). За ураження вівса цими хворобами уповільнюється розвиток кореневої системи, знижується інтенсивність фотосинтезу та продуктивне кушіння рослин, що призводить до погіршення якості врожаю. Недобір урожаю може сягати 20%, а за епіфітотійного розвитку і більше [5, 6].

Для захисту вівса від хвороб необхідно вживати комплексні захисні заходи. У сучасних інтегрованих системах захисту культури істотна роль і надалі залишається за хімічним методом. На сьогодні отримати сталі високі врожаї без застосування пестицидів майже неможливо. Альтернативи йому поки що не існує; окрім того, асортимент пестицидів, тактика і стратегія їх застосування докорінно змінилися. Також спостерігається невпинне зростання частки хімічного методу як у передових країнах, так і в Україні (в 2010 р. — 62%) [7, 8].

За пріоритетності хімічного методу слід надавати перевагу найбільш екологічно безпечним і раціональним способам застосування пестицидів, одним з яких є протруєння насіння. Знезаражування насіння є обов'язковим прийомом у технології вирощування зернових культур, у т.ч. і вівса. Цей спосіб забезпечує ефективний захист культури на ранніх етапах органогенезу, є економічно доцільним і екологічно безпечним. Пестицидне навантаження на агроценоз за такого технологічного прийому, як мінімум, є у 10 разів нижчим, ніж за обприскування в період активного росту рослин. Для протруєння насіння вівса зареєстровано доволі обмежений асортимент препаратів (на основі сполук з класу триазолів), що унеможливує чергування діючих речовин з різним механізмом дії для ефективного хімічного захисту культури і запобігання виникненню резистентності у збудників [9]. Вагомим чинником «екологізації» систем захисту є застосування більш екологічно безпечних засобів захисту, зокрема біофунгіцидів, що актуально для вирощування вівса, зерно якого є сировиною для виробництва продукції дитячого і дієтичного харчування [10, 11].

Тому з метою розширення асортименту протруйників необхідно вивчити їх вплив на розвиток хвороб вівса, що і зумовило завдання досліджень.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили у 2015–2016 рр. на дослідних ділянках ДП ЕБ «Олександрія» (зона Правобережного Лісостепу),

розмір ділянок — 25 м², їх розміщення — систематичне, повторність — чотириразова. Висівали овес плівчастий сорту Чернігівський 28 та овес голозерний сорт Самуель. Застосовували протруйники Вінцит 050 CS, кс (флутріяфол 25 г/л + тіабендазол 25 г/л) з нормою витрати 2,0 л/т і Венцедор, ТН (тебуконазол 25 г/л + тирам 400 г/л) з н.в. 1,0 л/т та біологічні — Гаупсин, р. (*Pseudomonas aureofaciens* B-111 та B-306, титр життєздатних клітин $1 \cdot 10^4$ /мкг препарату) з н.в. 6 л/т і Фітоцид, р (бактерії *Bacillus subtilis* у кількості $(1-9) \cdot 10^9$ КУО/см³) з н.в. 1,5 л/т. Визначення ступеня розвитку хвороби, технічної ефективності протруйників та врожайності культури здійснювали за загальноприйнятими методиками [12].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами обстежень посівів вівса плівчастого сорту Чернігівський 28 у 2015–2016 рр. на ранніх етапах розвитку виявлено такі хвороби, як коренева гниль, септоріоз. На 10-му етапі, у 2015 р., за шкалою ВВСН (у фазу сходів) було діагностовано кореневу гниль та септоріоз, розвиток яких становив 10,7 та 2,5% відповідно, а у 2016 р. розвиток цих хвороб був на рівні 10,0%.

Слід наголосити на значному підвищенні розвитку септоріозу у 2016 р., що можна пояснити сприятливими відповідними погодними умовами (табл. 1).

Овес голозерний сорту Самуель впродовж 2015–2016 рр. досліджень на 10-му етапі органогенезу уражувався лише кореневою гниллю (табл. 2). Також слід відзначити у 2016 р. зниження розвитку звичайної кореневої гнилі вдвічі.

Найефективнішою від хвороб була дія досліджуваних протруйників на сорти вівса плівчастого Чернігівський 28. Так, протруйники Вінцит 050 CS, кс та Венцедор, ТН продемонстрували доволі високу ефективність у захисті культури проти кореневої гнилі (51,2 та 82,2% відповідно) та дещо нижчу проти септоріозу (59,7 та 76,4% відповідно). Біологічні протруйники Гаупсин, р та Фітоцид, р також показали високу ефективність у захисті проти ко-

Таблиця 1

Технічна ефективність протруйників проти хвороб вівса (10-й етап органогенезу; сорт Чернігівський 28; ДП ЕБ «Олександрія»)

Варіант	Норма витрати, л/т	Технічна ефективність дії %		Урожайність, т/га
		Коренева гниль	Септоріоз	
2015 р.				
Контроль	—	(10,7)*	(2,5)	4,54
Вінцит 050 CS, кс	2,0	82,2	76,4	4,75
Венцедор, ТН	1,0	78,5	70,6	4,73
Гаупсин, р	6,0	75,0	73,0	4,62
Фітоцид, р	1,5	77,0	74,1	4,64
НІР ₀₅	—	—	—	0,13
2016 р.				
Контроль	—	(10,0)*	(10,0)	5,03
Вінцит 050 CS, кс	2,0	55,0	61,3	5,31
Венцедор, ТН	1,0	51,2	59,7	5,27
Гаупсин, р	6,0	47,3	52,1	5,17
Фітоцид, р	1,5	46,1	50,2	5,21
НІР ₀₅	—	—	—	0,12

Примітка (до табл. 1–2): * — розвиток хвороби у контрольному варіанті.

Таблиця 2

Технічна ефективність протруйників проти хвороб вівса (10-й етап органогенезу; сорт Самуель, ДП ЕБ «Олександрія»)

Варіант	Норма витрати, л/т	Технічна ефективність дії %	Урожайність, т/га
		Коренева гниль	
2015 р.			
Контроль	—	(10,5)*	5,80
Вінцит 050 CS, кс	2,0	54,2	6,15
Венцедор, ТН	1,0	51,4	6,11
Гаупсин, р	6,0	38,0	5,98
Фітоцид, р	1,5	40,0	5,95
НІР ₀₅	—	—	0,09
2016 р.			
Контроль	—	(5,0)*	6,31
Вінцит 050 CS, кс	2,0	30,0	6,45
Венцедор, ТН	1,0	24,0	6,41
Гаупсин, р	6,0	22,0	6,38
Фітоцид, р	1,5	20,1	6,35
НІР _{0,5}	—	—	0,12

реневої гнилі, що була майже на такому самому рівні, як і за дії хімічних.

На вівсі голозерному сорту Самуель ефективною була дія лише протруйників Вінцит 050 CS, кс та Венцедор, ТН — 30,0–54,2 та 24,0–51,4 % відповідно.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що найпоширенішими хворобами вівса у фазу сходів (10-й етап органогенезу за BVCH) у Правобережному Лісостепі України є: коренева гниль (*Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib)) та септоріоз (*Phaeosphaeria avenaria* (G.F.Weber) O. Eriksson f. sp. *avenae* (*Stagonospora avenae* (A.B. Frank) Bisset).

Найвищу ефективність досліджувані протруйники Вінцит 050 CS, кс (флутріа-

фол 25 г/л + тіабендазол 25 г/л) з нормою витрати 2,0 л/т та Венцедор, ТН (тебуконазол 25 г/л + тирам 400 г/л) з н.в. 1,0 л/т забезпечили на вівсі плівчастому сорту Чернігівський 28 проти кореневої гнилі — 51,2 та 82,2 %, проти септоріозу — 59,7 та 76,4 % відповідно.

Урожайність вівса збільшувалась на 10–13 % за застосування хімічних протруйників Вінцит 050 CS, кс та Венцедор, ТН і на 8–11 % за застосування біологічних протруйників Гаупсин, р та Фітоцид, р.

Використання досліджуваних препаратів для захисту вівса забезпечить одну з умов антирезистентної стратегії їх застосування та зменшить пестицидне навантаження на довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Матрос О.П. Овес: монографія / О.П. Матрос, А.С. Малиновський. — Житомир: ДАУ, 2005. — 222 с.
2. Скоркіна Т.О. Вплив систем удобрення на якість насіння вівса та особливості його ростових процесів при біологізації землеробства / Т.О. Скоркіна, С.В. Журавель, О.М. Красуцький // Агропромислове виробництво Полісся. — 2014. — Вип. 7. — С. 21–24.
3. Бойко П.І. Ефективні різноротаційні сівозміни у сучасному землеробстві / П.І. Бойко, Н.П. Коваленко, М.М. Опара // Вісник Полтавської Державної академії. — 2014. — № 3. — С. 20–32.
4. Програма «Зерно України — 2015». — К.: ДІА, 2011. — 48 с.
5. Марков І. Діагностика вівса / І. Марков // Агробізнес. — 2014. — № 1–2. — С. 15–19.
6. Марков Л.І. Практикум із сільськогосподарської фітопатології: навч. посіб. / Л.І. Марков. — К.: ННЦ ІАЕ, 2011. — С. 19–20.
7. Власов А.Г. Эффективность применения фунгицидов в защите посевов овса от красно-бурой пятнистости листьев / А.Г. Власов, С.П. Халецкий, И.С. Матыс // Землеробства і ахова раслін. — 2012. — № 3. — С. 55–57.
8. Трибель С.О. Хімічний метод: успіхи — проблеми — перспективи / С.О. Трибель, О.О. Стригун // Захист і карантин рослин. — 2013. — Вип. 58. — С. 263–276.
9. Довідник із пестицидів / [М.П. Секун, В.М. Жеребко, О.М. Лапа та ін.]; за ред. проф. М.П. Секуна. — К.: Колобіг, 2007. — 360 с.
10. Биологическая защита растений / [М.В. Штернис, Ф.С.-У. Джабилов, И.В. Андреева и др.]; под ред. М.В. Штернис. — М.: Колос С, 2004. — 264 с.
11. Теслюк В.В. Концептуальні основи виробництва і застосування мікобіопрепаратів [Електронний ресурс]: В.В. Теслюк // Наукові доповіді НУБіП. — 2011. — 7 (23). — Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_7/11tbbpam.pdf
12. Методика випробування і застосування пестицидів / [С.О. Трибель, Д.Д. Сігарьова, М.П. Секун та ін.]; за ред. проф. С.О. Трибеля. — К.: Світ, 2001. — С. 267–270.

REFERENCES

1. Matros, O.P., Malynovs'kyi A.S. (2005). *Oves: monographia [Oat: monograph]*. Zhytomyr: DAU [in Ukrainian].
2. Skorina, T.O., Zyravel, S.V., Krasyskyi, O.M (2014). Vplyv system udobrennya na yakist nasynnya vivs ta osoblyvosti yogo rostovukh procesiv pry biolohizatsii zemlerobstva [Influence of fertilizer systems on the quality of oats seeds and peculiarities of its growth processes during biologization of agriculture]. *Agropromyslove vyrobnytstvo Polissya — Agro-industrial production of Polissya*, 7, 21–24 [in Ukrainian].
3. Boyko, P.I., Kovalenko, N.P., Opara, M.M. (2014). Efektyvni riznоротациyni sivizminy u suchasnomy zemlerobstvi [Effective varies rotation crop rotation in modern agriculture]. *Visnyk Poltavskoi Dergavnoi akademii — Newsletter of the Poltava State Academy*, 3, 20–32 [in Ukrainian].
4. Programa (2015) «Zerno Ukrainy — 2015» [Grain of Ukraine — 2015]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

5. Markov, I. (2014). Diagnostyka vivsa [Diagnosis of oats]. *Agrobusiness — Agribusiness*, 1–2, 15–20 [in Ukrainian].
6. Markov, L.I. (2011). *Praktikum iz silskogospodarskoi fitopatologii: navch. posib. [Workshop of agricultural plant pathology, teach. guidances.]*. Kyiv: NNC IAE [in Ukrainian].
7. Vlasov, A.G., Haleckiy, S.P. Matys, I.S. (2012). Effektivnost pryminenya fungicidov v zashhyte posevov ovsya ot krasno-buroy pyatnistosti listyev [The effectiveness of the use of fungicides in the protection of oats from the red-brown leaf spot]. *Zemlyarobstva I ahava raslin — Agriculture and protect the plants*, 3, 55–57 [in Russian].
8. Trybel, S.O., Strugyn, O.O. (2013). Himichiy metod: uspihy — problems — perspektivy [Chemical method: successes — problems — perspectives]. *Zahyst i karantyn roslyn — Protection and Plant Quarantine*, 58, 263–267 [in Ukrainian].
9. Sekyn, M.P., Gerebko, V.M., Lapa, O.M. et al. (2007). *Dovynik iz pestycidiv [Handbook of pesticides]*. Kyiv: Kolobig [in Ukrainian].
10. Shternis, M.V., Dgalilov, F.S.-Y., Andreeva, I.V. et al. (2004). *Biologicheskaya zashhita rasteniy [Biological protection of plants]*. M.V. Shternis (Ed.). Moskva: Kolos [in Russian].
11. Teslyk, V.V. (2011). *Konceptyalni osnovy vyrobnyctva i zastosyvannya mikrobiopreparativ [Conceptual basis for the production and use of microbial drugs]*. *Naykovi dopovidi NUBiP — Scientific reports of NUBiP*, 7 (23). Retrived from http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_7/11tbbpam.pdf [in Ukrainian].
12. Trybel, S.O., Sygaryova, D.D., Sekyn, M.P. et al. (2001). *Metodyka vyprobyvannya i zastosyvannya pestycidiv [Method of testing and application of pesticides]*. S.O. Treybel (Ed.). Kyiv: Svit [in Ukrainian].

УДК 504.054:635.1/8:6148.027.1:615.277.4

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ АГРОСЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИМІСЬКОЇ ЗОНИ

м. ЖИТОМИРА

Л.О. Герасимчук, Р.А. Валерко

Житомирський національний агроекологічний університет

Встановлено, що овочева продукція, вирощена у межах агроселітебних ландшафтів с. Тетерівки (Житомирська обл.) є забрудненою кадмієм, цинком і свинцем. Максимальний вклад у загальну експозицію забруднювачів, що надходять у продукти харчування, вносить картопля (73–86 %), друге місце належить петрушці листковій, третє — буряку столовому та моркві столовій. Перевищення коефіцієнта небезпеки зафіксовано лише щодо свинцю. Загальний рівень неканцерогенного ризику становить 1,052 для рівня медіани і 1,617 для рівня 90-го процентиля. Сумарний рівень канцерогенного індивідуального ризику від Pb і Cd становить $5,44 \cdot 10^{-4}$ — для медіанних значень і $7,52 \cdot 10^{-4}$ — для 90-го процентиля, що за міжнародною шкалою оцінюється як напружений.

Ключові слова: важкі метали, овочі, забруднення, експозиція, коефіцієнт небезпеки, канцерогенний ризик, неканцерогенний ризик.

Екологічна безпека харчових продуктів наразі є однією із головних складових національної безпеки будь-якої держави, оскільки від якості продуктів безпосередньо залежить здоров'я населення. Крім того, якість продуктів харчування залежить від стану навколишнього природного середовища.

Відомо, що на сьогодні основну частину у раціоні людини становить продукція рослинництва, зокрема картопля та овочі. Проте її вирощування на сучасному етапі відбувається переважно у приватних фермерських господарствах, а достовірної інформації щодо якості цих овочів майже не існує.

Санітарно-гігієнічна якість картоплі та овочевої продукції, вирощеної в межах аг-

роселітебних ландшафтів м. Житомира та його приміської зони, є незадовільною, а домінуючими її забруднювачами виступають Cd і Pb [1–4]. Споживання продуктів харчування з підвищеним умістом канцерогенів безпосередньо впливає на формування захворюваності та смертності населення від злоякісних новоутворень, відносний вклад яких становить 35–50 % [5].

Серед сучасних методів оцінки небезпеки, зумовленої дією канцерогенних і неканцерогенних речовин на людину, є встановлення ризику настання небажаних ефектів з метою подальшого розроблення пріоритетних заходів з його мінімізації [5–7].

Питанню аналізу навантаження канцерогенних та неканцерогенних сполук на населення присвячено низку досліджень [7, 8], проте оцінюванню канцерогенного і неканцерогенного ризиків від споживання картоплі та овочів населенням сільських селітебних територій, зокрема на території Житомирської обл., приділено недостатньо уваги, що і обумовило мету роботи.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2008–2015 рр. у межах агроселітебних ландшафтів с. Тетерівки Житомирського р-ну. Площа обстеженої території становить 3,34 км². Відбір проб овочевої продукції у межах пробних ділянок здійснювали рівномірно із всієї ділянки у двох діагональних напрямках. Відбирали тільки якісні товарні плоди та коренеплоди, що не мали дефектів [3]. Всього було відібрано 94 зразки овочевої продукції. Вміст важких металів у рослинах визначали у розчинах їх золи (HNO₃, 1:2) методом атомно-абсорбційної спектроскопії (попередньо у муфельній печі при температурі 500–550°C рослинні зразки перетворювали на білу золу). Оцінку величини канцерогенного і неканцерогенного ризиків здійснювали за загальноприйнятими методиками [6, 7].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Незважаючи на те, що урбаноземі у межах с. Тетерівки характеризувались високим рівнем умісту міді і свинцю, рос-

линницька продукція, вирощена на них, не була забруднена цими елементами, за винятком картоплі, буряку столового та петрушки листової (табл. 1). Наведені дані підтверджуються й іншими нашими дослідженнями, проведеними на території агроселітебних ландшафтів м. Житомира і його приміської зони [1, 2, 4, 5].

Середній уміст цинку дещо перевищував встановлені норми щодо картоплі (1,5–1,7 ГДК), буряку столового (1,1–1,2), квасолі (1,9–2,7), кукурудзи цукрової (1,5–2,2), петрушки листової (1,1–1,2 ГДК). Хоча ґрунти с. Тетерівки і не містили підвищених кількостей міцнофіксованих форм кадмію, у всій рослинницькій продукції (за винятком кукурудзи цукрової і моркви столової), вирощеної на цій території, спостерігалось перевищення ГДК умісту цього політанта: у петрушці листовій — 1,7–6,3 ГДК, буряку столовому — 2,3–5,3, квасолі — 2,7–4,0, картоплі — 1,1–2,3, кабачка — 1,1–1,2 ГДК.

Слід зауважити, що підвищене навантаження на організм людини у реальному житті можуть спричинити виявлені у продуктах харчування політанти і у межах допустимих рівнів. Крім того, тривале хімічне навантаження навіть невеликої інтенсивності є одним з важливих чинників ризику для здоров'я, що може призвести до зниження резистентності організму, збільшення частоти і посилення різних патологій, у т.ч. онкологічних [8].

Для оцінки ризику надходження до організму мешканців с. Тетерівки важких металів унаслідок споживання картоплі та інших овочів, вирощених на території агроселітебних ландшафтів, нами проведено розрахунок експозиції контамінантів продуктів харчування на населення і встановлено неканцерогенний і канцерогенний ризики для здоров'я від споживання екологічно забрудненої городини (табл. 2, 3).

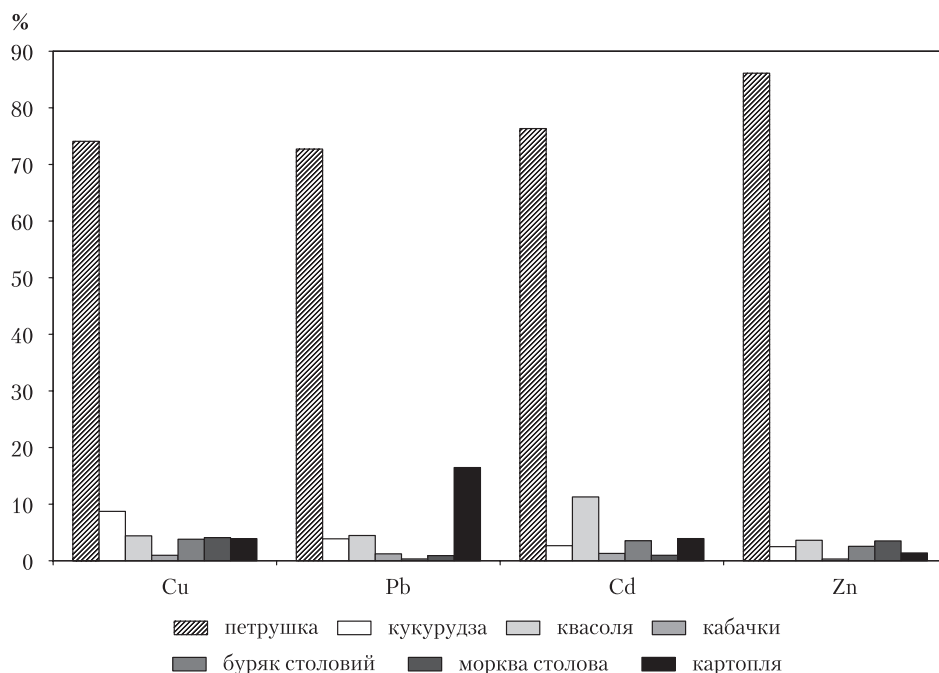
Максимальний обсяг — від 72,7 до 86,1 % залежно від забруднювачів — у загальне значення експозиції важких металів, що надходять у продукти харчування, вносить картопля, яка займає найбільшу частку у раціоні харчування усіх груп населення (рис.).

Таблиця 1

Уміст важких металів у овочевих культурах, вирощених на території агроселітебних ландшафтів с. Тетерівки Житомирського р-ну

Культура	Cu	Zn	Pb	Cd
Картопля	1,35±0,038* 1,15–1,6	15,66±0,207 14,7–17,0	0,40±0,082 0,03–0,85	0,049±0,003 0,03–0,07
Морква столова	2,09±0,199 1,3–2,75	6,61±0,24 5,75–7,8	0,33±0,006 0,3–0,36	0,026±0,0015 0,02–0,03
Буряк столовий	1,13±0,063 0,9–1,4	9,43±0,568 6,2–12,0	0,37±0,055 0,14–0,55	0,11±0,010 0,07–0,16
Кабачки	0,55±0,0135 0,5–0,59	1,63±0,31 0,26–2,5	0,23±0,035 0,1–0,32	0,028±0,0023 0,02–0,036
Квасоля	2,92±0,81 0,73–4,57	19,82±4,20 8,4–27,1	0,09±0,025 0,03–0,15	0,105±0,0087 0,08–0,12
Кукурудза цукрова	1,94±0,12 1,6–2,14	15,4±3,89 4,6–22,0	0,18±0,081 0,03–0,4	0,018±0,0032 0,01–0,025
Петрушка листова	2,39±0,249 1,44–3,25	8,86±1,023 3,56–12,5	3,54±0,414 2,0–5,6	0,104±0,016 0,05–0,19

Примітка: * розраховано за формулою $\frac{m^* \pm S}{\min - \max}$, де m — середній уміст елемента; S — стандартна похибка; $\min$ — мінімальний і $\max$ — максимальний уміст елемента.



Внесок деяких овочевих культур у загальне значення експозиції важких металів, що надходять до організму людини внаслідок споживання картоплі та інших овочів, вирощених на території агроселітебних ландшафтів с. Тетерівки Житомирського р-ну

Таблиця 2

**Величина неканцерогенного ризику, зумовленого надходженням хімічних речовин
унаслідок споживання картоплі та інших овочів, вирощених на території агроселітебних
ландшафтів с. Тетерівки Житомирського р-ну**

Назва елемента	Середньодобова доза I, мг/(кг на 1 день)		Референтна доза за хронічного перорального надходження RfD, мг/кг	Коефіцієнт небезпеки (HQ)		Органи і системи організму, що знають впливу
	Exp _{med}	Exp _{90%}		Exp _{med}	Exp _{90%}	
Мідь	0,0014	0,0016	0,019	0,073	0,084	ШКТ, печінка
Цинк	0,014	0,015	0,3	0,050	0,051	Кров
Свинець	0,00045	0,00079	0,0035	0,130	0,230	ЦНС, кров, порушення розвитку, РС, ГП
Кадмій	0,00005	0,000062	0,0005	0,103	0,124	Нирки, ГП
Сумарний ризик				Коефіцієнт небезпеки (HQ)		
				Exp _{med}	Exp _{90%}	
HQ загальний				1,052	1,617	
HQ порушення розвитку				0,130	0,230	
HQ шлунково-кишковий тракт (ШКТ)				0,073	0,084	
HQ печінка				0,073	0,084	
HQ кров				0,180	0,281	
HQ гормональні порушення (ГП)				0,233	0,354	
HQ центральна нервова система (ЦНС)				0,130	0,230	
HQ репродуктивна система (РС)				0,130	0,230	
HQ нирки				0,103	0,124	

Таблиця 3

**Значення індивідуальних і популяційних канцерогенних ризиків за перорального надходження
важких металів унаслідок споживання картоплі та інших овочів,
вирощених на території агроселітебних ландшафтів с. Тетерівки Житомирського р-ну**

Назва канцерогену	Індивідуальний канцерогенний ризик (вірогідність) ICR		Популяційний канцерогенний ризик (кількість випадків) PCR		Рівень індивідуального ризiku	
	Exp _{med}	Exp _{90%}	Exp _{med}	Exp _{90%}	Exp _{med}	Exp _{90%}
Свинець	$1,70 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	0,42	0,93	Напружений	
Кадмій	$3,74 \cdot 10^{-4}$	$4,52 \cdot 10^{-4}$	0,75	1,13		
Сумарний ризик	$5,44 \cdot 10^{-4}$	$7,52 \cdot 10^{-4}$	1,17	2,06		

Незважаючи на відносно незначне споживання населенням петрушки листової, саме їй належить друге місце за величиною внеску в експозицію забруднювачів (1,3–16,5%). Третє місце — від 3,6 до 11,2%

і від 2,5 до 8,7% залежно від забруднювачів — буряку столовому і моркві столовій відповідно.

Розрахунок експозиції (рівня впливу) важких металів здійснювали на основі ме-

діани (Exp_{med}) і 90-го процентиля ($\text{Exp}_{90\%}$). Встановлено, що за величинами рівня впливу важкі метали утворюють такий ранжируваний ряд: $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$. Так, експозиція цинку становить 51,34 мг/кг/рік (0,97 мг/кг/тиждень) — для медіанних значень вмісту і 55,92 мг/кг/рік (1,06 мг/кг/маси тіла/тиждень) — для 90-го процентиля вмісту.

Відомо, що важкі метали володіють вираженими кумулятивними, канцерогенними і токсичними властивостями, і у разі хронічного надходження до організму людини можуть викликати як онкологічні захворювання, так і порушення неракової етіології її здоров'я. Саме тому небезпеку впливу контамінантів оцінювали за показниками як неканцерогенного, так і канцерогенного ризиків.

Оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснювали шляхом розрахунку коефіцієнта небезпеки (HQ), що відображає співвідношення оціненої дози контамінантів та допустимої. Значення коефіцієнта небезпеки для міді, цинку і кадмію, оцінених за співвідношенням до допустимої добової дози, не перевищували одиниці як на рівні медіани, так і на рівні 90-го процентиля вмісту цих елементів у картоплі та інших овочах. Для території с. Тетерівки значення коефіцієнта небезпеки свинцю, оціненого за співвідношенням до тижневого надходження, перевищували одиницю як на рівні медіани, так і на рівні 90-го процентиля — 1,24 і 2,19 відповідно. Це свідчить про неприпустимий рівень впливу свинцю на населення і потребує прийняття відповідних управлінських рішень, насамперед щодо інформування мешканців про існуючу небезпеку, та забезпечення контролю якості рослинницької продукції, вирощеної у приватному секторі.

Значення неканцерогенного ризику, оціненого за співвідношенням до референтної дози хімічного елемента за хронічного перорального надходження, свідчить про вірогідність розвитку негативних ефектів унаслідок щоденного надходження Cu, Zn, Pb і Cd з овочевою продукцією в організм людини впродовж її життя. Загальний рі-

вень неканцерогенного ризику становить 1,052 для рівня медіани і 1,617 — для рівня 90-го процентиля (табл. 2). Оцінку канцерогенного ризику, що свідчить про вірогідність розвитку злоякісних новоутворень впродовж життя людини внаслідок надходження потенційних канцерогенів, здійснювали шляхом розрахунку величин індивідуального, сумарного і популяційного канцерогенного ризиків.

Серед досліджуваних хімічних речовин були обрані елементи, які згідно з класифікацією US EPA і IARC відносяться до речовин із доведеною канцерогенною активністю для людини I і II груп [5, 6], — свинець і кадмій.

Встановлено, що сумарний рівень канцерогенного індивідуального ризику внаслідок споживання картоплі та інших овочів упродовж життя людини тільки щодо двох ідентифікованих канцерогенів становить $5,44 \cdot 10^{-4}$ — для медіанних значень і $7,52 \cdot 10^{-4}$ — для 90-го процентиля, що відповідно до міжнародної критеріальної шкали оцінюється як напружений, а популяційний ризик для населення с. Тетерівки сягає 1,17 вірогідних захворювань на рак для медіанних значень і 2,06 — для 90-го процентиля (табл. 3). Згідно із рекомендаціями US EPA [5], за напруженого рівня ризику необхідним є проведення постійного контролю, розробка і вжиття планових оздоровчих заходів.

ВИСНОВКИ

Овочева продукція, вирощена у межах агроселітебних ландшафтів с. Тетерівки, забруднена кадмієм, цинком і свинцем.

Максимальна частка у загальну експозицію забруднювачів, що надходять у продукти харчування (73–86%), належить картоплі, на другому місці за величиною внеску — петрушка листовая, на третьому — буряк столовий і морква столова.

Перевищення коефіцієнта небезпеки зафіксовано тільки для свинцю — 1,24 (рівень медіани) і 2,19 (90-й перцентиль).

Загальний рівень неканцерогенного ризику внаслідок щоденного надходження Cu, Zn, Pb і Cd з овочевою продукцією до

організму людини впродовж її життя становить 1,052 — для рівня медіани і 1,617 — для рівня 90-го процентилля.

Сумарний рівень канцерогенного індивідуального ризику від споживання картоплі та інших овочів упродовж життя людини щодо Pb і Cd становить $5,44 \cdot 10^{-4}$ — для медіанних значень і $7,52 \cdot 10^{-4}$ — для 90-го процентилля, що оцінюється як напружений.

Необхідним є прийняття відповідних управлінських рішень, насамперед щодо

інформування мешканців про існуючу небезпеку і забезпечення контролю якості рослинницької продукції, вирощеної у приватному секторі.

Подальші дослідження, на нашу думку, слід зосередити на детальному обстеженні приміської зони м. Житомира щодо забруднення картоплі та інших овочів, які вирощуються на території агроселітебних ландшафтів, і оцінці їх канцерогенного і неканцерогенного ризиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білявський Ю.А. Канцерогенний та неканцерогенний ризик від споживання картоплі та овочів, що складають раціон населення сільських селітебних територій / Ю.А. Білявський, Т.М. Мислива // Вісник ЖНАЕУ. — 2013. — № 2 (38). — Т. 1. — С. 56–65.
2. Герасимчук Л.О. Канцерогенний і неканцерогенний ризики від споживання овочевих культур, вирощених на території агроселітебних ландшафтів м. Житомир / Л.О. Герасимчук // Вісник ЖНАЕУ. — 2015. — № 1 (47), Т. 1. — С. 10–19.
3. Методичні рекомендації з агроекологічного моніторингу селітебних територій / за ред. Н.А. Макаренка. — К., 2005. — 26 с.
4. Мислива Т.М. Важкі метали в урбаноземах агроселітебних ландшафтів південно-західної частини м. Житомира / Т.М. Мислива, Л.О. Герасимчук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. — 2011. — Вип. 162. — Ч. 1. — С. 155–165. — (Серія: Агрономія.)
5. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. — Washington, 2000. — 209 p.
6. Мислива Т.М. Важкі метали в урбодіафотонах і фітоценозах на території м. Житомира / Т.М. Мислива, Л.О. Онопрієнко // Вісник ХНАУ. — 2009. — № 1. — С. 89–95. — (Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія Ґрунтів).
7. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, Т.А. Шашина [и др.]. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.
8. Черниченко І.О. Канцерогени у продуктах харчування, оцінка небезпеки / І.О. Черниченко, О.М. Литвиченко, Л.С. Соверткова // Гігієна населених місць. — 2013. — Вип. 61. — С. 156–163.
9. Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население: метод, указания / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. — М., 2010. — 27 с.
10. Наказ МОЗ України «Про затвердження гігієнічного нормативу «Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини»: ГН 1.1.2.123–2006, № 7 від 13 січня 2006 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: www.zakon.nau.ua

REFERENCES

1. Bilyavs'kyj, Yu.A., My'sly'va, T.M. (2013). Kancerogeny'j ta nekancerogeny'j ry'zy'k vid spozhy'vannya kartopli ta ovochiv, shho skladayut' racion naselennya sil's'ky'x selitebny'x tery'torij [Carcinogenic and non-carcinogenic risk from consumption of potatoes and vegetables constituting the diet of rural settlement areas]. *Visnyk ZhNAEU. — Journal of ZNAEU*, 2 (38), 56–65 [in Ukrainian].
2. Gerasymchuk, L.O. (2015). Kancerogeny'j i nekancerogeny'j ry'zy'ky' vid spozhy'vannya ovochev'y'x kul'tur, vy'roshheny'x na tery'toriyi agroselitebny'x landshafitiv m. Zhy'tomy'r [Carcinogenic and non-carcinogenic risks from the consumption of vegetable crops grown on the territory of agro-saline landscapes in Zhytomyr]. *Visnyk ZhNAEU — Journal of ZNAEU*, 1 (47) 1, 10–19 [in Ukrainian].
3. Makarenko, N.A. (Eds.). (2005). *Metodychni rekomendatsiyi z ahroekolohichnoho monitorynhu selitebnykh terytorij* [Methodical recommendations on agroecological monitoring of residential areas]. Kyiv [in Ukrainian].
4. My'sly'va, T.M., Gerasymchuk, L.O. (2011). Vazhki metaly' v urbanozemakh agroselitebny'x landshafitiv pivdenno-zaxidnoyi chasty'ny' m. Zhy'tomy'ra [Heavy metals in urban soils of agro-saline landscapes in the southwestern part of Zhytomyr]. *Naukovy'j visnyk Nacional'nogo universy'tetu bioreresursiv i pry'rodokory'stuвання Ukrainy' — Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*, 162, 1, 155–165 [in Ukrainian].

5. *Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures* (2000). — Washington [in English].
6. My'sly'va, T.M., & Onopriyenko, L.O. (2009). Vazhki metaly' v urboedafotopax i fitocenozax na tery'toriyi m. Zhy'tomy'ra [Heavy metals in urboedaphotopages and phytocenoses in the territory of the city of Zhytomyr]. *Visnyk XNAU — Journal KhNAU*, 1, 89–95 [in Ukrainian].
7. Raxmany'n, Yu.A., Novy'kov, S.M., & Shashy'na, T.A. et al. (2004). *Rukovodstvo po ocenke ry'ska dlya zdorov'ya naseleny'ya pry' vozdeystvy'y' xy'my'chesky'x veshhestv, zagryaznyayushhy'x okruzhayushchuyu sredu* [Guidelines for assessing the health risks of the public when exposed to pollutant chemicals]. Moskva: Federalnyi tseñtr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii [in Russian].
8. Cherny'chenko, I.O., Ly'tvy'chenko, O.M., & Sovertkova, L.S. (2013). Kancerogeny' u produktax xarchuvannya, ocinka nebezpeky' [Carcinogens in food, assessment of danger]. *Gigiyena naseleny'x misch' — Hygiene of populated places*, 61, 156–163 [in Ukrainian].
9. *Determination of exposure and assessment of the risk of exposure to chemical contaminants of food products on the population* (2010). Moskva: Federalnyi tseñtr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora [in Russian].
10. Nakaz MOZ Ukrainy' «Pro zatverdzhennya gigiyenichnogo normaty'vu «Perelik rechovy'n, produktiv, vy'robny'chy'x procesiv, pobutovy'x ta pry'rodny'x faktoriv, kancerogeny'x dlya lyudy'ny'»: GN 1.1.2.123–2006. [Order of the Ministry of Health of Ukraine «On Approval of the Hygienic Standard» List of Substances, Products, Production Processes, Household and Natural Causes, Carcinogenic to Human Beings]. (n.d.). zakon.rada.ua. Retrieved from <http://zakon.nau.ua> [in Ukrainian]

УДК 581.5:633.15

СТІЙКІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ДО СТРЕСОВОГО ВПЛИВУ ХРОМУ І НІКЕЛЮ НА ПОЧАТКУ ЮВЕНІЛЬНОГО ЕТАПУ РОЗВИТКУ РОСЛИН

В.М. Гришко, О.І. Лисенко

Криворізький ботанічний сад НАН України

Проаналізовано дані досліджень енергії проростання і лабораторної схожості гібридів кукурудзи за впливу $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ і NiSO_4 (за окремого і сумісного використання) у варіантах дослідів: Cr^{3+} і Ni^{2+} у концентраціях 10^{-5} і 10^{-4} М/л; 10^{-5} Ni^{2+} + 10^{-5} Cr^{3+} ; 10^{-5} Ni^{2+} + 10^{-4} Cr^{3+} ; 10^{-4} Ni^{2+} + 10^{-5} Cr^{3+} і 10^{-4} Ni^{2+} + 10^{-4} Cr^{3+} М/л. Встановлено, що до першої групи відносяться гібриди (Тон 320 ВС, Престиж 365 МВ, Світ 400 МВ, Премія 190 МВ і Бліц 160 МВ), які проявляють високу металотолерантність. Для них характерна тенденція пригнічення проростання насіння до 10 % лише високими концентраціями хрому як за окремого використання, так і на тлі високих концентрацій нікелю. Натомість мінімальні концентрації цих елементів, відповідно, не проявляють істотного фітотоксичного ефекту. До другої належать гібриди (Євро 401 СВ, Фонд 404 МВ і Маїс 226 МВ), що мають високу чутливість до іонів нікелю і хрому на початку ювенільного етапу розвитку (енергія проростання і схожість насіння знижується до 63 і 37 % відповідно). Дія хрому і нікелю призводить до подовження у більшості ранньостиглих і середньостиглих гібридів кукурудзи початкових етапів проростання насіння.

Загальною закономірністю є більша фітотоксичність хрому, ніж нікелю.

Ключові слова: кукурудза, гібриди, енергія проростання, схожість, хром, нікель, металотолерантність.

Переважає більшість важких металів проявляють різноспрямовану дію на рослини. Загальновідомий позитивний ефект

цинку, купруму, мангану, феруму є науковим підґрунтям для використання їх сполук як мікродобрив [1, 2]. Проте за концентрацій, що перевищують фізіологічні потреби рослин, вони проявляють токсич-

ний ефект і розглядаються як стресовий чинник [3–5].

Останніми роками підвищився інтерес до з'ясування ролі для рослин таких мікроелементів, як нікель і хром [6, 7]. Якщо стосовно нікелю є свідчення, що у концентраціях до $5 \cdot 10^{-5}$ М іони можуть позитивно впливати на проростання насіння деяких видів, то щодо хрому такі ефекти не встановлено [8–10]. Зважаючи на те що вказані елементи є одними з компонентів промислових викидів, а іони мають високу рухомість, виникає загроза їх надходження у небезпечних концентраціях до трофічних ланцюгів із продукцією рослинництва, яка вирощується поблизу промислових підприємств гірничорудної і металургійної промисловості. Так, у ґрунтах м. Кривий Ріг уміст хрому і нікелю у 6–8 разів перевищує їх кількість в орних землях області [11]. Крім того, активна транслокація хрому та нікелю до рослин можлива в ендемічних геохімічних провінціях, до яких, принаймні за нікелем, відноситься і регіон дослідження [12].

Проростання насіння є найуразливішою частиною ювенільного етапу індивідуального розвитку рослин, коли спостерігається мінімальна стійкість до дії несприятливих чинників. У науковій літературі здебільшого розглядаються питання впливу іонів важких металів на ріст рослин і їх продуктивність та перебіг фізіологічних процесів, тоді як різні ефекти їх комбінованої дії вивчено недостатньо [3, 6, 13]. З огляду на це, метою роботи було порівняння впливу окремої і сумісної дії іонів хрому та нікелю на проростання насіння кукурудзи.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

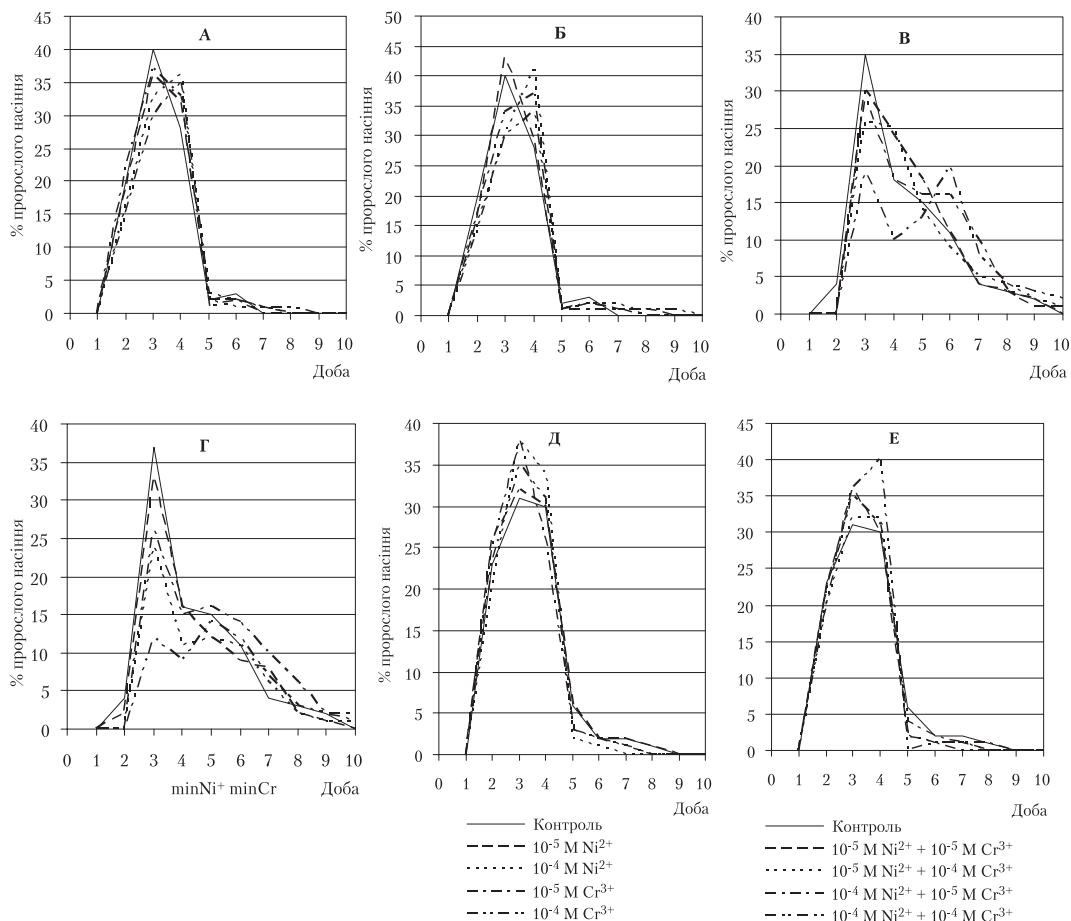
Об'єктами досліджень було насіння гібридів кукурудзи різних груп стиглості, районованих у степовій зоні України (ранньостиглі: Бліц 160 МВ, Премія 190 МВ; середньоранній — Маїс 226 МВ; середньостиглі: Тон 320 ВС, Престиж 365 МВ і середньопізні: Світ 400 МВ, Фонд 404 МВ і Євро 401 СВ), що надала НВФ «Компанія Маїс». Вплив як окремої, так і комбінованої дії водних розчинів сульфатів хрому (III)

і нікелю (II) вивчали у таких варіантах досліду: Cr^{3+} і Ni^{2+} у концентраціях 10^{-5} і 10^{-4} М/л; $10^{-5} \text{Ni}^{2+} + 10^{-5} \text{Cr}^{3+}$; $10^{-5} \text{Ni}^{2+} + 10^{-4} \text{Cr}^{3+}$; $10^{-4} \text{Ni}^{2+} + 10^{-5} \text{Cr}^{3+}$ і $10^{-4} \text{Ni}^{2+} + 10^{-4} \text{Cr}^{3+}$ М/л, контролем була дистильована вода. Пророщування насіння кукурудзи та визначення енергії проростання і схожості проводили за ДСТУ 4138–2002 [14].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати динаміки проростання насіння свідчать, що навіть мінімальні концентрації іонів нікелю та хрому як за окремого, так і за сумісного використання спричиняє зменшення кількості пророслих насінин на відповідну добу у всіх гібридів ранньої і середньопізньої груп стиглості (рис. — А, Б, В, Г). Слід наголосити, що у середньостиглих гібридів (Тон 320 ВС і Престиж 365 МВ) як максимальні, так і мінімальні концентрації хрому і нікелю стимулювали початок проростання насіння (рис. — Д, Е). Поряд із тим для середньостиглих гібридів за сумісної дії іонів важких металів найвища кількість пророслих насінин спостерігалась не на третю добу, як на контролі, а на четверту. Аналогічну закономірність встановлено і для ранньостиглого гібрида Премія 190 МВ як за окремого, так і за сумісного впливу іонів. Тобто дія хрому і нікелю спричиняє подовження у більшості ранньостиглих і середньостиглих гібридів кукурудзи початкових етапів проростання насіння (фази водопоглинання і бубнявіння) та гальмування початку фази росту первинних корінців, що, ймовірно, зумовлено затримкою поділу клітин кореневої меристеми.

Серед важливих показників, які характеризують адаптаційну спроможність рослин до стресових умов, є енергія проростання та схожість насіння. Проведені досліді надали можливість встановити певні загальні закономірності впливу іонів нікелю і хрому на гібриди кукурудзи на початку ювенільного етапу їх розвитку. Так, особливістю ранньостиглих і середньостиглих гібридів можна назвати подвійну тенденцію до змін показників енергії про-



Динаміка проростання насіння гібридів кукурудзи: Премія 190 МВ (А, Б); Євро 401 СВ (В, Г); Тон 320 ВС (Д, Е) за поодинокі (А, В, Д) та сумісної (Б, Г, Е) дії іонів хрому та нікелю

ростання насіння (табл.). У ранньостиглих гібридів (Премія 190 МВ і Біліз 160 МВ) енергія проростання статистично достовірно зменшувалась лише у варіантах за дії максимальної концентрації хрому та з максимальним умістом нікелю за комбінованої дії. Для середньостиглих сортів слід відзначити тенденцію до підвищення показника на 5–11%. За дії іонів хрому і нікелю встановлено статистично достовірне підвищення енергії проростання насіння гібрида Тон 320 ВС лише за мінімальних концентрацій обох металів. Натомість, схожість насіння гібридів цієї групи статис-

тично достовірно підвищується до 7% за дії лише іонів нікелю.

Порівняння ефектів, впливу іонів досліджуваних важких металів на схожість насіння засвідчило, що за комбінованої дії їх високих концентрацій зменшення показників схожості є суттєвішим, ніж за окремої. Поряд з тим слід зауважити, що серед ранньостиглих і середньостиглих були гібриди (Престиж 375 МВ і Біліз 160 МВ), на схожість насіння яких досліджені концентрації хрому і нікелю як за окремої, так і за сумісної дії статистично достовірно не впливали.

Аналіз результатів експериментів свідчить, що меншу металотолерантність, ніж

Показники схожості насіння гібридів кукурудзи за дії хрому і нікелю

Варіант дослід., М/л	Енергія проростання, %		Схожість, %		Енергія проростання, %		Схожість, %	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II
Гібрид	Тон 320 ВС				Престиж 365 МВ			
	Контроль	82,8±5,7	–	93,3±0,9	–	93,3±2,5	–	94,8±2,5
10^{-5} Ni^{2+}	88,3±2,8	106,6	100,0±0,***	107,2	89,3±2,5	95,7	94,8±1,9	100,0
10^{-4} Ni^{2+}	92,0±1,6	111,1	94,8±1,9	101,6	92,0±1,6	98,7	100,0±0,***	105,5
10^{-5} Cr^{3+}	86,8±0,9	104,8	93,3±3,4	100,0	89,3±5,0	95,7	98,8±0,9	104,2
10^{-4} Cr^{3+}	89,3±5,0	107,9	94,8±3,8	101,6	86,8±0,9***	93,0	94,8±2,5	100,0
$10^{-5} \text{ Ni}^{2+} + 10^{-5} \text{ Cr}^{3+}$	96,0±2,8***	115,9	97,3±1,9***	104,3	94,8±2,5	102,0	98,8±0,9	104,2
$10^{-5} \text{ Ni}^{2+} + 10^{-4} \text{ Cr}^{3+}$	88,0±2,8	106,3	93,3±1,9	100,0	84,0±4,3	90,1	94,8±1,9	100,0
$10^{-4} \text{ Ni}^{2+} + 10^{-5} \text{ Cr}^{3+}$	88,0±4,3	106,3	96,0±2,8	102,9	88,0±4,3	94,3	94,8±3,8	100,0
$10^{-4} \text{ Ni}^{2+} + 10^{-4} \text{ Cr}^{3+}$	84,0±4,3	101,4	88,0±1,6***	94,3	85,3±2,5***	91,4	97,3±0,9	102,6
Гібрид	Премія 190 МВ				Бліц 160 МВ			
	Контроль	88,0±1,6	–	93,0±1,9	–	88,0±1,6	–	96,0±0,8
10^{-5} Ni^{2+}	86,8±2,5	98,6	92,0±1,6	98,9	90,8±0,9	103,1	94,0±1,2	97,9
10^{-4} Ni^{2+}	85,3±2,5	96,9	90,8±1,9	97,6	84,0±2,8	95,5	97,3±1,9	101,4
10^{-5} Cr^{3+}	92,0±1,6	104,5	94,8±0,9	101,9	88,0±2,8	100,0	97,3±0,9	101,4
10^{-4} Cr^{3+}	80,0±3,3***	90,9	86,8±1,9***	93,3	73,3±3,4***	83,3	97,3±0,9	101,4
$10^{-5} \text{ Ni}^{2+} + 10^{-5} \text{ Cr}^{3+}$	90,8±2,5	103,1	94,8±0,9	101,9	88,0±3,3	100,0	97,3±1,9	101,4
$10^{-5} \text{ Ni}^{2+} + 10^{-4} \text{ Cr}^{3+}$	86,8±3,4	98,6	90,8±0,9	97,6	84,0±2,8	95,5	97,3±1,9	101,4
$10^{-4} \text{ Ni}^{2+} + 10^{-5} \text{ Cr}^{3+}$	88,0±1,6	100,0	90,8±1,9	97,6	89,3±0,9	101,5	96,0±0,8	100,0
$10^{-4} \text{ Ni}^{2+} + 10^{-4} \text{ Cr}^{3+}$	78,8±0,9***	89,5	84,0±2,8***	90,3	70,8±3,4***	80,5	94,8±1,9	98,8
Гібрид	Світ 400 МВ				Фонд 404 МВ			
	Контроль	97,3±0,9	–	99,8±0,3	–	65,3±6,2	–	97,5±1,0

Закінчення таблиці

Варіант дослід, М/л	Енергія проростання %		Схожість %		Енергія проростання %		Схожість %	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II
10^{-5} Ni ²⁺	97,0±1,9	99,7	99,8±0,3	100,0	57,3±0,9	87,7	96,0±1,6	98,5
10^{-4} Ni ²⁺	89,3±2,5***	91,8	99,8±0,3	100,0	59,0±6,6	90,4	85,0±1,0***	87,2
10^{-5} Cr ³⁺	95,0±1,3	97,7	99,8±0,3	100,0	66,0±0,0	101,1	90,8±2,5***	93,1
10^{-4} Cr ³⁺	86,8±0,9***	89,2	92,5±1,7***	92,7	45,3±2,5***	69,4	76,0±1,6***	77,9
10^{-5} Ni ²⁺ + 10^{-5} Cr ³⁺	97,0±1,9	99,7	99,8±0,3	100,0	52,0±4,3	79,7	89,0±1,0***	91,3
10^{-5} Ni ²⁺ + 10^{-4} Cr ³⁺	96,0±1,6	98,7	99,5±0,5	99,7	49,3±3,8***	75,5	68,3±2,8***	70,1
10^{-4} Ni ²⁺ + 10^{-5} Cr ³⁺	95,0±1,0	97,7	99,8±0,3	100,0	50,0±3,8***	76,6	75,0±1,9***	76,9
10^{-4} Ni ²⁺ + 10^{-4} Cr ³⁺	88,0±1,6***	90,5	97,3±0,9***	97,5	39,5±5,2***	60,5	66,0±2,6***	67,7
Гібрид								
Євро 401 СВ				Маїс 226 МВ				
Контроль	57,3±0,9	–	94,8±3,8	–	92,0±5,7	–	97,5±1,9	–
10^{-5} Ni ²⁺	54,0±1,2***	94,2	92,0±2,8	97,1	88,0±4,3	95,7	97,3±0,9	99,8
10^{-4} Ni ²⁺	53,3±1,9	93,0	85,0±1,9***	89,7	85,3±3,8	92,7	97,3±0,9	99,8
10^{-5} Cr ³⁺	47,0±2,5***	82,0	94,8±2,5	100,0	88,0±3,3	95,7	98,8±0,9	101,3
10^{-4} Cr ³⁺	29,5±1,9***	51,5	78,8±2,5***	83,1	72,0±1,6***	78,3	93,0±3,4	95,4
10^{-5} Ni ²⁺ + 10^{-5} Cr ³⁺	41,3±2,5***	72,1	81,3±0,9***	85,8	86,8±3,8	94,3	93,3±0,9	95,7
10^{-5} Ni ²⁺ + 10^{-4} Cr ³⁺	35,0±1,0***	61,1	68,0±1,6***	71,8	56,0±4,3***	60,9	85,3±1,9***	87,5
10^{-4} Ni ²⁺ + 10^{-5} Cr ³⁺	49,3±3,8***	86,0	74,8±1,9***	78,9	69,3±5,0***	75,3	90,8±3,4	93,1
10^{-4} Ni ²⁺ + 10^{-4} Cr ³⁺	21,3±2,5***	37,2	60,0±4,3***	63,3	53,3±2,5***	57,9	73,3±6,2***	75,2

Примітка: * I – M±m; %, ** II – % до контролю; *** – статистично достовірна різниця відносно вихідного рівня.

гібриди перших двох груп, проявляв середньоранній гібрид Маїс 226 МВ. Так, енергія проростання його насіння за окремої максимальної концентрації хрому зменшувалась до 78 %. За сумісної дії статистично достовірне пригнічення початкових етапів проростання спостерігалось за високих концентрацій іонів одного з металів і перевищувало значення для гібридів попередніх груп у середньому на 40 %.

Серед середньопізніх гібридів найменша чутливість до сполук нікелю і хрому спостерігалась у гібрида Світ 400 МВ. Встановлене підтверджується зменшенням енергії проростання насіння як за окремої, так і за сумісної дії високих концентрацій елементів — до 10 %, а схожості насіння — на 5 %. Гібриди Фонд 404 МВ і Євро 401 СВ проявляли істотно меншу металорезистентність, ніж попередній. Так, під впливом максимальної концентрації іонів хрому за окремої дії енергія проростання насіння зменшувалась на 31 і 49 % відповідно, до того ж для останнього гібрида встановлено статистично достовірне зменшення на 18 % цього показника і за мінімальної концентрації хрому. Необхідно наголосити, що фітотоксичний ефект на початкових стадіях ювенільного етапу розвитку гібридів Фонд 404 МВ і Євро 401 СВ спостерігався і за мінімальних концентрацій іонів хрому та нікелю за їх комбінованого внесення і значно підвищувався у варіантах дослідів, коли використовувалась максимальна концентрація хрому. Наприклад, енергія проростання насіння гібрида Євро 401 СВ за сумісної дії хрому і нікелю у мінімальних концентраціях зменшувалась на 28 %

порівняно з контролем, за максимальної концентрації нікелю і мінімальної хрому — на 39 %, тоді як за максимального вмісту обох іонів — до 63 %. Також додамо, що гібрид Євро 401 СВ проявляв істотно меншу металотолерантність серед інших досліджуваних, що підтверджується найнижчими показниками енергії проростання та схожості насіння — 37,2 та 63,3 % порівняно з контролем відповідно.

ВИСНОВКИ

Серед гібридів кукурудзи вперше виділено дві групи за стійкістю до окремого та сумісного впливу іонів нікелю і хрому. До першої відносяться гібриди (Тон 320 ВС, Престиж 365 МВ, Світ 400 МВ, Премія 190 МВ і Бліц 160 МВ), які проявляють високу металотолерантність. Для них характерна тенденція пригнічення проростання насіння до 10 % лише високими концентраціями хрому як за окремого використання, так і на тлі високих концентрацій нікелю. Натомість мінімальні концентрації хрому як за окремої дії, так і на тлі іонів нікелю не проявляють істотного фітотоксичного ефекту. До другої групи належать гібриди (Євро 401 СВ, Фонд 404 МВ і Маїс 226 МВ), що мають високу чутливість до іонів нікелю і хрому на початку ювенільного етапу розвитку (енергія проростання і схожість насіння знижується до 63 і 37 % відповідно). Дія хрому і нікелю призводить до подовження на одну добу у більшості ранньостиглих і середньостиглих гібридів кукурудзи початкових етапів проростання насіння. Загальною закономірністю є більша фітотоксичність хрому, ніж нікелю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений / П.А. Власюк. — К.: Наукова думка, 1969. — 516 с.
2. Фатеев А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. — Х.: ННЦ «Институт грунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», 2005. — 134 с.
3. Заболоцька О.С. Реакція проростків пшениці озимої на дію мікроелементів (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+}) в умовах водної культури / О.С. Заболоцька, Н.М. Опанашук // Агроекологічний журнал. — 2015. — № 4. — С. 90–96.
4. Гришко В.Н. Функционирование глутатион-зависимой антиоксидантной системы и устойчивость растений при действии тяжелых металлов и фтора / В.Н. Гришко, Д.В. Сыщиков. — К.: Наукова думка, 2012. — 238 с.
5. Качмар Б.Б. Ростові параметри та вміст проліну і триптофану в проростках пшениці *Triticum aestivum* L. за дії саліцилової кислоти і йонів кадмію / Б.Б. Качмар, М. Кобилецька, О.І. Терек // Вісник Львівського університету. — 2010. — Вип. 52. — С. 185–191. — (Серія: біологічна).

6. Chen C. Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects / C. Chen, D. Huang, J. Liu // *Clean – soil, sir, water*. – 2009. – Vol. 37 (4–5). – P. 304–313.
7. Phytotoxic effect of heavy metals (Cr, Cd, Mn and Zn) on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination and seedling growth in black cotton soil of Nanded, India / I.R. Shaikh, P.R. Shaikh, R.A. Shaikh, A.A. Shaikh // *Research journal of chemical sciences*. – 2013. – Vol. 3, No. 6. – P. 14–23.
8. Крылова Е.Г. Влияние сульфата никеля на прорастание семян в развитии проростков прибрежно-водных растений / Е.Г. Крылова // *Журнал Сибирского федерального университета*. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 99–106. – (Серия: Биология.)
9. Gang A. A study of heavy metal toxicity on germination and seedling growth of soybean / A. Gang, H. Vyas, A. Vyas // *Sciences secure journal of biotechnology*. – 2013. – No. 2. – P. 5–9.
10. Soni K.V. Effect of chromium and manganese metal on biomass and growth rate of some pulses / K.V. Soni, B.D. Bhuvu // *International journal of pharma and bio sciences*. – 2015. – Vol. 6, No. 2 (B). – 67–78.
11. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека / В.М. Гришко, Д.В. Сищиків, О.М. Піскова та ін. – Донецьк: Донбас, 2012. – 303 с.
12. Жовинський Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева. – К.: Наукова думка, 2002. – 213 с.
13. Кузьменко Є.І. Оцінка фітотоксичності важких металів в умовах моно- і поліелементного забруднення ґрунту / Є.І. Кузьменко, А.С. Кузьменко // *Агроекологічний журнал*. – 2013. – № 1. – С. 33–35.
14. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138–2002. – [Чинний від 2002–12–28]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 170 с.

REFERENCES

1. Vlasiuk, P.A. (1969). *Biologicheskie elementy v zhiznedeiatelnosti rastenii* [Biological elements in the life of plants]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
2. Fateev, A.I., Zakharova, M.A. (2005). *Osnovy primeneniia mikroudobrenii* [Fundamentals of microfertilizer application]. Kharkov: NNTc «Institut gruntoznavstva ta agrokhimii imeni O.N.Sokolovskogo» [in Russian].
3. Zabolotska, O.S., Opanashchuk, N.M. (2015). Reaktsiia prorstokiv psheynysi ozymoi na diiu mikroelementiv (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+}) v umovakh vodnoi kultury [The reaction of winter wheat sprouts to the influence of cuprum, zinc and nickel microelements in the conditions of the water cultures]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Ahroecological journal*, 4, 90–96 [in Ukrainian].
4. Gryshko, V.M., Syshchikov, D.V. (2012). *Funktsionirovanie glutatiazonavisimoi antioksidantnoi sistemy i ustoichivost rastenii pri deistvii tiazhelykh metallov i flora* [Functioning of glutathionedependent system and plants resistance at heavy metals and fluorine action]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
5. Kachmar, B.B., Kobyletska, M., & Terek, O.I. (2010). Rostovi parametry ta vmist prolinu i tryptofanu v prorstokakh psheynysi *Triticum aestivum* L. za dii salitsylovoi kysloty i yoniv kadmiiu [Growth parameters and content of proline and tryptophan in the seedlings of wheat *Triticum aestivum* L. under the action of salicylic acid and cadmium ions]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii biologichna – Visnyk of Lviv University. Biological series*, 52, 185–191 [in Ukrainian].
6. Chen, C., Huang, D., & J.Liu, D. (2009). Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects. *Clean – soil, sir, water*, 37 (4–5), 304–313 [in English].
7. Shaikh, I.R., Shaikh, P.R., Shaikh, R.A., Shaikh, A.A. (2013). Phytotoxic effects of Heavy metals (Cr, Cd, Mn and Zn) on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed Germination and Seedlings growth in Black Cotton Soil of Nanded, India. *Research journal of chemical sciences*, 3, 6, 14–23 [in English].
8. Krylova, E.G. (2010). Vliianie sulfata nikelia na prorastanie semian v razvitie prorstokov pribrezhno-vodnykh rastenii [The Effect of Nickel Sulfate on Seed Germination and Development of Sprouts Pribrezhno-Water Plants]. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Biologiia – Jorنال of Siberian federal university. Biology*, 3, 1, 99–106 [in Russian].
9. Gang, A., Vyas, H., Vyas, A. (2013). A study of heavy metal toxicity on germination and seedling growth of soybean. *Sciences secure journal of biotechnology*, 2, 5–9 [in English].
10. Soni, K.V., Bhuvu B.D. (2015). Effect of chromium and manganese metal on biomass and growth rate of some pulses. *International journal of pharma and bio sciences*, 6, 2 (B), 67–78 [in English].
11. Gryshko, V.M., Syshchikov, D.V., Piskova, O.M., Danilchuk, O.V., Mashtalir, N.V. (2012). *Vazhki metaly: nadkhodzheniia v ґруnty, translokatsiia u roslynakh ta ekolohichna nebezpeka* [Heavy metals: entering to soils, translocation in plant and ecological danger]. Donetsk: Donbass [in Ukrainian].
12. Zhovinskii, E.Ia, Kuraeva, I.V. (2002). *Geokhimiia tiazhelykh metallov v pochvakh Ukrainy* [Geochemistry of heavy metals in the soils of Ukraine]. Kiev: Naukova Dumka [in Russian].
13. Kuzmenko, Ye.I., Kuzmenko, A.S. (2013). Otsinka fitotoksychnosti vazhkykh metaliv v umovakh mono- i polielementnoho zabrudnennia ґрунту [Estimation phytotoxicity heavy metal in condition of mono- and poly element soil contamination]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Ahroecological journal*, 1, 33–35 [in Ukrainian].
14. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]. (2002). *DSTU 4138–2002 from 28th December 2002*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

А.М. Влашук, О.С. Колпакова, О.П. Конашук

Інститут зрошуваного землеробства НААН

Наведено результати досліджень реакції нових гібридів кукурудзи різних груп стиглості на строки сівби та густоту стояння за вирощування на зрошуваних землях степової зони півдня України. Максимальну врожайність зерна кукурудзи в середньому за 2014–2016 рр. — 13,69 т/га сформував середньостиглий гібрид Каховський за другого строку сівби та густоти стояння 70 тис. шт./га. У скоростиглого гібрида Тендра найвищий показник продуктивності — 10,96 т/га було встановлено за другого строку сівби та густоти стояння 90 тис. шт./га. Середньоранній гібрид Скадовський найвищу врожайність — 11,92 т/га сформував за другого строку сівби та густоти стояння 90 тис. шт./га.

Ключові слова: кукурудза, гібриди, строки сівби, густина стояння, урожайність.

В Україні щорічно збільшуються площі вирощування нових гібридів кукурудзи різних груп ФАО. Потенціальну продуктивність кожного генотипу можливо отримати за створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин. У комплексі агротехнічних заходів, що впливають на економічний ефект вирощування нових гібридів культури, важливе місце належить строку сівби та густоті стояння рослин разом із застосуванням зрошення, що має наукову новизну та актуальність [1–2].

Поряд з підвищенням урожайності важливе значення має покращення якості зерна кукурудзи. Своєю чергою, напрям використання зерна культури обумовлює критерії його оцінювання за відповідними якісними показниками. Якщо за виробництва біоетанолу увага приділяється вмісту в зерні крохмалю, то в харчових цілях більше цінується зерно, що має підвищений вміст протеїну та жиру. Вартість зерна на світових ринках залежить від вмісту в ньому білка. Тому в багатьох країнах значно поширилися дослідження, спрямовані на покращення показників якості зерна за допомогою агротехнічних та селекційно-генетичних заходів [3].

Посушливий клімат Південного Степу України та застосування зрошення сприя-

ють формуванню зерна кукурудзи з високим вмістом білка. Підвищена температура повітря (близько 30°C) у фазу наливу зерна уповільнює процес асиміляції та посилює процес дихання, внаслідок чого витрата вуглеводів збільшується, а відносний вміст білків підвищується [4].

Для отримання високобілкового зерна кукурудзи сприятливими є інтенсивне сонячне світло та незначний дефіцит доступної вологи. Надмірна кількість опадів у період формування зерна культури негативно впливає на його якість [5].

Поряд із тим індустріалізація та хімізація сільгоспвиробництва уможлиблює керування процесами формування фізико-хімічних властивостей зерна за допомогою прийомів агротехніки, використання добрив, пестицидів, біологічно активних речовин тощо. Оптимальні умови для формування сталих урожаїв зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості складаються за використання оптимального строку сівби та густоти стояння в умовах зрошення, оскільки ці чинники впливають на тривалість та кількість сонячного освітлення, процес фотосинтезу і врожайність [6–7].

Метою досліджень було встановити врожайність та якість зерна нових гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строку сівби та густоти стояння рос-

лин в умовах зрошення Південного Степу України.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Випробування проводили на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН у 2014–2016 рр. Ґрунт дослідної ділянки — темно-каштановий середньосуглинковий на тлі глибокого залягання ґрунтових вод. Планування та проведення досліджень здійснювали згідно із загальноприйнятими рекомендаціями та методиками щодо польового дослідіу [8–9].

У трифакторному польовому досліді вивчали: фактор А (строки сівби) — II декада квітня, III декада квітня, I декада травня; фактор В (зареєстровані в Україні нові гібриди кукурудзи різних груп стиглості):

ранньостиглий Тендра — ФАО 190, середньоранній Скадовський — ФАО 290, середньостиглий Каховський — ФАО 380, Фактор С (густота стояння рослин) — 70, 80, 90 тис. шт./га. Дослідження проводили у чотириразовій повторності з розміщенням ділянок методом рендомізації. Посівна площа ділянок — 70,0 м², облікова — 50,0 м².

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під впливом агротехнічних елементів в умовах зрошення продуктивність досліджуваних гібридів кукурудзи у середньому за 2014–2016 рр. варіювала у межах 9,98–13,69 т/га (табл. 1)

Так, дані таблиці свідчать, що за всіма групами стиглості гібридів кукурудзи спостерігається залежність врожайності зер-

Таблиця 1

Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від строків сівби та густоти стояння рослин, середнє за 2014–2016 рр.

Фактор А, строк сівби	Фактор В, гібрид	Фактор С, густота стояння, тис. шт./га	Урожайність, т/га			
			середнє	за факторами:		
				А	В	С
II декада квітня	Тендра	70	10,23	11,30	10,46	11,38
		80	10,51			11,57
		90	10,64			11,46
	Скадовський	70	11,16		11,25	
		80	11,34			
		90	11,45			
	Каховський	70	12,20		12,70	
		80	12,36			
		90	11,78			
III декада квітня	Тендра	70	10,16	11,77		
		80	10,67			
		90	10,96			
	Скадовський	70	11,38			
		80	11,80			
		90	11,92			
	Каховський	70	13,69			
		80	13,35			
		90	12,02			

Закінчення таблиці 1

Фактор А, строк сівби	Фактор В, гібрид	Фактор С, густота стояння, тис. шт./га	Урожайність, т/га			
			середнє	за факторами:		
				А	В	С
І декада травня	Тендра	70	9,98	11,34		
		80	10,42			
		90	10,59			
	Скадовський	70	10,26			
		80	10,75			
		90	11,20			
	Каховський	70	13,39			
		80	12,95			
		90	12,54			
Оцінка істотності часткових відмінностей						
НІР ₀₅ , т/га		А =	0,09			
		В =	0,06			
		С =	0,08			
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів						
НІР ₀₅ , т/га		А =	0,03			
		В =	0,02			
		С =	0,03			

на від строку сівби та густоти стояння. За результатами проведених у 2014–2016 рр. досліджень встановлено, що сівба в III декаді квітня, в середньому, продемонструвала найвищу врожайність зерна кукурудзи, що становить 11,77 т/га. За сівби у II декаді квітня та в I декаді травня врожайність зерна кукурудзи мала тенденцію до зниження — 11,30 та 11,34 т/га, або була на 4,0 та 3,7 % нижчою відповідно. Така закономірність спостерігалася впродовж усього періоду досліджень (рис. 1).

Використані в досліді гібриди мали істотний вплив на формування зернової продуктивності культури. Найсприятливіші умови для формування врожаю зерна кукурудзи серед досліджуваних гібридів були зафіксовані на посівах гібрида Каховський, який у середньому за 2014–2016 рр. виявився найпродуктивнішим (рис. 2). Се-

редня врожайність зерна гібрида Каховський становила 12,70 т/га, дещо меншу врожайність було отримано від гібрида Скадовський — 11,25, а найменші значення цього показника були у гібрида Тендра — 10,46 т/га, що пояснюється біологічними особливостями його групи стиглості. Подібна тенденція спостерігалась щорічно в період проведення досліджень.

Генотип гібрида мав істотну реакцію на густоту стояння рослин. Ранньостиглий гібрид Тендра продемонстрував найвищу врожайність за густоти стояння 90 тис. шт./га за всіх строків сівби (рис. 3).

Середньоранній гібрид Скадовський також сформував максимальну врожайність за густоти стояння 90 тис. шт./га як в оптимальний, так і відносно ранній та пізній строки сівби. Середньостиглий гібрид Каховський максимальну врожайність

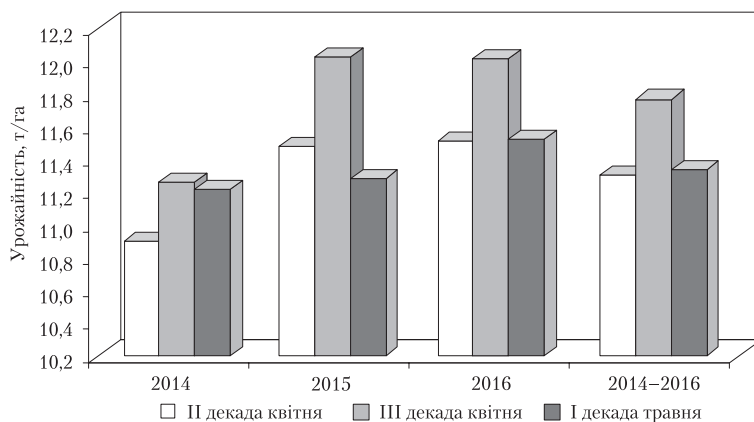


Рис. 1. Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від строків сівби

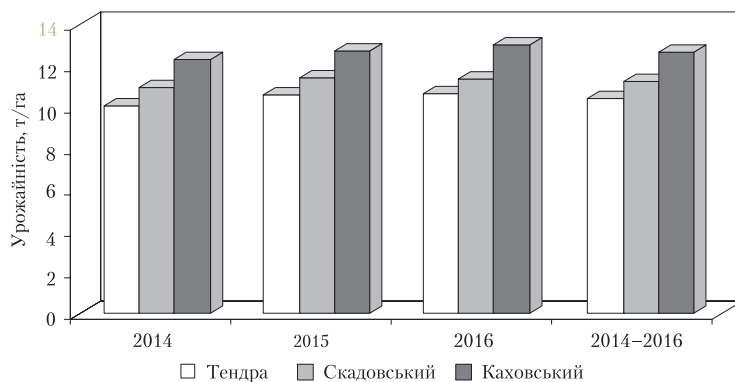


Рис. 2. Урожайність зерна кукурудзи залежно від гібридного складу за роками досліджень

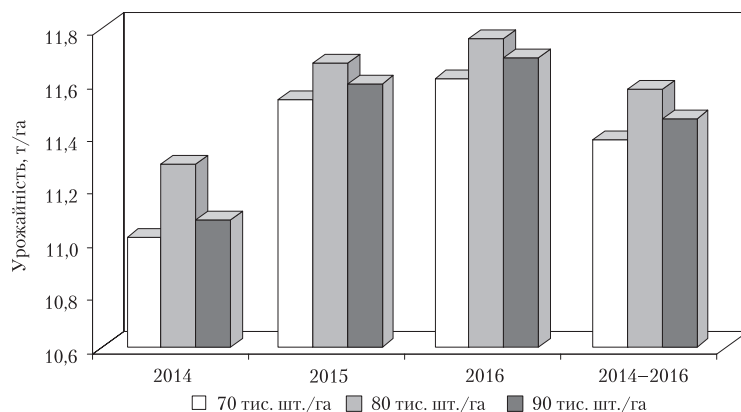


Рис. 3. Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння за роками досліджень

зерна — 13,69 т/га продемонстрував за сівби в III декаді квітня та густоти стояння

70 тис. шт./га. За сівби в I декаді квітня врожайність гібрида також була макси-

мальною за густоти стояння 70 тис. шт./га, а за сівби в II декаді квітня — за густоти стояння 80 тис. шт./га. Максимальну у досліді врожайність зерна кукурудзи — 13,5 т/га, в середньому за 2014–2016 рр., продемонстрував середньостиглий гібрид Каховський на посівах другого строку сівби за густоти стояння 70 тис. шт./га. У варіанті з використанням гібрида Тендра найвищий показник продуктивності — 10,8 т/га було встановлено за другого строку сівби та густоти стояння рослин 90 тис. шт./га. Середньоранній гібрид Скадовський найвищу врожайність — 11,8 т/га сформував

за другого строку сівби та густоти стояння 90 тис. шт./га. Отже, за результатами досліджень встановлено, що для всіх вказаних гібридів оптимальним є другий строк сівби — III декада квітня, а оптимальна густота є специфічним показником для кожного гібрида.

Окрім урожайності зерна гібридів кукурудзи, оцінювали і якість продукції. Встановлено, що якісні характеристики зерна культури залежали від строків сівби, густоти стояння та безпосередньо від біологічних особливостей досліджуваних гібридів (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив досліджуваних чинників на показники якості зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості (середнє за 2014–2016 рр.), %

Фактор А, строк сівби	Фактор В, гібрид	Фактор С, густина стояння, тис. шт./га	Уміст білка	Уміст крохмалю	Уміст жиру
II декада квітня	Тендра	70	9,30	69,80	3,36
		80	9,31	69,82	3,54
		90	9,34	69,78	3,42
	Скадовський	70	8,15	68,54	3,45
		80	8,19	68,49	3,40
		90	8,18	68,50	3,38
	Каховський	70	8,73	71,06	3,29
		80	8,75	71,10	3,34
		90	8,74	71,09	3,37
III декада квітня	Тендра	70	9,27	69,83	3,49
		80	9,35	69,79	3,53
		90	9,39	69,81	3,60
	Скадовський	70	8,19	68,54	3,86
		80	8,23	68,57	3,94
		90	8,27	68,65	3,79
	Каховський	70	8,79	71,08	3,44
		80	8,75	71,12	3,40
		90	8,74	71,15	3,41
I декада травня	Тендра	70	9,21	69,76	3,42
		80	9,26	69,79	3,49
		90	9,30	69,80	3,37
	Скадовський	70	8,12	68,51	3,43
		80	8,15	68,53	3,39
		90	8,19	68,50	3,32
	Каховський	70	8,85	71,11	3,42
		80	8,74	71,14	3,36
		90	8,73	71,16	3,38

Так, під впливом досліджуваних чинників та залежно від біологічних особливостей гібридів змінювався вміст білка, крохмалю та жирів у зерні. Максимальний вплив на формування якісних показників зерна культури спричиняв фактор В (гібрид). Серед гібридного складу, в середньому за роки досліджень, за вмістом білка якісно вирізнявся ранньостиглий гібрид Тендра — 9,39 % порівняно з іншими гібридами, в яких уміст білка варіював у межах 8,12–8,85, найменшу частку продемонстрував середньоранній гібрид Скадовський — 8,12 %. За вмістом крохмалю у зерні, відповідно, переважає гібрид Каховський — 71,16 %, тоді як у інших гібридах його вміст варіював у межах 68,49–69,83 %. У середньому за роки досліджень зерно досліджуваних гібридів кукурудзи з варіантами містило 3,29–3,94 % жиру. Так, серед досліджуваних гібридів, найвищий уміст жиру — 3,94 % продемонстрував середньоранній гібрид Скадовський, у інших гібридів цей показник вимірювався на рівні 3,29–3,60 %.

Дослідженнями встановлено, що строк сівби (фактор А) та густина стояння рослин (фактор С) певною мірою позначилися на вміст крохмалю в зерні гібридів різних груп стиглості. Визначено, що дещо більше крохмалю вони накопичували за густоти стояння 80 тис. шт./га: для гібридів Тендра і Каховський — 69,82 та 71,10 % відповідно, для гібрида Скадовський — 68,54 % за густоти стояння рослин 70 тис. шт./га за першого терміну сівби. Найбільший уміст крохмалю в зерні кукурудзи за другого терміну сівби виявлено у гібридів Каховський та Скадовський за густоти стояння 90 тис. шт./га — 68,65 та 71,15 % відповідно, у гібрида Тендра цей показник становив 69,83 % за густоти стояння 70 тис. шт./га. За третього строку сівби максимальний уміст крохмалю в зерні зафіксовано для гібридів кукурудзи Тендра та Каховський за густоти стояння рослин 90 тис. шт./га — 69,80 та 71,16 % відповідно; для гібрида Скадовський — 68,53 % за густоти стояння 80 тис. шт./га.

Встановлено певний вплив густоти стояння на вміст білка в зерні гібридів ку-

курудзи. Максимальним цей показник був у ранньостиглого гібрида Тендра — 9,39 % та середньораннього Скадовський — 8,27 % за густоти стояння 90 тис. шт./га; для середньостиглого гібрида Каховський — 8,85 % за густоти стояння 70 тис. шт./га.

Слід зауважити, що під впливом густоти стояння найбільшою мірою знижувався вміст жиру в зерні ранньостиглого гібрида Тендра: з 3,54 до 3,36 % — за першого строку сівби, з 3,60 до 3,49 — за другого та з 3,49 до 3,37 % — за третього строку сівби.

ВИСНОВКИ

Вирощування нових гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах зрошення за різних строків сівби та густоти стояння рослин, є одними з основних чинників формування продуктивності культури, що залежить від ґрунтових та кліматичних умов зони, агротехніки вирощування та її генотипових особливостей.

Дослідженнями встановлено, що максимальних показників урожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості можна досягти за сівби у ІІІ декаді квітня ранньостиглого гібрида Тендра з густотою стояння 90 тис. шт./га, середньораннього гібрида Скадовський — 90, середньостиглого гібрида Каховський — 70 тис. шт./га. Гібрид Каховський необхідно висівати у відносно ранні строки для отримання сухого зерна. Гібриди Тендра та Скадовський можна висівати у відносно пізні строки для отримання органічної продукції без застосування гербіцидів.

Серед досліджуваних гібридів у зерні ранньостиглого гібрида Тендра зафіксовано найбільший уміст білка — 9,39 %, найбільший уміст крохмалю — 71,16 у середньостиглого гібрида Каховський, а зерно середньораннього гібрида Скадовський містить у своєму складі найбільшу частку жиру — 3,94 %.

Проаналізувавши отримані дані, можна зробити висновок, що гібридний склад, строки сівби та густина стояння рослин позитивно вплинули на показники якості зерна кукурудзи.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Пашченко Ю.М.* Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи / Ю.М. Пашченко, В.М. Борисов, О.Ю. Шишкіна. — Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2009. — 224 с.
2. *Саблук П.Т.* Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / П.Т. Саблук, Д.І. Мазоренко, Г.Є. Мазнева. — К.: ННЦ ІАЕ, 2005. — 402 с.
3. *Петриченко В.* Рослинництво / В. Петриченко, В. Лихочвор // Технології вирощування сільськогосподарських культур. Навчальний посібник для студентів аграрних закладів освіти I–IV рівнів акредитації, що вивчають дисципліну. — Львів, 2014. — С. 725.
4. Інтенсифікація польового кормовиробництва на зрошуваних землях: Монографія / М.Г. Гусев, В.С. Сніговий, С.В. Коковіхін [та ін.]. — К.: Аграрна наука, 2007. — 244 с.
5. *Надь Янош.* Кукурудза / Я. Надь. — Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2012. — 580 с.
6. Кукурудза на зрошуваних землях півдня України / Ю.О. Лавриненко, Р.А. Вожегова, С.В. Коковіхін [та ін.]. — Херсон: Айлант, 2011. — 468 с.
7. Рослинництво / [С.М. Каленська, О.Я. Шевчук, М.Я. Дмитрошак та ін.]. — К.: НААН, 2005. — 502 с.
8. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р.А. Вожегова, Ю.О. Лавриненко, М.П. Малярчук [та ін.]. — Херсон: Гринь Д.С., 2014. — 268 с.
9. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство) / В.О. Ушкаренко, Р.А. Вожегова, С.П. Голобородько, С.В. Коковіхін. — Херсон: Гринь, 2014. — 448 с.

REFERENCES

1. Pashchenko, Yu.M., Borisov, V.M., Shishkina, O.Yu. (2009). *Adaptyvni i resursoberezhni tekhnologiyi vyroshchuvaniya gibridiv kukurudzy [Adaptive and resourceful crop growing technologies for corn hybrids]*. Dnipropetrovsk: ART-PRES [in Ukrainian].
2. Sabluk, P.T., Mazorenko, D.I., Mazneva, G.E. (2005). *Technologichni karty ta vytraty na vyroshchuvannya sil'skogospodarskikh ku'tur [Technological maps and costs for cultivating crops]*. Kyiv: NSC IAE [in Ukrainian].
3. Petrichenko, V., Lyhochvor, V. (2014). *Roslynnytstvo Tekhnologiyi vyroshchuvaniya sil'skogospodarskikh ku'tur [Plant growing. Technology of cultivation of agricultural crops]*. Lviv [in Ukrainian].
4. Gusev, M.G., Snigovyi, V.S., Kokovihin, S.V. et al. (2007). *Intensyfikatsiia poliovogo kormovyrobnytstva na zroshuvanykh zemliakh: Monografia [Intensification of field fodder production on irrigated lands: Monograph]*. Kyiv: Agrarian sciences [in Ukrainian].
5. Nady, Ianosh. (2012). *Kukurudza [Corn]*. Vinnitsya: Korzun D.Yu. [in Ukrainian].
6. Lavrinenko, Yu.O., Vozhegova, R.A., Kokovihin, S.V. et al. (2011). *Kukurudza na zroshuvanykh zemliakh pivdnia Ukrainy [Corn on irrigated lands of southern Ukraine]*. Herson: Aylant [in Ukrainian].
7. Kalens'ka, S.M., Shevchuk, O.Ia., Dmytroschak, M.Ia. et al. (2005). *Roslynnytstvo [Plant growing]*. Kyiv: NAAS [in Ukrainian].
8. Vozhegova, R.A., Lavrinenko, Yu.O., Maliarchyk, M.P. et al. (2014). *Metodyka poliovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of Field and Laboratory Research on Irrigated Lands]*. Herson: Grin D.S. [in Ukrainian].
9. Ushkarenko, V.O., Vozhegova, R.A., Goloborod'ko, S.P., Kokovihin, S.V. (2014). *Metodyka poliovogo doslidu [Methods of field experiment]*. Herson: Grin D.S. [in Ukrainian].

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

М.Г. Василенко, А.П. Стадник, П.М. Душко

Інститут агроекології і природокористування НААН

Упродовж 1992–2016 рр. досліджено вплив органо-мінеральних добрив (ОМД), регуляторів росту рослин (РРР), мікробіологічних препаратів (МП) вітчизняного виробництва на екологічну безпеку, врожайність та якість продукції сільськогосподарських культур. Застосування Гумісолу, ОМД (Віталіст, Оазис, Добродій), РРР (Емістим, Ендофіт, Екостим, Неофіт, Вегестим, Ноостим, Гарт, Агростим), мікробіологічних препаратів (Азотовіт, Ембіонік) відповідає екологічним вимогам, забезпечує охорону навколишнього природного середовища, створює належні умови росту та розвитку і підвищує врожайність та якість сільськогосподарських культур.

Ключові слова: органо-мінеральні добрива, регулятори росту рослин, урожайність, якість, приріст, білок.

Основним завданням землеробства є зростання його продуктивності на основі відтворення родючості ґрунтів та раціонального їх використання. Важливою проблемою сучасного землеробства є розроблення ресурсозберігаючих агротехнологій, що забезпечують одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур та належне відтворення родючості ґрунтів [1–4].

Термін *регулятор* (від лат. *regulo*) в біологічному аспекті означає впорядкування біологічних процесів [2–5]. Англійський вчений Чарльз Дарвін наприкінці ХІХ ст. передбачав існування в рослинах речовин, що сприяють їхньому росту. Визначний український вчений М.Г. Холодний виявив невідомі на той час ростові речовини [6, 7]. Ці речовини були названі фітогормонами, регуляторами та біостимуляторами. Вчений неодноразово звертав увагу на те, що фітогормони — це індуктори, організатори процесів росту і морфогенезу, які за відповідних внутрішніх і зовнішніх умов, навіть за низького вмісту в організмі рослин, можуть змінювати швидкість і напрямок фізіологічних процесів [1, 4, 5].

Так, М.Г. Холодний ще в 1918 р. передбачив місце синтезу фітогормонів і можливість їх транспортування для збільшення маси рослин і керування їх розви-

тком. Навіть коли був досліджений лише один гормон — ауксин, учений припускав можливість існування в рослинах інших гормонів. З огляду на це він попереджав, що морфогенетичні процеси і розвиток рослин, загалом, мають визначатися дією закономірно розподілених в організмі фітогормонів [6, 7].

Фітогормони — це низькомолекулярні хімічні сполуки, здатні в малих дозах активізувати ріст, розвиток рослин та формування врожаю. Потрапляючи в організм рослин, вони включаються в обмін речовин і активізують біохімічні процеси, підвищують рівень життєдіяльності організму, що закладений в геномі сорту. Внаслідок цього прискорюється ріст та розвиток рослин, посилюється інтенсивність фотосинтезу, збільшується їх стійкість до несприятливих чинників, підвищується врожайність культур та покращується якість продукції.

Застосування РРР під час вирощування сільськогосподарських культур є доволі ефективним і перспективним заходом з покращення посівних та врожайних властивостей насіння. Звичайно, слід дотримуватись термінів, доз та методики оброблення посівного матеріалу рослин під час їх вегетації.

Мета роботи — дослідити вплив органо-мінеральних добрив і регуляторів росту рослин вітчизняного виробництва на еко-

логічну безпеку довкілля, урожайність та якість рослин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові досліді проводили на сірих лісових ґрунтах дослідного поля Інституту агроекології і природокористування НААН. Орний шар ґрунту мав таку еколого-агрохімічну характеристику: вміст гумусу — 1,18–1,23%, $\text{pH}_{\text{сол.}}$ — 4,8–5,0, гідролітична кислотність — 1,34 мг-екв/100 г, обмінні основи — 7,0–9,4 мг-екв/100, вміст гідролізованого азоту (за Корнфільдом) — 70–80 мг/кг, рухомого фосфору — 140–160, рухомого калію — 100–130 мг/кг ґрунту. Розмір посівної ділянки — 30–100 м², облікової — 20–50 м². Повторність — чотириразова з таким чергуванням культур: пшениця озима, соя, кукурудза, пшениця яра, картопля, ячмінь, 1/2 соняшник, 1/2 ріпак. Були використані такі сорти культур: пшениця яра — Рання 93, кукурудза — Говерла, соя — Горлиця. Польові досліді проводили за відповідними методиками і рекомендаціями [9, 10]. Зразки ґрунту на аналіз щорічно відбирали перед закладкою дослідів і під час збирання врожаю.

Лабораторні аналізи ґрунту і рослин виконували за загальноприйнятими методиками, вміст гумусу — за Тюрніним (ДСТУ 4289–2004), гідролізованого азоту — за Корнфільдом, рухомого фосфору і обмінного калію — за Кірсановим (ДСТУ 4405–200), pH_{HCl} — іонометрично, гідролітичну кислотність — за Каппеном (ГОСТ 26212–91), суму вібраних основ — за ГОСТ 27821–88, рухомі форми міді, марганцю, кобальту та цинку — за Пейве — Рінкисом за допомогою атомно-абсорбційного методу, бору — за Бергером і Тругором. Мікробіологічний аналіз ґрунту здійснювали загальноприйнятими методами (Звягінцев, 1991). Облік ураженості посівів хворобами — модифікованим методом Пересипкіна і Подоплічко (1977 р.).

Результати наших досліджень узагальнено в Інституті агроекології і природокористування НААН з добривами: органо-мінеральними добривами, регуляторами (стимуляторами) росту рослин і

мікробіологічними препаратами (добривами).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як відомо, у рослинництві існує низка проблем, успішне розв'язання яких, очевидно, буде можливим тільки за допомогою біологічно активних сполук з вузько-специфічною дією на рослину.

На сьогодні створено РРР нового покоління, що характеризуються високою ефективністю і екологічною безпекою. Вони активізують основні процеси життєдіяльності рослин — прискорюють передачу генетичної інформації, мембранні процеси, ділення клітин, утворення ферментних систем, фотосинтез, процеси дихання і живлення, сприяють підвищенню біологічної і господарської ефективності рослинництва, зниженню вмісту нітратів, іонів важких металів і радіонуклідів у продукції [4, 5].

Науково обґрунтоване застосування елементів технологій з використанням нових видів мінеральних, органо-мінеральних добрив, стимуляторів росту рослин, мікробіологічних добрив дає змогу не лише підвищити врожай, покращити його якість, але й вплинути на терміни дозрівання, істотно посилити стійкість рослин до хвороб і стресових чинників. Завдяки застосуванню РРР знижуються норми внесення мінеральних добрив та пестицидів, що своєю чергою сприяє зменшенню вмісту важких металів і нітратів у продукції рослинництва [4–6].

Застосування РРР надає можливість регулювати найважливіші процеси у рослинному організмі, найповніше реалізувати можливості сорту, закладені в геном природою та селекцією.

Наведемо основні дані впливу досліджуваних добрив на ріст і розвиток рослин.

Гумісол (витяжка з біогумусу). Дослідження, проведені впродовж 20 років (1996–2016) на чорноземі типовому середньосуглинковому, чорноземі опідзоленому, сірому лісовому ґрунті, засвідчили про високу ефективність застосування цього добрива. Обприскування посівів пшени-

ці препаратом Гумісол підвищувало врожайність зерна на 0,50–0,74 т/га, або на 19,0–29,4%.

Унаслідок застосування препарату на посівах пшениці ярої поліпшувалась якість зерна, підвищувався вміст білка, довжина колосу, кількість зерен у колоску, маса зерна. Застосування Гумісолу на посівах кукурудзи сприяло підвищенню врожайності зерна на 2,16–2,43 т/га. Також збільшувались довжина качана, кількість та вихід зерна з одного качана, маса 1000 зерен. Високу ефективність препарат продемонстрував на інших сільськогосподарських культурах: злакових, бобових, овочевих, баштанних, плодово-ягідних, винограді та ін. Гумісол є сумісним з усіма гербіцидами, інсектицидами і фунгіцидами, що дає можливість вносити його разом з іншими препаратами, без порушення технологічного циклу, і не потребує додаткових витрат.

Віталіст. Позакореневе підживлення посівів пшениці озимої ОМД Віталіст сприяло підвищенню врожайності зерна на 0,40–0,59 т/га, вміст білка зріс на 0,92–1,14%, клейковини — на 1,31–2,0%. Урожайність зерна пшениці ярої сорту Колективна-3 у середньому за 4 роки досліджень підвищилась на 0,40–0,61 т/га, вміст білка — на 0,32–0,45%. За передпосівного оброблення насіння кукурудзи врожайність зерна зростала на 0,86–1,56 т/га порівняно з контролем (4,76 т/га). Оброблення посівів під час вегетації рослин забезпечило приріст урожайності зерна на рівні 1,17–1,77 т/га (17,4–26,5%) і силосної маси — на 7,3–9,2 т/га (5,5–19,2%), уміст білка і протеїну збільшився на 0,46–0,80% і 0,32–0,88% відповідно.

Оброблення насіння сої ОМД Віталіст перед посівом сприяло збільшенню врожайності насіння на 0,33–0,73 т/га (15,6–34,6%), вмісту білка — на 1,78–3,20% і жиру — на 0,24–0,40%, за обприскування посівів урожайність зерна підвищилася на 0,31–0,80 т/га (14,8–38,1%). Урожайність на контролі (без добрив) становила 2,10 т/га.

Оазис. Використання ОМД Оазис позитивно вплинуло на врожайність пшениці

озимої, приріст урожайності становив 0,35–0,45 т/га (14,3–18,4%), вміст білка підвищився на 1,04–1,43%. Оброблення насіння кукурудзи перед посівом добривом Оазис сприяло приросту силосної маси на рівні 6,1–15,7 т/га (12,4–32,0%), вмісту протеїну — на 0,67–0,77%, урожайність зерна зросла на 1,08–1,88 т/га (14,3–24,9%), вміст білка — на 0,57–0,60%.

Застосування добрива під час вегетації рослин забезпечило приріст силосної маси на рівні 4,1–8,2 т/га (8,5–16,9%) і збільшення вмісту протеїну на 0,60–0,80%, від внесення добрива врожайність зерна підвищилась на 1,05–2,73 т/га (13,9–36,1%) і вміст білка — на 0,30–0,56%. Застосування ОМД Оазис для оброблення насіння сої сприяло збільшенню врожайності зерна за чотири роки досліджень на 0,28–0,62 т/га (14,4–32,0%) порівняно з контролем (1,94 т/га), вміст білка в зерні підвищився на 0,45–1,91%. Позакореневе підживлення посівів сої під час вегетації забезпечило збільшення врожайності зерна на 0,70–0,40 т/га (3,6–20,6%), уміст білка в зерні підвищився на 0,97–1,20%. Оптимальним за всіма варіантами досліду є застосування добрива у дозі — 25,0 л/га.

Добродій. Завдяки значній кількості магнію, що міститься в добриві, його застосування дає можливість підвищити не тільки продуктивність багатьох сільськогосподарських культур, але й поліпшити якість продукції: збільшити накопичення вітамінів, вуглеводів, покращити білковий і фосфорний обмін.

Внесення впродовж вегетації ОМД Добродій сприяло збільшенню врожайності зерна пшениці ярої на 0,60–0,90 т/га.

На посівах кукурудзи на сірому лісовому ґрунті врожайність силосної маси підвищилась на 10,6–16,0 т/га (29,9–45,7%), а на чорноземі опідзоленому — на 7,1–8,8 т/га (14,7–18,2%), урожайність зерна — на 0,83–2,39 т/га (8,3–23,9%). Оброблення посівів сої впродовж вегетації добривом Добродій забезпечило приріст урожайності зерна на 0,50–0,86 т/га (36,2–62,3%).

Ендофіт. Дослідження продемонстрували високу ефективність застосування

РРР Ендифіт на посівах усіх сільськогосподарських культур. Позакореневе підживлення посівів пшениці Ендифітом сприяло збільшенню врожайності на 0,41–0,64 т/га (12,2–19,0%). Оброблення зерна пшениці забезпечило підвищення врожайності на 0,53 т/га (18,7%). Застосування препарату поліпшувало якість зерна, зафіксовано збільшення вмісту білка, довжини колосу, кількості зерен у колоску, маси зерна. Висота рослин пшениці через три дні після повних сходів на контролі була 6,1 см, ширина листочків — 6,0 мм, на посівах, де насіння обробляли Ендифітом, — 8,1 см і 7,5 мм, що на 2,4 см і 1,5 мм більше відповідно. На посівах кукурудзи використання Ендифіту забезпечило підвищення врожайності силосної маси на 10,6–16,5 т/га, зерна — на 2,12–3,29 т/га.

Збільшився вміст протеїну — на 1,02–1,23%, а також довжина, кількість зерен та вихід зерна з одного качана, маса 1000 зерен. Високу ефективність препарату виявлено на всіх сільськогосподарських культурах з одночасним підвищенням якості врожаю. В овочах і фруктах зріс вміст білка, цукрів і вітамінів.

Екостим. Від обробки насіння перед посівом РРР Екостим урожайність силосної маси кукурудзи підвищилась на 5,0–9,4 т/га, вміст протеїну — на 0,95–2,01%, зерна — на 0,90–1,19 т/га, вміст білка зріс до 0,65%; насіння сої — на 0,82–0,94 т/га, вміст білка та жиру — на 0,63–0,81% та 0,77–1,62% відповідно. Позакореневе підживлення під час вегетації рослин збільшувало врожайність зерна пшениці озимої на 0,60–0,82 т/га, вміст білка та клейковини — на 0,4–1,4 та 2,0–5,2% відповідно; силосної маси — на 6,2–8,2 т/га і зерна кукурудзи — до 1,78 т/га; насіння сої — до 0,80–1,08 т/га.

За позакореневого підживлення препаратом посівів сої врожайність культури зростала на 0,89–1,08 т/га. Доза витрат препарату за передпосівного оброблення насіння зернових, зернобобових та інших культур становила 25 мл на 1 т насіння чи на 1 га посівів, для кукурудзи і цукрових буряків її можна збільшити до 40–50 мл.

Екостим є сумісним з усіма гербіцидами, інсектицидами і фунгіцидами, що дає можливість вносити його з іншими препаратами, без порушення технологічного циклу, і це не потребує додаткових витрат.

Неофіт. Позакореневе підживлення посівів пшениці озимої впродовж вегетації Неофітом збільшило врожайність зерна на 0,23–0,29 т/га, вміст білка в зерні — на 1,04–1,69%. За оброблення препаратом насіння кукурудзи перед посівом приріст урожайності силосної маси становив 10,4 т/га, вміст протеїну підвищився на 0,51–1,38%, приріст зерна становив 1,54–1,61 т/га (20,4–21,3%), за позакореневого підживлення посівів — на 6,4–7,7, 0,63–1,93, 1,61–1,96 (21,3–25,9%) відповідно, вміст білка підвищився на 0,66–0,76%. За результатами досліджень оптимальною дозою препарату для пшениці і кукурудзи є 50–60 мл. Оброблення препаратом насіння сої сприяло збільшенню врожайності зерна на 0,31–0,38 т/га, вмісту жиру — на 0,42–2,12%, за позакореневого підживлення приріст урожайності підвищився на 0,37–0,58 т/га (23,9–37,4%), вміст жиру — на 0,40–0,90%.

Ноостим. Оброблення зерна перед посівом РРР Ноостим збільшувало врожайність зерна на 0,67–0,82 т/га (38,1–46,6%) за врожайності на контролі 1,76 т/га, вміст білка — на 9,5%, клейковини — на 20,4%. Уміст білка збільшувався на 0,7%, клейковини — на 2,8–3,45%. За оброблення насіння кукурудзи перед посівом приріст урожайності силосної маси досягав 7,0–7,8 т/га (23,0–26,4%), вміст протеїну підвищився на 1,38–1,69%, урожайність зерна — на 0,32–0,46 т/га (6,0–8,6%), вміст білка збільшився на 0,42–0,54%. За позакореневого підживлення посівів кукурудзи врожайність силосної маси зросла на 6,6–11,1 т/га (10,6–36,8%), приріст урожайності зерна становив 1,50–2,36 т/га (28,5–44,8%), уміст білка зростав на 0,42–0,54%. Оброблення насіння сої препаратом Ноостим сприяло збільшенню врожайності зерна на 0,82–0,97 т/га (37,8–44,7%), вмісту білка — на 0,35–0,80% та жиру — на 1,27–1,56%; за позакореневого піджив-

лення посівів — на 0,88–1,01, 0,35–0,80 та 0,15–1,56 відповідно.

Вегестим. Застосування РРР Вегестим за позакореневого підживлення посівів пшениці ярої впродовж вегетації підвищило врожайність зерна на 0,31–0,63 т/га (11,2–22,7%), вміст білка — на 1,09–1,95%, вихід білка — на 0,06–0,11 т/га.

Позакореневе підживлення посівів кукурудзи Вегестимом забезпечило приріст урожайності зеленої маси на 7,4–12,3 т/га (23,6–39,2%), зерна — на 1,31–2,36 т/га (21,0–37,8%) порівняно з контролем, уміст білка збільшився на 0,52–1,53%. Позакореневе підживлення посівів сої впродовж вегетації збільшило врожайність зерна на 0,39–0,52 т/га (27,1–36,1%), уміст білка підвищився на 1,78–2,15%, вихід білка — на 0,09–0,15 т/га, вміст жиру — на 0,53–0,91% і вихід жиру — на 0,05–0,10 т/га.

Агростим. Позакореневе підживлення посівів пшениці озимої РРР Агростим за обприскування в період вегетації підвищувало врожайність зерна на 0,36 т/га (14,7%), уміст білка — на 1,30–1,55%, клейковини — на 2,8–3,0%. Оптимальна доза застосування — 50–75 мл/га.

Оброблення насіння кукурудзи перед посівом сприяло приросту врожайності зеленої маси на 7,9–11,3 т/га (16,6–25,7%), зерна — на 1,84–3,00 т/га (31,4–51,3%). Позакореневе підживлення посівів культури впродовж вегетації забезпечило приріст урожайності зеленої маси на 9,5–14,6 т/га (17,6–27,0%), зерна — на 0,89–2,28 т/га (21,9–31,7%), оскільки в масі збільшувався вміст і вихід протеїну, в зерні — білка. Оптимальна доза в обох варіантах становила 50 мл/га. Оброблення препаратом насіння сої перед посівом сприяло збільшенню врожайності зерна на 0,33–0,38 т/га (17,6–20,2%), вмісту білка — на 1,57–1,72%, позакореневе підживлення посівів забезпечило приріст урожайності зерна на 0,58 т/га (31,0%), одночасно зростав уміст і вихід білка.

Як відомо, весь життєвий цикл рослинних організмів проходить під контролем фітогормонів, які відіграють важливу роль у реакції рослин на зовнішні впливи та у

формуванні стійкості рослин до екстремальних умов.

Вплив низьких і високих температур супроводжується змінами балансу гормонів: відбувається збільшення вмісту вставних форм АБК (абсцизова кислота) та ІДК (індоїлоцтова кислота), особливо виразно у початковому періоді дії несприятливої температури.

Формування підвищеної стійкості до низьких температур, хлоридного засолення та важких металів супроводжувалось підвищенням рівня АБК у листі рослин.

Ріст і розвиток рослин залежить від сукупної дії чинників довкілля і відбувається під контролем фітогормонів. Відхилення стандартних параметрів зовнішніх впливів спричиняє агресивні умови, за яких включаються механізми фітогормональної регуляції. Дія ендегенних та екзогенних фітогормонів, їх екологічно безпечних природних і синтетичних аналогів сприяє адаптації, тобто формуванню стійкості рослин до екстремальних умов.

Зауважимо, що РРР не тільки позитивно впливають на процеси росту та розвитку рослин, різні препарати цього класу можуть діяти як високоефективні екзогенні протектори за несприятливих умов вирощування та в різних стресових ситуаціях біогенної і абіогенної природи.

Норми витрати нових біостимуляторів становлять 25–70 мл на 1 т насіння чи 25–50 мл для обприскування 1 га посівів.

За останні роки (1992–2016) ми вивчали дію 50 нових добрив, органіко-мінеральних і мікробіологічних препаратів і стимуляторів росту рослин. Нові препарати за ефективністю відповідають кращим світовим аналогам, що за технологічними показниками мають значні переваги, а за вартістю — на порядок дешевші. За санітарно-гігієнічною класифікацією вони відносяться до нетоксичних речовин.

Сумісне застосування гербіциду з РРР зменшує негативну дію першого на ріст мікроорганізмів. За даними З.М. Грицаєнко [3], внесення гербіциду сумісно із стимулятором росту позитивно впливає на проходження основних фізіо-

логічних процесів у рослинах ячменю ярого. Зокрема, збільшується вміст хлорофілу і сухих речовин у листках, підвищується чиста продуктивність фотосинтезу [4].

Дослідженнями на клітинному і молекулярному рівнях було встановлено, що підвищення морозостійкості рослин досягнуто завдяки збільшенню в клітинах під дією PPP частки зв'язаної води, вмісту вуглеводів і білків, які підтримують структуру і функціональну організацію рослин, підвищують температуру переходу цитоплазми з рідкого стану в твердий.

Створені в Україні препарати за токсикологічними властивостями є малотоксичними речовинами і за санітарно-гігієнічною класифікацією належать до III–IV класу безпеки (ГОСТ 19.1.007.76). Вони не накопичуються в ґрунті, не спричиняють токсичної дії на ґрунтову мікрофлору та фауну, не шкодять комахам-запилювачам та об'єктам довкілля.

Біологічно-активні речовини (БАР), незважаючи на їх незначний вміст у рослинному організмі, змінюють швидкість та спрямованість хімічних реакцій або фізіологічних процесів.

Використання БАР дає змогу не тільки компенсувати недостатній рівень адаптивності сортів за різних умов довкілля, але й регулювати вплив на характер прояву багатьох інших цінних господарських ознак.

За допомогою природних і синтетичних БАР можна прискорити плодоношення, підвищити посухостійкість рослин, їх солестійкість та стійкість до вилягання, стимулювати коренеутворення живців, затримувати проростання бульб, цибулин та коренеплодів.

Отже, нашими дослідженнями доведено, що застосування сучасних вітчизняних орґано-мінеральних, мікробіологічних добрив та PPP відповідає екологічним вимогам і забезпечує охорону навколишнього природного середовища, підтверджує ефективність енергозберігаючих агротехнологій, а також сприяє створенню належних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

Багаторічними агроекологічними дослідженнями доведено доцільність та безпечність широкого застосування нових добрив і PPP за вирощування сільськогосподарських культур, що не забруднюють навколишнє природне середовище, а отримана у такий спосіб продукція є безпечною для здоров'я людини і тварин.

Обґрунтовано і практично доведено, що застосування досліджуваних добрив (тукосуміш, амофос-34), Гумісолу, ОМД (Віталіст, Оазис, Добродій), PPP (Ендофіт, Екостим, Неофіт, Вегестим, Ноостим, Агрозим), мікробіологічних добрив (Азотовіт, Ембіонік) підвищує врожайність і покращує якість продукції сільськогосподарських культур на тлі забезпечення родючості ґрунтів. Уміст рухомих форм азоту, фосфору і калію в ґрунті не зменшується за підвищення врожайності, а навіть дещо зростає. Крім того, доведено економічну доцільність застосування цих добрив і PPP.

Внесення ОМД і PPP знижує фітотоксичність ґрунту на 2,5 та 3,6% відповідно, зменшує чисельність мікроорганізмів-амоніфікаторів. Інтенсивність дихання ґрунту під кукурудзою підвищується за внесення: ОМД — на 1,31–4,47 та PPP — на 0,72–7,86 мкг С/г ґрунту; на посівах сої — на 4,23–10,87 та 3,11–9,77 мг CO₂/кг ґрунту відповідно. Негативних змін складу мікробного угруповання не виявлено. Застосування ОМД і PPP завдяки їх фунгіцидним властивостям істотно впливає на імунний статус рослин, знижує поширення та розвиток хвороб у посівах сільськогосподарських культур. Це дає змогу зменшити застосування в агроценозах дози пестицидів на 25–30%.

ВИСНОВКИ

Застосування сучасних вітчизняних ОМД та PPP відповідає екологічним вимогам і забезпечує охорону навколишнього природного середовища, підтверджує ефективність і безпечність енергозберігаючих агротехнологій, а також сприяє створенню належних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

Доведено доцільність та безпечність широкого застосування нових ОМД і РРР під час вирощування сільськогосподарських культур, а отримана у такий спосіб продукція є безпечною для споживання та здоров'я людини і тварин.

Завдяки своїм фунгіцидним властивостям ОМД і РРР істотно впливають на імунний стан рослин, сприяють зниженню захворюваності та поширенню хвороб у посівах сільськогосподарських культур. Це дає змогу зменшити застосування в агроценозах дози пестицидів на 25–30 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Агропромисловий комплекс України: стан та перспективи розвитку. — К., 2011. — 1040 с.
2. Калинин Ф.Л. Биологически активные вещества в растениеводстве / Ф.Л. Калинин. — К.: Наукова думка, 1984. — 316 с.
3. Біологічно активні речовини в рослинництві / З.М. Грицаєнко, С.П. Пономаренко, В.П. Карпенко та ін. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. — 345 с.
4. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений / С.П. Пономаренко. — К., 2003. — 312 с.
5. Никелл Л.Д. Регуляторы роста растений / Л.Д. Никелл. — М.: Колос, 1985. — 351 с.
6. Холодный М.Г. Вибрані праці / М.Г. Холодный. — К.: Наукова думка, 1970. — 450 с.
7. Холодный Н.Г. К.А. Тиморгаев и современные представления о фитогормонах / Н.Г. Холодный. — М.: Изд-во АН СССР, 1946. — 36 с.
8. Мікробіологічні процеси у землеробстві. Теорія і практика / В.В. Волкогон та ін. — К.: Аграрна наука, 2006. — 312 с.
9. Довідник з агроєкології та природокористування / за ред. О.І. Фурдичка. — К., 2012. — 177 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

REFERENCES

1. *Agropromyslovyy kompleks Ukrainy: stan ta perspektivi rozvytku [Agriculture of Ukraine: Status and Prospects]*. (2011). Kyiv [in Ukrainian].
2. Kalinin, F.L. (1984). *Biologicheski aktivnye veshchestva v rastenievodstve [Biologically active substances in plant growing]*. Kiev: Naukova Dumka [in Russian].
3. Grytsayenko, Z.M., Ponomarenko S.P., Karyyenko, V.P. (2008). *Biologichno aktyvni rechovyyny v roslynnytstvi [Biologically active substances in plant growing]*. Kyiv:ZAT Nichlava [in Ukrainian].
4. Ponomarenko, S.P. (2003). *Regulyatory rosta rasteniy [Plants' growth regulators]*. Kiev [in Russian].
5. Nykell, L.D. (1985). *Regulyatory rosta rasteniy [Plant growth regulators]*. Moscow: Kolos [in Russian].
6. Xolodnyj, M.G. (1970). *Vybrani praci [Selected Works]*. Kyiv: Naukova Dumka [in Ukrainian].
7. Xolodnyj, N.G. (1946). *K.A. Tymorgaev i sovremennye predstavleniya o fytohrmonax [K.A. Timorgaev and modern ideas about phytohormones]*. Moscow: AN SSSR [in Russian].
8. Volkogon, V.V., Nadkernychna, O.V. (2006). *Mikrobiologichni protsesy v zemlerobstvi. Teoriya i praktika [Microbiological processes in agriculture. Theory and Practice]*. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
9. Furdychko, O.I. (Eds.). (2012). *Dovidnyk z ahroekolohiyi ta pryrodokorystuvannya [Handbook of Agroecology and Environmental Sciences]*. Kyiv [in Ukrainian].
10. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta [Methods of Field Experience]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].

ФОРМУВАННЯ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ АЗОТНОГО ЦИКЛУ В ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ЗА ОРГАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Г.О. Цигічко, О.І. Маклюк

Національний науковий центр

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

Проведено порівняльну характеристику структури мікробних ценозів чорнозему опідзоленого в агроценозі пшениці озимої за кількістю основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, які беруть участь у процесах трансформації азотомісних сполук за органічної та традиційної систем землеробства. Визначено, що за традиційної системи землеробства висока біогенність чорнозему опідзоленого формується залежно від чисельності мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний азот, а домінуючим угрупованням у мікробних ценозах органічної системи землеробства за вирощування пшениці озимої є мікроорганізми, що засвоюють органічні форми азоту та азотфіксатори. Виявлено прямий тісний достовірний кореляційний зв'язок між мікробіологічними показниками, а саме: чисельністю органотрофів та азотфіксаторів і якістю зерна пшениці озимої.

Ключові слова: чорнозем опідзолений, органічна система землеробства, традиційна система землеробства, еколого-трофічні групи мікроорганізмів азотного циклу, якість зерна, пшениця озима.

Органічне виробництво продукції у світі активно розвивається і поступово стає вагомим чинником сільськогосподарської діяльності. Загальними принципами органічного виробництва визнано раціональне використання і відтворення природних ресурсів, відмова від використання хімічно синтезованих зовнішніх ресурсів, забезпечення стійкості ґрунтів та біологічного різноманіття методами, які оптимізують біологічну активність ґрунтів, забезпечують збалансоване постачання поживних речовин для рослин [1–3].

Однією з перепон розвитку і розширення площ під використання органічної системи землеробства в нашій країні є низькі врожаї через повну відмову від використання синтетичних мінеральних добрив та засобів захисту рослин. За органічної системи, слід наголосити, важливого значення набуває не кількість, а якість сільськогосподарської продукції, яку потрібно розглядати у двох аспектах — харчова цін-

ність і безпечність для здоров'я людини і тварин [4–6].

На сьогодні офіційні статистичні огляди IFOAM підтверджують, що в Україні налічується понад 270 сертифікованих органічних господарств, де вирощують переважно зернові, зернобобові та олійні культури. Однією з основних культур, що експортує Україна, є пшениця озима (площа сертифікованих органічних площ під зернові культури становить 48%) [4, 7].

В умовах ведення органічного землеробства пшениця озима потребує оптимізації мінерального живлення, насамперед азотного. Так, під час весняного відновлення вегетації пшениця озима потребує азоту найбільше — нестача його в цей період, особливо на третьому етапі онтогенезу, обмежує закладання колосків у колосі, що своєю чергою впливає на кількість і якість врожаю, економічну і біоенергетичну ефективність культури [8]. Відповідно, за органічної системи поповнення азоту у ґрунті, за відмови від синтетичних азотних добрив, можливо завдяки біологічній фік-

сації молекулярного азоту мікроорганізмами, асоційованими (або симбіотичними) з кореневою системою рослин [9–11].

Метою роботи було дослідити формування мікробного ценозу чорнозему опідзоленого за вирощування пшениці озимої в умовах органічної та традиційної систем землеробства і визначити взаємозв'язки між чисельністю основних груп азотного циклу ґрунтових мікроорганізмів та показниками якості зерна пшениці озимої.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження біологізованих систем землеробства проводили в умовах польового стаціонару відділу агрохімії ДП «ДГ Граківське» ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського» (Харківський р-н Харківської обл.) починаючи з 1989 р. Ґрунт — чорнозем опідзолений важкосуглинковий. В орному шарі ґрунту міститься: гумусу — 4,1%, рухомих форм фосфору — 138 мг/кг, обмінного калію — 90 мг/кг ґрунту, рН сольовий — 6,0. Традиційна система передбачала внесення мінеральних добрив та застосування хімічного захисту рослин (гербіцид Раундап). Натомість органічна система — використання лише пожнивних решток та внесення ґною. Відбір ґрунтових зразків здійснювали в період вегетації пшениці озимої.

Схема дослідів:

Варіант 1. Традиційна система удобрення: $N_{30}P_{40}K_{40}$ (внесення добрив у розкид осінню).

Варіант 2. Органічна система удобрення: ґній 30 т/га (внесення добрив у розкид осінню) + солома 2 т/га² (заорювання решток попередника).

Для характеристики структурно-функціональних особливостей мікробного ценозу у зразках ґрунту визначали чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у колонієутворювальних одиницях (КУО) на 1 г ґрунту методом мікробіологічного посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на тверді поживні середовища [12, 13]: органотрофних бактерій — на МПА (м'ясо-пептонному агарі); мікроорганізмів, що засвоюють азот

мінеральних сполук і актиноміцетів, — на КАА (крохмале-аміачному агарі); азотфіксаторів — на середовищі Доберейнера; олігонітрофілів — на середовищі Ешбі; мікроскопічних грибів — на середовищі Ріхтера; оліготрофних мікроорганізмів — на ГА (голодному агарі). Інтегровані показники, зокрема мінералізації та оліготрофності, які характеризують напругу мінералізаційних процесів і трофічний режим ґрунту, розраховували за співвідношенням окремих груп мікроорганізмів, інтегрований показник біогенності (ІПБ) — за методикою Дж. Ацці [14] на основі розрахунку сумарного біологічного показника. У рослинних зразках досліджували такі показники якості сільськогосподарської продукції: вміст загальних форм азоту, фосфору, калію, білка, сиров'язковини в одній наважці рослинного матеріалу на інфрачервоному спектрофотометрі ІЧС-4250 [15].

Математичну обробку отриманих результатів здійснювали загальноприйнятими методами [16, 17] з використанням стандартних комп'ютерних програм для Microsoft Excel і Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз чисельності мікробного ценозу чорнозему опідзоленого в період вегетації за кількісним складом засвідчив, що в умовах органічної системи землеробства за вирощування пшениці озимої збільшується чисельність мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту, на 26% порівняно з традиційною системою.

Щодо значень чисельності мікроорганізмів, які засвоюють мінеральні форми азоту та ґрунтових актиноміцетів, виявлено їх збільшення за традиційної системи землеробства на 25,7% порівняно з органічною системою. Такі результати вказують на необхідність за органічної системи землеробства посилити азотне забезпечення чорнозему опідзоленого.

Однак слід зауважити, що навіть за відмови від застосування мінеральних азотних добрив, завдяки природній здатності пшениці озимої до асоціативної азотфіксації, сформувались сприятливі умови для роз-

витку ґрунтових азотфіксаторів: показник їх чисельності було зафіксовано на доволі високому рівні у чорноземі опідзоленому — 49,9 млн КУО/г ґрунту.

За отриманими даними розраховано коефіцієнти мінералізації і оліготрофності та показники трансформації органічної речовини у ґрунті.

Коефіцієнт мінералізації, що вказує на інтенсивність мінералізаційних процесів, засвідчив про посилення їх інтенсивності вдвічі за традиційної системи землеробства ($N_{30}P_{40}K_{40}$), а за органічної системи рівень мінералізації знижується неістотно. За показником оліготрофності вміст легкозасвоюваних органічних речовин у ґрунті також був дещо вищим у варіанті з традиційною системою. Трансформація органічної речовини у ґрунті інтенсивніше відбувалася у варіанті з веденням органічної системи землеробства (табл. 1).

Отже, відсутність внесення мінеральних добрив не сприяла погіршенню трофічного режиму ґрунту, а навпаки, активізувала ґрунтові процеси, що підтверджується розрахунковими інтегрованими показниками.

Для врахування всіх змін біогенності ґрунту впродовж вегетації пшениці озимої нами був розрахований інтегрований показник біогенності (ІПБ). За традиційної системи висока біогенність чорнозему опідзоленого сформувалась завдяки чисельності мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний азот (пояснюється активацією дозами добрив), і була на рівні 93 %, але, слід зауважити, чисельність мікробних угруповань, які пристосовуються до сприйняття внесення синтетичних мінеральних добрив, знижується під час їх відсутності.

Поряд із тим за органічної системи біогенність ґрунту підтримується на доволі високому рівні (71 %) завдяки чисельності органотрофів та здатності пшениці озимої до асоціативної азотфіксації, а саме — наявності в прикореневій зоні культури необхідної кількості інших агрономічно корисних угруповань мікроорганізмів, особливо азотфіксаторів — 49,9 млн КУО/г ґрунту.

За даними, які ми отримали під час обліку врожаю пшениці озимої за органічної системи землеробства, спостерігалось незначне його зниження в межах найменшої

Таблиця 1

Характеристика мікробних ценозів азотного циклу чорнозему опідзоленого за традиційної та органічної систем землеробства в період вегетації рослин («ДГ Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»)

Культура	Варіанти дослідів	М/о*, що засвоюють органічні форми азоту, млн КУО/г ґрунту	М/о, що засвоюють мінеральні форми азоту, млн КУО/г ґрунту		Азотфіксатори, млн КУО/г ґрунту	Оліготрофи, млн КУО/г ґрунту	Показники		
			Загальна чисельність	Актиноміцети			мінералізації	оліготрофності	трансформації органічної речовини
Пшениця озима	$N_{30}P_{40}K_{40}$	20,9	47,1	21,3	67,5	49,3	2,3	0,7	29,6
	без добрив	31,4	35,0	13,5	49,9	21,5	1,1	0,3	60,4
НІР ₀₅		2,38	4,24	1,22	3,20	4,08	—	—	—

Примітка: * М/о — мікроорганізми.

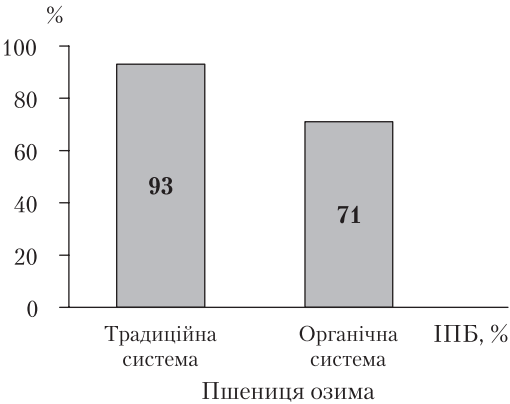


Рис. 1. Біогенність чорнозему опідзоленого в період вегетації культури

істотної різниці (5%) порівняно з традиційною системою (табл. 2).

Слід зауважити, що застосування добрив впливає не лише на врожайність пшениці озимої, а й на якість та біологічну цінність отриманої продукції.

Тому проведено дослідження зі встановлення впливу особливостей формування

мікробного ценозу чорнозему опідзоленого за органічної системи землеробства на якісні показники продукції.

Відомо, що одним із головних показників якості зерна пшениці озимої є вміст білка. За літературними джерелами, середній уміст білка у зерні пшениці озимої становить 11,2% [18, 19].

Уміст білка у зерні пшениці озимої, вирощений на чорноземі опідзоленому, був вищим у варіанті з органічною системою землеробства і становив 12,60%, що майже на 1% більше порівняно з традиційною (табл. 3) [19].

Клейковина — це комплекс білкових речовин зерна, здатних за набухання у воді утворювати зв'язну еластичну масу. Клейковина в зерні та борошні значною мірою визначає вихід і якість хлібних виробів.

Вимоги чинного ГОСТ 13586.1–68 на зерно пшениці передбачають рівень клейковини для першого класу — не менше 32%, для другого — не менше 28; третього — не менше 23; четвертого — не менше

Таблиця 2

Урожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому

Рік	Культура	Система удобрення			
		традиційна		органічна	
		добрива	урожайність, т/га	добрива	урожайність, т/га
2010	Пшениця озима	N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	2,51	гній 30 т/га + солома 2 т/га	2,38

$НІР_{05} = 0,14$

Таблиця 3

Показники якості пшениці озимої залежно від системи землеробства на чорноземі опідзоленому

№ пор.	Культура	Система удобрення	Варіант	Вміст у зерні, %				
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	білка	сирої клейковини
1	пшениця озима	традиційна	N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	2,07	0,47	0,42	11,80	26,80
2		органічна	без добрив	2,21	0,42	0,45	12,60	28,20
НІР ₀₅				0,19	0,02	0,03	0,15	0,80

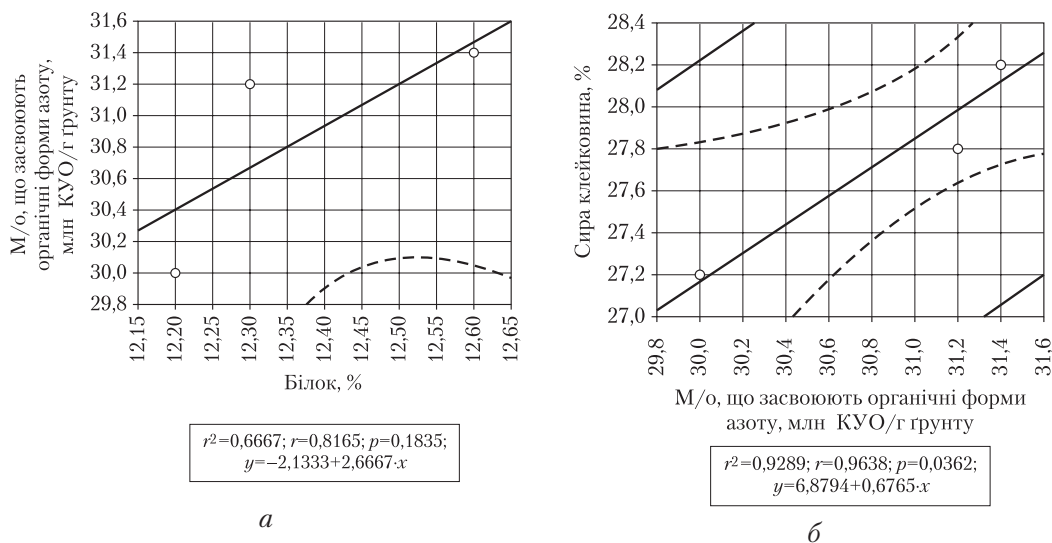


Рис. 2. Залежність вмісту білка (а) та сирової клейковини (б) в зерні пшениці озимої від чисельності мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту за органічної системи землеробства на чорноземі опідзоленому

18%; для п'ятого класу величина цього показника не нормується [15, 20].

Уміст клейковини у зерні пшениці озимої за вирощування в умовах органічної системи землеробства на чорноземі опідзоленому також був на 2 % вищим, ніж за вирощування в умовах традиційної системи землеробства, що дає підстави віднести зерно до другого класу — не менше 28 % від вказаного нормативу.

Для встановлення зв'язків між біологічними показниками ґрунту і якістю пшениці озимої на чорноземі опідзоленому за органічної системи нами проведено кореляційний аналіз.

За результатами обробки отриманих експериментальних даних встановлено позитивний прямий тісний достовірний зв'язок між чисельністю мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту, та вмістом білка ($r = 0,81$) і сирової клейковини ($r = 0,96$) у зерні пшениці озимої (рис. 2 — а, б).

Також регресійним аналізом встановлено тісний прямий кореляційний зв'язок між чисельністю азотфіксаторів та вмістом білка ($r = 0,82$) і сирової клейковини ($r = 0,78$) у зерні пшениці озимої (рис. 3 — а, б).

ВИСНОВКИ

Біогенність ґрунтів за умов традиційної системи землеробства є вищою порівняно з органічною системою на чорноземі опідзоленому на 24 % завдяки домінуючим мікробним угрупованням, які засвоюють мінеральний азот і стимулюються внесенням мінеральних добрив у дозах $N_{30}P_{40}K_{40}$. Але за відсутності мінеральних добрив їх чисельність знижується, і домінуючим угрупованням у мікробних ценозах органічної системи землеробства за вирощування пшениці озимої стають мікроорганізми, що засвоюють органічні форми азоту та азотфіксатори.

Своєю чергою, виявлено прямий тісний достовірний кореляційний зв'язок між мікробіологічними показниками, а саме — чисельністю мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту, та азотфіксаторів з якістю зерна пшениці озимої.

Згідно з отриманими даними врожаю встановлено, що за умов органічного землеробства на чорноземі опідзоленому спостерігалось незначне зниження врожайності пшениці озимої порівняно з традиційною системою, натомість підвищилися показ-

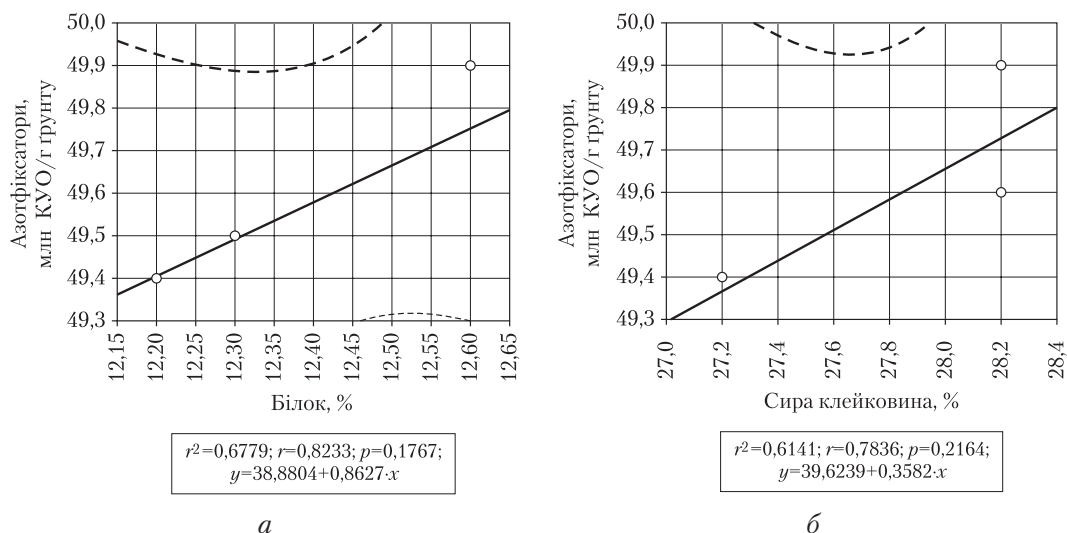


Рис. 3. Залежність вмісту білка (а) та сирої клейковини (б) в зерні пшениці озимі від чисельності азотфіксаторів за органічної системи землеробства на чорноземі опідзоленому

ники якості зерна: вміст білка зріс на 1 %, сирої клейковини — на 2 %. Це забезпечує

переведення зерна пшениці з третього до другого класу якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України від 03.09.2013 р. № 425-VII «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/425-18>
2. Концепція органічного землеробства (грунтово-агрохімічне забезпечення) / Я.М. Гадзало, А.С. Заришняк, Л.Я. Пилипенко [та ін.] // Посібник українського хлібороба. — 2017. — № 1. — С. 63–81.
3. Біологізація землеробства в Україні: Реалії та перспективи / В.В. Іванишин, М.В. Роїв, А.І. Шувар [та ін.]. — Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. — 284 с.
4. Віллер Х. Світ органічного сільського господарства. Статистика та тенденції 2013 року / Х. Віллер, Д. Лерноуд, Д. Кільшер; Гол. ред. укр. верс. Н. Прокопчук, ред. та переклад: Т. Зігг, С. Рибак / Дослідницький інститут органічного сільськогосподарства (FiBL), Швейцарсько — Український проект «Розвиток органічного руху в Україні» (2012–2016). — К., 2013. — 65 с.
5. Organic agriculture and the global food supply / C. Badgley, J. Moghtader, E. Quintero [et al.]. — USA: Renewable Agriculture and Food System, 2007. — 155 p.
6. Choice of organic foods is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behavior / M. Magnusson, A. Arvola, H. Koivisto [et al.]. — Appetite. — 2003. — No. 40. — P. 109–117.
7. Федерация органичного руху України. Концепція державної цільової програми розвитку органічного виробництва в Україні [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.organic.com.ua/ru/homepage/2010-01-26-13-45-25?start=3>
8. Біологічне рослинництво / За ред. О.І. Зінченка. — К.: Вища школа, 1996. — 239 с.
9. Патица В.П. Можливості використання біологічного азоту в сучасному землеробстві / В.П. Патица, В.В. Волкогон // Зб. наук. праць ін-ту землеробства УААН. — 1997. — Вип. 2. — С. 72–75.
10. Надкернична О.В. Особливості взаємодії мікро-і макросимбіонтів в системі діазототрофи — не бобова рослина: Автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16 / О.В. Надкернична. — К., 2004. — 36 с.
11. Симочко Л.Ю. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті агробіогеоценозів при застосуванні різних агрозаходів / Л.Ю. Симочко, В.В. Симочко, І.Й. Бігарій // Наук. Вісник Ужгород. ун-ту. — 2010. — Вип. 28. — С. 47–51. — (Серія: Біологія).
12. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів в ґрунті методом висівання на тверде (агаризоване) поживне середовище: ДСТУ 7847: 2015. — [Чинний від 2016-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2016. — 10 с. — (Національний стандарт України).
13. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. — М.: МГУ, 1991. — 224 с.

14. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология / Дж. Ацци. — М.; Л., 1959. — 480 с.
15. Пшеница. Технические условия: ДСТУ 3768:2009. — [Введен в действие от 05.29.2009 г.]. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 15 с. — (Національний стандарт України).
16. Лакін Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакін. — М.: Высш. шк., 1973. — 343 с.
17. Халфян А.А. Statistica 6 статистический анализ данных / А.А. Халфян. — М.: Бином, 2007. — 501 с.
18. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 512 с.
19. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне озимой пшеницы и кукурузы / А.Н. Павлов. — М.: Наука, 1967. — 340 с.
20. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице: ГОСТ 13586.1–68. — [Введен в действие от 01.06.1968 г.]. — М.: Изд-во стандартов, 1968. — 4 с. — (Государственный стандарт СССР).

REFERENCES

1. *Zakon Ukrainy vid 03.09.2013 r. № 425-VII «Pro virobnytstvo ta obig organichnoyi silskogospodarskoyi produkt-siyi ta sirovini» [Law of Ukraine dated 03.09.2013 № 425-VII «On the production and circulation of organic farming products and primary produce»]*. Kyiv: the Verkhovna Rada of Ukraine [in Ukrainian].
2. Gadzalo, Ja.M., Zaryshnyak A.S., Pylypenko L.Ya. (2017). Kontseptsiya orhanichnoho zemlerobstva (gruntovo — ahrokhimichne zabezpechennya) [Concept of organic farming (soil — agrochemical support)]. *Posibnyk ukraiyins'koho khliboroba — The guide of Ukrainian grain-growers*, 1, 63–81 [in Ukrainian].
3. Ivanyshyn, V.V., Royiv, M.V., Shuvar, A.I. (2016). *Biologizatsiya zemlerobstva v Ukraini: Realiti ta perspektyvy* [Biologize of agriculture in Ukraine: Realities and Prospects]. Ivano-Frankivsk [in Ukrainian].
4. Viller, H., Lernoud, D., Kilsher, D. (2013). *Svit orhanichnoho sil'skoho hospodarstva. Statystyka ta tendentsiyi 2013 roku* [The world of organic farming. Statistics and trends of 2013 year]. Doslidnyts'kyi instytut orhanichnoho sil'skoho hospodarstva (FiBL), Shveysars'ko — Ukrayins'kyi proekt «Rozvytok orhanichnoho rukhu v Ukraini». Kyiv [in Ukrainian].
5. Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E. [et al.]. (2007). *Organic agriculture and the global food supply*. USA: Renewable Agriculture and Food System [in English].
6. Magnusson M., Arvola A., Koivisto H. [et al.]. (2003). Choice of organic foods is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behavior. *Appetite*, 40, 109–117 [in English].
7. Federatsiya orhanichnoho rukhu Ukrainy. Kontseptsiya derzhavnoyi tsil'ovoyi prohramy rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Organic Movement Federation of Ukraine. Concept of the state and target program of organic production development in the Ukraine]. (n.d.). *www.organic.com.ua*. Retrieved from: <http://www.organic.com.ua/en/homepage/2010-01-26-13-45-25?start=3> [in Ukrainian].
8. Zinchenko, O.I. (Ed.). (1996). *Biologichne roslыnyntstvo* [Biological plant growing]. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
9. Patyka, V.P., Volkohon, V.V. (1997). Mozhlyvosti vykorystannya biologichnoho azotu v suchasnomu zemlerobstvi [Possibilities of biological nitrogen using in the modern agriculture]. *Zb. nauk. prats' in-tu zemlerobstva UAAN — Collection of scientific works of the Agriculture Institute (UAAS)*, 2, 72–75 [in Ukrainian].
10. Nadkernychna, O.V. (2004). Osoblyvosti vzayemodiy mikro- i makrosymbiontiv v systemi diazotrofy — ne bobova roslыna [Features of the micro- and macrosymbionts interaction in the diazotrophic system — not a bean plant]. *Extended abstract of Doctors thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Symochko, L.Yu., Symochko, V.V., Bihariy, I.Y. (2010). Spryamovanist' mikrobiologichnykh protsesiv u gruntі ahrobioheotsenoziv pry zastosuvanni riznykh ahrozakhodiv [Direction of microbiological processes in the agrobio biogeocenosis of soil with using of agro measures various]. *Nauk. Visnyk Uzhhorod. un-tu. (Ser. Biol.) — Scientific Bulletin of Uzhgorod University. (Biol. series)*, 28, 47–51 [in Ukrainian].
12. Yakist' gruntu. Vyznachennya chysel'nosti mikroorhanizmv v gruntі metodom vysivannya na tverde (aharyzovane) pozhyvne seredovyshche [Quality of soil. Determination of the microorganisms number in the soil by sowing on the solid (agar) nutrient medium]. (2016). *DSTU 7847:2015 from 01th July 2016*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
13. Zvyahyntsev, D.H., Aseeva, Y.V., Bab'eva, Y.P., Myrchynk, T.H. (1991). *Metody pochvenno mikro-biologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moskva: Moscow State University [in Russian].
14. Atstsy, Dzh. (1959). *Selskohoziastvennaia ekologіia* [Agricultural ecology]. Moskva; Leningrad [in Russian].
15. Pshenytsa. Tekhnicheskye uslovyia [Vveden v deystvye]. (2009). *DSTU 3768:2009 from 29th Mai 2009*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
16. Lakin, G.F. (1973). *Biometriia* [Biometrics]. Moskva: Vysshaya shkola [in Russian].
17. Halfian, A.A. (2007). *Statistica 6 statisticheski analiz dannyh* [Statistica 6 statistics of data analysis]. Moskva: Binom [in Russian].
18. Kazakov E.D., Karpilenko G.P. (2005). *Biohimiia zerna i khleboproduktov* [Biochemistry of grain and bakery products]. Sant-Peterburg: GIORД [in Russian].
19. Pavlov, A.N. (1967). *Nakoplenіe belka v zerne ozimo pshenicy i kukuruzy* [Accumulation of protein in the winter wheat grain and maize]. Moskva: Nauka [in Russian].
20. Zerno. Metody opredeleniia kollichestva i kachestva klekoviny v pshenice. (1968). *HOST 13586.1–68 from 01st June 1968*. Moskva: Izdatelstvo standartov [in Russian].

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КЛЕЙКИХ ПАСТОК У СИСТЕМІ ФІТОСАНІТАРНОГО МОНІТОРИНГУ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ РОДУ *LIRIOMYZA*

В.В. Симочко

Закарпатський територіальний центр карантину рослин ІЗР НААН;
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Здійснено пошук та узагальнення теоретичних відомостей з морфології, біології, розвитку та методик виявлення шкідливих агромізид. Отримано базову інформацію стосовно регульованих шкідливих організмів роду *Liriomyza*, яка використовуватиметься у подальших дослідженнях з підбору методів виявлення та ідентифікації агромізид. Визначено ефективність застосування кольорових клейких пасток для виявлення імаго мінуючих мух роду *Liriomyza* в агроценозах овочевих культур закритого ґрунту. Встановлено, що жовті пастки мають найвищий ступінь атрактивності для імаго ліріоміз і можуть бути рекомендовані для здійснення фітосанітарного контролю.

Ключові слова: фітосанітарний контроль, мінуючі мухи, агромізиди, *Liriomyza*, імаго, атрактивні клейкі пастки.

Вирощування більшості сільськогосподарських культур потребує значних витрат на удосконалення агротехнічних заходів з підвищення їх урожайності. Одним з основних чинників зниження потенційної врожайності культур є біологічні агенти, які можуть відноситися до фітофагів, збудників хвороб та бур'янів. Сумарні втрати від їх впливу є значними. Також деякі види організмів у сприятливі роки можуть істотно знизити врожайність, навіть за вжиття заходів захисту культури. До того ж на одній культурі можуть розвиватися сотні видів, що, своєю чергою, ускладнює створення ефективної системи захисту рослин у тих чи інших агрокліматичних зонах. Існує реальна небезпека проникнення на територію держави нових видів шкідливих організмів, що здатні акліматизуватися в наших умовах, адаптуватися до видового різноманіття харчової бази і, не маючи аборигенних біологічних ворогів, зайняти свою екологічну нішу в агроценозах. Це ще більше ускладнює процес розробки ефективних систем захисту культур від шкідливих організмів. Тому основним завданням фітосанітарної служби, робота якої спрямована на захист держави від біологічної небезпеки, є за-

вчасне виявлення, ефективна локалізація та ліквідація вогнищ шкідливих організмів, які мають карантинне значення в Україні і занесені до Переліку регульованих шкідливих організмів у списках А1 (відсутні в Україні) та А2 (обмежено поширені на території України).

Одними з потенційно небезпечних шкідників для України в недалекому майбутньому можуть стати три види мінуючих мух (агрозидів), які відносяться до роду *Liriomyza*, а саме: *Liriomyza trifolii* (хризантемний мінер), *L. huidobrensis* (південний американський мінер) та *L. sativae* (овочевий листяний мінер). Усі наведені види є поліфагами і завдають значної шкоди декоративним та овочевим культурам. У місцях широкого розповсюдження фітофаги можуть знищувати до 80% урожаю різноманітних овочевих культур, особливо наносячи шкоду овочівництву закритого ґрунту.

Указані види агрозидів є доволі подібними між собою як за морфологією, так і за біологічними ознаками. Характерним для них є розмноження без партеногенезу, розвиток з повним перетворенням. Упродовж онтогенезу комахи проходять стадії яйця, личинки (1-го, 2-го та 3-го віків), лялечки та імаго. Зимуюча стадія — лялечка.

Протягом сезону може спостерігатися 5–8 генерацій, що свідчить про значну шкодо-чинність мух, особливо в закритому ґрунті, де створюються найбільш оптимальні умо-ви для розвитку всіх стадій фітофага. Пік появи імаго припадає на ранкові години. Самці з'являються раніше самиць. Жив-ляться біля проколів, які роблять самиці за допомогою яйцеклада. У ці самі проколи самиці відкладають яйця. Приблизно 15% проколів містять життєздатні яйця. Про-коли спричиняють руйнування більшої кількості клітин листової поверхні. Крім того, самці і самиці харчуються нектаром квітів [1, 2]. Шкодочинною стадією є личинка, яка розвивається в паренхімі лист-ка, утворюючи характерні так звані міни — ходи на місці знищеного мезофілу. Імаго літають 2–4 тижні, спарювання відбува-ється одразу, а яйця самиці відкладають на нижню поверхню листа (40–400 яєць). Після ембріонального періоду личинка проникає в листок, де утворює міну. Для фітофагів характерними є личинки 1-го, 2-го та 3-го віків. Тривалість розвитку личинки залежить від погодних умов та виду рослини-живителя. При температурі повітря +24°C личинка розвивається близько 10 днів. Скорочення чисельності популя-ції може спостерігатися при температурі вище +30–35°C [3]. Із завершенням роз-витку в середині листка утворюється ля-лечка, через 7–12 днів з якої з'являється імаго [4].

На сьогодні важливим завданням фахів-ців фітосанітарної служби є недопущення інтродукції карантинних агромізид в агро-ценози України, що можливо досягти ефек-тивним моніторингом місць потенційної появи популяцій фітофагів для своєчас-ного проведення превентивних заходів з їх локалізації і ліквідації.

Фітосанітарний моніторинг агромізид ускладнюється через їх прихований спосіб життя, що спричиняє певні труднощі з ви-явленням та можливістю проникнення цих шкідників на територію нашої держави.

У світі налічується 376 видів мінуючих мух ліріоміз [5, 6]. На європейському кон-тиненті існує 136 видів ліріоміз, що мають

подібну біологію та видовий склад рослин, які складають кормову базу шкідникам. Це, з одного боку, створює складності з іденти-фікації цих фітофагів, але з іншого — дає можливість науковцям моделювати пове-дінку можливих видів ліріоміз на певній території завдяки детальному вивченню близьких до них видів фітофагів.

На території України нині існує один, найбільш схожий до карантинних видів ліріоміз, вид — пасльонова муха (*Liriomyza solani* Hering). Пасльонова мінуюча муха — поліфаг, пошкоджує значну кількість видів культурних і дикорослих рослин. У закри-тому ґрунті пасльонова мінуюча муха може пошкоджувати фактично всі овочеві куль-тури, однак найбільшої шкоди завдає помідорам, хоча може розвиватися і на інших овочевих рослинах (огірках, баштанних культурах, петрушці, селері, капусті, салаті тощо). В умовах теплиць шкідник має 5–6 поколінь [7].

Пасльонова муха має доволі подібну до карантинних ліріоміз біологію і може бути використана як модельний об'єкт для дослідження ефективних методів виявлен-ня та ідентифікації відсутніх на території України мінуючих мух.

Фітосанітарні обліки ліріоміз у відкри-тому і закритому ґрунті зводяться до обсте-жень рослин на наявність характерних мін на листках; аналізу ґрунту щодо виявлення зимуючих лялечок фітофага, а також за-стосування атрактивних клейких пасток для виявлення імаго мінуючих мух.

Найефективнішим та менш затратним методом, який може охопити значні площі для моніторингу літаючих фітофагів, є ви-користання клейких атрактивних пасток.

Метою роботи було визначити ефектив-ність використання клейких кольорових пасток, які застосовуються для виявлення більшості видів комах упродовж активно-го льоту імаго. Результати роботи будуть використані в рекомендаціях щодо прове-дення фітосанітарного моніторингу агроце-нозів для своєчасного виявлення ліріоміз з метою локалізації та ліквідації вогнищ по-яви фітофагів на території країни в умовах відкритого та закритого ґрунту.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз теоретичних відомостей проводили на основі вітчизняних та зарубіжних наукових літературних даних з морфології, біології та розвитку агромізид. Крім того, аналізували матеріали бюлетенів та бази даних European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), журнали: «Journal of Economic Entomology», «Journal of Agricultural Research», «Annals of Applied Biology», «Annual Review of Entomology», «Journal of Entomological Science», отримані з сайтів мережі Інтернет.

Дослідження проводили впродовж вегетаційного періоду 2017 р. в овочевих агроценозах закритого ґрунту низинних районів Закарпатської обл. Стационаром обстежень були господарські теплиці Ужгородського, Виноградівського та Хустського районів.

Виявлення агромізид здійснювали за допомогою кольорових пасток. Серед варіантів використовували жовті, сині та прозорі пастки однакової конфігурації. Пастку розмірами 20×40 см виготовляли із твердого водовідштовхувального пластику, на поверхню якого з обох боків наносили ентомологічний клей Пестифікс. У верхній частині пастки розташовували отвір для її кріплення.

В агроценозах пастки розвішували над рослинами на висоті 1,5–2 м від рівня ґрунту при денній температурі 20°C із розрахунку 1 пастка кожного варіанта на 100 м². Повторність кожного варіанта — трикратна. Облік комах та заміну кольорової пастки здійснювали не рідше одного разу в 10 днів [8, 9].

Імаго шкідників комах відбирали вручну або виловлювали за допомогою екстаустера і поміщали в пробірки з 70%-им спиртом.

Визначення видової приналежності виявлених агромізид проводили на імагінальних стадіях шкідників, виявлених у теплицях.

Статистичну обробку результатів здійснювали з застосуванням дисперсійного аналізу за допомогою офісної програми Microsoft Office Excel 2003.

Визначення видової приналежності виявлених агромізид здійснювали на іма-

гінальній стадії розвитку з личинок, що перебували у мінах пошкоджених рослин.

Наявність преімагінальних стадій агромізид у міні визначали шляхом перегляду ушкоджених листків рослин на просвіт, відібраних і перенесених у лабораторію для отримання імаго шкідників та визначення їх видового складу.

У лабораторних умовах відібрані листки з мінами поміщали у вологу камеру — скляну банку об'ємом 0,5–1,0 л, на дно якої наливали воду шаром 1 см і зверху насипали сухий пісок, поки його верхня частина не намочувалася. На пісок викладали міновані листи і банку зверху накривали чашкою Петрі. Після вильоту імаго мінерів, комахи були виловлені за допомогою екстаустера та поміщені в пробірки з 70%-им спиртом [9].

Видову ідентифікацію проводили за виготовленими ентомологічними препаратами, ідентифікуючи зовнішні ознаки імаго шкідників під бінокулярним мікроскопом, за допомогою ентомологічних визначників [10, 11].

Для виготовлення препаратів відібрані імаго поміщали на 12 год у 5%-й розчин гідроксиду калію (КОН). Потім імаго відмивали від лугу і поміщали на предметні скельця та покривали зверху покривним склом [9].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Виявлення листових мінерів проводили в агроценозах закритого ґрунту Ужгородського, Хустського та Виноградівського районів з першої декади квітня до першої декади червня шляхом візуального огляду листків культур та за допомогою кольорових пасток. Обліки проводили в теплицях, де вирощували помідори, огірки, капусту, а також у комбінованих теплицях, у яких усі ці культури вирощували разом. Обліки здійснювали впродовж запланованого періоду з періодичністю 10 днів.

За результатами фітосанітарних обстежень теплиць виявлено один вид агромізид, а саме — пасльонову мінуючу муху, до того ж фітофага виявлено не лише в агроценозах насаджень помідора, а й на площах під

Ефективність відлову імаго пасльонового мінера на кольорові пастки

Культура	Кількість відловлених імаго <i>Liriomyza solani</i> , екз./пастку:			НІР ₀₅
	жовту	синю	прозору	
Ужгородський р-н				
Помідори	32,0	18,7	7,7	4,8
Огірки	11,7	3,0	0,3	3,4
Капуста	0	0	0	–
Змішані культури	8,0	1,7	1,3	0,7
Хустський р-н				
Помідори	40,7	18,3	6,0	4,2
Огірки	16,7	8,7	1,0	2,8
Капуста	0	0	0	–
Змішані культури	15,7	7,0	2,3	1,5
Виноградівський р-н				
Помідори	38,3	22,7	12,0	6,5
Огірки	15,3	7,3	1,3	3,1
Капуста	0	0	0	–
Змішані культури	19,7	13,0	2,7	1,0

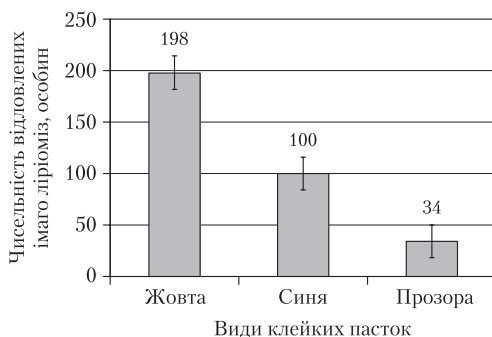
огірком та у теплицях з комплексом видів овочевих культур (табл.).

Загалом, чисельність імаго пасльонового мінера є доволі вирівняною у всіх районах досліджень. Це пояснюється однаковими умовами закритого ґрунту, зведенням до мінімуму впливу погоднo-кліматичних умов регіону на біологію фітофага. Найбільшу кількість екземплярів імаго пасльонової мінуючої мухи виявлено в насадженнях помідора, де кількість особин на 1 пастку перевищувала відповідний показник на огірках, та у теплицях з комплексом культур у 2,5–3 рази, що свідчить про превалювання вказаної культури у розвитку фітофага. Під час обстеження теплиць, в яких вирощували капусту, мінуючих мух не виявлено у жодному варіанті пасток.

Якщо порівняти результати чисельності імаго агромізид на пастках різного кольору, то найефективнішими виявилися пастки з жовтим забарвленням

(рис.). Однак сині пастки також мають високий ступінь привабливості для імаго фітофага, оскільки чисельність мінуючих мух на них у 3–6 разів більша, ніж на прозорих пастках.

Результати порівняння чисельності комах на пастках жовтого та синього кольорів свідчать, що ефективність відлову імаго



Сумарна середня чисельність відловлених лірійміз в агроценозах закритого ґрунту на клейкі кольорові пастки

пасльонові мінуючої мухи жовтими пастками є вищою приблизно в 1,5–2 рази. Це дає підстави рекомендувати їх не лише для виявлення імаго агромізид, а й для використання з метою зменшення їх чисельності в умовах закритого ґрунту.

Під час візуального обстеження овочевих культур у теплицях виявлено міні на листках помідорів та огірків. Слід зауважити, що чисельність мін на пошкоджених фітофагом листках помідорів варіювала у межах 3–5 на кожному, тоді як на листках огірка виявлено всього кілька поодиноких листків з одним характерним пошкодженням шкідником. Низький показник візуалізації пошкоджень листків личинками пасльонового мінера пояснюється вжиттям комплексу заходів з обмеження чисельності фітофагів у агроценозах закритого ґрунту.

Слід наголосити, що під час фітосанітарних обстежень агроценозів овочевих та декоративних культур відкритого ґрунту впродовж вегетаційного періоду 2017 р. пасльонового мінера не виявлено.

ВИСНОВКИ

Мінуючі мухи ліріомізи є одними з найнебезпечніших шкідників овочевих та декоративних культур, особливо закритого

ґрунту. За списками А1 регульованих шкідливих організмів існує небезпека інтродукції в Україні трьох видів: *Liriomyza trifolii* (хризантемного мінера), *L. huidobrensis* (південного американського мінера) та *L. sativae* (овочевого листяного мінера).

В умовах закритого ґрунту Закарпатської обл. на овочевих культурах виявлено пасльонового мінера *L. solani*, який характеризується подібними морфологічними ознаками, особливостями біології та спектром кормової бази до карантинних ліріоміз, що дає можливість розглядати цей вид як модельний об'єкт для встановлення ефективних шляхів виявлення та ідентифікації карантинних видів мінуючих мух.

Під час проведення фітосанітарних обстежень агроценозів для виявлення імаго карантинних ліріоміз ефективним є застосування пасток жовтого кольору, що забезпечують відловлення фітофагів навіть за низької їх чисельності. Це дасть змогу своєчасно виявляти появу шкідників та ефективно вживати карантинні заходи з локалізації і ліквідації їх вогнища. Застосування пасток синього кольору також може бути використано для виявлення ліріоміз, однак їх ефективність поступається жовтим майже вдвічі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Scheffer S. Polymerase chain reaction/restriction length polymorphism method to distinguish *Liriomyza huidobrensis* from *L. langei* (Diptera: Agromyzidae) applied to three recent leafminer invasions / S. Scheffer, A. Wijesekara // Journal of Economic Entomology. 2001. — Vol. 94. — P. 1177–1182.
2. Braun A. *Liriomyza* species / A. Braun // Technical Bulletin, The International Potato Center and The Clemson University Palawija IPM Project. — 1997. — P. 6–12.
3. Lee H. Effects of temperature on the development of leafminer *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) on head mustard / H. Lee // Chinese Journal of Entomology. — 1990. — Vol. 10. — P. 143–150.
4. Leibe G. Development of *Liriomyza trifolii* on celery / G. Leibe // In: Proceedings of IFAS-Industry Conference on Biology and Control of *Liriomyza* leafminers. — Lake Buena Vista, Florida, 1982. — P. 35–41.
5. Spencer K. Host specialization in the world *Agromyzidae* (Diptera) / K. Spencer // Series Entomologica. — 1990. — Vol. 45. — P. 87–96.
6. Seymour P. Evaluation, development of rapid detection, identification procedures for *Liriomyza* species: taxonomic differentiation of polyphagous *Liriomyza* species of economic importance EU / P. Seymour // Taxonomy and morphological identification. In: Final Report on EU Contract. — Brussels (BE). — 1994. — No. 90. — P. 399–405.
7. Chandler L. Seasonal population trends and foliar damage of agromyzid leafminers on cantaloupe in the lower Rio Grande Valley, Texas / L. Chandler, C. Thomas // J. Georgia Entomol. Soc. — 1983. — Vol. 18. — P. 112–120.
8. О борьбе с карантинными вредителями на территориях государств участников СНГ с использованием феромонных ловушек: Информационно-аналитический материал. — М., 2014. — 30 с.
9. Обнаружение, выведение, фиксация минующих мух и их паразитов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cap.ru/home/65/aris/bd/karantin/document/006-4.html>
10. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей овощных культур и картофеля в СССР / В.С. Великань, В.Б. Голуб, Е.Л. Гурьева и др. — Л.: Колос (Ленинградское отделение), 1982. — 272 с.
11. Определитель насекомых Европейской части СССР. — Т. V: Двукрылые (Ч. 1) / Под общей ред. Г.Я. Бей-Биевко. — Л.: Наука (Ленинградское отделение), 1969. — 807 с.

REFERENCES

1. Scheffer, S., Wijesekara, A. (2001). Polymerase chain reaction/restriction length polymorphism method to distinguish *Liriomyza huidobrensis* from *L. langei* (Diptera: Agromyzidae) applied to three recent leaf-miner invasions. *Journal of Economic Entomology*, 94, 1177–1182 [in English].
2. Braun, A. (1997). *Liriomyza* species. *Technical Bulletin*. The International Potato Center and The Clemson University Palawija IPM Project [in English].
3. Lee, H. (1990). Effects of temperature on the development of leafminer *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) on head mustard. *Chinese Journal of Entomology*, 10, 143–150 [in English].
4. Leibe, G. (1982). Development of *Liriomyza trifolii* on celery. In: *Proceedings of IFAS-Industry Conference on Biology and Control of Liriomyza leafminers*. Lake Buena Vista, Florida [in English].
5. Spencer, K. (1990). Host specialization in the world *Agromyzidae* (Diptera). *Series Entomologica*, 45, 87–96 [in English].
6. Seymour, P. (1994). Evaluation, development of rapid detection, identification procedures for *Liriomyza* species: taxonomic differentiation of polyphagous *Liriomyza* species of economic importance EU. *Taxonomy and morphological identification*. In: *Final Report on EU Contract*. Brussels (BE), 90, 399–405 [in English].
7. Chandler, L., Thomas, C. (1983). Seasonal population trends and foliar damage of agromyzid leafminers on cantaloup in the lower Rio Grande Valley, Texas. *J. Georgia Entomol. Soc.*, 18, 112–120 [in English].
8. *O borbe s karantinnyimi vrediteliami na territoriakh gosudarstv uchastnikov SNG s ispolzovaniem feromonnykh lovushek: Informatcionno-analiticheskii material [On the fight against quarantine pests in the territories of the CIS member states using pheromone traps: Information and analytical material]*. (2014). Moskva [in Russian].
9. Obnaruzhenie, vyivedenie, fiksatsiya miniruyuschih muh i ih parazitov [Detection, excretion, fixation of minering flies and their parasites]. (n.d.). *www.cap.ru*. Retrieved from: <http://www.cap.ru/home/65/aris/bd/karantin/document/006-4.html> [in Russian].
10. Velikan, V.S., Golub, V.B., Gureva, E.L. et al. (1982). *Opredelitel vrednykh i poleznykh nasekomykh i kleshchey ovoschnykh kultur i kartofelya v SSSR*. Leningrad: Kolos (Leningr. otd-nie) [in Russian].
11. Bey-Bienko, G.Ya. (1969). *Opredelitel nasekomykh Evropeyskoy chasti SSSR* [The determinant of insects of the European part of the USSR]. *Drukrylye [Diptera]*. (Vol. 5, part 1). Leningrad: Nauka [in Russian].

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МОДЕЛЬНИХ ПТАХОПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

М.І. Волошин, О.В. Тертична, Л.І. Свальявчук

Інститут агроекології і природокористування НААН

За результатами випадкового безповторного відбору даних публічної інформації про чисельність птахопоголів'я на птахопідприємствах України виявляли модельні об'єкти (область, птахопідприємства) для екологічних досліджень. У вибірку сукупність увійшла майже половина всіх птахопідприємств України, що розцінювалось як гарантія репрезентативності вибірки. Аналізували два показники — кількість птахопідприємств в області і чисельність птахопоголів'я на птахопідприємстві. Значення цих показників розглянуто як значення випадкових величин з обчисленням статистичних характеристик і з'ясуванням виду розподілу. Модельними визнано об'єкти за результатами порівняння їх показників з середньостатистичними.

Ключові слова: промислове птахівництво, модельний об'єкт, випадкова величина, репрезентативність, статистичні характеристики, вид розподілу, однорідність сукупності, алгоритм відбору.

В Україні промислове птахівництво є важливим сегментом сучасного тваринництва. За останні 20 років відзначається його стійкий динамічний розвиток. Поряд з тим господарська діяльність птахопідприємств спричиняє виникнення техногенних загроз, що неминуче призводить до багатьох екологічних проблем у зонах виробництва птахопродукції. Нині сектор птахівництва розвинувся до масштабів високої концентрації поголів'я з ризиком для забезпечення норм утримання тварин та здоров'я людини [1].

У дослідженнях вітчизняних та закордонних учених розглянуто питання щодо впливу птахівництва на екологічний стан довкілля та негативні антропогенні наслідки ведення птахівництва в Україні [2, 3].

Особливої актуальності набувають проблеми забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих газів та пилу [4]. Обсяги вентиляційних викидів улітку з одного типового пташника для утримання курей несучок або вирощування бройлерів становить 200–500 тис. м³/год забрудненого повітря. В кожному їх кубометрі міс-

титься 3–20 мг аміаку, 1–3 мг сірководню, 0,10–0,30% вуглекислого газу, 3–5 мг пилу, 70–900 тис. КУО [5].

Утворення значних обсягів відходів, побічної продукції та стічних вод у процесі виробництва птахопродукції спричиняє забруднення ґрунту, трансформацію фітоценозу, морфометричних показників та репродуктивної здатності рослин, розповсюдження ектопаразитів та шкідників [6, 7].

Результати досліджень свідчать про зменшення показників біорізноманіття ентомокомплексів у зонах птахопідприємств, що в майбутньому може призвести до швидкої деградації прилеглих екосистем [8]. Однак наразі ці дані доволі проблематично поширювати на інші птахопідприємства за відсутності відомостей щодо типовості обраних для дослідження об'єктів.

Метою наших досліджень було обрати модельні об'єкти для дослідження екологічних проблем у зоні впливу виробництва птахопродукції на стан навколишнього природного середовища.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідженнях використовували публічну інформацію про кількість птахопо-

Таблиця 1

Загальна характеристика птахопідприємств України в розрізі адміністративних областей

Область	Кількість підприємств, од.	Чисельність поголів'я, млн голів
Київська	10	14,568
Вінницька	6	14,553
Черкаська	7	18,180
Дніпропетровська	11	10,324
Хмельницька	4	1,331
Волинська	3	1,803
Херсонська	4	1,331
Запорізька	12	3,171
Харківська	8	2,074
Львівська	17	1,74
Разом	82	69,075

голів'я на птахопідприємствах України. До статистичної вибіркової сукупності, сформованої методом випадкового безповторного відбору, ввійшли дані про 82 птахопідприємства, що розміщені в 10 адміністративних областях України. Вони становлять майже половину всієї сукупності птахопідприємств в Україні, що гарантує репрезентативність вибірки.

За цими первинними результатами (які можна розглянути як дані пасивного експерименту) була сформована загальна характеристика птахопідприємств України (табл. 1).

Значення кожного показника розглядали як випадкову величину вибіркової статистичної сукупності. Методами математичної статистики з'ясовували вид її розподілу. Для цього визначали статистичні характеристики розподілу: середнє арифметичне, стандартне відхилення, дисперсію, коефіцієнт варіації, показник асиметрії та показник ексцесу. За цими даними з'ясовували параметри модельних областей і птахопідприємств та обирали для наступних досліджень ті, що мали параметри, близькі до модельних. Так, спо-

чатку виявляли модельну область, а потім — модельне (середньостатистичне) та найбільше птахопідприємства.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Оскільки антропогенне навантаження в адміністративній області внаслідок діяльності птахопідприємств можна оцінювати за двома показниками — за кількістю підприємств і за чисельністю птахопоголів'я, — то доцільно з'ясувати питання, якому із цих показників віддавати перевагу в наступних дослідженнях, або ж враховувати обидва ці показники. Для цього достатньо перевірити ці показники на мультиколінеарність — наявність і тісноту кореляційного зв'язку між ними (рис. 1).

За цими даними можна зробити висновки, що між чисельністю птахопоголів'я в області і кількістю птахопідприємств фактично немає зв'язку — міра кореляційного зв'язку між вказаними показниками є незначною ($R^2 = 0,0008$). Тому на наступному етапі дослідження необхідно враховувати обидва ці показники. Тут слід взяти до уваги, що перший показник — кількість птахопідприємств — є мірою щільності антропогенного навантаження на територію області, а другий — концентрації антропогенного навантаження в одній точці. Це дає підстави вважати, що на першому етапі доцільно виявити мо-

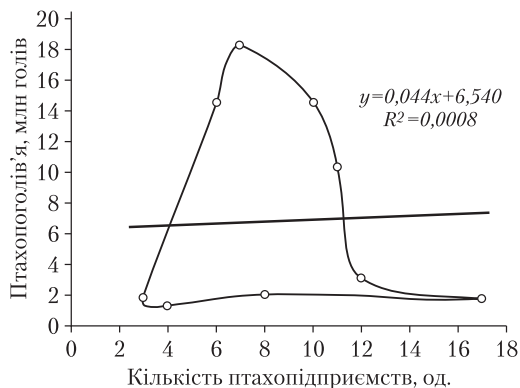


Рис. 1. Кореляційне поле залежності чисельності птахопоголів'я в області від кількості птахопідприємств

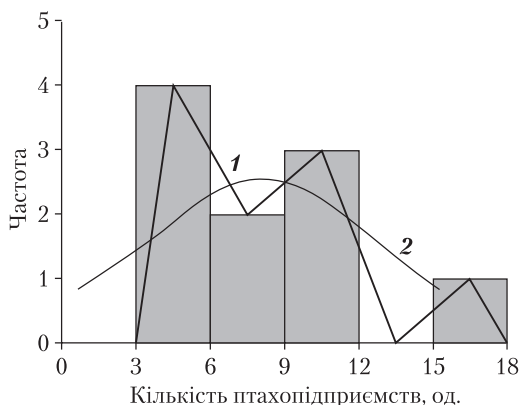


Рис. 2. Гістограма, полігон і теоретична крива розподілу кількості птахопідприємств в області: 1 — експериментальні дані; 2 — теоретична крива розподілу; середнє арифметичне $M=8,1$ од., стандартне відхилення $\sigma=4,7$ од., коефіцієнт варіації $v=58,02\%$

дельні області, а потім у цих областях — модельні птахопідприємства.

За результатами досліджень розглянуто вибіркові сукупності кількості птахопідприємств (рис. 2) і чисельності птахопоголів'я (рис. 3) з обчисленням статистичних характеристик і з'ясуванням виду розподілу сукупностей цих величин.

За зовнішнім виглядом розподілу кількості птахопідприємств (рис. 2) можна при-

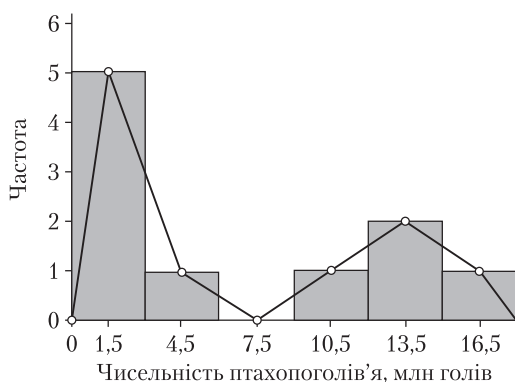


Рис. 3. Гістограма і полігон розподілу чисельності птахопоголів'я в адміністративній області України: середнє арифметичне $M=6,6$ млн голів, стандартне відхилення $\sigma=5,8$ млн голів, коефіцієнт варіації $v=87,88\%$

пустити, що це може бути розподіл рівної ймовірності, нормальний або логарифмічно нормальний розподіл. Зокрема з'ясовано, що за відомим критерієм Колмогорова цей розподіл з надійністю не нижче ніж 0,95 може бути апроксимовано нормальним (Гаусовим) розподілом (теоретична крива, рис. 2). І якщо б ішлося про визначення модельних областей лише за одним єдиним показником (наразі за кількістю птахопідприємств), то модельними областями слід було б вважати ті, середні арифметичні значення яких є близькими до інтервалу $M \pm m$, де m — середня похибка середнього арифметичного. Тобто, $m = \pm \sigma \sqrt{n}$, де n — число спостережень ($n = 10$). Після відповідних обчислень ($m \approx 1,49$) з'ясуємо, що в інтервалі $M \pm m$, (тобто $8,1 \pm 1,49$) налічується лише дві області — Київська і Харківська. Однак для наступного аналізу, з урахування чисельності птахопоголів'я, доцільно залишити більшу кількість областей, зокрема тих, що за показником кількості підприємств розміщуються в інтервалі $M \pm \sigma$, в якому, як відомо [9], за нормального розподілу налічується 0,683 одиниці досліджуваної сукупності. Зважаючи на це можна стверджувати, що модельні області доведеться обирати серед тих, що потрапляють в інтервал $8,1 \pm 1,49$. До них належать — Київська, Вінницька, Черкаська, Дніпропетровська, Хмельницька, Херсонська, Запорізька, Харківська і Львівська області, котрі становлять 0,9 від числа одиниць досліджуваної сукупності областей.

Далі з'ясуємо особливості статистичного розподілу другого показника — чисельності птахопоголів'я в області (рис. 3).

Отже, дані гістограми свідчать про неоднорідність областей за показником чисельності птахопоголів'я — розподіл цього показника має дві чітко виражені вершини: перша — в інтервалі 0–3 млн голів, друга — в інтервалі 12–15 млн голів. Це дає підстави вважати, що за чисельністю птахопоголів'я адміністративні області України можна поділити на дві групи: перша — з чисельністю птахопоголів'я до 7,5 млн голів, і друга — понад 7,5 млн голів, відпо-

відно виявляти дві модельні області. Поряд із тим, якщо взяти до уваги, що перша група областей є чисельнішою (6 областей) порівняно з другою (4 області), і модельні птахопідприємства визначатимуться за середнім арифметичним значенням птахопоголів'я на підприємстві, то можна обмежитись аналізом чисельності птахопоголів'я птахопідприємств першої групи або ж чисельності птахопоголів'я всієї вибірки (82 птахопідприємства), за винятком тих, що спричиняють істотну неоднорідність. Для цього доволі виявити області, птахопідприємства яких створюють істотну неоднорідність розподілу, і за відомими правилами вилучити їх з аналізу. Для цього слід проаналізувати статистичні характеристики розподілу чисельності птахопоголів'я всієї вибірки з 82 птахопідприємств (табл. 2).

Результати обчислень статистичних характеристик є такими: середнє арифметичне $M = 1,97$ млн гол; стандартне відхилення $\sigma = 2,01$ млн гол; коефіцієнт варіації $v = 8,12\%$; показник асиметрії $A = 4,88$; показник ексцесу $E = 23,96$.

За цими даними і значеннями статистичних характеристик розподілу чисельності птахопоголів'я на птахопідприємствах України можна зробити висновок про істотне відхилення цього розподілу від нормального і, відповідно, про значну неоднорідність птахопідприємств за цим показником [9]. Про це свідчать такі дані: коефіцієнт варіації — майже 100% і високий за значенням показник асиметрії та показник ексцесу. В цьому легко переконатись порівнявши абсолютні значення цих показників з їх основними похибками. Так, основна похибка показника асиметрії становить $m = 0,275$, а показника ексцесу $m = 0,55$. До

того ж відношення показника асиметрії до його основної похибки становить $17,74 \geq 3$, аналогічним є відношення для показника ексцесу — $43,56 \geq 3$. Тобто перше відношення більш ніж у 5 разів перевищує норму [9], а друге — більш ніж у 10 разів. Зауважимо, що із 82 птахопідприємств більшість належить до перших трьох інтервалів розподілу (табл. 2), і лише два виходять за визначені межі. Тому з'ясовуємо надійність підстав вважати дані щодо цих підприємств артефактами (такими, що істотно вирізняються і не належать до досліджуваної сукупності) за відомим виразом [9]:

$$T = (V - M) / \sigma \geq T_{\text{ст}},$$

де: T — критерій артефактів; V — значення показника, що істотно вирізняється; M, σ — середнє арифметичне і стандартне відхилення досліджуваної сукупності; $T_{\text{ст}}$ — стандартне (табличне) значення критерію.

Наразі: число дат — 5, $M = 1,97$, $\sigma = 2,01$. Тоді для підприємств з чисельністю поголів'я понад 9 млн голів, починаючи з інтервалу 9–12 млн голів, значення критерію становитиме:

$$T = (9 - 1,97) / 2,01 = 3,48.$$

При числі дат 5 значення $T_{\text{ст}} = 2,2$, тобто $T > T_{\text{ст}}$ ($3,48 > 2,2$).

А це означає, що птахопідприємства з чисельністю поголів'я понад 9 млн голів наразі можна вважати артефактами. Вони були зафіксовані в Черкаській і Вінницькій областях і, як наслідок, в областях, що за кількістю птахопідприємств відносились до інтервалу $M \pm \sigma$, тому вилучаємо дві області — Вінницьку та Черкаську.

Для подальшого аналізу залишилися Запорізька, Київська, Дніпропетровська,

Таблиця 2

Варіаційний ряд статистичного розподілу чисельності поголів'я птахопідприємств України

№ інтервалу	1	2	3	4	5	Σ
Інтервал, млн голів	0–3	3–6	6–9	9–12	12–15	–
Середина інтервалу, млн голів	1,5	4,5	7,5	10,5	13,5	–
Частота	76	3	1	0	2	82

Таблиця 3

Вихідні дані для визначення модельних областей

Область	Середнє арифметичне значення чисельності птахопоголів'я на підприємстві, млн голів
Київська	1,8
Дніпропетровська	0,9
Хмельницька	0,3
Херсонська	0,3
Харківська	0,3
Львівська	0,1
Запорізька	0,3
Загалом, Україна	1,68

Хмельницька, Херсонська, Харківська і Львівська області. Серед них обираємо область, в котрих середнє арифметичне значення птахопоголів'я на птахопідприємстві наближається до цього показника в Україні, яке з урахуванням вилучення артефактів становитиме не 1,97 млн голів (табл. 2), а $1,68 \pm 0,1$, що враховано в табл. 3.

За цими даними середнє арифметичне значення чисельності птахопоголів'я на птахопідприємстві в Київській обл. (1,8 млн голів) найближається до аналогічного показника в Україні (1,68 млн голів), і

за цим показником Київську обл. слід вважати репрезентативною в Україні.

Отже, Київська обл. є модельною для досліджень, оскільки вона виявилась репрезентативною як за середнім арифметичним значенням чисельності птахопоголів'я на птахопідприємстві, так і за середнім арифметичним значенням кількості птахопідприємств.

Для виявлення модельних птахопідприємств скористаємось первинними даними щодо Київської обл. (табл. 4) за умови, що середнє арифметичне значення чисельності птахопоголів'я на птахопідприємстві в Україні становить 1,68 млн голів.

За порівняння даних (табл. 3 і 4) з'ясуємо, що перші два птахопідприємства області мають найближчі значення чисельності птахопоголів'я до середнього арифметичного значення цього показника в Україні (1,68 млн голів), а саме: ЗАТ «Агрофірма Березанська птахофабрика» — 1,323 млн голів та ВАТ «Птахофабрика Київська» — 1,137 млн голів. Найбільшу ж (7,440 млн голів) чисельність птахопоголів'я в області має птахопідприємство ТОВ «Комплекс Агромарс» (табл. 5).

ВИСНОВКИ

Для екологічних досліджень впливу промислового птахівництва на стан навколишнього природного середовища модельними слід вважати такі птахопідприємства: ЗАТ «Агрофірма Березанська птахофабрика»,

Таблиця 4

Чисельність птахопоголів'я на птахопідприємствах Київської області

№ птахопідприємства	Чисельність птахопоголів'я, млн голів
1	1,323
2	1,137
3	3,787
4	0,246
5	0,131
6	0,044
7	0,280
8	7,440
9	0,060
10	0,120

Таблиця 5

Алгоритм вибору модельних об'єктів дослідження

№ пор.	Об'єкти	Критерій	Результат вибору
1.	Птахопідприємства України	Безповторний випадковий відбір	82 підприємства, що розташовані в 10 областях України
2.	Області	Належність до інтервалу $M \pm \sigma$ за умови нормального розподілу відповідно до кількості птахопідприємств	9 областей
3.	Області	Вилучення об'єктів з чисельністю птахопоголів'я, котре можна вважати артефактами	7 областей
4.	Області	Середнє арифметичне значення птахопоголів'я на підприємстві порівняно з цим показником для всієї безповторної вибірки	Київська обл.
5.	Птахопідприємства Київської обл.	Середньостатистичне для Київської обл.	ЗАТ «Агрофірма Березанська птахофабрика», ВАТ «Птахофабрика Київська»
		Найбільше підприємство	ТОВ «Комплекс Агромарс»

ВАТ «Птахофабрика Київська», ТОВ «Комплекс Агромарс». Результати екологічного оцінювання в дослідженнях вітчизня-

них учених [3, 4, 6–8] є репрезентативними, оскільки їх отримано на птахопідприємствах, котрі можна вважати модельними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Industrial Food Animal Production and Global Health: exploring the Ecosystems and Economics of Avian Influenza [Електронний ресурс] / J.H. Leiblein, J. Otte, D. Roland-Holst [et al.] // EcoHealth. — 2009. — Vol. 6. — P. 58–70. — Режим доступу: http://www.globaleenvironmentalhealth.com/uploads/2/1/8/2/21821416/food_animal_production_and_global_health_risks.pdf
2. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: A global life cycle assessment / M. MacLeod, P. Gerber, A. Mottet et al. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. — 172 p.
3. Пінчук В.О. Перспективні напрями екологічних досліджень у галузі тваринництва / О.В. Тертична, В.П. Бородай // Агроекологічний журнал. — 2017. — № 2. — С. 44–48.
4. Екологічна оцінка стану атмосферного повітря за умов різних технологій виробництва продукції птахівництва / О. Тертична, О. Бригас, Л. Свалявчук [та ін.] // Science Rise: Biological Science. — 2017. — No. 3 (6). — P. 18–21.
5. Мельник В.О. Екологічні проблеми сучасного птахівництва / В.О. Мельник // Птахівництво. — 2009. — Вип. 63 — С. 3–15.
6. Використання мікробіологічних показників для оцінки ґрунту, стічної води та відходів птахівничого комплексу / О.В. Тертична, В.В. Герман, О.О. Марченко [та ін.] // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2009. — Вип. 9. — С. 147–149.
7. Environmental aspects ectoparasites cenosis in broiler's poultry / O.V. Tertychna, L.I. Svaliavchuk, V.P. Borodai [et al.] // Fundamental and applied research in biology and ecology: IVth International scientific conference for students, graduate students and young scientists (Vinnysia, 12–14 April 2016): abstracts. — Vinnysia, 2016. — P. 158–159.
8. Кейван М.П. Екологічні індекси для оцінки стану біорізноманіття комах у зонах розташування птахофабрик / М.П. Кейван // Агроекологічний журнал. — 2012. — № 2. — С. 86–89.
9. Плехинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плехинский. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГУ, 1970. — 367 с.

REFERENCES

1. Leiblein, J.H., Otte, J., Roland-Holst, D., Silbergeld, E. (2009). Industrial Food Animal Production and Global Health: exploring the Ecosystems and Economics if Avian Influenza. *EcoHealth*, 6, 8–70. Retrieved from http://www.globalenvironmentalhealth.com/uploads/2/1/8/2/21821416/food_animal_production_and_global_health_risks.pdf [in English].
2. MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B., Steinfeld, H. (2013). *Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: A global life cycle assessment*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [in English].
3. Pinchuk, V.O., Tertychna, O.V., Borodai, V.P. (2017). Perspektyvni napriamy ekolohichnykh doslidzhen u haluzi tvarynnytstva [Promising directions of ecological research in the field of animal husbandry]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 44–48 [in Ukrainian].
4. Tertychna, O., Bryhas, O., Svaliavchuk, L., Myroshnyk, N. (2017). Ekolohichna otsinka stanu atmosfer-noho povitria za umov riznykh tekhnolohii vyrobnytstva produktii ptakhivnytstva [Environmental assessment of atmospheric air in the conditions of different technologies of poultry production]. *Science Rise: Biological Science*, 3 (6), 18–21 [in Ukrainian].
5. Melnyk, V.O. (2009). Ekolohichni problemy suchasnoho ptakhivnytstva [Ecological problems of modern poultry farming]. *Ptakhivnytstvo — Poultry Farming*, 63, 3–15 [in Ukrainian].
6. Tertychna, O.V., Hermann, V.V., Marchenko, O.O., Yaschenko, S.V., Mineralov, O.I. (2009). Vykorystannia mikrobiolohichnykh pokaznykiv dlia otsinky gruntu, stichnoi vody ta vidkhodiv ptakhivnychoho kompleksu [The use of microbiological parameters for the assessment of soil, waste water and waste poultry complex]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia — Agricultural microbiology*, 9, 147–149 [in Ukrainian].
7. Tertychna, O.V., Svaliavchuk, L.I., Borodai, V.P., Stepanov, R.A. (2016). Enviromental aspects ectoparasites cenosis in broiler's poultry. Fundamental and applied research in biology and ecology '16: *2nd International scientific conference for students, graduate students and young scientists* (pp. 158–159) [in English].
8. Keivan, M.P. (2012). Ekolohichni indeksy dlia otsinky stanu bioriznomanittia komakh u zonakh roz-tashuvannia ptakhofabryk [Ecological indices for assessing the status of insect biodiversity in poultry location zones]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 86–89 [in Ukrainian].
9. Plokhynskyi, N.A. (1970). *Byometryia [Biometrics]*. Moscow: Moskovskiyi hosudarstvennyi unyversytet [in Russian].

УДК 62-665.9:615.3

ЗАЛИШКИ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ, АНТИГЕЛЬМІНТИКІВ ТА ГОРМОНІВ У ВІДХОДАХ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ СВИНЕЙ

І.М. Курбатова¹, О.В. Байєр², М.О. Захаренко¹

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України

² Державний НДІ з лабораторної діагностики і ветеринарно-санітарної експертизи

Встановлено, що відходи свинарського підприємства (рідкий гній та гнойові стоки) містять значну кількість неорганічних та органічних залишків, у т.ч. азотовмісних сполук, сульфаніламідних препаратів — сульфаметазин, сульфаніламід, сульфагуанідин, сульфамеразин і сульфаметоксазол, антибіотиків групи тетрацикліну — хлортетрациклін і докситетрациклін, антигельмінтиків — альбендазол та фенбендазол, а також гормонів — нандролон, болденон, станозолон, тренболон, рактопамін, стилбени та кортикостероїди, вміст яких залежить від виду відходів і змінюється у значних межах. Виявлені у відходах ксенобіотики можуть забруднювати природні водойми, розміщені в зоні діяльності тваринницьких підприємств.

Ключові слова: відходи, рідкий гній, гнойові стоки, сульфаніламідні препарати, антибіотики, антигельмінтики, гормони.

Екологічні проблеми територій, на яких розташовуються сучасні підприємства з

виробництва продукції тваринництва, зумовлено утворенням і накопиченням значних обсягів шкідливих газів, пилу та екс-

крементів тварин [1, 2], рівень яких часто перевищує конверсійну здатність ґрунту та призводить до їх надходження у природні водойми [3–5]. Основними відходами таких підприємств є продукти життєдіяльності тварин, що містять не тільки значну кількість забруднювачів органічного походження, але й залишки лікувальних та профілактичних засобів, стимулятори продуктивності тварин, які у разі потрапляння до природних водойм негативно впливають на гідробіоти [6–8].

Останнім часом екологічний тиск тваринницьких об'єктів на водні екосистеми значно посилюється [2, 9], що зумовлено надходженням у воду річок разом із стічними водами різних ксенобіотиків [8], гормонів та продуктів їх розпаду [3, 6, 7]. Серед указаних ксенобіотиків особливе занепокоєння викликають гормон 17 β -естрадіол та естрон і продукти їх перетворення [10, 11], а також синтетичні стероїди, що мають анаболічний ефект — 17-метилтестостерон, надролон, болденон, тренболон [5].

Ці гормони та їх похідні навіть у незначних кількостях впливають на фізіологічні функції риб [12], змінюють фракційний склад білків плазми крові [13], активність цілої низки ферментів [14], спричиняють різні ендокринні порушення та розлад статевих функцій [15].

Залишки гормонів, антибіотиків та різних фармацевтичних препаратів також виявляють у питній воді з джерел, розміщених у зоні діяльності тваринницьких об'єктів [16].

Не менш потужний вплив на гідробіоти здійснюють і антимікробні препарати, зокрема сульфаніаміди, антибіотики, а також антигельмінтики, які надходять у природні водойми із стічними водами [5, 9]. Незважаючи на те, що кормові антибіотики заборонено використовувати як стимулятори продуктивності тварин, значна кількість лікарських засобів, особливо групи тетрацикліну, фторхінолони, а також сульфаніамідні препарати, антигельмінтики та кокцидіостатики, застосовується у значних обсягах для профілактики і лікування шлунково-кишкових та інфекційних

хвороб худоби і птиці [17]. Високий рівень антибактеріальних препаратів, зокрема хлортетрацикліну та сульфадіазину, виявлено у гнійових стоках свинарських підприємств [18]. Слід зауважити, що розроблені біологічні методи очищення відходів свинарських підприємств не забезпечують видалення вказаних фармацевтичних засобів із гнійових стоків, що спричиняє їх надходження із стічними водами в природні водойми, розташовані в зоні діяльності таких об'єктів [17].

Мета роботи — дослідити хімічний склад та вміст антибактеріальних препаратів — антибіотиків і сульфаніамідів, а також антигельмінтиків та гормонів у рідкому гної та гнійових стоках свинарського підприємства.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження хімічного складу, ідентифікації та визначення вмісту фармацевтичних засобів у відходах, рідкому гної та гнійових стоках підприємства з виробництва свинини проводили в науковій лабораторії кафедри гігієни тварин і санітарії ім. професора А.К. Скороходька НУБіП України та в лабораторії рідинної хроматографії ДНДІ з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи. Середні зразки рідкого гною та гнійових стоків відбирали із резервуара — накопичувача системи гноєвидалення свинарського підприємства згідно з рекомендаціями [19]. Хімічний склад відходів тварин визначали загальноприйнятими методами [20]. Уміст залишків сульфаніамідних препаратів у відходах свиноферми контролювали за допомогою рідинного хроматографа з флуоресцентним детектором фірми «Varian» (США), який оснащували аналітичною колонкою Polaris C18, використовуючи програмне забезпечення Galaxie [21]. Загальну кількість антибіотиків та їх видовий склад у відходах тварин визначали відповідним методом [22], який передбачає використання рідинного хроматографа з подвійним мас-спектрометричним детектором фірми «Waters» (модель Alliance XE, США). Прилад оснащували аналітичною колонкою

SunFire C18, $50 \times 4,6 \times 5$ мкм, а обробку результатів досліджень здійснювали за допомогою програмного забезпечення Mass-Lyns.

Підготовку зразків рідкого гною і гнойових стоків для досліджень здійснювали у такому порядку: відбір середньої проби (близько 100 г), гомогенізація зразка з наступною екстракцією сульфаніламідних препаратів та антибіотиків 20%-ю трихлороцтовою (ТХО) кислотою на роторному змішувачі при 100 об./хв, центрифугування проб при температурі 4°C та відбір супернатанта. Потім до проб додавали 5 мл фосфатного буфера, перемішували і знову екстрагували вказані компоненти ацетонітрилом та ТХО кислотою з наступним центрифугуванням та відбором супернатанта.

Доочищення супернатанта здійснювали шляхом твердофазної екстракції: попередня обробка зразків за допомогою спеціальних картриджів OASIS HLB, їх елюювання 3 мл метанолу, висушування проб у потоці азоту і подальше розчинення в 500 мл 0,01% розчину мурашиної кислоти.

Отримані зразки кількісно переносили у віялку та використовували для ідентифікації і визначення протимікробних засобів. Перед цим хроматограф попередньо калібрували за допомогою стандартних розчинів досліджуваних препаратів. Масову частку вказаних препаратів у відходах тварин визначали методом зовнішнього стандарту, а їх ідентифікацію здійснювали за часом зберігання, наявністю відповідних іонів та співвідношенням їх інтенсивності.

Для визначення вмісту антигельмінтиків у рідкому гної та гнойових стоках використовували рідинний хроматограф з флуоресцентним детектором фірми «Varian», модель Pro Star (США), аналітичну колонку Microsorb C18 та програмне забезпечення Galaxy [23].

Підготовку проб для аналізу здійснювали у такий послідовності: гомогенізація зразків, екстракція антигельмінтиків — альбендазолу, фенбендазолу та левамізолу ацетонітрилом з подальшим розчиненням їх залишків диметилсульфоксидом. Одер-

жані у такий спосіб зразки наносили на колонку (Sun Fire C18, $50 \times 4,6 \times 5$ мкм) та здійснювали ідентифікацію і кількісне визначення антигельмінтиків. Масову частку вказаних лікарських засобів у відходах встановлювали за стандартними розчинами досліджуваних ксенобіотиків.

Уміст гормонів та гормональних сполук у відходах контролювали скринінговими методами, заснованими на принципах ІФА, використовуючи біоаналізатор фірми «Rendox» (Великобританія) та реактиви фірми «R-biopharm» (Німеччина) згідно з рекомендаціями [24]. Вказані методичні підходи дали можливість визначити не окремі сполуки, а саме речовини, що відносяться до групи β -агоністів, болденону, станозололу, стільбенів, кортикостероїдів, нандролону, зеранолу і рактопаміну.

Результати досліджень обробляли статистично [25] з використанням комп'ютерної техніки та спеціального програмного забезпечення Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проведеними дослідженнями встановлено, що гнойові стоки, утворені внаслідок змішування екскрементів тварин різних вікових груп у процесі їх вирощування, відрізнялися за вмістом забруднень у своєму складі від рідкого гною. У гнойових стоках, порівняно із рідким гноем, було менше забруднювальних речовин — на 23,0%, загального та амонійного азоту — на 15,1 та 13,3% відповідно, органічних речовин — на 5,5 абсолютних відсотків; уміст сухих речовин у гнойових стоках виявився нижчим на 4,5%, золи — на 5,5, тоді як їх вологість була на 4,5% вищою (табл. 1). Вказані відмінності хімічного складу рідкого гною свиноферми від аналогічних показників гнойових стоків частково зумовлено процесами седиментації зважених часток забруднювальних компонентів унаслідок розширення рідкого гною у гноєсховищі на рідку та тверду фракції, або осад, а також бродильними процесами під час зберігання відходів [10, 11].

Як і слід було очікувати, відходи свинарського підприємства містили певні

Таблиця 1

Хімічний склад відходів свинарського підприємства, % ($M \pm m$, $n = 4$)

Показник	Відходи	
	рідкий гній	гнойові стоки
Вологість, % СР**	93,09 ± 0,11	97,59 ± 0,29*
Суша речовина, % СР	6,92 ± 0,10	2,41 ± 0,30*
Органічна речовина, % СР	79,13 ± 3,16	73,58 ± 2,82*
Зола, % СР	20,87 ± 1,04	26,42 ± 1,12*
Азот загальний, г/л	1,32 ± 0,05	1,12 ± 0,04*
Азот амонійний, г/л	0,90 ± 0,05	0,78 ± 0,03*
Забруднювальні речовини, г/л	16,02 ± 0,49	12,34 ± 0,33*

Примітка (до табл. 1, 2): * — наведено достовірну різницю ($p \leq 0,05$) порівняно з показниками рідкого гною; ** СР — суша речовина.

залишки фармацевтичних засобів, які застосовували для профілактики шлунково-кишкових та інвазійних захворювань тварин, а також стимуляції їх продуктивності (табл. 2). У рідкому гної та гнойових сто-

ках було зафіксовано залишки сульфаніламідних препаратів, похідних сульфонамідів, зокрема сульфаметазин, сульфаніламід, сульфамеразин і сульфометоксазол, уміст яких змінювався в значних межах — від

Таблиця 2

Уміст антибактеріальних препаратів, антигельмінтиків та гормонів у відходах свинарського підприємства, мкг/кг ($M \pm m$; $n = 6-9$)

Препарат/Речовина	Відходи	
	рідкий гній	гнойові стоки
<i>Сульфаніламідні препарати</i>		
Сульфаметазин	626,18 ± 63,58	969,71 ± 25,32 *
Сульфаніламід	92,77 ± 3,01	167,55 ± 1,96*
Сульфагуанідин	55,52 ± 1,44	4,25 ± 0,95*
Сульфамеразин	4,55 ± 0,20	2,87 ± 0,70
Сульфадіазин	2,06 ± 0,28	6,60 ± 0,88*
Сульфаметаксазол	0,71 ± 0,05	0,16 ± 0,02*
<i>Антигельмінтики</i>		
Альбендазол	6873,40 ± 1346,20	1680,69 ± 179,23*
Фенбендазол	2284,83 ± 99,50	491,80 ± 73,88*
<i>Гормони</i>		
Нандролон	4064,22 ± 732,95	868,22 ± 184,23*
<i>Антибіотики</i>		
Хлортетрациклін	0,62 ± 0,05	0,62 ± 0,04
Хлорамфенікол	0,63 ± 0,08	0,54 ± 0,09
Докситетрациклін	0,63 ± 0,05	0,63 ± 0,05

0,16 до 969,7 мкг на 1 кг відходів. Поряд із тим у рідкому гної і гнойових стоках не виявлено залишків таких ксенобіотиків, як сульфатіазол, сульфадиметоксин і сульфаметоксипіридазин, що, ймовірно, як антибактеріальні засоби під час вирощування свиней не застосовувались.

Виявлені у відходах сульфаніламідні препарати відрізняються за своїми фізико-хімічними властивостями, зокрема за розчинністю у воді, що обумовило їх різну концентрацію у рідкому гної та гнойових стоках (табл. 2). Так, уміст сульфаметазину у гнойових стоках, порівняно з його рівнем у рідкому гної, виявився вищим у 1,5 раза, сульфаніаміду — у 1,8, сульфадіазину — у 3,2 раза. Натомість вміст сульфагуанідину в гнойових стоках був нижчим у 13,0 разів, сульфамеразину — у 1,6 і сульфаметаксозолу — у 4,4 раза порівняно з їх умістом у рідкому гної.

Найвищу кількість серед сульфаніламідних препаратів становили залишки сульфаметазину, вміст якого у гнойових стоках змінювався від 0,88 до 1,05 мг/кг відходів, а найнижчою була концентрація сульфаметоксозолу — 0,1–0,21 мг/кг. Зважаючи на те що одна тварина за 1 добу виділяє в середньому 4,5 кг відходів, їх загальний обсяг на великих комплексах з виробництва свинини потужністю 12 тис. голів буде становити близько 20,0 тис. т/рік, які міститимуть 25,6–26,0 кг залишків сульфаніламідних препаратів. Значна кількість цих залишків потрапить із стічними водами у природні водойми, що негативно вплине на водні організми [10].

Рідкий гній та гнойові стоки містили значну кількість залишків антигельмінтиків — альбендазолу та фенбендазолу, які використовуються для профілактики гельмінтозів свиней (табл. 2). Так, уміст альбендазолу у рідкому гної перевищував аналогічний показник у гнойових стоках у 4,1 раза, фенбендазолу — у 4,6 раза.

У відходах свиноферми виявлено, хоч і у незначній кількості, групу антибактеріальних засобів, а саме, залишки антибіотиків групи тетрацикліну — хлортетрациклін і докситетрациклін, а також препарату

хлорамфеніколу, уміст яких змінювався у межах від 0,25 до 1,02 мкг/кг відходів (табл. 2). Однак різниці між умістом хлортетрацикліну в рідкому гної і гнойових стоках не встановлено.

У рідкому гної та гнойових стоках, незважаючи на застосування сучасних методик, таких фармацевтичних засобів, як тетрациклін і окситетрациклін із групи тетрациклінів, а також енрофлоксацин і норфлоксацин із групи фторхінолонів, не виявлено. Це підтверджує попередній висновок, що у відходах тваринницьких об'єктів виявляють тільки ті фармацевтичні засоби, які застосовуються у профілактиці та лікуванні хвороб тварин.

Відходи свинарського підприємства, як встановлено дослідженнями, містять значну кількість стимуляторів росту тварин, зокрема гормон нандролон та низку інших субстанцій (табл. 2). Так, уміст нандролону у рідкому гної виявився в 4,7 раза вищим порівняно із гнойовими стоками. Його рівень в рідкому гної змінювався від 1,9 до 7,2 мкг/кг, тоді як у рідких стоках — від 0,21 до 1,42 мкг/кг. Крім нандролону, у рідкому гної і гнойових стоках виявлено залишки гормона болденон, уміст якого підвищувався від 0,9 до 50,0 мкг/кг і більше, станозолону — від 1,1 до 4,2 (від 0,7 до 0,3 — у гнойових стоках), тренболону — від 0,1 до 0,3, рактонамину — від 0,2 до 0,6 (від 0,1 до 0,2 мкг/кг у гнойових стоках). Уміст стилібенів змінювався від 0,7 до 0,9 мкг/кг — у рідкому гної і від 0,1 до 0,3 мкг/кг — у гнойових стоках, а кортикостероїдів з 1,0 до 0,7 мкг/кг та від 0,1 до 0,2 мкг/кг відходів відповідно.

Гормон зеранол, а також кокцидіостатики — монензин, наразин, саліноміцин і нігерицин — у рідкому гної і гнойових стоках не виявлено.

ВИСНОВКИ

Дослідженнями встановлено, що рідкий гній і гнойові стоки свинарського підприємства містять значну кількість забруднювальних речовин органічного і мінерального походження, залишки антибактеріальних засобів, у т.ч. низку сульфаніламідних

препаратів, похідних сульфоаміду, антибіотики групи тетрацикліну, а також антигельмінтики — альбендазол і фенбендазол, стимулятор продуктивності тварин — нандролон, гормони — болденон, станозолон, тренболон, рактопамін, стилбени та кортикостероїди, що є залишками лікуваль-

но-профілактичних засобів. Перспективою для подальших експериментів можуть бути дослідження вмісту основних кон'югатів, що утворюються під час розщеплення антибактеріальних препаратів, антигельмінтиків та гормонів у процесі зберігання та обробки відходів свинарських підприємств.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яремчук О.С. Екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти моніторингу тваринницьких підприємств / О.С. Яремчук, М.О. Захаренко, І.М. Курбатова // Збірник наукових праць Вінницького НАУ. — 2010. — Вип. 45. — Т. 5. — 152–154.
2. Екологічний моніторинг довкілля при виробництві птахівничої продукції / В.В. Герман, О.В. Тертична, С.В. Яценко, О.І. Мінералов // Науковий вісник Львівського нац. у-ту вет. медицини і біотехнології ім. С.Г. Гжицького. — 2008. — Т. 10, № 4 (39). — С. 49–54.
3. Sexhormones originating from different livestock production systems: Fate and potential disrupting activity in the environment / I.G. Lange, A. Daxenberger, B. Schiffer et al. // Anal. Chem. — 2002. — Vol. 473. — P. 27–37.
4. Gulkowska A. Removal of antibiotics from wastewater by sewage treatment facilities in Hong Kong and Sheurhen, China / A. Gulkowska, H.W. Leung, N. Yamashita // Water research. — 2008. — Vol. 42. — No. 1–2. — P. 395–403.
5. Іванова О.В. Санітарно-гігієнічна оцінка стоків свинарських підприємств / О.В. Іванова, М.О. Захаренко // Ветеринарна біотехнологія. — 2010. — № 18. — С. 77–81.
6. Quantitation of estrogens in ground water and swine lagoon samples using solid-phase extraction, pentafluorobenzyl/trimethylsilyl derivatizations and gas chromatography-negative ion chemical ionization tandem mass spectrometry / D.D. Fine, G.P. Breidenbach, T.L. Price, S.R. Hatchines // Chromatography. — 2003. — Vol. 1017 (1–2). — P. 167–185.
7. Occurrence of estrogenic compounds in and removal by a swine farm waste treatment plant / T. Furuchi, K. Kannan, K. Suzuki, et al. // Environmental Science of Technology. — 2006. — Vol. 40. — No. 24. — P. 7896–7902.
8. Курбатова І.М. Якість води водойм рибогосподарського призначення та її вплив на розвиток ікри коропа (*Cyprinus carpio* L.) / І.М. Курбатова, В.В. Цедик // Збірник наукових праць Волинського національного університету ім. Л. Українки. — 2012. — № 9. — С. 224–228.
9. Іванова О.В. Гігієнічні показники стоків свинарських підприємств за біологічних способів очистки / О.В. Іванова, М.О. Захаренко // Науковий вісник Львівського нац. у-ту вет. медицини і біотехнології ім. С.Г. Гжицького. — 2013. — № 3 (57). — С. 335–341.
10. Suzuki K. Occurrence of estrogenic compounds and removal by a swine farm waste treatment plant *Ta-kuma furichi* / K. Suzuki, S. Taucak, I. Giesy // Environmental Science of Technology. — 2006. — Vol. 40, No. 24. — P. 7896–7902.
11. Seasonal and special distribution of several endocrine-disrupting in the Douro river Estuary, Portugal / C. Riberio, M. Tiritan, E. Rocha, M. Rocha // Environmental Contamination Toxicology. — 2009. — No. 56. — P. 1–11.
12. Observation on the estrogenic activity and concentration of 17-befastradiol in the discharges of 12 waste water treatment plants in southern Australia / C. Mispagel, G. Allinson, M. Allinson et al. // Arch. Environmental Contamination Toxicology. — 2009. — Vol. 56. — No. 4. — P. 631–637.
13. Курбатова І.М. Фракційний склад білків крові коропа за дії нандролону та альбендазолу / І.М. Курбатова, М.О. Захаренко // Біологія тварин. — 2016. — Т. 18. — № 2. — С. 51–58.
14. Курбатова И.Н. Активность ферментов переминирования и некоторые биохимические показатели крови карпа (*Cyprinus carpio* L.) под воздействием комплекса ксенобиотиков / И.Н. Курбатова // Известие Калининградского госуниверситета. — 2014. — № 33. — С. 11–15.
15. Harries I.E. A survey of estrogenic activity in United Kingdom inland waters / I.E. Harries // Environmental chemistry. — 1996. — Vol. 15. — P. 1993–2002.
16. Donn J. Drugs found in drinking water / J. Donn, M. Mendoza, I. Pritchard // Environmental Toxicology and Chemistry. — 2003. — Vol. 39. — No 3. — P. 123–136.
17. Довідник ветеринарних препаратів / В.М. Горжеєв, І.Я. Коцюмбас, Ю.М. Косенко та ін. — Львів: Афіша, 2013. — 1594 с.
18. Harms K. Determination and occurrence of antibiotics and their metabolites in pig manure in Bavaria / K. Harms, J. Bauer // Antimicrobial resistance in the environmental. — 2011. — No. 12. — P. 293–307.
19. Терещук А.И. Исследования и переработка осадков сточных вод / А.И. Терещук. — Львов: Вища школа, 1988. — 148 с.
20. Лурье Ю.М. Химический состав производственных сточных вод / Ю.М. Лурье, А.М. Рыбникова. — М.: Химия, 1974. — 336 с.
21. Лабораторна ветеринарна токсикологія / В.І. Левченко, А.В. Розумнюк, Ю.М. Новожицька та ін.

- Біла Церква: Білоцерківська книжкова ф-ка, 2012. — 216 с.
22. Визначення антибіотиків у продукції тваринного походження за допомогою рідинного хроматомас-спектрометра: Методичні вказівки / Ю.М. Ново-жицька, О.В. Іванова, О.М. Ступак та ін. — К.: ПП «Салон-Софт», 2014. — 12 с.
 23. Абрамов А.В. Визначення альбендазолу в необ-роблених харчових продуктах тваринного по-ходження методом рідинної хроматографії: Методичні вказівки / А.В. Абрамов. — К., 2008. — 16 с.
 24. Методичні вказівки по визначенню ксенбутерола за допомогою тест-системи «Ридаскрин»: Ме-тодичні вказівки / І.Я. Коцюмбас, Д.В. Янович, Ю.М. Косенко, А.О. Костюк. — К., 2002. — 4 с.
 25. Кокунин В.А. Статистическая обработка данных при малом числе опытов / В.А. Кокунин // Укра-инский биохимический журнал. — 1975. — Вып. 47, № 6. — С. 776–790.
- ## REFERENCES
1. Yaremchuk, O.S., Zakharenko, M.O., Kurbatova, I.M. (2010). Ekolohichni ta sanitarno-hihiienichni aspekty monitorynhu tvarynnyskykh pidpriemstv [Environmental and hygienic aspects of monitoring livestock enterprises]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho NAU — Collected Works of Vinnitsa NAU*, 45, 5, 152–154 [in Ukrainian].
 2. Herman, V.V., Tertychna, O.V., Yashchenko, S.V., Mineralov, O.I. (2008). Ekolohichniy monitorynh dovkillia pry vyrobnytstvi ptakhivnychoi produktsii [Environmental monitoring of the environment in the production of poultry products]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho nats. u-tu vet. medytsyny i biotekhnologii im. S.H. Gzhytskoho — Scientific Journal Lth. in-one wet. medicine and biotechnology by S.G. Gzhytskoho*, 10, 4 (39), 49–54 [in Ukrainian].
 3. Lange, I.G., Daxenberger, A., Schiffer, B. et al. (2002). Sexhormones originating from different livestock production systems: Fate and potential disrupting activity in the environment. *Anal. Chem.*, 473, 27–37 [in English].
 4. Gulkowska, A., Leung, H.W., Yamashita, N. (2008). Removal of antibiotics from wastewater by sewage treatment facilities in Hong Kong and Sheurhen, China. *Water research*, 42, 1–2, 395–403 [in English].
 5. Ivanova, O.V., Zakharenko, M.O. (2010). Sanitarno-hihiienichna otsinka stokiv svynarskykh pidpriemstv [Sanitary-hygienic evaluation of wastewater pig enterprises]. *Veterynarna biotekhnolohiia — Veterinary biotechnology*, 18, 77–81 [in Ukrainian].
 6. Fine, D.D., Breidenbach, G.P., Price, T.L., Hatchines, S.R. (2003). Quantitation of estrogens in ground water and swine lagoon samples using solid-phase extraction, pentafluorobenzyltrimethylsilyl derivatizations and gas chromatography-negative ion chemical ionization tandem mass spectrometry. *Chromatogryfhy*, 1017, 1–2, 167–185 [in English].
 7. Xianjin Tang, Naveedullah, Muhammad Zaffar Hashmi, Hu Zhang, Mingrong Qia, Chunna Yu, Chaofeng Shen, Zhihui Qin, Ronglang Huang, Jiani Qiao, Yingxu Chen (2013). A Preliminary Study on the Occurrence and Dissipation of Estrogen in Livestock Wastewater. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 90, 391–396 [in English].
 8. Kurbatova, I.M., Tsedyk, V.V. (2012). Yakist vody vodoim rybohospodarskoho pryznachennia ta yii vplyv na rozvytok ikry koropa (*Cyprinus carpio* L.) [Quality of fishery water designation and its impact on the eggs of carp (*Cyprinus carpio* L.)]. *Zbirnyk naukovykh prats Volynskoho natsionalnoho universytetu im. L. Ukrainky — Proceedings of Volyn National University*, 9, 224–228 [in Ukrainian].
 9. Ivanova, O.V., Zakharenko, M.O. (2013). Hihiienichni pokaznyky stokiv svynarskykh pidpriemstv za biolohichnykh sposobiv ochystky [Sanitary sewage indicators pig enterprises by biological treatment methods]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho nats. u-tu vet. medytsyny i biotekhnologii im. S.H. Gzhytskoho — Scientific Journal Lth. in-one wet. medicine and biotechnology by S.G. Gzhytskoho*, 3 (57), 335–341 [in Ukrainian].
 10. Suzuki, K., Taucka, S., Giesy, I. (2006). Occurrence of estrogenic compounds and removal by a swine farm waste treatment plant Takuma furichi. *Environmental Science of Technology*, 40, 24, 7896–7902 [in English].
 11. Riberio, C. Tiritan, M., Rocha, E., Rocha, M. (2009). Seasonal and special distribution of several endocrine-disrupting in the Douro river Estuary, Portugal. *Environmental Contamination Toxicology*, 56, 1–11 [in English].
 12. Mispagel, C., Allinson, G., Allinson, M. et all (2009). Observation on the estrogenic activity and concentration of 17-befaastradiol in the discharges of 12 waste water treatment plants in southern Australia. *Arch. Environmental Contamination Toxicology*, 56, 4, 631–637 [in English].
 13. Kurbatova, I.M., Zakharenko, M.O. (2016). Fraktsiyni sklad bilkiv krovi koropa za dii nandrolonu ta albendazolu [Fractional composition of blood proteins carp for the actions of nandrolone and albendazole]. *Biolohiia tvaryn — Animal Biology*, 18, 2, 51–58 [in Ukrainian].
 14. Kurbatova, I.N. (2014). Aktivnost fermentov pereaminirovaniya i nekotoryye biokhimicheskiye pokazateli krovi karpa (*Cyprinus carpio* L.) pod vozdeystviem kompleksa ksenobiotikov [The activity of transamination enzymes and some biochemical indicators of blood carp (*Cyprinus carpio* L.) under the influence of a complex of xenobiotics]. *Izvestiye Kaliningradskogo gosuniversiteta — Proceedings of the Kaliningrad State University*, 33, 11–15 [in Russian].
 15. Harries, I.E. (1996). A survey of estrogenic activity in United Kingdom inland waters. *Environmental chemistry*, 15, 1993–2002 [in English].

16. Donn, J., Mendoza, M., Pritchard, I. (2003). Drugs found in drinking water. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39, 3, 123–136 [in English].
17. Gorzheyev, V.M., Kocymbas, I.Ya., Kosenko, Yu.M., Chortkivs'ka, I., Zaruma, L.Ye. (2013). *Dovidny'k veterynarny'x preparativ [Handbook of Veterinary Drugs]*. Lviv: Vy'davny'cztvo «Afisha» [in Ukrainian].
18. Harms, K., Bauer J. (2011). Determination and occurrence of antibiotics and their metabolites in pig manure in Bavaria. *Antimicrobial resistance in the environmental*. 12, 293–307 [in English].
19. Tereshchuk, A.I. (1988). *Issledovaniya i pererabotka osadkov stochnykh vod [Research and processing of sewage sludge]*. Lvov: Vyshcha shkola. Izd-vo pri Lvovskom Gosuniversitete Publ. [in Russian].
20. Lurye, Yu.M., Rybnikova, A.M. (1974). *Khimicheskii sostav proizvodstvennykh stochnykh vod [Chemical composition of industrial wastewater]*. Moscow: Khimiya Publ. [in Russian].
21. Levchenko, V.I., Rozumniuk, A.V., Novozhytska, Yu.M. (2012). *Laboratorna veterynarna toksykologiya [Veterinary Toxicology Laboratory]*. Bila Tserkva: Bilotserkivska knyzhkova f-ka Publ. [in Ukrainian].
22. Novozhytska, Yu.M., Ivanova, O.V., Stupak, O.M. (2014). *Vyznachennia antybiotykyv u produktii tvarynnoho pokhodzhennia za dopomohoiu ridynnoho khromatomas-spektrometra: Metodichni vkazivky [Determination of antibiotics in animal products using liquid chromatography spectrometer: Guidelines]*. Kyiv: PP «Salon-Soft» Publ. [in Ukrainian].
23. Abramov, A.V. (2008). *Vyznachennia albendazolu v neobroblyenykh kharchovykh produktakh tvarynnoho pokhodzhennia metodom ridynnoi khromatohrafii. Metodichni vkazivky [Determination of albendazole in raw foods of animal origin by liquid chromatography. Guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
24. Kotsiumbas, I.Ya., Yanovych, D.V., Kosenko, Yu.M., Kostyuk, A.O. (2002). *Metodychni vkazivky po vyznachenniu ksenbuterola za dopomohoiu test-systemy «Rydaskryn» [Guidelines to determine of ksenbuterol using the test system «Rydaskryn»]*. Kyiv [in Ukrainian].
25. Kokunin, V.A. (1975). *Statisticheskaya obrabotka dannykh pri malom chisle opytov [Statistical data processing with a small number of experiments]*. *Ukrainskiy biokhimicheskii zhurnal – Ukrainian Biochemical Journal*. 47, 6, 776–790 [in Russian].

УДК 58.073

БІОІНДИКАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТУ ЗА ВПЛИВУ ГОСПОДАРСТВ З ВИРОБНИЦТВА СВИНИНИ

К.В. Кукурудзяк, О.П. Бригас

Інститут агроекології і природокористування НААН

Досліджено сезонну динаміку екологічного стану ґрунту за впливу господарств з виробництва свинини різної потужності за допомогою біоіндикації. Встановлено, що такі господарства істотно підвищують загальну токсичність ґрунту та погіршують зворотний вплив токсичних речовин ґрунту. Відзначено взаємозв'язок між потужністю господарства та екологічним станом ґрунту прилеглих територій. Виявлено, що для екологічного стану ґрунту довкола таких господарств властивою є сезонна динаміка. Зроблено висновок щодо необхідності удосконалення технологій обробки відходів цих господарств, особливо у теплий період року.

Ключові слова: біоіндикація, ґрунт, господарства з виробництва свинини, сезонна динаміка.

Господарства з виробництва свинини — джерело різноманітних шкідливих хімічних речовин та патогенних мікроорганізмів, які спричиняють забруднення навколишнього природного середовища. Ґрунт є кінцевим накопичувачем майже

всіх шкідливих речовин. Тому систематичний аналіз екологічного стану ґрунту є вкрай необхідним під час екологічного моніторингу довкілля [1].

Біоіндикаційні методи надають змогу якісно здійснювати екологічний моніторинг довкілля, зокрема: біоіндикатори реагують на короточасні, залпові викиди

токсикантів та швидкі зміни у довкіллі; вказують на місця накопичення забруднювачів та шляхи їх міграції; підсумовують біологічно важливі дані щодо навколишнього природного середовища [2].

Тому біоіндикація екологічного стану ґрунтів за впливу господарств з виробництва свинини є актуальним питанням.

Зауважимо, що біоіндикації екологічного стану ґрунту приділяла увагу І.В. Масберг, який дав оцінку токсичності ґрунту навколо тваринницьких господарств на прибережній території Західного Криму за допомогою крес-салату [3], та О.В. Никифорова, яка провела біотестування фітотоксичності ґрунту санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств з виробництва свинини із використанням сільськогосподарських культур (ячменю ярого) [4].

Проте дослідження сезонної динаміки екологічного стану ґрунту за впливу господарств з виробництва свинини різної потужності досі не проводилися.

Мета роботи — дослідити сезонну динаміку екологічного стану ґрунту за впливу вказаних господарств різної потужності за допомогою біоіндикації.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження сезонної динаміки екологічного стану ґрунту за впливу господарств з виробництва свинини різної потужності були задіяні господарства у Київській обл.:

- ФОП «Кедр», із поголів'ям близько 3000 тварин/рік (с. Барахти Васильківського р-ну);
- ТОВ «Сільськогосподарське підприємство (С.-г. п-во) «Фастівецьке ім. Зеленька», із поголів'ям 9000 тварин/рік (с. Фастівець Фастівського р-ну);
- ТОВ «Нива Переяславщини», із поголів'ям 15000 тварин/рік (с. Нова Оржиця Згурівського р-ну).

Як контрольну ділянку було обрано місцевість, що розташована за 3 км на пд.-сх. від с. Кодакі Васильківського р-ну.

Дослідні ділянки обирали у напрямку переважаючих вітрів, у межах СЗЗ (100 м від свиногокомплексу) та за її межами. Згід-

но із Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів [5], розміри СЗЗ для свиногокомплексів із поголів'ям до 12000 тварин, тобто для свиногокомплексів ФОП «Кедр» та ТОВ «С.-г. п-во «Фастівецьке ім. Зеленька», становлять 500 м; для свиногокомплексів із поголів'ям від 12000 до 24000 тварин/рік (ТОВ «Нива Переяславщини») — 1500 м.

Екологічну оцінку ґрунту поблизу вказаних господарств різної потужності проводили на основі біотестування загальної токсичності ґрунту — за ростом коренів крес-салату (*Lepidium sativum* L.) та коренів цибулі (*Allium cepa* L.) згідно з відповідними методиками [6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За допомогою росту коренів крес-салату (*Lepidium sativum* L.) можна виявити шкідливі полютанти у ґрунті, а також установити інтенсивність їхнього впливу на живий організм, однак не можна з'ясувати природи чинника впливу [6].

За допомогою проведених досліджень встановлено, що господарства з виробництва свинини підвищують загальну токсичність ґрунту: у ґрунтах, відібраних у межах СЗЗ досліджуваних господарств, ріст коренів крес-салату пригнічується порівняно з їх ростом у ґрунтах, відібраних за межами СЗЗ.

Слід зауважити, що для загальної токсичності ґрунту поблизу досліджуваних господарств властивою є сезонна динаміка впродовж року. Середня довжина коренів крес-салату у водних витяжках ґрунту літнього періоду є нижчою порівняно із такими самими показниками зимового сезону на 5–8%; залежно від потужності господарства: на 7–9% — у межах СЗЗ та на 5% — за її межами порівняно з контролем.

Загальна токсичність ґрунтів у міжсезоння є дещо нижчою від цих значень влітку — перевищує зимові показники на 3–5%. Контрольні величини є вищими від міжсезонних показників загальної токсичності ґрунтів СЗЗ господарств на 2–6%, за межами СЗЗ — на 1%.

Натомість узимку ріст коренів крес-салату порівняно із контрольним значенням посилюється на 1–3% — у межах СЗЗ господарств та на 6–7% — за їх межами (рис. 1).

За ростом коренів цибулі можна оцінити загальну токсичність ґрунту внаслідок впливу хімічних чинників. Встановлено, що ріст коренів пригнічується за нижчих концентрацій токсиканту, ніж проростання насіння [6].

Показники росту коренів цибулі підтверджують результати попереднього тесту: у ґрунтах СЗЗ господарств з виробництва свинини їх ріст істотно пригнічується порівняно із ростом у ґрунтах, відібраних за межами СЗЗ.

За ростом коренів цибулі також виявлено значне підвищення загальної токсичнос-

ті ґрунту у теплий період: показники влітку перевищують зимові величини залежно від поголів'я господарств на 7–15% і на 3–7% (контрольне значення — вода) відповідно.

Міжсезонні значення на 4–10% є вищими за зимові; величини загальної токсичності водних витяжок ґрунтів СЗЗ дослідних господарств перевищують контрольний показник (вода) на 2–4%, за межами СЗЗ та контрольної ділянки — на 1%.

Узимку ріст коренів цибулі посилюється на 9–12% порівняно із контролем (рис. 2).

Окрім того, спостерігається зниження зворотного впливу токсичних речовин ґрунту, яка також має сезонний характер. Лише взимку значення зворотного впливу всіх досліджуваних ґрунтів є вищими за контрольний показник (вода): на 2–7% — у

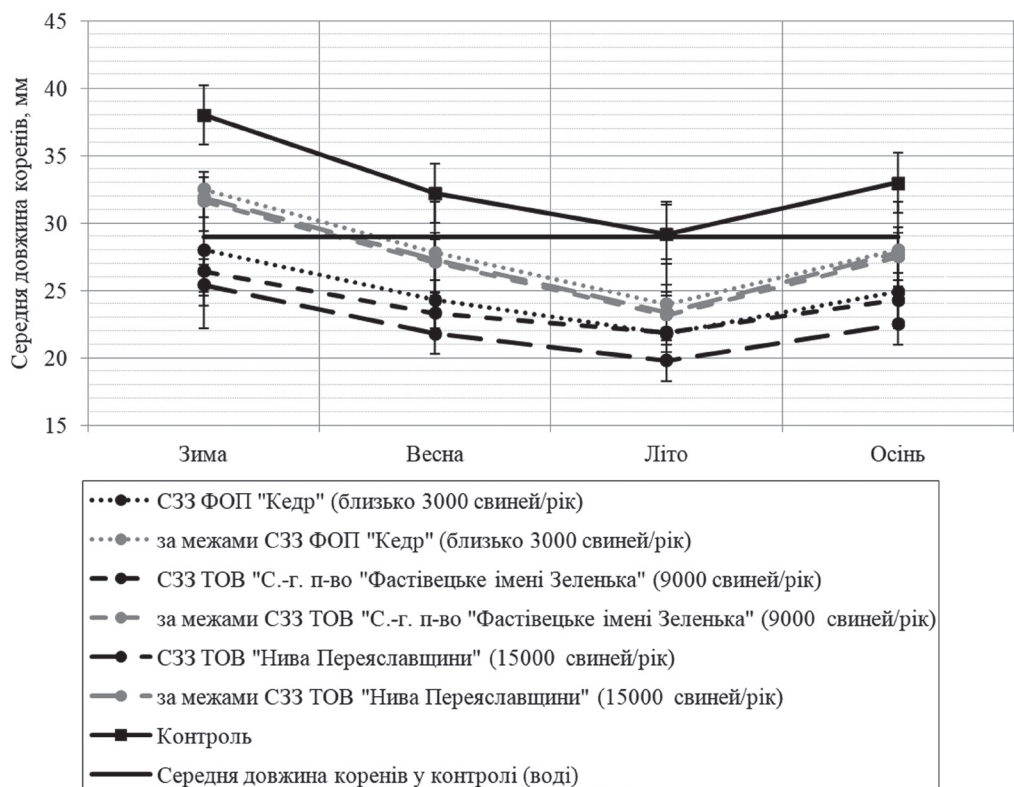


Рис. 1. Сезонна динаміка загальної токсичності ґрунту господарств за ростом коренів крес-салату

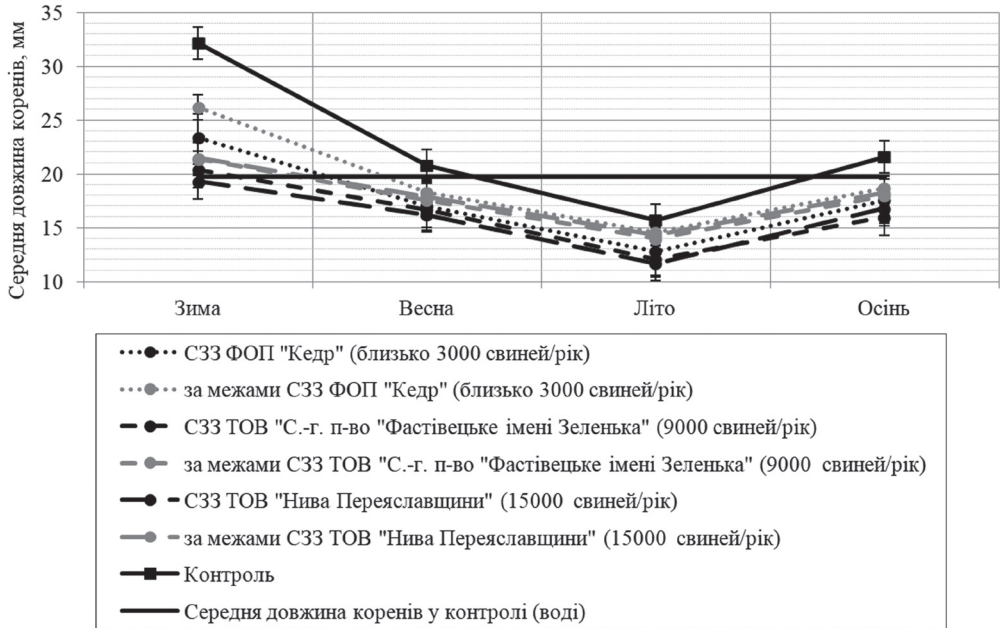


Рис. 2. Сезонна динаміка загальної токсичності ґрунту господарств за ростом коренів цибулі

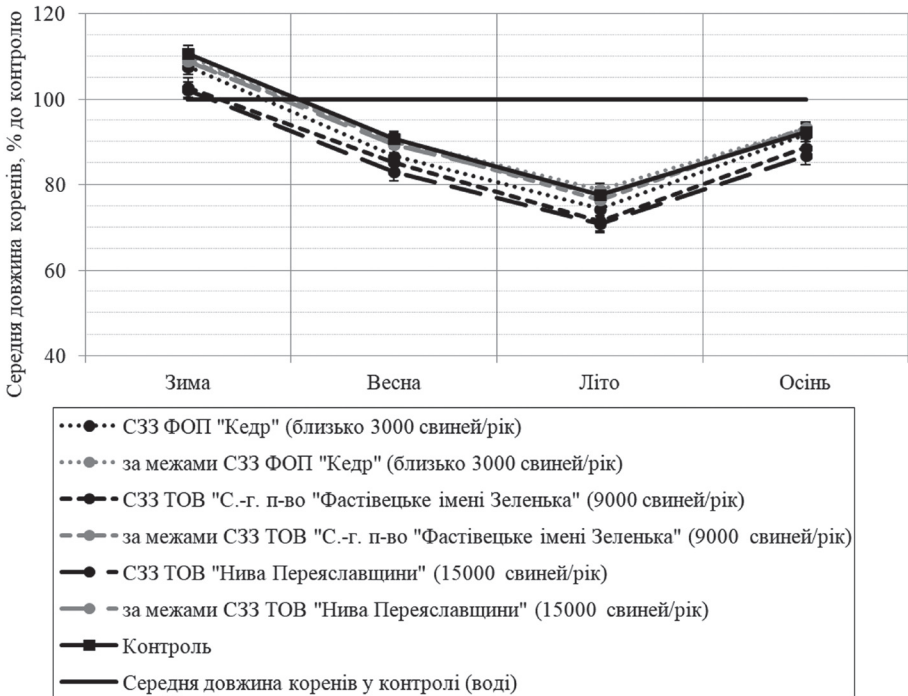


Рис. 3. Сезонна динаміка зворотного впливу токсичних речовин господарств за ростом коренів цибулі

межах СЗЗ господарств та на 8–10% — за їх межами.

У теплий період року цей показник значно знижується як для ґрунтів СЗЗ господарств, так і для ґрунтів за їх межами: влітку на 22–35% порівняно із контрольними значеннями, у міжсезоння — на 14–21% відповідно. Порівняно із контрольним значенням, зворотний вплив токсичних речовин в умовах літнього сезону є нижчим на 25–30% — у межах СЗЗ господарств та на 20–25% — за їх межами; весняного та осіннього сезонів — на 15–17 та 10% відповідно (рис. 3).

ВИСНОВКИ

Господарства з виробництва свинини спричиняють істотне підвищення загальної токсичності ґрунту та зворотного впливу

токсичних речовин ґрунту. Із збільшенням потужності господарства посилюється і його негативний вплив на екологічний стан ґрунту прилеглих територій. Для екологічного стану ґрунту довкола господарств з виробництва свинини властивою є така сезонна динаміка: влітку спостерігається значне підвищення загальної токсичності ґрунту порівняно із зимовими показниками; весняні й осінні значення токсичності є значно нижчими. Слід наголосити, що весняні показники дещо вищі за показники осіннього сезону. Також слід відзначити, що взимку спостерігається відновлення ґрунтів.

Безсумнівно, господарства з виробництва свинини потребують удосконалення технологій обробки відходів, особливо це важливо у теплий період року.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гігієна тварин / М.В. Демчук, М.В. Чорний, М.П. Високос, Я.С. Павлюк; за ред. М.В. Демчука. — К.: Урожай, 1996. — 384 с.
2. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навоколишнього середовища / Ю.І. Посудін. — К.: Світ, 2003. — 288 с.
3. Масберг І.В. Екологічні особливості стану водних екосистем і прибережних територій Західного Криму / І.В. Масберг // Науковий вісник НЛТУ України. — 2014. — Вип. 24.9. — С. 138–144.
4. Жукорський О.М. Галузь свинарства — реальна та прогнозована загроза для довкілля / О.М. Жукорський, О.В. Никифрук // Агроекологічний журнал. — 2013. — № 3. — С. 102–106.
5. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів № 173. — [Чинні від 19.06.1996]. — К., 1996. — 59 с.
6. Руденко С.С. Загальна екологія. Практичний курс: Навч. посіб. у 2 ч. / С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова. — Чернівці: Книги — ХХІ, 2008. — Ч. 1: Урбоєкосистеми. — 342 с.

REFERENCES

1. Demchuk, M.V., Chornyj, M.V., Vysokos, M.P., & Pavliuk, Ya.S. (1996). *Hihijena tvaryn [Hygiene of animals]*. Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
2. Posudin, Yu.I. (2003). *Metody vymiruvannia parametrov navkolyshn'oho seredovyscha [Methods of measuring environmental parameters]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
3. Masberg, I.V. (2014). Ekologichni osoblyvosti stanu vodnykh ekosystem i pryberezhnykh terytorij Zakhidnoho Krymu [Some ecological features of aquatic ecosystems and coastal areas of Western Crimea]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 24.9, 138–144 [in Ukrainian].
4. Zhukors'kyj, O.M., & Nykyforuk, O.V. (2013). Haluz' svynarstva — real'na ta prohnzovana zahroza dlia dovkillia [Pigstry — real and projected threat to the environment]. *Ahroekologichnyj zhurnal — Agroecological journal*, 3, 102–106 [in Ukrainian].
5. Derzhavni sanitarni pravyla planuvannia ta zabudovy naselenykh punktiv № 173 [State sanitary rules for planning and building of settlementsm No. 173]. (1996). *From 19th June 1996*. Kyiv [in Ukrainian].
6. Rudenko, S.S., Kostyshyn, S.S., & Morozova, T.V. (2008). Zahal'na ekolohiia. Praktychnyj kurs [General ecology. Practical course]. *Urboekosystemy [Urboecosystems]*. (Parts 1–2; Part 1). Chernivtsi: Knyhy — XXI [in Ukrainian].

БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА БІОБЕЗПЕКА ЕКОСИСТЕМ

УДК 582.5:574.4(477.44)

СИНАНТРОПІЗАЦІЯ ФЛОРИ ФІТОЦЕНОЗІВ СПОЛУЧНИХ ТЕРИТОРІЙ ЛЯДІВСЬКОГО РЕГІОНАЛЬНОГО ЕКОКОРИДОРУ

В.І. Шавріна, Є.Д. Ткач

Інститут агроекології і природокористування НААН

Наведено результати аналізу синантропних видів вищих судинних рослин сполучних територій Лядівського регіонального екокоридору. На території дослідження виявлено 85 синантропних видів, 59 з яких є апофітами, 26 — антропофітами. Встановлено, що процеси апофітизації переважають над процесами адвентизації. З'ясовано особливості адвентивної фракції за часом занесення, ступенем натуралізації та способом поширення. Визначено індекси: синантропізації ($IS = 43,15$), апофітизації ($IAp = 31,05$), антропофізації ($IAp = 15,04$), археофітизації ($IAr = 8$), кенофітизації ($IKn = 4,2$) і встановлено, що флора цього регіону є доволі трансформованою.

Ключові слова: синантропна флора, апофіти, антропогенна трансформація, сполучні території.

Одним із наслідків антропогенного впливу є синантропізація природної флори, що зумовлює збіднення видового різноманіття аборигенних видів. На думку К.М. Ситника, у третьому тисячолітті можлива катастрофічна синантропізація флори України [1].

Вінницька обл. належить до одного з найбільш окультурених регіонів — Правобережного Лісостепу, де провідне місце належить агроландшафтам [2]. Проте, як і в інших регіонах України, рослинний покрив області характеризується високим рівнем фрагментованості та посиленими процесами синантропізації. Екологічна мережа об'єднує осередки біорізноманіття в єдину просторову систему, а екологічні коридори є з'єднувальною ланкою місць збереження біотичного різноманіття та міграції видів. Ними є смуги лучної, лісової, степової, водно-болотної та чагарникової рослинності в річкових долинах [3].

Лядівський регіональний екокоридор сформувався долиною р. Лядова. За геоботанічним районуванням України — відно-

ситься до Центрально-подільського округу грабово-дубових і дубових лісів та суходільних лук Української лісостепової підпровінції Східноєвропейської лісостепової провінції дубових лісів, остепнених лук та лучних степів [4]. Цей екокоридор сполучає Мурованокуріловецький та Лядівський регіональні центри біорізноманіття між собою та з Дністровським національним субмеридіональним екокоридором [2]. З огляду на інтенсивну антропогенну трансформацію рослинності, метою наших досліджень був аналіз видового складу фітоценозів природної та антропогенно-трансформованої рослинності щодо синантропізації.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Упродовж 2013–2016 рр. було проведено польові дослідження природних фітоценозів агроландшафтів (луки, пасовища, краї полів, лісосмуги) сполучних територій Лядівського екологічного коридору. Для аналізу адвентивної фракції фітобіоти використовували традиційні для синантропної флори методики [5]. Таксономічний склад флори встановлювали маршрутним

методом, а також за результатами опрацьованих гербарних зразків. Аналіз адвентивних видів проводили за класифікацією Дж. Корнас [6], апофітів — за В.В. Протопоповою [7]. Антропофіти (адвентивна фракція) аналізували за часом занесення, способом поширення та ступенем натуралізації. З літературних джерел відомо, що ці показники поділяються на категорії. За часом занесення розрізняють — археофіти, кенофіти та евкенофіти; за ступенем натуралізації — агріофіти, епекофіти, колонофіти, ефемерофіти; за способом поширення — аколотофіти, ергазіофіти, ергазіоліпофіти та ксенофіти [9].

Оцінку трансформаційних процесів здійснено за методикою [8], яка вказує на відсоткову участь антропофітів у флорі певного регіону. Під час кількісного аналізу синантропних видів нами були використані такі показники: індекси — синантропізації, апофітизації, антропофітизації, археофітизації та кенофітизації. Поширення рослин у фітоценозах різного ступеня антропогенної трансформації відображено відповідно до класифікації Г. Блюме та Г. Сукоппа (Blume, Sukopp, 1976), що спирається на введення Й. Яласом (Jalas, 1955) поняття гемеробності [9]. Обробку даних, зібраних під час польових досліджень, проводили з використанням програм Microsoft Excel та Statistica.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами польових досліджень фіторізноманіття складових Лядівського регіонального екокоридору встановлено поширення 193 видів вищих судинних рослин, із яких 85 (44,04%) — є синантропними. У систематичній структурі синантропна рослинність належить до I відділу — *Magnoliophyta*, 18 родин та 49 родів. Таксономічний аналіз синантропної флори надав можливість встановити, що до відповідних родин за кількістю видів належать: *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae*. Найвищі показники таксономічного різноманіття зафіксовано за родиною *Asteraceae*, до складу якої вхо-

дить 13 родів (26,5% від загальної кількості родів синантропної флори) та 19 видів (22,35% відповідно). Решта родин має незначну кількість видів.

У складі синантропної рослинності виділено дві фракції: апофіти — 59 видів (69,4%) і антропофіти (адвентивні рослини) — 26 видів (30,6%). Співвідношення апофітів та антропофітів є діагностичною ознакою за аналізу ступеня синантропізації. Серед апофітів за ступенем адаптації до антропогенно порушених умов домінують евапофіти (види, які повністю або частково перейшли до антропогенних екосистем) — 34 види (57,6%). До них належать: *Urtica dioica* L., *Plantago major* L., *P. media* L., *Sisymbrium loeselii* L., *Echium vulgare* L., *Rumex acetosella* L., *Chelidonium majus* L. та ін. Друге місце посідають геміапофіти (види, які активно поширюються в антропогенно-трансформованих фітоценозах, але зберігають сталі позиції у природних екосистемах) — 25 видів (42,4%). До них належать: *Potentilla anserina* L., *Achillea millefolium* L., *Carduus crispus* L., *Medicago falcata* L., *Prunella vulgaris* L. та ін. Апофітна фракція у видовому складі синантропної флори переважає не лише за кількістю видів, але, слід зауважити, вони формують і рослинний покрив досліджуваних угруповань.

За результатами проведених досліджень встановлено, що у фітоценозах агроландшафтів сполучних територій Лядівського екокоридору серед антропофітів за часом занесення переважають: археофіти — 15 видів (57,7%), кенофіти — 8 (30,7) та евкенофіти — 3 види (11,5%). За ступенем натуралізації на досліджуваній території домінують епекофіти — 19 видів (73,07%) та агріофіти — 7 видів (30%). За способом поширення: аколотофіти — 18 видів (69,23%) ергазіофіти — 4 (15,38), ергазіоліпофіти — 3 (11,5), ксенофіти — 1 вид (3,84%).

На краях поля трапляються такі представники антропофітів, як *Ambrosia artemisiifolia* L. (евкенофіт, епекофіт, аколотофіт), *Bromus arvensis* L. (археофіт, епекофіт, аколотофіт) *Cuscuta campestris* Yunk. (кенофіт, епекофіт, аколотофіт), *Amaranthus retroflexus* L. (кенофіт, епекофіт, ксенофіт),

Consolida regalis Grey. (археофіт, епекофіт, ергазіофіт), *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv. (археофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Reseda lutea* L. (кенофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Sonchus oleraceus* L. (археофіт, агріофіт, аколоотофіт).

Спостерігається і поширення з сільськогосподарських угідь на суміжні луки агресивного виду *Galinsoga parviflora* Cav. (кенофіт, епекофіт, аколоотофіт), який у нових умовах може витіснити аборигенні види.

У лісосуходах поширеними є види: *Poa annua* L. (кенофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Bromus arvensis* L. (археофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Anchusa officinalis* Mill. (археофіт, агріофіт, аколоотофіт), *Urtica urens* L. (археофіт, епекофіт, ергазіофіт), *Senetio vulgaris* L. (археофіт, епекофіт, аколоотофіт).

На пасовищах та луках широкого поширення набули: *Cichorium intybus* L. (археофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Myostis arvensis* (L.) Hill (археофіт, епекофіт, ергазіофіт), *Lamium album* L. (археофіт, епекофіт, аколоотофіт), *L. purpureum* L. (археофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Cynoglossum officinale* L. (археофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Veronica arvensis* L. (археофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Viola arvensis* Murray (археофіт, епекофіт, аколоотофіт), *Sisymbrium loeselii* L. (кенофіт, агріофіт, аколоотофіт).

Для оцінки ступеня антропогенної трансформації флори нами використано відповідні індекси (таб.).

Індекс синантропізації (частка апофітів + антропофітів, за відношенням до загальної кількості видів) — характеризує загальний ступінь антропогенної трансформації флори. Для досліджуваних фітоценозів він становить 43,15, що свідчить про задовільну трансформованість флори і значний антропогенний тиск на фітобіоту.

Індекс апофітизації (частка апофітів від загальної кількості видів) відображає участь аборигенних видів у рослинному покриві антропогенно-трансформованих екотопів, його рівень становить 31,05.

Індекс антропофізації (частка археофітів + кенофітів за відношенням до за-

гальної кількості видів) характеризує роль інвазій адвентивних рослин у синантропізації флори, його рівень становить 15,04.

Встановлено, що синантропна флора антропогенно-трансформованих фітоценозів сформувалась під впливом аборигенної флори, і нині процеси апофітизації переважають над процесами адвентивізації.

Індекс археофітизації (частка археофітів за відношенням до загальної кількості видів) свідчить про участь видів з високим ступенем натуралізації, які були занесені в Україну до XV ст. Фононий показник для досліджуваних територій становить 8,0.

Індекс кенофітизації (частка кенофітів за відношенням до загальної кількості видів) відображає інтенсивність інвазій у період з XV до XX ст. Низький показник — 4,2 свідчить про незначну роль кенофітів у синантропізації флори.

За ступенем гемеробності у структурі фітоценозів сполучних територій переважають мезогемероби, тобто фонові види антропогенно змінених рослинних угруповань, для яких властивою є широка екологічна амплітуда. Порівняльний аналіз фітобіоти за коефіцієнтом гемеробії засвідчив, що досліджувані фітоценози характеризуються високим ступенем антропогенної трансформації.

Результати дослідження синантропної флори фітоценозів сполучних територій екомережі Лядівського регіонального екологічного коридору було представлено на Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека та збалансоване

Кількісні показники антропогенних змін фітоценозів сполучних територій Лядівського екологічного коридору

Показник	Відносні показники
Індекс синантропізації (IS)	43,15
Індекс апофітизації (IAp)	31,05
Індекс антропофізації (IAn)	15,04
Індекс археофітизації (IAr)	8,0
Індекс кенофітизації (IKn)	4,2

природокористування в агропромисловому виробництві» (Київ, 2017 р.).

ВИСНОВКИ

На території проведення досліджень виявлено 193 види вищих судинних рослин, із яких 85 — є синантропними (69,4% — апофіти, 30,6% — антропофіти). Порівняно високе значення індексу синантропізації (43,15) свідчить, що досліджувані фітоценози сполучних територій екокоридору належать до територій із високим ступенем антропогенної трансформації. Проте відносно низьке значення індексів антропо-

пофітизації (15,04) та кенофітизації (4,2) і — високе значення індексу апофітизації (31,05) обумовлює специфіку синантропізації флори, яка полягає у переважанні процесу апофітизації над адвентизацією.

Присутність агріофітів (30%) свідчить, що ці види натуралізувалися в антропогенно-трансформованих фітоценозах і можуть витримувати конкуренцію з місцевими видами. Домінуюча участь аколкофітів (69,23%) укроті підтверджує, що досліджувані території є антропогенно порушеними, і така трансформація флори створює оптимальні умови для їх поширення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дідух Я.П. Оцінка стійкості та ризиків втрати екосистем / Я.П. Дідух // Наук. записки НаУКМА. — 2014. — Т. 158. — С. 54–60. — (Серія: Біологія та екологія).
2. Мудрак О.В. Збалансований розвиток екомережі Поділля: стан, проблеми, перспективи: Монографія / О.В. Мудрак. — Вінниця: «СПД Главацька Р.В.», 2012. — 914 с.
3. Яценюк Ю.В. Сполучні території екомережі Вінницької області / Ю.В. Яценюк // III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з Міжнародною участю. — Т. 1. — Вінниця ВНТУ, 2011. — С. 279–282.
4. Дідух Я.П. Геоботанічне районування України та суміжних територій / Я.П. Дідух, Ю.Р. Шеляг-Сосонко // Укр. ботан. журн. — 2003. — Вип. 60, № 1. — С. 6–17.
5. Бурда Р.І. Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі: Монографія / Р.І. Бурда, О.А. Ігнатюк. — К.: НЦЕБМ НАН України, ЗАТ «Віпол», 2011. — 112 с.
6. Kornas J.A. Geographical-historical classification of synanthropic plants / J.A. Kornas // Mater. Zskl. Fitosoc. Stos. UW. — 1968. — Vol. 25. — P. 33–41.
7. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути ее развития / В.В. Протопопова. — К.: Наук. думка, 1991. — 202 с.
8. Jackowiak B. Antropogeniczne przemiany flory roślin naczyniowych Poznania / B. Jackowiak. — Poznań: Wyd-wo Un-tu im. A. Mickiewicza, 1990. — 232 p.
9. Екофлора України / за ред. Я.П. Дідуха. — К.: Фітосоціоцентр, 2000. — Т. 1. — 284 с.

REFERENCES

1. Didukh, Ya.P. (2014). Otsinka stiikosti ta ryzykiv vtraty ekosystem [Assessment of stability and risk of loss of ecosystems]. *Naukovi zapysky NaUKMA — Scientific notes of National University of Kyiv-Mohyla Academy*, 158, 54–60 [in Ukrainian].
2. Mudrak, O.V. (2012). *Zbalansovanyi rozvytok ekomerezhii Podillya: stan, problemy, perspektyvy: monografiia* [Sustainable development of ecological network of Podillya: state, problems and prospects: monograph]. Vinnytsia: «SPD Glavatska R.V.» [in Ukrainian].
3. Yatseniuk, Yu.V. (2011). Spoluchni terytorii ekomerezhii Vinnytskoi oblasti [Connecting areas of ecological network in Vinnytsia]. *III Vseukrain'kyi zizd ekologiv z Mizhnarodnoi uchastiu — 3rd All-Ukrainian Congress of Ecologists with international participation*. (pp. 279–282). Vinnytsia: «VNTU» [in Ukrainian].
4. Didukh, Ya.P., Shelyag-Sosonko, Yu. R. (2003). Neobotanichne raionuvannya Ukrainy ta sumizhnykh terytorii [Geobotanical zoning of Ukraine and adjusting territories]. *Ukrainskii botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 60, 1, 6–17 [in Ukrainian].
5. Burda, R.I., Ihnatiuk, O. A. (2011). *Metodyka doslidzhennia adaptivnoi stratehii chuzhoridnykh vydiv roslin v urbanizovanomu seredovyschi* [Research methodology of adaptive strategy of alien plant species in urban environment: monograph]. Kyiv: Research Center for Biodiversity and environmental monitoring metropolis NAS of Ukraine, «ZAT Vipol» [in Ukrainian].
6. Kornas, J.A. (1968). A geographical-historical classification of synanthropic plants. *Materiały Zakładu Fitosochologii Stosowanej, UW, Warszawa-Białowieża*, 25, 33–41 [in English].
7. Protopopova, V.V. (1991). *Sinantropnaia flora Ukrainy i puti ee razvitiia* [Synanthropic flora of Ukraine and ways of its development]. Kiev: «Naukova dumka» [in Russian].
8. Jackowiak, B. (1990). *Antropogeniczne przemiany flory roślin naczyniowych Poznania* [Anthropogenic changes of the flora of vascular plants of Poznań]. Poznań: Wyd-wo Un-tu im. A. Mickiewicza [in Polish].
9. Didukh, Ya.P. (Ed.). (2000). *Ekoflora Ukrainy* [Ecoflora of Ukraine]. (Vol. 1). Kyiv: «Fitosotsiotsentr» [in Ukrainian].

ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ СОЇ ЗА ВПЛИВУ ШТАМІВ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* — ПРОДУЦЕНТІВ РЕЧОВИН ФІТОГОРМОНАЛЬНОЇ ДІЇ

Д.В. Крутило¹, Н.О. Леонова², Г.О. Іутинська²

¹ Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового
виробництва НААН

² Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

З'ясовано, що активні штами бульбочкових бактерій сої можуть продукувати біологічно активні речовини ауксинової та цитокінінової природи. Виявлено відмінності між штамами за рівнем синтезу фітогормонів: повільнорослий штам *B. japonicum* 46 продукує більшу кількість ауксинів (48,4 порівняно з 34,2 мкг/г абсолютно сухої біомаси), тоді як інтенсивнорослий штам *B. japonicum* KB11 істотно переважає за синтезом цитокініни (835,3 до 328,5 мкг/г абсолютно сухої біомаси). Встановлено, що не лише штами бактерій, але і продукти їх метаболізму можуть спричиняти кількісні зміни у складі бульбочкових популяцій ризобій та позитивно впливати на формування і функціонування симбіотичних систем сої. Бінарна інокуляція сої штамами *B. japonicum* 46 і KB11 виявилась ефективнішою за впливом на рослини, ніж моноінокуляція кожним штамом окремо. На фоні ґрунтової популяції ризобій обробка насіння метаболітами двох штамів у вигляді фільтрованих культуральних рідин забезпечила збільшення надземної фітомаси сої подібно до дії живих клітин цих мікроорганізмів (на 16,9% порівняно з контролем).

Ключові слова: *Bradyrhizobium japonicum*, соя, симбіоз, фітогормони.

Бобово-ризобіальний симбіоз вважається найефективнішою системою біологічної азотфіксації, що має важливе екологічне та практичне значення [1]. Результатом тісної взаємодії між бульбочковими бактеріями і бобовими рослинами є розвиток спеціалізованих органів — корневих бульбочок, у яких бактерії реалізують свою здатність фіксувати молекулярний азот [2].

Формування і функціонування бульбочок потребує складної регуляції з боку обох партнерів на генетичному й біохімічному рівнях, у т.ч. за дії біологічно активних речовин, зокрема фітогормонів. Останні відповідають за збалансований перебіг процесів росту, розвитку рослинного організму та за синхронне функціонування в ньому біохімічних механізмів [3, 4].

Здатність ризобій синтезувати фітогормони інтенсивно вивчалась ще у 60–70-ті роки минулого століття у дослідях із різними бобовими культурами [5]. Було встановлено, що основними сполуками, які беруть участь у процесах утворення

азотфіксувальних бульбочок, є ауксини, цитокініни, гібереліни та брасиностероїди. Їх рівень і співвідношення відіграють важливу роль у мікробно-рослинній взаємодії та контролюються обома партнерами симбіозу. Останнім часом вивчаються молекулярні механізми впливу фітогормонів на процес бульбочкоутворення та їх взаємодія з компонентами сигнального каскаду, що активуються бактеріальними Nod-факторами [3].

Встановлено також, що продукування фітогормональних речовин азотфіксувальними бактеріями обумовлено продуктивністю рослин [6]. На думку І.В. Драговоза [7], здатність штамів ризобій сої до синтезу фітогормонів цитокінінової природи можна використовувати як одну із характеристик їх симбіотичної ефективності. З огляду на це, оцінка біологічної активності буде корисною на етапі лабораторного скринінгу штамів, здатних підвищувати врожайність бобових культур.

Під час дослідження ґрунтових популяцій бульбочкових бактерій сої в різних

регіонах України нами було встановлено, що серед їх представників трапляються як типові повільнорослі штами виду *Bradyrhizobium japonicum*, так і штами з інтенсивним ростом, що істотно відрізняються за фенотиповими та генотиповими ознаками [8, 9]. Методом аналітичної селекції отримано активні штами ризобій сої з повільним (*B. japonicum* 46) та інтенсивним (*B. japonicum* KB11) ростом, які можуть застосовуватись як біоагенти сучасних мікробних препаратів.

Метою нашої роботи було дослідити здатність штамів *Bradyrhizobium japonicum* з різною швидкістю росту до продукування речовин фітогормональної дії та оцінити їх вплив на рослину-господаря.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами досліджень були штами бульбочкових бактерій сої з повільним (*B. japonicum* 46) та інтенсивним (*B. japonicum* KB11) ростом.

Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл на качалці (220 об./хв) при температурі 26–28°C на рідкому манітно-дріжджовому середовищі [10]. Як посівний матеріал використовували культури *B. japonicum* у експоненційній фазі росту (92–96 год). Кількість посівного матеріалу становила 5% від об'єму середовища.

Для відділення біомаси культуральну рідину бактерій центрифугували впродовж 20 хв при 9000 об./хв і температурі +4°C. Клітини бактерій відмивали від залишків екзополімерів фізіологічним розчином тричі, центрифугуючи кожного разу за тих самих умов. Надосадкові рідини використовували для подальших досліджень з метою екстракції фітогормональних сполук, а осад клітин суспендували в дистильованій воді, потім висушували при 103–105°C у сушильній шафі до постійної маси. Кількість абсолютно сухої біомаси (АСБ) мікроорганізмів визначали ваговим методом.

Визначення якісного та кількісного складу фітогормонів у культуральних рідинах штамів *B. japonicum* 46 та *B. japonicum* KB11 здійснювали методом спектроден-

ситометричної тонкошарової хроматографії [10, 11]. Позаклітинні фітогормони виділяли із надосадкових рідин ризобій за відповідною методикою. [12]. Кількісне визначення ауксинів, цитокінінів та абсцизової кислоти здійснювали за допомогою сканувального спектроденситометра «Сорбфіл» (Росія). Кількість фітогормонів розраховували в мкг на 1 г АСБ продуцента. Стандартами були синтетичні фітогормони *Sigma-Aldrich* (Німеччина) і *Acros Organic* (Бельгія): *ауксини* — індоліл-3-оцтова кислота (ІОК), індол-3-масляна кислота, індол-3-карбоксилова кислота, індол-3-карбінол, індол-3-оцтової кислоти гідрозид, індол-3-карбоксальдегід; *цитокініни* — зеатин, зеатинрибозид, кінетин, ізопентеніл-аденін, ізопентеніл-аденозин рибозильований та *абсцизова кислота*.

Вивчення впливу штамів *B. japonicum* та їх метаболітів на формування і функціонування симбіотичних систем сої проводили у вегетаційному досліді на дерново-підзолістому ґрунті. Культури бульбочкових бактерій вирощували впродовж трьох діб у колбах об'ємом 250 мл на бобовому середовищі з гороховим відваром. Фільтровані культуральні рідини досліджуваних штамів отримували за допомогою скляних мікропористих фільтрів. Відсутність бактеріальних клітин у фільтратах перевіряли під світловим мікроскопом.

Насіння сої сорту Устя обробляли повільно- та інтенсивнорослим штамми *B. japonicum*. Інокуляційне навантаження становило 200–300 тис. клітин на 1 насінину. Фільтровані культуральні рідини застосовували із розрахунку 0,2 мл/100 г насіння. У комбінованих варіантах із двома штамми або фільтратами їх застосовували у співвідношенні 1:1. Повторність дослідів — п'ятикратна. Вологість ґрунту підтримували на рівні 60% повної вологоємності.

Приналежність ризобій сої до певної серогрупи визначали у реакції аглютинації із застосуванням специфічних антисироваток та гомогенатів бульбочок. Різноманіття бульбочкових бактерій у бульбочках оцінювали за допомогою індексу Шеннона, який розраховували за формулою [13]:

$$H = -\sum P_i \ln P_i,$$

де H — індекс різноманіття Шеннона; P_i — відносна рясність i -го штаму, розрахована як n_i/N , де N — загальна кількість бульбочок, утворених різними штамми бульбочкових бактерій сої, та n_i — кількість бульбочок, сформованих штамом ризобій певної серогрупи.

Оцінювали кількість та масу бульбочок, уміст сухої речовини в надземній масі рослин. Активність симбіотичної азотфіксації вимірювали ацетилен-етиленовим методом [14] на газовому хроматографі Chrom-4 з полум'яно-іонізаційним детектором. Уміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин визначали у фазі цвітіння спектрофотометричним методом [15].

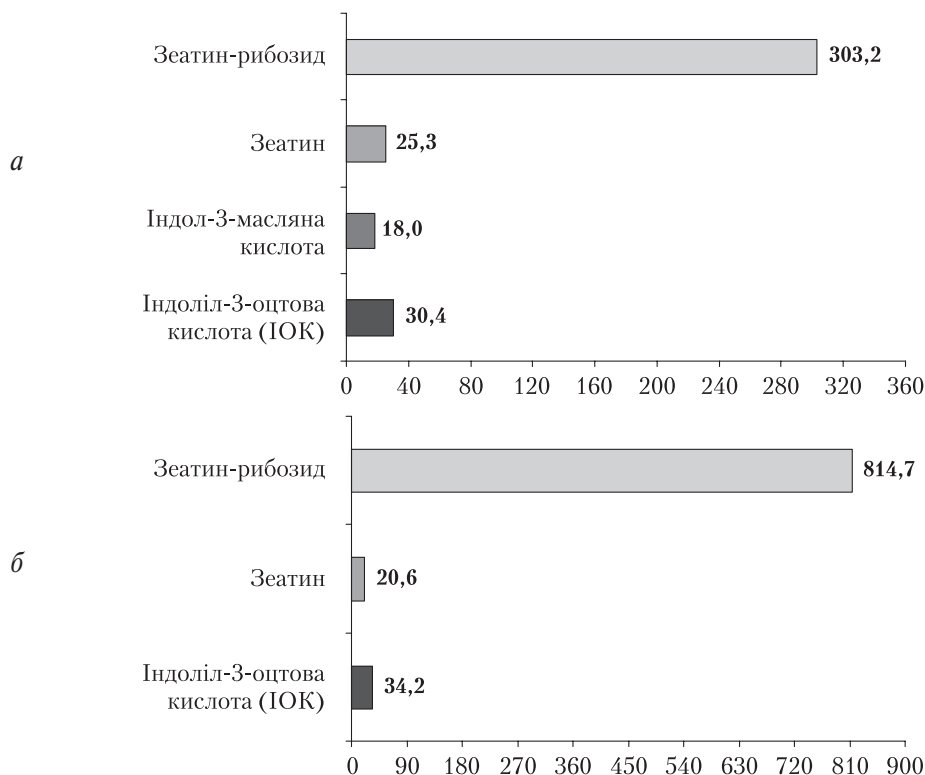
Статистичну обробку даних проводили загальноприйнятими методами із застосуванням комп'ютерної програми Statistica 7.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для формування та функціонування симбіотичних систем важливими є фітогормональні речовини, які синтезуються бульбочковими бактеріями. Зважаючи на те, що селекціоновані нами штамми ризобій сої з повільним та інтенсивним ростом істотно різняться за фенотиповими та генотиповими властивостями, важливо було дослідити, які фітогормони можуть продукувати ці мікроорганізми, та оцінити їх вплив на рослину-господаря.

За використання методу спектроденситометричної тонкошарової хроматографії встановлено, що штам *B. japonicum* 46 та KB11 синтезують фітогормони-стимулятори ауксинової і цитокінінової природи (рис. 1 — а, б).

За культивування на манітно-дріжджовому середовищі сумарний рівень продукування ауксинів у повільнорослого штаму



Продукування фітогормонів штамми: а — повільнорослим *B. japonicum* 46; б — інтенсивно-рослим *B. japonicum* KB11, мкг/г АСБ

B. japonicum 46 був вищим, ніж у інтенсивнорослого штаму *B. japonicum* KB11. У його надосадовій рідині виявлено два фітогормони: ІОК (30,4 мкг/г АСБ) та індол-3-масляна кислота (18,0 мкг/г АСБ), що розглядається як запасна форма ІОК [16]. Штам *B. japonicum* KB11 продукував лише ІОК — 34,2 мкг/г АСБ.

Досліджувані бульбочкові бактерії сої виявилися активними продуцентами речовин цитокінінової природи — зеатину та зеатин-рибозиду. Загальний уміст цих речовин у супернатантах штамів із різною швидкістю росту істотно відрізнявся. Так, повільнорослий штам *B. japonicum* 46 синтезував 328,50 мкг/г АСБ цитокінінів, тоді як інтенсивнорослий штам *B. japonicum* KB11 — 835,3 мкг/г АСБ. Рівень продукування зеатину штамми ризобій сої був майже на одному рівні (25,3 та 20,6 мкг/г АСБ відповідно). Проте штам *B. japonicum* KB11 синтезував значно більшу кількість транспортної форми цитокінінів — зеатин-рибозиду (814,70 мкг/г АСБ) порівняно зі штамом *B. japonicum* 46 (303,20 мкг/г АСБ). На нашу думку, підвищена здатність штаму *B. japonicum* KB11 до продукування фітогормонів цитокінінової природи може впливати на його взаємодію з макросимбіонтом. Адже відомо, що чим сильнішою є здатність ризосферних бактерій до синтезу рибозильованих форм цитокінінів, тим вищим є рівень їх спеціалізованої адаптації до рослини-господаря [17].

Обидва штами ризобій сої не синтезували абсцизової кислоти, яка регулює широкий спектр захисних реакцій рослин та є фітогормоном-інгібітором їх росту і розвитку. З літератури відомо, що деякі представники виду *B. japonicum* можуть продукувати абсцизову кислоту, однак її біосинтез не корелює з ефективністю цих мікроорганізмів [18].

Наступним етапом нашої роботи було дослідити вплив штамів ризобій сої з різною швидкістю росту та їх метаболітів на формування симбіозу з рослиною-господарем.

Вегетаційний дослід із соєю проводили на дерново-підзолистому ґрунті без бульбочкових бактерій, а також на фоні

численної популяції специфічних ризобій. Насіння сої обробляли окремо повільнорослим (*B. japonicum* 46) або інтенсивнорослим (*B. japonicum* KB11) штамми та їх бінарною композицією. Для оцінки впливу біологічно активних речовин, які продукують досліджувані штами, на симбіотичні взаємовідносини з соєю використовували фільтровані культуральні рідини цих мікроорганізмів.

Аналіз отриманих даних засвідчив, що за відсутності у ґрунті ризобій сої, повільно- та інтенсивнорослий штами *B. japonicum* сприяли утворенню значної кількості бульбочок — 27–30 од./рослину (табл. 1). Маса бульбочок становила 0,54–0,57 г/рослину, а їх нітрогеназна активність — 32,49–35,14 мкг N/рослину за 1 год. За сумісного використання штамів *B. japonicum* 46 та *B. japonicum* KB11 відзначено достовірне збільшення показників симбіозу порівняно із моноінокуляцією.

У жодному з варіантів із обробкою насіння метаболітами активних штамів *B. japonicum* не спостерігалось утворення бульбочок. Це підтверджує відсутність живих клітин ризобій у фільтрованих культуральних рідинах.

Як свідчать дані, наведені у табл. 1, метаболіти досліджуваних штамів позитивно впливали на розвиток рослини-господаря. За обробки насіння фільтрованою культуральною рідиною кожного із штамів окремо, а також за їх сумісного застосування зафіксовано достовірні приростки надземної фітомаси сої — на 6,4–12,8% порівняно з контролем. Імовірно, це обумовлено стимулювальним впливом на рослини фітогормональних речовин, які синтезуються бульбочковими бактеріями, зокрема активізацією фотосинтетичного апарату сої, про що свідчить виявлена тенденція до підвищення вмісту хлорофілів *a* і *b* у біомасі листя (табл. 2).

Аналогічні результати отримано під час використання фільтрованих культуральних рідин бульбочкових бактерій за вирощування сої на фоні численної популяції ризобій. У цьому варіанті дія метаболітів була більш вираженою.

Таблиця 1

Вплив штамів бульбочкових бактерій сої та їх продуктів метаболізму на симбіотичні показники та розвиток рослин сої сорту Устя

Варіанти дослідів	Кількість бульбочок, од./рослину	Маса бульбочок, г/рослину	Активність азотфіксації, мкг N/рослину за 1 год	Суха надземна маса рослин	
				г/рослину	приріст до контролю, %
Ґрунт без бульбочкових бактерій сої					
Без інокуляції (контроль)	0	0	0	0,94	100,0
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> 46	30,47	0,57	35,14	1,14	121,3
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46	0	0	0	1,05	111,7
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> KB11	27,07	0,54	32,49	1,11	118,1
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> KB11	0	0	0	1,00	106,4
Бінарна інокуляція <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	35,20*	0,63	40,08	1,25	133,0
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	0	0	0	1,06	112,8
НІР ₀₅	2,54	0,04	2,84	0,04	
На фоні популяції бульбочкових бактерій сої у ґрунті					
Без інокуляції (контроль)	59,93	0,67	44,30	1,18	100,0
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> 46	76,60	0,78	62,33	1,30	110,2
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46	71,60	0,72	61,80	1,25	105,9
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> KB11	67,60	0,78	66,22	1,32	111,9
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> KB11	73,93	0,79	62,69	1,31	111,0
Бінарна інокуляція <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	80,53	0,82	74,87	1,38	116,9
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	70,27	0,78	68,69	1,38	116,9
НІР ₀₅	8,15	0,04	8,55	0,05	

Примітка (до табл. 1, 2): * — жирним шрифтом виокремлено достовірні приростки до моноінокуляції.

Таблиця 2

Вплив штамів ризобій сої та їх продуктів метаболізму на вміст хлорофілів у біомасі листя сої сорту Устя (вегетаційний дослід)

Варіанти дослідів	Кількість хлорофілу, мг/100 г		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
<i>Грунт без бульбочкових бактерій сої</i>			
Без інокуляції (контроль)	53,85	13,74	67,59
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> 46	165,46	43,85	209,31
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46	58,34	14,89	73,32
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> KB11	159,37	33,06	192,43
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> KB11	53,72	15,78	69,50
Бінарна інокуляція <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	188,95*	47,94	236,89
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	60,17	16,73	76,90
НІР ₀₅	15,85	3,96	17,57
<i>На фоні популяції бульбочкових бактерій сої у ґрунті</i>			
Без інокуляції (контроль)	154,30	41,42	195,72
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> 46	194,48	48,08	242,56
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46	169,16	40,20	209,36
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> KB11	192,18	48,12	240,30
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> KB11	168,67	48,23	216,90
Бінарна інокуляція <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	216,12	60,47	276,59
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	192,97	46,95	239,91
НІР ₀₅	5,43	4,88	9,03

У варіантах із застосуванням метаболітів кожного штаму окремо, а також за їх поєднання, спостерігалася активізація нодуляційного процесу та підвищення рівня фіксації азоту в бульбочках порівняно з контролем (табл. 1). Обробка насіння фільтратами різних штамів сприяла достовірному збільшенню надземної маси рослин

на 5,9–11,0% порівняно з контролем. Слід підкреслити, що максимальний позитивний вплив на розвиток рослин виявлено у варіантах: за сумісної обробки насіння сої штамми *B. japonicum* 46 і *B. japonicum* KB11 та за сумісного використання їх метаболітів. Надземна маса рослин у цих варіантах була однаковою і становила

1,38 г/рослину. Крім того, за бінарної обробки метаболітами достовірно збільшувався вміст хлорофілів *a* і *b* у біомасі листя порівняно з контролем (табл. 2). На нашу думку, за вирощування сої на фоні ґрунтової популяції бульбочкових бактерій метаболіти досліджуваних штамів позитивно впливали не лише на рослину-господаря, але і на представників цієї популяції, підвищуючи їх здатність до інфікування сої. Найбільший позитивний ефект від суміс-

ного застосування фільтрованих культуральних рідин може бути обумовлений їх синергічною дією. Так, штамми з повільним та інтенсивним ростом можуть продукувати фітогормональні речовини, які різняться за якісним та кількісним складом.

Серологічний аналіз бульбочок сої засвідчив, що ризобії, які інфікували рослини в контролі, належали до серогруп 46 та KB11 у співвідношенні 16,7 і 66,7% відповідно (табл. 3). Крім того, 16,7% буль-

Таблиця 3

Частка штамів *B. japonicum* у бульбочках сої (вегетаційний дослід)

Варіанти дослідів	Частка штамів ризобій сої у бульбочках, %				Індекс Шеннона (H)
	46	M8	KB11	Інші*	
Ґрунт без бульбочкових бактерій сої					
Без інокуляції (контроль)	–	–	–	–	–
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> 46	100,00	–	–	–	–
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46	0	–	–	–	–
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> KB11	–	–	100,00	–	–
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> KB11	–	–	0	–	–
Бінарна інокуляція <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	54,17	–	45,83	–	0,69
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	0	–	0	–	–
На фоні популяції бульбочкових бактерій сої у ґрунті					
Без інокуляції (контроль)	16,67	0	66,67	16,67	0,87
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> 46	29,17	0	54,17	16,67	0,99
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46	29,17	4,17	62,50	4,17	0,92
Інокуляція культурою <i>B. japonicum</i> KB11	4,17	4,17	66,67	25,00	0,88
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> KB11	10,42	0	62,50	27,08	0,88
Бінарна інокуляція <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	20,83	4,17	54,17	20,83	1,12
Обробка метаболітами <i>B. japonicum</i> 46 + <i>B. japonicum</i> KB11	8,33	10,42	68,75	12,50	0,96

Примітка: * – бульбочкові бактерії сої не належать до жодної із відомих серогруп.

бочок сформували бульбочкові бактерії невідомих серологічних груп. Інокуляція сої як досліджуваними штамми, так і їх метаболітами спричиняла кількісні зміни у складі бульбочкових популяцій ризобій сої. У варіантах із обробкою *B. japonicum* KB11, фільтрованою культуральною рідиною *B. japonicum* 46, та сумісною інокуляцією вказаними штамми і їх метаболітами спостерігалось утворення бульбочок мінорними представниками ґрунтової популяції ризобій серогрупи М8 (4,2–10,4% бульбочок).

Слід наголосити, що сумісне використання двох штамів (*B. japonicum* 46 та *B. japonicum* KB11) забезпечувало формування збалансованої симбіотичної системи сої без явного домінування деяких штамів у бульбочках. Про це свідчить максимальне значення індексу різноманіття Шеннона ($H = 1,12$).

Отримані дані демонструють, що на формування симбіозу бульбочкових бактерій із соєю можуть впливати не лише штамми-інокулянти, але і синтезовані ними біологічно активні речовини. За обробки насіння метаболітами досліджуваних штамів *B. japonicum* з різною швидкістю росту відбувалось перегрупування ризобій у бульбочкових популяціях та змінювалась їх частка у бульбочках. До того ж індекс різноманіття Шеннона збільшувався порівняно з контролем — у межах значень 0,87–0,96.

ВИСНОВКИ

Штами бульбочкових бактерій *B. japonicum* 46 і *B. japonicum* KB11 можуть продукувати біологічно активні речовини ауксинової та цитокинінової природи. Виявлено відмінності між штамми за рівнем синтезу позаклітинних фітогормонів: повільнорослий штам *B. japonicum* 46 продукує більшу кількість ауксинів (48,4 порівняно з 34,2 мкг/г АСБ), тоді як інтенсивнорослий штам *B. japonicum* KB11 значно переважає за кількістю цитокинінів (835,3 до 328,5 мкг/г АСБ).

Встановлено, що не лише штамми бульбочкових бактерій *B. japonicum* 46 і *B. japonicum* KB11, але і продукти їх метаболізму можуть позитивно впливати на формування і функціонування симбіотичних систем сої. Досліджувані штамми-інокулянти та фільтровані культуральні рідини цих мікроорганізмів спричиняли кількісні зміни у складі бульбочкових популяцій ризобій сої і забезпечували зростання їх різноманіття. Бінарна інокуляція сої штамми *B. japonicum* 46 і *B. japonicum* KB11 виявилась ефективнішою, ніж моноінокуляція. На фоні ґрунтової популяції ризобій обробка насіння метаболітами двох штамів у вигляді фільтрованих культуральних рідин забезпечила збільшення надземної фітомаси сої аналогічно дії живих клітин цих мікроорганізмів (на 16,9% порівняно з контролем).

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванова К.А. Защитные реакции в бобово-ризобиальном симбиозе: индукция и супрессия / К.А. Иванова, В.Е. Цыганов // Сельскохозяйственная биология. — 2014. — Т. 49, № 3. — С. 3–12.
2. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз: монография в 4-х т. / С.Я. Коць, В.В. Моргул, В.Ф. Патыка и др.; под. общ. ред. С.Я. Коця. — Т. 2. — К.: Logos, 2011. — 523 с.
3. Роль фитогормонов в контроле развития симбиотических клубеньков у бобовых растений. Сообщение I: Цитокинины / Е.А. Долгих, А.Н. Кириченко, И.В. Лепянен, А.В. Долгих // Сельскохозяйственная биология. — 2016. — Т. 51, № 3. — С. 3–12.
4. Ferguson B.J. Signaling interactions during nodule development / B.J. Ferguson, U. Mathesius // J. Plant Growth Regul. — 2003. — Vol. 22, No. 1. — P. 47–72.
5. Phillips D.A. A cotyledonary inhibitor of root nodulation in *Pisum sativum* / D.A. Phillips // Physiol. Plantarum. — 1971. — Vol. 25, No. 3. — P. 482–487.
6. Умаров М.М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М.М. Умаров, А.В. Кураков, А.А. Степанов. — М.: ГЕОС, 2007. — 138 с.
7. Драгвозов И.В. Синтез фитогормонов штаммами *Bradyrhizobium japonicum* различной симбиотической эффективности / И.В. Драгвозов, Н.О. Леонова, Г.А. Иутинская // Микробиол. журн. — 2011. — Т. 73, № 4. — С. 29–35.
8. Біологічна різноманітність бульбочкових бактерій сої в ґрунтах України / Д.В. Крутило, О.В. Надкернична, Т.М. Ковалевська, В.П. Патица // Микробиол. журн. — 2008. — Т. 70, № 6. — С. 27–34.

9. Krutylo D.V. Genotypic analysis of nodule bacteria nodulating soybean in soils of Ukraine / D.V. Krutylo, V.S. Zotov // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. — 2015. — Vol. 5, Issue 2. — P. 102–109.
10. Леонова Н.О. Синтез ауксинів та цитокінінів *Bradyrhizobium japonicum* за дії флавоноїдів / Н.О. Леонова // *Мікробіол. журн.* — 2015. — Т. 77, № 5. — С. 95–103.
11. Методические подходы к определению фитогормонов с помощью спектроденситометрической тонкослойной хроматографии / С.В. Савинский, И.Ш. Ковман, В.И. Кофанов, И.Л. Стасевская // *Физиол. и биохим. культ. раст.* — 1987. — Т. 19, № 2. — С. 210–215.
12. Методические рекомендации по определению фитогормонов. — К.: Ин-т ботаники АН УССР, 1988. — 78 с.
13. Pielou E.C. Ecological diversity and its measurement / E.C. Pielou // *An Introduction to Mathematical Ecology*. — New York: Wiley Interscience. John Wiley & Sons, 1969. — P. 221–235.
14. The acetylene-ethylene assay for N₂-fixation: Laboratory and field evaluation / R.W.F. Hardy, R.D. Holsten, E.K. Jackson, R.C. Burns // *Plant Physiol.* — 1968. — Vol. 43, No. 8. — P. 1185–1207.
15. Гродзинский А.М. Краткий справочник по физиологии растений / А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский. — К.: Наукова думка, 1973. — 398 с.
16. Epstein E. Indole-3-butyric acid in plants: occurrence, synthesis, metabolism and transport / E. Epstein, J.-L. Müller // *Physiol. plantarum*. — 1993. — Vol. 88. — P. 382–389.
17. Metabolism and molecular activities of cytokinins / Eds. J. Guern, C. Peaud-Lenoel. — New York: Springer Science & Business Media, 2012. — 354 p.
18. Коць С.Я. Способность штаммов и Tn5-мутантов *Bradyrhizobium japonicum* к синтезу ИУК и АБК *in vitro* / С.Я. Коць, Н.В. Волкогон, Е.А. Грищук // *Физиол. и биохим. культ. раст.* — 2010. — Т. 42, № 6. — С. 491–496.
1. Ivanova, K.A., Tsyiganov, V.E. (2014). Zashchitnyie reaktsii v bobovo-rizobialnom simbioze: induktsiya i supressiya [Defense responses during the legume-rhizobium symbiosis: induction and suppression]. *Selskohozyaystvennaya biologiya — Agricultural biology*, 49, 3, 3–12 [in Russian].
2. Kots, S.Ya., Morgun, V.V., & Patyika, V.F. et al. (2011). *Biologicheskaya fiksatsiya azota: bobovo-rizobialnyi simbioz [Biological fixation of nitrogen: legume-rhizobial symbiosis]*. S.Ya. Kots (Ed.). (Vol. 1–4). Kiev: Logos [in Russian].
3. Dolgikh, E.A., Kirienko, A.N., Leppyanen, I.V., Dolgikh, A.B. (2016). Rol fitogormonov v kontrole razvitiya simbioticheskikh klubenkov u bobovyih rasteniy. I. Tsitokinyi [Role of phytohormones in the control of symbiotic nodule development in legume plants. I. Cytokinins]. *Selskohozyaystvennaya biologiya — Agricultural biology*, 51, 3, 3–12 [in Russian].
4. Fergusson, B.J., Mathesius, U. (2003). Signaling interactions during nodule development. *J. Plant Growth Regul.*, 22, 1, 47–72 [in English].
5. Phillips, D.A. (1971). A cotyledonary inhibitor of root nodulation. In: *Pisum sativum*. *Physiol. Plantarum*, 25, 3, 482–487 [in English].
6. Umarov, M.M., Kurakov, A.V., Stepanov, A.A. (2007). *Mikrobiologicheskaya transformatsiya azota v pochve [Microbiological transformation of nitrogen in soil]*. Moscow: GEOS [in Russian].
7. Dragovoz, I.V., Leonova, N.O., Iutinskaya, G.A. (2011). Sintez fitogormonov shtammami *Bradyrhizobium japonicum* razlichnoy simbioticheskoy effektivnosti [Phytohormones synthesis by *Bradyrhizobium japonicum* strains with different symbiotic effectiveness]. *Mikrobiologichnyi zhurnal — Microbiological journal*, 73, 4, 29–35 [in Russian].
8. Krutylo, D.V. Nadkernychna, O.V., Kovalevska, T.M., Patyika, V.P. (2008). Biologichna riznomanitnist bulbochkovykh bakterii soi v gruntakh Ukrainy [Biodiversity soybean rhizobia in soils of Ukraine]. *Mikrobiologichnyi zhurnal — Microbiological journal*, 70, 6, 27–34 [in Ukrainian].
9. Krutylo, D.V., Zotov, V.S. (2015). Genotypic analysis of nodule bacteria nodulating soybean in soils of Ukraine. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 5, 2, 102–109 [in English].
10. Leonova, N.O. (2015). Syntez auksyniv ta tsytokininiv *Bradyrhizobium japonicum* za dii flavonoidiv [Auxin and cytokinin synthesis by *Bradyrhizobium japonicum* under flavonoids influence]. *Mikrobiologichnyi zhurnal — Microbiological journal*, 77, 5, 95–103 [in Ukrainian].
11. Savinskiy, S.V., Kofman, I.Sh., Kofanov, V.I., Stasevskaya, I.L. (1987). Metodicheskie podhody k opredeleniyu fitogormonov s pomoschyu spektrodensitometricheskoy tonkosloynoy hromatografii [Methodological approaches to the determination of plant hormones using spectrodensitometry thin layer chromatography]. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy — Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 19, 2, 210–215 [in Russian].
12. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu fitogormonov. (1988). [Methodological recommendations for determining phytohormones]. Kiev: In-t botaniki AN USSR [in Russian].
13. Pielou, E.C. (1969). *Ecological diversity and its measurement*. In *An Introduction to Mathematical Ecology*. New York: Wiley Interscience. John Wiley & Sons [in English].
14. Hardy, R.W.F., Holsten, R.D., Jackson, E.K., Burns, R.C. (1968). The acetylene-ethylene assay for N₂-fixation: Laboratory and field evaluation. *Plant Physiology*, 43, 8, 1185–1207 [in English].
15. Grodzinskiy, A.M., & Grodzinskiy, D.M. (1973). *Kratkiy spravochnik po fiziologii rasteniy [Brief guide*

- to plant physiology]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
16. Epstein, E., Müller, J.-L. (1993). Indole-3-butyric acid in plants: occurrence, synthesis, metabolism and transport. *Physiology Plantarum*, 88, 382–389 [in English].
 17. Guern, J., Peaud-Lenoel, C. (Eds.). (2012). *Metabolism and molecular activities of cytokinins*. New York: Springer Science & Business Media [in English].
 18. Kots, S.Ya., Volkogon, N.V., Grischuk, E.A. (2010). Sposobnost shtammov i Tn5-mutantov *Bradyrhizobium japonicum* k sintezu IUK i ABK in vitro [Ability of strains and Tn5-mutants of *Bradyrhizobium japonicum* to synthesize IAA and ABA in vitro]. *Fiziologiya i biohimiya kulturnykh rasteniy – Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 42, 6, 491–496 [in Russian].

УДК 579.26:577.181

ASSESSMENT OF SORPTION AND TOXICITY OF FLUOROQUINOLONE ANTIBIOTIC IN AGROECOSYSTEMS

L. Symochko

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Наведено результати досліджень сорбції антибіотика класу фторхінолонів — енрофлоксацину різними сільськогосподарськими культурами за внесення різної його концентрації у ґрунт: $1000 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$; $100 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$; $10 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$. Експериментальні дослідження засвідчили, що активність поглинання антибіотика залежить від його концентрації у ґрунті і виду сільськогосподарської рослини. Встановлено, що найактивніше антибіотик поглинають *Lactuca sativa* var. *Crispa* і *Calendula officinalis*. Мінімальним уміст енрофлоксацину серед п'яти рослин був у *Mentha piperita*. Внесення у ґрунт енрофлоксацину в концентрації $1000 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ спричиняє формування високого рівня токсичності ґрунту. В модельних екосистемах з *Thymus serpyllum* та *Mentha piperita* токсичність ґрунту становила понад 70% в експериментах in vitro і в середньому на 7% менше в — in vivo.

Ключові слова: енрофлоксацин, агроекосистема, фітотоксичність, антибіотик, сільськогосподарські рослини.

The fluoroquinolones are one of the most used classes of antibiotics. Enrofloxacin belongs to the class of fluoroquinolone antibiotics that have been intensively used for the treatment of bacterial infections in veterinary medicine. Once antibiotics enter the ecosystems, they can be treated as an ecological factor, driving the evolution of the community structure [1, 2]. Accordingly, the change of community structure influences the ecological function of soil and water ecosystems such as biomass production and nutrient transformation. Indirect effects from the antibiotic disturbance to the micro-ecosystem are largely unknown, and it is expected that such disturbance might have significant and

long-term effects on the rate and stability of ecosystem functioning [3–5].

In the environment, enrofloxacin can undergo degradations by different processes including photolysis, biodegradation and oxidation by mineral oxides but it is not sensitive to hydrolysis. Despite these degradation mechanisms, environmental half life time of enrofloxacin is very long. This long environmental persistence of enrofloxacin can affect the growing of plant and the activity of the soil microbial communities.

As final products of metabolism, enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin end up in excrement [6, 7]. Livestock manure is commonly used as organic fertilizer. One of its uses is on the fields where food plants are

grown. The manure includes the residue of fluoroquinolones in addition to other drug residue. Plants can also intake fluoroquinolones along with minerals. The intake of drugs in small amounts can lead to drug resistance in pathogenic microbes and cause allergies and liver damage. Raw materials of animal origin are subject to strict state controls. There are no limits concerning raw materials of plant origin from agroecosystems. In the case of raw materials of plant origin, at state level only pesticide residues, nitrates, heavy metals are controlled, but not antibiotics.

The aim of this work has been to evaluate enrofloxacin phytotoxicity and uptake in crop plants by a multiple concentration test, controlling after fixed times (90 days) the effects of different concentrations.

MATERIALS AND METHODS

A feature of this work was the study of the sorption of enrofloxacin by crop plants. For this, the following plants were used as test objects: *Lactuca sativa* var. *crispa*, *Anethum graveolens*, *Thymus serpyllum*, *Mentha piperita*, and *Calendula officinalis*. Based on the literature data, three model concentrations of enrofloxacin were selected for our studies: $1000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in model agroecosystems. Studies were conducted *in vivo* and *in vitro*. Spiked soils were placed into nonporous plastic plant pots to give a total of 60 pots. This gave 3 replicates per compound with different concentration for assessing uptake by crop plants plus control. Each pot received 20 seeds. The plants were grown under controlled conditions in phyto-chamber: light intensity, 10000 lx with a 16/8 h light/dark cycle; humidity, 70%; and temperature, 20°C during the light cycle and 15°C during the dark cycle. Plants were grown for 90 days. After this time, samples of plant material were removed from each pot, weighed, and placed in glass jars prior for analysis. The amount of enrofloxacin was determined in triplicate on each sample by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Enrofloxacin in plants was extracted according to the method of Palmada et al. [8]:

250 mg plants (dry weight) were extracted in 10 ml acetonitrile containing 1% acetic acid, then homogenized, sonicated (50), vortexed (10) and centrifuged (100) at 3000 g. The supernatant was then collected and dried by nitrogen stream. The residue was suspended in 5 ml phosphate buffer pH 7.4, defatted by a double liquid-liquid partition with 3+3 ml N-hexane followed by a double liquid-liquid partition with 3+3 ml chloroform. The organic phases were pooled and dried by nitrogen stream. The residue was suspended in mobile phase and 50 μl were injected into the HPLC. Phytotoxicity (%) of soil in model ecosystems after 90 days of experiment was determined according to standard method with modification [9]. As test object was used lettuce (*Lactuca sativa* L).

Results were expressed as means ($\pm$) standard deviation (SD) and (SSD_{05}) smallest significant differences of experiments were conducted in quadruplication. Data were evaluated using the software Statistica 7.0.

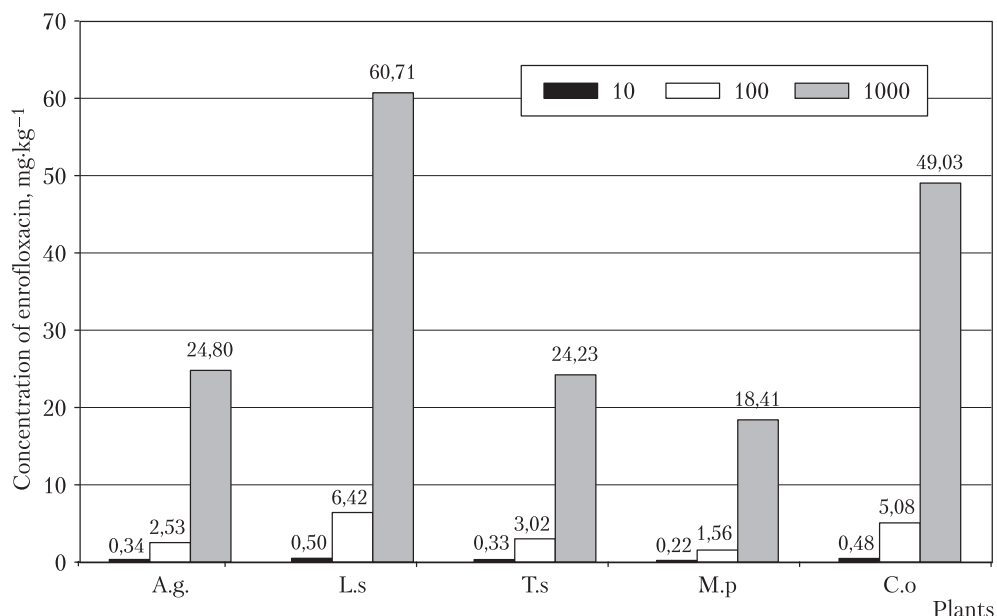
RESULTS AND DISCUSSION

Veterinary and human medicines are increasingly being monitored in slurry, soils, surface waters, and groundwaters. Therefore, concerns have been raised over the impacts of environmental exposure routes on human and environmental health [6].

In this study the potential for medicines to enter the food chain via uptake from soil into food plants was explored. The results demonstrate that following application of enrofloxacin to plants at environmentally realistic concentrations, selected substances are taken up at detectable levels.

Figure 1 shows the results of the accumulation of enrofloxacin by plants such as: *Lactuca sativa* var. *crispa*, *Anethum graveolens*, *Thymus serpyllum*, *Mentha piperita*, *Calendula officinalis*.

The most active enrofloxacin from the soil was absorbed by *Lactuca sativa* var. *crispa*, and *Calendula officinalis*. When applied to the soil of enrofloxacin at concentration of $1000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in the salad's phytomass its concentration was $60.71 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and in calendula — $49.03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.



Accumulation of enrofloxacin by plants (applied it to soil in concentrations: 1000 mg·kg⁻¹; 100 mg·kg⁻¹; 10 mg·kg⁻¹)

The lowest content of enrofloxacin was found in *Mentha piperita* with all three experimental concentrations of antibiotic in the soil. Experimental studies have shown that the *Anethum graveolens* and *Thymus serpyllum* absorb antibiotic at the same level. At an experimental concentration of 10 mg·kg⁻¹ of antibiotic, its content after cultivation of 90 days was 0.34 mg·kg⁻¹ in *Anethum graveolens*, and in *Thymus serpyllum* 0.33 mg·kg⁻¹, at concentration of enrofloxacin 1000 mg·kg⁻¹ its content in plants was significantly greater and were 24.80 and 24.23 mg·kg⁻¹. The results of the studies showed that there is a species differentiation of cultivated plants according to the activity of absorbing the antibiotic from the soil. Salad and calendula absorb the antibiotic the most actively, and mint was less active. Antibiotic effects on ecosystems are related to its concentration, bioavailability, exposure time and the addition of substrates. When antibiotics get into the arable land, they could possibly impact vegetation growth and development as well as soil microbial activity. Phytotoxicity of a chemical can be assayed using seed germination and

plant growth tests. Limited studies have been conducted to investigate the phytotoxicity of some antibiotics to crop plants.

The biotesting demonstrated that antibiotics could negatively affect plant seed germination, but the effects varied between the plant species and between the concentrations of antibiotics used in the tests. Among the five plants, the high effect of toxicity in soil has been observed with cultivated *Thymus serpyllum* and *Mentha piperita*.

As our studies showed, the toxicity of enrofloxacin in the soil in experiments *in vivo* was on average 10% lower than in laboratory tests. The highest phytotoxic effect was observed in the soil of model ecosystems, where the concentration of enrofloxacin was 1000 mg·kg⁻¹. It should be noted that in the soil where *Lactuca sativa* was grown, the phytotoxic effect was 56.17% (*in vitro*) and 49.22% (*in vivo*). This is due to the active absorption of antibiotic by plants, which minimized the toxicity of the soil.

The different terrestrial toxicological effects of enrofloxacin were observed through using a series of bioassays and including sorp-

Phytotoxicity (%) of soil in model ecosystems after 90 days of experiment

	Plants	<i>In vitro</i>			<i>In vivo</i>		
		Concentration of enrofloxacin			Concentration of enrofloxacin		
		1000 mg·kg ⁻¹	100 mg·kg ⁻¹	10 mg·kg ⁻¹	1000 mg·kg ⁻¹	100 mg·kg ⁻¹	10 mg·kg ⁻¹
1	<i>Lactuca sativa</i>	56.17±1.31	33.40±1.34	22.43±1.29	49.22±1.17	30.10±1.22	15.47±1.31
2	<i>Calendula officinalis</i>	48.22±1.28	28.32±1.18	16.37±1.24	43.67±1.07	24.33±1.35	12.30±1.13
3	<i>Anethum graveolens</i>	67.49±1.26	46.88±1.11	32.49±1.26	60.42±1.32	41.81±1.39	25.99±1.45
4	<i>Thymus serpyllum</i>	77.30±1.34	55.99±1.29	41.39±1.18	70.39±1.44	48.33±1.12	37.34±1.44
5	<i>Mentha piperita</i>	71.47±1.09	61.23±1.31	38.43±1.22	67.40±1.33	55.22±1.37	33.71±1.02

tion of fluoroquinolone antibiotic by five crop plants. Enrofloxacin is highly resistant, its biodegradation process is longer than other antibiotics, it is actively absorbed by the plants, and therefore it is necessary to control its content in phytoproducts.

CONCLUSION

The use of fluoroquinolone antibiotic on the farm leads to its accumulation in the soil, which is due to its long biodegradation. Experimental studies *In vivo* and *In vitro* have shown that the absorption activity of an anti-

biotic depends on its concentration in the soil and the species of agricultural plants. *Lactuca sativa* and *Calendula officinalis* absorb enrofloxacin the most actively. The smallest content of enrofloxacin among five crop plants was in *Mentha piperita*. The high concentration of enrofloxacin in the soil causes significant phytotoxic effect. In model ecosystems with *Mentha piperita* and *Thymus serpyllum* it was more than 70%.

Acknowledgment. This work was supported by the Slovak Academic Information Agency (SAIA), grant number 18032.

JIITEPATYPA

1. Aminov R. Evolution and ecology of antibiotic resistance genes / R. Aminov, R. Mackie // FEMS Microbiol Lett. — 2007. — Vol. 271. — P. 147–161.
2. Migliore L. Phytotoxicity and uptake of enrofloxacin in crop plants / L. Migliore, S. Cozzolino, M. Fiori // Chemosphere. — 2003. — No. 52. — P. 1233–1244.
3. Thiele-Bruhn S. Effects of sulfonamide and tetracycline antibiotics on soil microbial activity and microbial biomass / S. Thiele-Bruhn, I. Beck // Chemosphere. — 2005. — No. 59. — P. 457–465.
4. Laboratory models to evaluate phytotoxicity of sulphadimethoxine on terrestrial plants / L. Migliore, C. Civittrale, S. Cozzolino et al. // Chemosphere. — 1998. — Vol. 37. — P. 2957–2961.
5. Alterations in soil microbial activity and N-transformation processes due to sulfadiazine loads in pig-manure / A. Kotzerke, S. Sharma, K. Schauss et al. // Environ Pollut. — 2008. — Vol. 153. — P. 315–322.
6. Uptake of Veterinary Medicines from Soils into Plants / A. Boxall, P. Johnson, E. Smith et al. // J. Agric. Food Chem. — 2006. — No. 54. — P. 2288–2297.
7. El-Mahmood A. Phytochemical screening and antibacterial evaluation of the leaf and root extracts of *Cassia alata* Linn / A. El-Mahmood, J. Doughari // Afr J Pharm Pharmacol. — 2008. — No. 2. — P. 124–129.
8. Determination of enrofloxacin and its active metabolite (ciprofloxacin) at the residue level in broiler muscle using HPLC with fluorescence detector / J. Palmada, R. March, E. Torroella et al. // Proceedings of Euroresidue IV. Residues of Veterinary Drugs in Food. ADDIX, Wijk bij Duurstede. — Netherlands, 2000. — P. 822–826.
9. Wang W. Root elongation method for toxicity testing of organic and inorganic pollutants / W. Wang // Environ. Toxicol. Chem. — 1987. — No. 6. — P. 409–414.

REFERENCES

1. Aminov, R., Mackie, R. (2007). Evolution and ecology of antibiotic resistance genes. *FEMS Microbiol Lett*, 271, 147–161 [in English].
2. Migliore, L., Cozzolino, S., Fiori, M. (2003). Phytotoxicity and uptake of enrofloxacin in crop plants. *Chemosphere*, 52, 1233–1244 [in English].
3. Thiele-Bruhn, S., Beck I. (2005). Effects of sulfonamide and tetracycline antibiotics on soil microbial activity and microbial biomass. *Chemosphere*, 59, 457–465 [in English].
4. Migliore, L., Civittrale, C., Cozzolino, S., Casoria, P., Brambilla, G., Gaudio, L. (1998). Laboratory models to evaluate phytotoxicity of sulphadimethoxine on terrestrial plants. *Chemosphere*, 37, 2957–2961 [in English].
5. Kotzerke, A., Sharma, S., Schauss, K., Heuer, H., Thiele-Bruhn, S., Smalla, K., Wilke, B.M., Schlotter, M. (2008). Alterations in soil microbial activity and N-transformation processes due to sulfadiazine loads in pig-manure. *Environ Pollut*, 153, 315–322 [in English].
6. Boxall, A., Johnson, P., Smith, E., Sinclair, C., Stutt, E., Levy, L. (2006). Uptake of Veterinary Medicines from Soils into Plants. *J. Agric. Food Chem*, 54, 2288–2297 [in English].
7. El-Mahmood, A., Doughari, J. (2008). Phytochemical screening and antibacterial evaluation of the leaf and root extracts of *Cassia alata* Linn. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.*, 2, 124–129 [in English].
8. Palmada, J., March, R., Torroella, E., Espigol, C., Baleri, T. (2000). Determination of enrofloxacin and its active metabolite (ciprofloxacin) at the residue level in broiler muscle using HPLC with fluorescence detector. *Proceedings of Euroresidue IV. Residues of Veterinary Drugs in Food*. Netherlands: ADDIX, Wijk bij Duurstede [in English].
9. Wang W. (1987). Root elongation method for toxicity testing of organic and inorganic pollutants. *Environ. Toxicol. Chem*, 6, 409–414 [in English].

НОВИНИ

ПОВІДОМЛЕННЯ

12 вересня 2017 р. в Інституті агроєкології і природокористування НААН відбулося засідання круглого столу на тему: «Біогеохімія мікроелементів в агроландшафтах». У роботі круглого столу взяли участь 26 фахівців, які представляли різноманітні напрями біогеохімічних досліджень мікроелементів на землях сільськогосподарського призначення України, що проводяться Національною академією аграрних наук України, Національною академією наук України, Міністерством екології і природних ресурсів України та Міністерством аграрної політики та продовольства України.

У рамках доповідей обговорено актуальні питання теорії і практики біогеохімічних досліджень, серед яких: значення біогеохімічного вчення В.І. Вернадського для агроєкологічних досліджень, вплив мікроелементів на живлення сільськогосподарських культур, екологічна геохімія промислових та сільськогосподарських ландшафтів, екстракція важких металів сільськогосподарськими культурами, біогеохімічний дисбаланс поживних мікроелементів як чинник ендемічної захворюваності населення України, агроєкологічне значення геолого-геохімічних досліджень орних земель та промислових ландшафтів.

У прийнятій резолюції круглого столу підкреслено такі аспекти:

1. Біогеохімічне вчення В.І. Вернадського є теоретичною і методологічною основою вивчення хімічного складу сільськогосподарських культур як живої речовини у складі єдиної системи «вода — гірські породи — ґрунти — рослина».

2. Агроландшафтне районування земель сільськогосподарського призначення та прилеглих територій є методологічною основою для узагальнення і аналізу матеріалів агрохімічного моніторингу ґрунтів. Доцільним є відновлення структурних підрозділів екологічної інспекції у межах земель сільськогосподарського призначення.

3. З метою підвищення рівня наукового обґрунтування агроєкологічного оцінювання земель необхідно проводити спільні дослідження системи «ґрунт — сільськогосподарська культура» та застосовувати кількісні показники біогеохімічного стану ґрунтів і вод.

УДК 630.181:574.36:58.006:51-76

ВПЛИВ ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ НА СЕРЕДОВИЩЕТВІРНІ ФУНКЦІЇ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ МІЖРІЧИНСЬКОГО РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ

О.М. Руденко

Інститут агроекології і природокористування НААН

На основі рівнянь степеневі множинної регресії проаналізовано вплив лісорослинних умов зростання на накопичення надземної фітомаси в стовбурі, корі та хвої сосни звичайної в абсолютно сухому стані. Проведено порівняльний аналіз існуючої кількості сосни звичайної у насадженні Міжрічінського регіонального ландшафтного парку (РЛП) з чинними нормативними таблицями та встановлено фактичну та необхідну фітомасу дерев за лісорослинними умовами зростання. Визначено вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатність соснових лісових насаджень Міжрічінського РЛП.

Ключові слова: сосна звичайна, лісорослинні умови зростання, фітомаса, вуглець, кисень.

В умовах постійно зростаючого антропогенного тиску спостерігаються зміни навколишнього природного середовища, що зумовлено стрімким збільшенням обсягів концентрації парникових газів у атмосфері, зокрема вуглекислого газу. Серед існуючої наземної біоти лісові насадження мають велике екологічне значення, адже є надійним стабілізатором навколишнього природного середовища і можуть тривалий час депонувати у своїй фітомасі вуглець з атмосфери та генерувати кисень, чим частково запобігають глобальним змінам клімату на планеті.

Нині низка науковців працює в напрямі з'ясування вуглецепоглиняльної та киснетвірної здатності дерев, вдосконалюючи методики і підходи. Розроблено шляхи та методи оцінки біологічної продуктивності лісових насаджень для встановлення їх екологічних функцій у різних регіонах країни [1–3].

Однак не дослідженим залишається питання впливу лісорослинних умов зростання на біологічну продуктивність лісо-

вих насаджень і їх середовищетвірні властивості.

З огляду на це, оцінка вуглецепоглиняльної та киснетвірної здатності соснових лісових насаджень Міжрічінського регіонального ландшафтного парку (РЛП) в умовах змін клімату є доволі актуальною.

Метою роботи є оцінка біологічної продуктивності та фотосинтезуючої здатності соснових деревостанів Міжрічінського РЛП за різних лісорослинних умов зростання (A_1 , A_2 , B_2 , B_3).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для з'ясування кількісних показників акумулювання вуглецю та продукування кисню лісовими насадженнями необхідно мати детальну інформацію з надземної фітомаси деревних порід в абсолютно сухому стані. З літературних джерел відомо, що частка вуглецю, за методикою Міжурядової групи експертів з питань змін клімату, становить 50% фітомаси в абсолютно сухому стані. Згідно з перевідними коефіцієнтами [4], ця частка для гілля, кори та деревини становить 50%, для хвої (листя) — 45%.

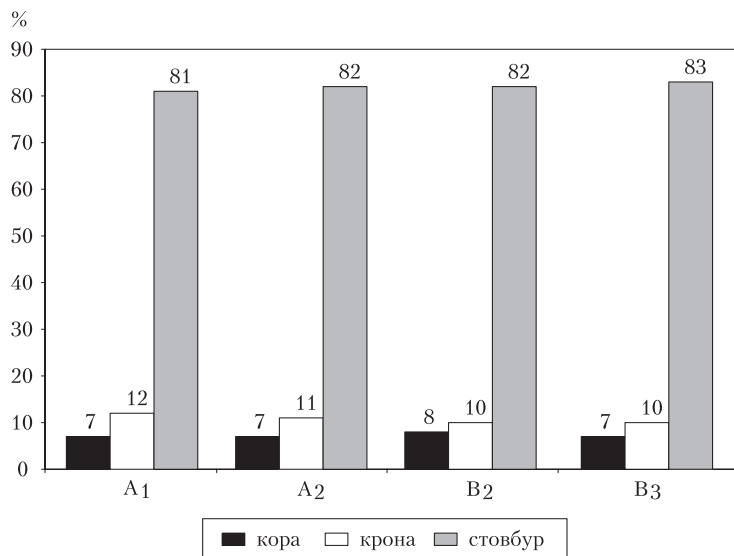


Рис. 1. Розподіл частки фітомаси сосни звичайної за різних лісорослиних умов зростання

Для оцінки киснепродуктивності лісових насаджень використовували методику Лієпи [5]. За цією методикою до уваги не береться фітомаса хвої та листя, оскільки виділений під час формування останньої кисень повністю втрачається на її розкладання після опадів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За опублікованими раніше емпіричними рівняннями з визначення надземної фітомаси (стовбур, кора, крона) [5] встановлено частку розподілу біомаси сосни звичайної за різних лісорослиних умов зростання в Міжрічинському РЛП (рис. 1).

Результати аналізу фітомаси свідчать, що найбільшу її частку в умовах B₃ накопичує стовбур (83%), у B₂ — кора (8), а в умовах A₁ — крона (12%).

Згідно з розподілом фітомаси сосни звичайної за лісорослиними умовами зростання встановлено, що цей показник в умовах B₃ є вищим на 52% порівняно з умовами A₁, а порівняно з умовами A₂ і B₂ — на 34% (рис. 2).

Під час аналізу запасу вуглецю на площі 1 га в соснових насадженнях Міжрічин-

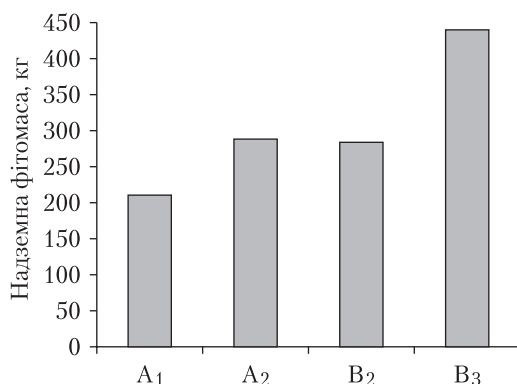


Рис. 2. Обсяг надземної фітомаси сосни звичайної за різних лісорослиних умов зростання

ського РЛП встановлено, що найбільше сосна звичайна акумулює вуглець в умовах B₂, а не в умовах B₃, як вважалося раніше, що значною мірою зумовлено інтенсивною рубкою дерев за вказаних умов зростання (рис. 3).

Зважаючи на бонітет насаджень та лісорослині умови, нами проведено порівняльний аналіз фактичної і нормативної кількості дерев [6]. Результати засвідчи-

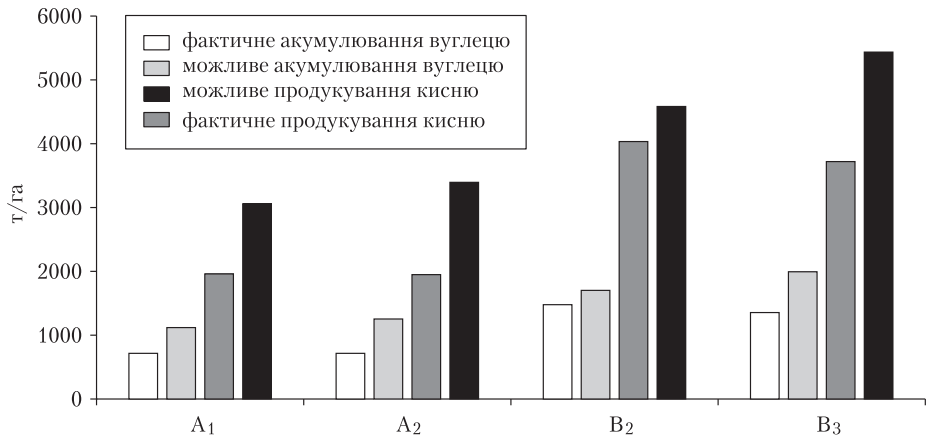


Рис. 3. Вуглецепоглиняльна та киснетвірна здатність соснових насаджень в різних лісорослинних умовах зростання

Фактична та нормативна кількість дерев у насадженнях

Тип лісорослинних умов	Середній вік дерев, років	Бонітет	Діаметр, см	Висота, м	Фактична кількість дерев на 1 га, од.	Нормативна кількість дерев на 1 га, од.
A ₁	68,3	III	27,7	17,5	691	1077
A ₂	66,6	II	27,1	24,5	499	862
B ₂	50	I	25	27,4	1047	1190
B ₃	63	I	32,5	28,4	622	909

ли про недостатню кількість дерев у насадженнях (табл.).

Така нестача дерев значною мірою впливає на їх біомасу, а отже, не дає змогу сосновим насадженням у повному обсязі виконувати свою фотосинтезуючу та середовищевісну функції.

Отже, згідно з отриманими результатами досліджень, фактична вуглецепоглиняльна та киснетвірна здатність в умовах A₁ є нижчою від можливої на 36%, в умовах A₂ — на 42, а в B₃ — на 35%.

ВИСНОВКИ

Для збалансованого ведення лісового господарства у Міжріччинському РЛП слід звернути увагу на лісорослинні умови B₃, де сосна звичайна найбільше накопичує фітомасу в стовбуровій частині дерева, що має вагоме лісгосподарське значення. Крім того, збільшення кількості дерев до оптимальної надасть можливість сосновим насадженням у повному обсязі виконувати свої фотосинтезуючі та середовищевісні функції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: [монографія] / П.І. Лакида. — Тернопіль: Збруч, 2002. — 256 с.

2. Миклуш С.І. Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства: [монографія] / С.І. Миклуш. — Львів: ЗУКЦ, 2011. — 259 с.

3. Пастернак В.П. Біопродуктивність лісів Північної Європи: [монографія] / В.П. Пастернак. — Київ: Лісова політика, 2008. — 208 с.

- ного Сходу України в контексті змін: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація» / В.П. Пастернак. — К., 2011. — 20 с.
4. Matthews G. The Carbon Contents of Trees / G. Matthews. — Edinburgh, 1993. — 21 p.
 5. Луена И.Я. Динамика древесных запасов: Прогнозирование и экология / И.Я. Лиена. — Рига: Зинатне, 1980. — 172 с.
 6. Руденко О.М. Поглинання вуглецю та продукування кисню сосною звичайною в умовах Міжріччинського регіонального ландшафтного парку / О.М. Руденко // Агроекологічний журнал. — 2017. — № 2. — С. 216–219.
 7. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / А.З. Швиденко, А.А. Строчинский, Ю.Н. Савич, С.Н. Кашпор. — К.: Урожай, 1987. — 560 с.

REFERENCES

1. Lakyda, P.I. (2002). *Fitomasa lisiv Ukrainy: monohrafiya* [Phytomass of Forests of Ukraine: monograph]. Ternopil: Zbruch [in Ukrainian].
2. Myklush, S.I. (2011). *Rivinni bukovi lisy Ukrainy: produktyvni ta orhanizatsiya staloho hospodarstva: monohrafiya* [Plain beech forests of Ukraine: productivity and organization of a sustainable economy: monograph]. Lviv: ZUCTS [in Ukrainian].
3. Pasternak, V.P. (2011). *Bioproduktyvnist' lisiv Pivnichnoho Skhodu Ukrainy v konteksti zmin* [Bioproductivity of forests of the North-East of Ukraine in the context of changes]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv [in Ukrainian].
4. Matthews, G. (1993). *The Carbon Contents of Trees*. Edinburgh [in English].
5. Lyepa, Y.Ya. (1980). *Dynamyka drevesnykh zapasov: Prognozyrovanye i ekologiya* [Dynamics of wood stocks: Forecasting and ecology]. Ryha: Zynatne [in Russian].
6. Rudenko, O.M. (2017). Pohlynnannya vuhletsyu ta produkuvannya kysnyu sosnoyu zvychnoyu v umovakh Mizhrichyns'koho rehional'noho landshaftnoho parku [The carbon absorption and the oxygen production by pine in the conditions of the Interregichna Regional Landscape Park]. *Ahroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 216–219 [in Ukrainian].
7. Shvidenko, A.Z., Strohynskiy, A.A., Savich, Yu.N. & Kashpor, S.N. (1987). *Normatyvno-spravochnie materialy dlya taksatsyi lesov Ukrainy i Moldaviyi* [Normative and reference materials for Ukraine and Moldova forests taxation]. Kiev: Urozhay [in Russian].

УДК 578.865.1

ДІАГНОСТИКА ІЗОЛЯТІВ ВТМ (*TOBAMOVIRUS*) НА РОСЛИНАХ КЛЕНА ГОСТРОЛИСТОГО В УМОВАХ ЛІСОВИХ БІОЦЕНОЗІВ*

А.В. Орловський

Інститут агроекології і природокористування НААН

Розглянуто результати досліджень патогену, який віднесено до Tobamovirus. На основі вивчення морфології антигенних властивостей збудника, рослин-індикаторів та формування патогеном у клітинах своєрідних вірусних включень Tobamovirus на Acer platanoides L. ідентифікується як ізолят ВТМ. Доведено, що він часто уражує рослини клена в умов змішаної інфекції.

Ключові слова: біоценоз, вірус, морфологія, антиген.

Фітовіруси належать до найбільш шкочинних патогенів сільськогосподарських рослин у різних кліматичних регіонах на

планеті. Серед цих збудників хвороб особливу небезпеку для агроценозів та природних екологічних ніш становить вірус тютюнової мозаїки (ВТМ) та його ізоляти, ідентифіковані на томатах, картоплі, хмелю, плодово-ягідних, ефірних та лікарських рослинах, соняшнику, зерново-бобових культурах тощо [1, 2].

* Науковий керівник — д-р біол. наук, проф., акад. НААН А.Л. Бойко.

Слід наголосити, що останнім часом дослідники виділяють ВТМ із деревних рослин лісових екосистем, парків, заповідних територій.

Зважаючи на те що ВТМ на сьогодні є значно поширеним у природі, його шкодочинність проявляється на різних видах рослин в умовах біоценозів. Як свідчать результати досліджень, ВТМ є особливо небезпечним за змішаного інфікування рослин клена гостролистого, таке екологічне явище спричиняє складні патології у рослин, які охоплюють дерева в різних регіонах Полісся.

На деяких територіях разом з бактеріями, мікроскопічними грибами ізоляти ВТМ індукують деструкцію листя, гілок дерев, що проявляється некротичним мозаїчно-хлорозним малюнком на різних ярусних частинах рослини. Часто на таких рослинах формується дуплистість деревини, всихання гілок [3].

Метою наших досліджень було розробити на науково обґрунтованій основі діагностику *Tobamovirus* на деревах клена гостролистого в біогеоценозах Полісся з можливістю подальшого застосування технології для профілактики хвороби, яку викликає ізолят ВТМ.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для оцінювання поширення хвороб використовували відомі методичні розробки з оцінки екологічного стану лісових масивів [3]. Також були проведені: електронна та люмінесцентна мікроскопія, підбір середовища для мікроскопічних грибів, бактерій, експрес-метод виявлення патогенів [4].

Очищення вірусу здійснювали на основі диференціального центрифугування, з дотриманням використання фосфатного буфера рН 7,2 розчинів для розведення вірусних супернатантів.

Концентрацію вірусів визначали за допомогою спектрофотометра СФ-26 за формулою $C \text{ (мг/мл)} = E_{260} \times N/K$. Коефіцієнт поглинання світла визначали в попередніх дослідженнях і наводили у вигляді величини поглинання при 260/280 нм.

Імунізацію тварин (кролів) здійснювали очищеним препаратом вірусу ($C = 1 \text{ мг/мл}$) у три етапи з інтервалом 7 днів та наступними реімунізаціями.

Отримували антисироватку після очищення від залишків ферментів елементів крові і відбирали надосад після центрифугування (1000 об./хв) упродовж 5 хв. Визначення титру антивірусної сироватки оцінювали непрямим ІФА.

На певних етапах досліджень також використовували технологію оцінювання антисироваток до інших ізолятів вірусу (подорожника, платана). У перехресних реакціях використовували також реакцію Оухтерлоні [1, 5].

Для нагромадження вірусу використовували різні сорти тютюну. Найчастіше з цієї метою застосовували сорт Гавана.

Підбір індикаторів для патогену здійснювали у спосіб інфікування ним рослин, яких налічувалося понад 30 видів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз отриманих результатів у різнопланових дослідах дає підставу стверджувати, що ізолят некротичного вірусу на клені гостролистому має значне поширення. За біологічними, морфолого-структурними показниками цей збудник слід віднести до роду *Tobamovirus*, поширеного на клені в лісових екосистемах, парках, заповідниках. Особливо небезпечним вірус є на території приміської зони, де ураження дерев сягає 63–80%. До того ж часто у змішаній інфекції патоген разом зі збудником чорної плямистості, іларвірусом, вірусом огіркової мозаїки (ВОМ), псевдомонадами викликає значні патології у рослин, які є багаторічними резервуарами для збудників хвороб. За таких умов цей процес підсилюється нематодами, які потребують особливої екологічної уваги з боку дослідників з різних галузей науки.

Встановлено, що ізолят ВТМ було отримано в очищеному стані, коефіцієнт поглинання світла при E_{260}/E_{280} становить $0,438/0,302 = 1,1$. Титр антивірусної сироватки становив 1:32000, що надавало



Схема діагностики етапів інфікування рослин ВТМ

зможу підбирати її робоче розведення для використання в дослідках з виявлення ВТМ у рослинах, ґрунті та інших біологічних об'єктах у регіонах Полісся.

Слід зауважити, що ізолят ВТМ із клена має певне антигенне споріднення з подібними варіантами *Tobamovirus*, виявленими на платані та різних видах подорожника.

Крім того, часто рослини платана (*Platanus orientalis* L.) є латентними носіями ВТМ, а ізолят на подорожнику «супроводжує» ці рослини вздовж доріг, викликаючи на листі хлорозно-мозаїчний малюнок та затримку їх розвитку.

Аналіз отриманих результатів наших досліджень дає змогу запропонувати науково-виробничим установам та спеціалізованим лабораторіям технологію діагностики ізоляту ВТМ на клені гостролистому,

який є домінантним збудником хвороб в умовах змішаної інфекції.

ВИСНОВКИ

В екологічних умовах Полісся ізолят ВТМ проявляє на клені гостролистому високу шкодочинність. Розроблена технологія діагностики збудника надає змогу виявити його на різних стадіях онтогенезу у рослин. Як свідчать результати досліджень, вірус має здатність контамінувати ґрунт, стічну воду і за відповідних умов мігрувати в агроценозі. Виділений ізолят надає можливість використовувати його в різнобічних модельних дослідках екологічного та біологічного спрямування, для розкриття механізмів співіснування патогену в комплексі з іншими збудниками хвороб, що має важливе значення для розробки сучасних методів їх профілактики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко А.Л. Екологія вірусів рослин / А.Л. Бойко. — К.: Вища школа, 1990. — 167 с.
2. Екологічна безпека агропромислового виробництва / за наук. ред. акад. О.І. Фурдичка, акад. А.Л. Бойка. — К.: ДІА, 2013. — 416 с.
3. Скринінг фітовірусів компонентів лісових екосистем та прилеглих територій / А.Л. Бойко, Н.О. Опришко, О.А. Бойко та ін. // Агроекологічний журнал. — 2015. — № 4. — С. 102–108.

4. General method of discovering bacteria, their phages and other pathogens detection in fungi and plants / A. Boiko, Ya. Chabaniuk, O. Boiko et al. // Агроекологічний журнал. — 2017. — № 1. — С. 131–133.
5. Моніторинг вірусних інфекцій рослин в біоценозах України / В.П. Поліщук, І.Г. Будзанівська, С.М. Рижук та ін. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 219 с.

REFERENCES

1. Boiko, A.L. (1990). *Ekologiya virusov rasteniy [Ecology of plant viruses]*. Kiev: Vyshcha shkola [in Russian].
2. Furdychko, O.I., Bojko, A.V. (Eds). (2013). *Ekologichna bezpeka agropromyslovogo vyrobnytva [Ecological safety of agricultural production]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
3. Boyko, A.L., Opryshko, N.O., Boyko, O.A., Tarasenko, G.A., Orlovskiy, A.V., Orlovskaya, H.M. et al. (2015). Skryninh fitovirusiv komponentiv liso-vykh ekosystem ta prylehlykh terytoriy [Screening of phytoviruses of components of forest ecosystems and adjoining areas]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 4, 102–108 [in Ukrainian].
4. Boiko, A., Chabaniuk, Ya., Boiko, O., Orlovskiy, A., Melnychuk, O., Tsvihun, V. (2017). General method of discovering bacteria, their phages and other pathogens detection in fungi and plants. *Ahroekologichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 1, 131–133 [in English].
5. Polishchuk, V.P., Budzanivska I.G., Ryzhuk S.M., Palyuk V.P., Boyko A.L. (2001). *Monitorynh virusnykh infektsiy roslin v biotsenozakh Ukrainy [Monitoring of plant virus infections in biocenoses of Ukraine]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].

НОВИНИ

УСТАНОВКА (КЛІНОСТАТ) ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ІМІТОВАНОЇ МІКРОГРАВІТАЦІЇ

Створення орбітальних космічних станцій дало поштовх становленню нової галузі біологічних наук — космічної біології, одним із важливих напрямів якої є вивчення впливу специфічних умов гравітації (трансформованого середовища) на життєдіяльність рослин і, зокрема, на їх взаємовідносини з вірусами.

У роботі використано вдосконалену модель кліностата «Екола», сконструйованого і модифікованого співробітниками відділу агроекології і біобезпеки Інституту агроекології і природокористування НААН (д-р біол. наук, проф., акад. НААН А.Л. Бойко — керівник розробки, канд. біол. наук В.О. Цвігун, А.В. Орловський) для відповідних досліджень, що реалізує кілька варіантів переорієнтації поздовжньої осі рослин відносно вектора прискорення сили земного тяжіння. Установку виготовлено на базі КБ Інституту механізації і електрифікації сільського господарства НААН.

Для вирощування рослин у кліностаті та дослідження в них вірусної інфекції використовували відповідні методики. Застосовували імітовану мікрогравітацію, що формувала зміну репродукції вірусу тютюнової мозаїки (ВТМ) у *N. tabacum* сорту Гавана, інфікованого ізолятом із клена під час кліностатування. Попереднє випробування установки тестували на різних біологічних об'єктах: сої, пшениці, соняшнику, арахісу, томату, живців хмелю, клена, посівного матеріалу, грибів (міцелію). Динаміку ВТМ контролювали за допомогою імуноферментного аналізу, електронної мікроскопії та рослин-індикаторів. Результати досліджень свідчать, що в умовах мікрогравітації за горизонтального кліностатування ізолят ВТМ клена має тенденцію до зменшення формувань внутрішньоклітинних включень. Експериментально було визначено технологічні параметри стимуляції росту і розвитку рослин.

Запрошуємо до співпраці на різних засадах науковців та виробників, які зацікавлені в застосуванні мікрогравітації під час біотехнологічних процесів різного рівня складності.

За детальнішою інформацією звертатися в лабораторію екології вірусів та біобезпеки Інституту агроекології і природокористування НААН.

Телефон для довідок — (098) 78-04-837, Цвігун Вікторія Олександрівна.

О.І. ФУРДИЧКУ — 65

Орест Фурдичко народився 10 жовтня 1952 р. у с. Стрільбичі Старосамбірського р-ну Львівської обл.

У 1975 р. закінчив з відзнакою Львівський лісотехнічний інститут за спеціальністю «лісове господарство» та отримав кваліфікацію «інженер лісового господарства». У 1991 р. захистив кандидатську дисертацію, а згодом у 1995 р. — дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук і у 2015 р. — наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю «екологія». У 1997 р. йому присвоєно вчене звання професора. У 1999 р. О.І. Фурдичка обрано членом-кореспондентом Української академії аграрних наук, а у 2002 р. — дійсним членом (академіком) Національної академії аграрних наук України.

Орест Іванович Фурдичко працював на різних посадах у системі лісового господарства Львівщини — пройшов трудовий шлях від інженера, лісничого до генерального директора Державного лісгосподарського об'єднання «Львівліс». У 1990–1998 рр. — депутат Львівської обласної ради, у 1997–1998 рр. — голова Львівської обласної ради. Впродовж 1998–2002 рр. — народний депутат України



Фурдичко Орест Іванович — директор Інституту агроекології і природокористування НААН, доктор економічних наук, доктор сільськогосподарських наук за спеціальністю «екологія», професор, заслужений працівник сільського господарства України, академік Національної академії аграрних наук України, народний депутат України III скликання, вчений та громадський діяч.

III скликання, перший заступник Голови Комітету Верховної Ради України з питань екологічної політики, природокористування та ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. У 2002–2004 рр. — перший заступник Голови Державного комітету лісового господарства України; 2004–2005 рр. — перший заступник Міністра охорони навколишнього природного середовища України у зв'язках із Верховною Радою України. З 2005 р. очолює Інститут агроекології і природокористування НААН.

Орест Іванович — відомий вчений у галузі агроекології, екології лісових екосистем і економіки природокористування, раціонального ви-

користання природних ресурсів та охорони навколишнього природного середовища. Основним напрямом наукової діяльності є фундаментальні і прикладні дослідження з проблем раціонального природокористування та охорони навколишнього природного середовища, еколого-економічної оцінки використання природних ресурсів, зменшення негативного впливу господарської діяльності на довкілля. Вагомим внеском у поглиблення і розвиток економічної теорії природокористування у лісовій і аграрній галузях є розробка теоретичних

основ комплексного використання агроресурсів на засадах збалансованого розвитку. За його безпосередньої участі ініційовано розробку 60 законопроектів, які мають важливе значення для розвитку лісової галузі, раціонального природокористування та екологічної науки («Про тваринний світ», «Про мисливське господарство і полювання», «Про статус гірських населених пунктів», «Про Червону книгу», «Про Державну екологічну службу», «Про зони надзвичайної екологічної ситуації» та ін.). Народний обранець брав участь у розробленні Національної програми збереження біорізноманіття на 2000–2015 рр. і низки міжнародних конвенцій з охорони довкілля тощо.

Академік О.І. Фурдичко є ініціатором створення Всеукраїнської громадської організації «Асоціація агроекологів України», що своєю діяльністю сприяє розвитку та поширенню знань з агроекології, поліпшенню екологічної ситуації в державі, низьковуглецевих ресурсо- та енергозберігаючих агроекосистем, їх адаптації до змін клімату, формуванню нового природоохоронного менталітету.

Вчений є автором близько 300 наукових праць, у т.ч. низки монографій, наукових посібників, підручників, методичних розробок, які зреалізувалися на практиці у багатьох галузях народного господарства України. Головні праці: «Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України», «Агроекологія», «Реформування системи лісового господарства України у контексті європейської перспективи розвитку», «Основи управління агроландшафтами України», «Лісова галузь України у контексті збалансованого розвитку: теоретико-методологічні, нормативно-правові та організаційні аспекти», «Ліс у Степу: основи сталого розвитку» та ін.

Орест Іванович Фурдичко здійснює підготовку фахівців вищої кваліфікації — під його керівництвом захищено 10 кандидатських та 10 докторських дисертацій.

За вагомих соціально-економічних внесок у розвиток держави, вітчизняної науки, аграрного і лісового господарства О.І. Фурдичка нагороджено орденом «За заслуги» III (1998), II (2002) і I (2009) ступеня; орденом Ярослава Мудрого V ступеня (2017); Почесною грамотою Кабінету Міністрів України (2002), Почесною Грамотою і цінним подарунком Верховної Ради України (2002, 2012), нагрудним знаком Державного комітету лісового господарства України «Відмінник лісового господарства України» (2002), трудовою відзнакою Міністерства аграрної політики України «Знак пошани» (2007), почесною відзнакою Національної академії наук України «За наукові досягнення» (2012), почесною відзнакою НААН (2007), нагрудним знаком Державного агентства водних ресурсів України (2012) та ін. Він є лауреатом Премії НААН «За видатні досягнення в аграрній науці» (2014); лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки за 2014 рік.

Вельмишановний Оресте Івановичу, прийміть наші щирі вітання, побажання міцного здоров'я, родинного благополуччя, нових творчих звершень під егідою Вашого життєвого кредо: «Поспішайте творити добро» та подальшої реалізації принципів формули Успіху.

*Колектив
Інституту агроекології
і природокористування НААН,*

*Редколегія та редакція
«Агроекологічного журналу».*

В.П. ЛАНДІНУ — 70

26 серпня виповнилося 70 років доктору сільськогосподарських наук, старшому науковому співробітнику, завідувачу відділу радіоекології в агросфері Володимирі Петровичу Ландіну.

Народився В.П. Ландін 26 серпня 1947 р. у с. Дем'янівка Шебекінського р-ну Білгородської обл. У 1972 р. закінчив Харківський сільськогосподарський інститут імені В.В. Докучаєва з присвоєнням кваліфікації вченого агронома агрохіміка-грунтознавця. У 1984 р. захистив кандидатську, в 2014 р. — докторську дисертації з екології. У 1987 р. В.П. Ландіну присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника зі спеціальності «Лісознавство і лісівництво; лісові пожежі та боротьба з ними».

Досвід умілого організатора і науковця Володимир Петрович збагачував на кожній ввіреній йому посаді. Пройшов шлях від молодшого наукового співробітника Вінницької лісової дослідної станції УкрНДІЛГА до завідувача відділу радіоекології в агросфері Інституту агроєкології і природокористування НААН. З 1986 р. був безпосереднім учасником ліквідації наслідків аварії у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС на посаді старшого наукового співробітника УкрНДІЛГА, згодом — на посаді начальника відділу радіоекології лісу Міністерства лісового господарства України. Розробив методику і забезпечив радіаційне обстеження 4,5 млн га лісів у 18 областях України. Результати проведених ним досліджень з міграції радіонуклідів у лісових екосистемах були покладені в основу «Рекомендацій з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення» (1986; 1988; 1995; 2000 і 2008 рр.).

Володимир Петрович Ландін — автор та співавтор близько 190 наукових праць, присвячених актуальним проблемам радіоактивного забруднення лісових екосистем



та сільськогосподарських угідь, мінімізації його негативних наслідків і питанням лісової та сільськогосподарської радіоекології і дозиметрії, 6 колективних монографій, низки авторських свідоцтв і патентів на винаходи, методичних рекомендацій. Головними напрямками наукової діяльності В.П. Ландіна є лісова та сільськогосподарська радіоекологія і радіобіологія. Свої глибокі знання, багатий науковий і практичний досвід доктор наук щедро

передає молодим ученим інституту. За його наукового керівництва підготовлено двох кандидатів наук.

Володимир Петрович Ландін є членом ВГО «Асоціація радіоекологів України», редакційної колегії науково-теоретичного журналу «Агроєкологічний журнал», членом спеціалізованої вченої ради із захисту докторських та кандидатських дисертацій при Інституті агроєкології і природокористування НААН.

За багаторічну сумлінну працю, високий професіоналізм, особистий внесок у розвиток наукових досліджень та підготовку кадрів В.П. Ландін неодноразово був відзначений багатьма грамотами та подяками, серед яких Почесна відзнака Державного комітету з лісового господарства; Почесна відзнака Міністерства з надзвичайних ситуацій України; Подяка Національної академії аграрних наук України та багато інших, а також удостоєний присудження звань «Відмінник лісового господарства» та «Заслужений природоохоронець України».

Колектив співробітників Інституту агроєкології і природокористування НААН, редколегія «Агроєкологічного журналу» щиро вітають Володимира Петровича з ювілеєм, зичать міцного здоров'я, наснаги, благополуччя та подальших творчих успіхів на ниві вітчизняної радіоекологічної науки.



20 червня 2017 р. пішов із життя доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник Проневич Василь Антонович, широко відомий у наукових колах меліораторів та радіоекологів. Народився В.А. Проневич 15 серпня 1948 р. у с. Дубчиці Зарічненського р-ну Рівненської обл. У 1967 р. отримав кваліфікацію «агроном» у Дубнівському сільськогосподарському технікумі; до 1969 р. ніс військову службу в Чехословаччині; 1970–1975 рр. — навчався в Житомирському сільськогосподарському інституті, одержав кваліфікацію «вчений агроном». З 1972 до 1975 року був головним агрономом колгоспу ім. Кузнецова Дубнівського р-ну Рівненської обл. З 1975 до 1986 року працював старшим науковим співробітником, завідувачем відділу землеробства, заступником директора з наукової роботи Рівненської обласної сільськогосподарської станції. Впродовж 1986–1996 рр. — директор Сарненської дослідної станції по освоєнню осушених боліт. У 1982 р. захистив кандидатську дисертацію у Львівському сільськогосподарському інституті. З 2002 до 2012 року працював в Національному інституті водного господарства і природокористування та в Інституті сільськогосподарства Західного Полісся. Упродовж 2012–2015 рр. — докторант Інституту агроекотології і природокористування НААН.

У січні 2015 р. В.А. Проневич успішно захистив докторську дисертацію на тему «Наукові основи реабілітації осушених торфовищ та радіоекологічної безпеки в агроекосисте-

мах Полісся» за спеціальністю «екологія» (сільськогосподарські науки), науковим консультантом був академік НААН Б.С. Прістер. Василь Антонович працював завідувачем лабораторії екології водно-болотних угідь і торфовищ відділу охорони ландшафтів, збереження біорізноманіття і природозаповідання Інституту агроекотології і природокористування НААН. Вчений В.А. Проневич — автор і співавтор понад 100 наукових публікацій, у т.ч. 10 монографій, методичних рекомендацій і вказівок, фахових статей, опублікованих в Україні, Великобританії, Бельгії, Білорусі, Люксембурзі тощо; отримав авторські свідоцтва на винаходи. Василь Антонович багато зробив для реабілітації та структурної меліорації осушених торфовищ, займався проблемами збереження органічної речовини, залуження та регулювання водного режиму торфових ґрунтів та їх агроекотологічного моніторингу. Науковий потенціал В.А. Проневича та природні здібності особливо яскраво проявилися під час вирішення питань, що виникли після аварії на Чорнобильській АЕС. Талановитий організатор та вчений, він успішно розробляє проблеми міграції радіонуклідів, ведення сільського господарства в умовах радіаційного забруднення, ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС та впроваджує практичні рекомендації. Створений на базі Сарненської дослідної станції обласний радіоекологічний центр під керівництвом В.А. Проневича перетворився на школу передового дослідження для усіх господарств Рівненської області, які були забруднені внаслідок Чорнобильської аварії. На базі центру з ним тісно співпрацювали академіки НААН, радіоекологи та меліоратори Б.С. Прістер, Г.О. Богданов, М.І. Ромащенко, В.П. Славов, О.І. Фурдичко, О.Г. Тараріко та багато провідних вчених.

Василь Антонович був справжнім патріотом Полісся, його завжди відрізняли життєрадісність та оптимізм, поміркованість, принциповість та доброзичливість, він щиро надавав мудрі поради і консультації. Світла пам'ять про Василя Антоновича залишиться у серцях всіх, хто його знав.

*Академік НААН Б.С. Прістер,
доктори наук В.В. Коніщук, В.П. Ландін.
Колектив Інституту агроекотології
і природокористування НААН.
Редколегія та редакція
«Агроекотологічного журналу».*

АННОТАЦИИ

Яцук И.П.¹, Моклячук Л.И.², Лишук А.Н.² Национальные и региональные индикаторы «зеленого роста» сельского хозяйства // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 7–17.

¹ *ГУ «Институт охраны почв Украины»*

² *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Проведен анализ и сравнение основных индикаторов «зеленого роста» сельского хозяйства, предложенных международными организациями ЕС и адаптированных для Украины. Установлена необходимость определения агроэкологических индикаторов «зеленого роста» на глобальном, региональном и локальном уровнях. Отмечено, что одним из основных индикаторов «зеленого роста» сельского хозяйства считается динамика содержания органического вещества почвы. Этот индикатор соответствует критериям Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и является региональным индикатором «зеленого роста» сельского хозяйства.

К л ю ч е в ы е с л о в а: «зеленый рост», индикаторы, критерии ОЭСР, сельское хозяйство, агроэкосистема.

Устименко А.В., Глущенко Л.А., Куценко Н.И., Колосович Н.П. Агроэкологические исследования в развитии лекарственного растениеводства // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 18–26.

Опытная станция лекарственных растений Института агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: l256@ukr.net

Приведены результаты агроэкологических исследований лекарственных растений за период 2001–2016 гг. Доказано, что под влиянием хозяйственной деятельности в агроценозах происходит формирование устойчивых антропогенных фитоценозов с комбинационными системами. В фитоценозах с лугово-степной растительностью и низким уровнем антропогенной нагрузки происходят резкие отклонения в сторону ксероморфности и синантропности. Среди экологических факторов, наиболее влияющих на сезонный ритм роста и развития лекарственных видов, находятся факторы колебания температуры и влажности. Выявлены особенности комбинирования лекарственных растений и разработаны принципы формирования ландшафтных композиций для декоративно-оздоровительных комплексов. Приведена характеристика вновь созданных сортов лекарственных растений с высокой экологической

адаптивностью, предложены новые методы оценки качества сырья по содержанию биологически активных веществ и усовершенствованы методики проведения оценки растениеводческих образцов лекарственных растений. Разработан комплекс экологически безопасных технологий выращивания новых и традиционных лекарственных культур. Проведен поиск экологически безопасных средств повышения урожайности и качества сырья лекарственных растений.

К л ю ч е в ы е с л о в а: лекарственные растения, фитоценоз, экологические факторы, экологически безопасные технологии, биологически активные вещества.

Михальчук Н.В. Тяжелые металлы и микроэлементы в фоновых почвах и агроландшафтах юго-запада Беларуси // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 27–31.

ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»

e-mail: dpp@tut.by

Установлено, что в дерново-подзолистых песчаных почвах юго-запада Беларуси в концентрациях ниже фоновое содержание подвижных форм для почв региона выявлены Zn, Mn, Cd; выше фоновое уровня — Cu и Pb. Последний элемент относится к числу наиболее опасных загрязнителей и отличается несколько более высокими показателями накопления в поверхностном слое почвы природных ландшафтов по сравнению с почвами пахотных угодий. Определено, что максимальное накопление большинства тяжелых металлов и микроэлементов характерно для дерновых заболоченных карбонатных почв; формула геохимической специализации подвижных форм элементов для распашных их категорий имеет вид: Ni 9,5 — Cu 6,6 — Mn 4,8 — Pb 2,2 — Cd 1,4 — Zn 0,9; повышенное содержание большинства исследованных элементов (особенно Mn, Cu и Pb: Mn 4,8 — Cu 4,4 — Pb 3,5 — Zn 1,5 — Ni 1,1 — Cd 0,8) имеет место в южном и юго-западном секторах НП «Беловежская пушта», что ограничивает возможность использования соответствующих показателей в качестве фоновых при проведении сравнительных оценок.

К л ю ч е в ы е с л о в а: тяжелые металлы, подвижные формы, дерново-подзолистые почвы, дерновые заболоченные карбонатные почвы.

Бондар А.И., Рыженко Н.А. Фитотоксикологическая классификация металлов по интенсивности их биоккумуляции в условиях зеленых парковых зон г. Киев // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 32–40.

Государственная экологическая академия последипломного образования и управления

e-mail: alsko2011@ukr.net

Разработана фитотоксикологическая классификация металлов по интенсивности их биоккумуляции в системе «почва — растение» в условиях Голосеево-Феофановской и Конча-Заспоской зеленых зон. Установлено, что к металлам с интенсивной биоккумуляцией относятся Cd, Pb, Zn, Cu: среднеарифметический коэффициент биоккумуляции данных металлов более 2,24. К металлам с низкой способностью перехода в растения отнесен Co. Выявлена закономерность существования широкого диапазона коэффициентов биоккумуляции для ультрамикроэлементов и узкого — для микроэлементов относительно всей совокупности исследуемых растений. В растениях, которые растут на почвах с большим их содержанием вследствие высокой антропогенной нагрузки (Голосеевский проспект), биоккумуляция металлов является ниже. По росту интенсивности биоккумуляции на всей исследуемой территории определен следующий ряд металлов: $Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Co$.

К л ю ч е в ы е с л о в а: металлы, фитотоксикологическая классификация, биоккумуляция, зеленые парковые зоны.

Кураева И.В.¹, Войтюк Ю.Ю.¹, Самчук А.И.¹, Локтионова Е.П.¹, Мусич Е.Г.² Эколого-геохимическая характеристика микроэлементов техногенно загрязненных агроселитебных ландшафтов Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 40–45.

¹ *Институт геохимии, минералогии и рудообработки им. М.П. Семененко НАН Украины*

² *ГУ «Институт геохимии окружающей среды Украины»*

e-mail: voitiuk_yulia@ukr.net

Исследованы закономерности распределения микроэлементов в почвах под влиянием промышленных предприятий (Мариупольский и Шосткинский участки). По геохимическим критериям выделены техногенные ассоциации тяжелых металлов в загрязненных почвах агроландшафтов под воздействием предприятий черной металлургии ($Pb\ 23,2 > Cu\ 8,4 > Zn\ 5,5 > Cr\ 3,9 > Mn\ 2,5$) и химической промышленности ($Pb\ 23 > Ni\ 16 > Cr\ 9 > Co\ 5 > Ag\ 4 > Cu\ 2$). Установлено, что на техногенно загрязненных территориях изменяются физико-химические показатели почвенных отложений; увеличивается подвижность тяжелых металлов. Обоснованы биогеохимические критерии выделения техногенно загрязненных участков по наличию микроорганизмов в почвах, не характерных для фоновых территорий.

К л ю ч е в ы е с л о в а: микроэлементы, агроландшафты, микроорганизмы.

Романчук Л.Д., Федонюк Т.П., Петрук А.А. Экологическая оценка качества показателей воды в р. Устья при интенсивной антропогенной нагрузке // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 46–49.

Житомирский национальный агроэкологический университет

e-mail: paa7@meta.ua

Приведены результаты исследований качества воды р. Устья на участках, расположенных выше и ниже г. Ровно. Установлено, что природный гидрохимический режим практически на всех участках реки существенно нарушены в результате воздействия антропогенных факторов, а по таким показателям, как аммонийный азот, нитритный азот, фосфор, БПК₅, ХПК вода реки относится к категории 4, III класса, по экологической классификации вод соответствует значению «удовлетворительные», или «слабозагрязненные» воды. Обосновано, что с учетом максимальных значений некоторых параметров воды р. Устья ее следует отнести к категории 6 — «плохие» и «грязные».

К л ю ч е в ы е с л о в а: загрязнение, поверхностные воды, антропогенная нагрузка, сточные воды.

Аристархова Э.А. Оптимизация Allium-теста для экспресс-оценки токсичности вод поверхностных источников водоснабжения // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 50–54.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: earistarchowa@yahoo.de

Для экспресс-оценки токсичности вод поверхностных источников водоснабжения г. Житомир использован Allium-тест, который был усовершенствован в наших предыдущих исследованиях путем сокращения срока экспозиции растений и снижения трудоемкости их тестирования. В эксперименте были проведены температурная стимуляция луковиц и биотестирование вод по стандартным и собственным методикам. Установлено, что осуществленная перед тестированием стимуляция ростовых процессов растений способствовала повышению информативности биотеста (в частности уменьшению на 66,67% продолжительности экспозиции луковиц), а также позволила снизить его трудоемкость (благодаря упрощенному определению тест-реакций лука). Оценку токсичности вод поверхностных источников водоснабжения на луке обыкновенном предложено проводить после 14-суточной температурной стимуляции луковиц ($20 \pm 2,5^\circ C$) с помощью тест-реакций корнеобразования (по количеству растений с хорошо сформированным корневым пучком) с экспозицией одни сутки.

К л ю ч е в ы е с л о в а: поверхностные источники водоснабжения, Allium-тест, температурная

стимуляция, корнеобразование, индекс токсичности, острое токсическое действие.

Краснов В.П.¹, Зборовская О.В.², Суховецкая С.В.¹, Ландин В.П.³, Захарчук В.А.³ Оценка свойств лесных почв на водно-ледниковых отложениях в различных типах лесорастительных условий // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 55–60.

¹ *Житомирский государственный технологический университет*

² *Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. М. Высоцкого*

³ *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: volodkrasnov@gmail.com

Приведены результаты исследований гранулометрического состава и содержания питательных элементов генетических горизонтов дерново-подзолистых почв, сформированных на водно-ледниковых отложениях в различных типах лесорастительных условий. Исследования проводились в свежих борах и суборах под насаждениями сосны обыкновенной разного возраста. Выявлено, что основное количество корней сосны обыкновенной формируется до глубины 60–80 см. Установлено, что более высокое содержание азота, калия и гумуса накапливается в свежих суборах по сравнению со свежими борами. Высказано предположение, что лесорастительный потенциал песчаных почв со временем (в процессе нарастания биомассы с увеличением возраста лесного насаждения) несколько снижается.

К л ю ч е в ы е с л о в а: лесные почвы, водно-ледниковые отложения, сосновые лесные культуры, плодородие почвы, дерново-подзолистые почвы.

Дегодюк С.Э.¹, Литвинова Е.А.¹, Дмитренко О.В.², Молдован Л.П.² Влияние удобрений на накопление микроэлементов и тяжелых металлов в серой лесной почве // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 61–65.

¹ *ННЦ «Институт земледелия НААН»*

² *ГУ «Институт охраны почв Украины»*

e-mail: ecolab23071964@ukr.net

Приведены результаты исследований изменения содержания подвижных и кислоторастворимых форм микроэлементов и тяжелых металлов при систематическом применении органических и минеральных удобрений в полевом севообороте на серой лесной почве. Установлено, что применение удобрений влияло на повышение уровня этих показателей в почве по сравнению с исходным состоянием исследования, но превышение ПДК в отношении всех элементов не наблюдалось. Эффективной

как в процессах накопления наиболее значимых в жизнедеятельности растений микроэлементов, так и создания высокого уровня производительности звена севооборота оказалась органо-минеральная система удобрения (12 т/га навоза + N₆₀P₆₀K₆₈). Применение только минеральных удобрений при высоких нагрузках в системах удобрений нецелесообразно в агрономическом аспекте.

К л ю ч е в ы е с л о в а: микроэлементы, тяжелые металлы, плодородие почвы, производительность, севооборот.

Грищенко Е.Н., Венглинский Н.А. Динамика плодородия почв Сквирского района Киевской области // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 66–71.

ГУ «Институт охраны почв Украины»

e-mail: grischenkoel@ukr.net

Представлены результаты исследований агрохимического состояния почв Сквирского р-на Киевской обл. и приведена динамика изменений обменной кислотности, содержания гумуса, подвижных соединений фосфора и калия на протяжении 15 лет агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения. Приведена эколого-агрохимическая оценка почв и оценка существующего уровня их обеспеченности основными элементами питания.

К л ю ч е в ы е с л о в а: почва, агрохимическая паспортизация, обменная кислотность, гумус, содержание подвижных соединений фосфора, содержание подвижных соединений калия, эколого-агрохимический балл, динамика.

Ретьман С.В., Панченко Ю.С. Протравители для защиты посевов овса от болезней в Правобережной Лесостепи Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 72–76.

Институт защиты растений НААН

e-mail: panchenko_yuriy@i.ua

Оценено фитосанитарное состояние посевов овса сортов Черниговский 28 и Самуэль в Правобережной Лесостепи Украины. Приведена техническая эффективность химических протравителей Венцедор, ТН; Винцит 050 CS, кс и биологических — Гаупсин, р. и Фитоцид, р. против основных болезней культуры на ранних этапах органогенеза. Определена урожайность овса при воздействии различных протравителей.

К л ю ч е в ы е с л о в а: овес, протравители, интенсивность поражения болезнями, техническая эффективность, урожайность.

Герасимчук Л.А., Валерко Р.А. Экологическая оценка качества овощной продукции агроселитебных территорий пригородной зоны г. Житомир // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 76–82.

Житомирский национальный агроэкологический университет

e-mail: gerasim4uk@ukr.net

Установлено, что овощная продукция, выращенная в пределах агроселитебных ландшафтов с. Теревка (Житомирская обл.) загрязнена кадмием, цинком и свинцом. Максимальный вклад в общую экспозицию загрязнителей, поступающих в продукты питания, вносит картофель (73–86%), второе место занимает петрушка листовая, третье — свекла столовая и морковь столовая. Превышение коэффициента опасности зафиксировано только по свинцу. Общий уровень неканцерогенного риска составляет 1,052 по уровню медианы и 1,617 по уровню 90-го процентиля. Суммарный уровень канцерогенного индивидуального риска по Pb и Cd составляет $5,44 \times 10^{-4}$ — по медианным значениям и $7,52 \times 10^{-4}$ — 90-го процентиля, что по международной шкале оценивается как напряженный.

К л ю ч е в ы е с л о в а: тяжелые металлы, овощи, загрязнения, экспозиция, коэффициент опасности, канцерогенный риск, неканцерогенный риск.

Гришко В.М., Лысенко О.И. Устойчивость гибридов кукурузы к стрессовому воздействию хрома и никеля в начале ювенильного этапа развития растений // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 3. — С. 82–88.

Криворожский ботанический сад НАН Украины
e-mail: vitgryshko@i.ua

Проанализированы данные исследований энергии прорастания и лабораторной всхожести гибридов кукурузы при воздействии $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ и NiSO_4 (отдельного и совместного использования) в вариантах опыта: Cr^{3+} и Ni^{2+} в концентрациях 10^{-5} и 10^{-4} М/л; $10^{-5} \text{Ni}^{2+} + 10^{-5} \text{Cr}^{3+}$; $10^{-5} \text{Ni}^{2+} + 10^{-4} \text{Cr}^{3+}$; $10^{-4} \text{Ni}^{2+} + 10^{-5} \text{Cr}^{3+}$ и $10^{-4} \text{Ni}^{2+} + 10^{-4} \text{Cr}^{3+}$ М/л. Установлено, что к первой группе относятся гибриды (Тон 320 ВС, Престиж 365 МВ Мир 400 МВ, Премия 190 МВ и Блиц 160 МВ), проявляющие высокую металлоторерантность. Для них характерна тенденция подавления прорастания семян до 10% только высокими концентрациями хрома как при отдельном использовании элемента, так и на фоне высоких концентраций никеля. Зато минимальные концентрации этих элементов, соответственно, не проявляют существенного фитотоксичного эффекта. Ко второй относятся гибриды (Евро 401 СВ, Фонд 404 МВ и Маис 226 МВ), имеющие высокую чувствительность к ионам никеля и хрома в начале ювенильного этапа развития (энергия прорастания и всхожесть семян снижается до 63 и 37% соответственно). Действие хрома и никеля приводит к продлению у большинства раннеспелых и среднеспелых гибридов кукурузы начальных этапов прорастания семян. Общей закономерностью является более высокая фитотоксичность хрома в сравнении с никелем.

К л ю ч е в ы е с л о в а: кукуруза, гибриды, энергия прорастания, всхожесть, хром, никель, металлоторерантность.

Влащук А.Н., Колпакова О.С., Конащук Е.П. Влияние сроков сева на производительность и качество зерна гибридов кукурузы в условиях орошения // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 3. — С. 89–95.

Институт орошаемого земледелия НААН

e-mail: izz_nasimnystv@ukr.net

Приведены результаты исследований относительно реакции новых гибридов кукурузы различных групп спелости на сроки сева и густоту стояния при их выращивании на орошаемых землях степной зоны юга Украины. Максимальную урожайность зерна кукурузы в среднем за 2014–2016 гг. — 13,69 т/га сформировал среднеспелый гибрид Каховский при втором сроке сева и густоте стояния 70 тыс. шт./га. По скороспелому гибриду Тендра высокий показатель производительности — 10,96 т/га установлен при втором сроке посева и густоте стояния 90 тыс. шт./га. Среднеранний гибрид Скадовский наиболее высокую урожайность — 11,92 т/га сформировал при втором сроке сева и густоте стояния 90 тыс. шт./га.

К л ю ч е в ы е с л о в а: кукуруза, гибриды, сроки сева, густота стояния, урожайность.

Василенко М.Г., Стадник А.П., Душко П.Н. Перспективы применения органо-минеральных удобрений и регуляторов роста растений // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 3. — С. 96–102.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

На протяжении 1992–2016 гг. исследовано влияние органо-минеральных удобрений (ОМУ), регуляторов роста растений (РРР), микробиологических препаратов (МП) отечественного производства на экологическую безопасность, урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур. Применение Гумисола, ОМУ (Виталист Оазис, Добродий), РРР (Эмистим, Эндофит, Экостим, Неофит, Вегестим, Ноостим, Гарт, Агростим), МП (Азотовит, Ембионик) соответствует экологическим требованиям, обеспечивает охрану окружающей среды, создает надлежащие условия роста и развития, а также повышает урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

К л ю ч е в ы е с л о в а: органо-минеральные удобрения, регуляторы роста растений, урожайность, качество, прирост, белок.

Цыгичко А.А., Маклюк Е.И. Формирование микробных ассоциаций азотного цикла в черноземе оподзоленном при органической системе земледелия и их влияние на показатели качества зерна

пшеницы озимой // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 103–109.

ІНЦ «Інститут почвознавства і агрохімії імені А.Н. Соколовського»

e-mail: anna_tsigichko@yahoo.com

Проведена сравнительная характеристика структуры микробных ценозов чернозема оподзоленного в агроценозах пшеницы озимой в отношении количества основных эколого-трофических групп микроорганизмов, участвующих в процессах трансформации азотсодержащих соединений органической и традиционной систем земледелия. Определено, что при традиционной системе земледелия высокая биогенность чернозема оподзоленного формируется в зависимости от численности микроорганизмов, которые усваивают минеральный азот. Доминирующими группировками в микробных ценозах органической системы земледелия при выращивании пшеницы озимой являются микроорганизмы, которые усваивают органические формы азота, и азотфиксаторы. Обнаружена прямая тесная достоверная корреляционная связь между микробиологическими показателями, а именно: численностью органотрофов и азотфиксаторов и качеством зерна пшеницы озимой.

К л ю ч е в ы е с л о в а: чернозем оподзоленный, органическая система земледелия, традиционная система земледелия, эколого-трофические группы микроорганизмов азотного цикла, качество зерна, пшеница озимая.

Симочко В.В. Эффективность применения клейких ловушек в системе фитосанитарного мониторинга вредных организмов рода *Liriomyza* // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 110–115.

Закарпатський територіальний центр карантину рослин ІЗР НААН; ГВУЗ «Ужгородський національний університет»

e-mail: vitality.symochko@uzhnu.edu.ua

Осуществлен поиск и обобщение теоретических сведений о морфологии, биологии, развитии вредных агромизид; методик их выявления. Получена базовая информация о регулируемых вредных организмах рода *Liriomyza*, которая будет использоваться в дальнейших исследованиях по подбору методов обнаружения и идентификации агромизид. Определена эффективность применения цветных клейких ловушек для выявления имаго минирующих мух рода *Liriomyza* в агроценозах овощных культур закрытой почвы. Установлено, что желтые ловушки имеют наивысшую степень аттрактивности в отношении имаго лириомизид и могут быть рекомендованы для осуществления фитосанитарного контроля.

К л ю ч е в ы е с л о в а: фитосанитарный контроль, минирующие мухи, агромизиды, *Liriomyza*, имаго, аттрактивные клейкие ловушки.

Волошин Н.И., Тертичная О.В., Свалячук Л.И. Обоснование выбора модельных птицепредприятий с целью экологических исследований // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 116–122.

Інститут агроекології і природопольовання НААН

e-mail: mykola_voloshyn@ukr.net

По результатам случайного бесповторного отбора данных публичной информации о численности птицепоголовья на птицепредприятиях Украины определены модельные объекты (область, птицепредприятие) для экологических исследований. В выборочную совокупность вошла практически половина всех птицепредприятий Украины, что расценивалось как гарантия репрезентативности выборки. Анализировали два показателя — количество птицепредприятий в области и численность птицепоголовья на птицепредприятии. Значения этих показателей рассмотрены в качестве значения случайных величин с вычислением статистических характеристик и выяснением вида распределения. Модельными были определены объекты по результатам сравнения их показателей со среднестатистическими данными.

К л ю ч е в ы е с л о в а: промышленное птицеводство, модельный объект, случайная величина, репрезентативность, статистические характеристики, вид распределения, однородность совокупности, алгоритм отбора.

Курбатова И.Н.¹, Байер Е.В.², Захаренко Н.А.¹ Остатки антибактериальных препаратов, антигельминтиков и гормонов в отходах жизнедеятельности свиней // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 122–129.

¹ *Національний університет біоресурсів і природопольовання України*

² *Государственный НИИ лабораторной диагностики и ветеринарно-санитарной экспертизы*

e-mail: innakurbatova@ukr.net

Установлено, что отходы свиноводческого предприятия (жидкий навоз и навозные стоки) содержат значительное количество неорганических и органических остатков, в т.ч. азотсодержащих соединений, сульфаниламидных препаратов (сульфаметазин, сульфаниламид, сульфатуанидин, сульфамеразин и сульфаметоксазол), антибиотиков группы тетрациклина (хлортетрациклин и докситетрациклин), антигельминтиков (альбендазол и фенбендазол), а также гормонов (нандролон, болденон, станозолон, тренболон, рактопамин, стиблена и кортикостероиды), значительный диапазон содержания которых зависит от вида отходов. Выявленные в отходах ксенобиотики могут загрязнять природные водоемы, расположенные в зоне деятельности животноводческих предприятий.

Ключевые слова: отходы, жидкий навоз, навозные стоки, сульфаниламидные препараты, антибиотики, антигельминтики, гормоны.

Кукурудзьяк Е.В., Бригас Е.П. Биоиндикация экологического состояния почвы в условиях воздействия хозяйств по производству свинины // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 129–133.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: kukurko@i.ua

Исследована сезонная динамика экологического состояния почвы вследствие воздействия хозяйств по производству свинины различной мощности с помощью биоиндикации. Установлено, что данные хозяйства существенно повышают общую токсичность почвы и ухудшают обратное воздействие токсичных веществ почвы. Отмечена взаимосвязь между мощностью хозяйства и экологическим состоянием почвы прилегающих территорий. Выявлено, что относительно экологического состояния почвы вокруг таких хозяйств существует сезонная динамика. Сделан вывод о необходимости совершенствования технологий обработки отходов этих хозяйств, особенно в теплый период года.

Ключевые слова: биоиндикация, почва, хозяйства по производству свинины, сезонная динамика.

Шаврина В.И., Ткач Е.Д. Синантропизация флоры фитоценозов соединительных территорий Лядовского регионального экокори́дора // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 134–137.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: vira.shavrina@gmail.com

Приведены результаты анализа синантропных видов высших сосудистых растений соединительных территорий Лядовского регионального экокори́дора. На территории исследования выявлено 85 синантропных видов, 59 из которых являются апофитами, 26 — антропофитами. Установлено, что процессы апофитизации преобладают над процессами адвентизации. Выявлены особенности адвентивной фракции по времени заноса, степени натурализации и способу распространения. Определены индексы: синантропизации ($IS = 43,15$), апофитизации ($IAP = 31,05$), антропофизации ($IAPn = 15,04$), археофитизации ($IAG = 8$), кенофитизации ($IKn = 4,2$) и установлено, что флора данного региона является достаточно трансформированной.

Ключевые слова: синантропная флора, апофиты, антропогенная трансформация, соединительные территории.

Крутило Д.В.¹, Леонова Н.И.², Иутинская Г.А.² Формирование симбиотической системы сои при участии штаммов *Bradyrhizobium japonicum* — продуцентов веществ фитогормонального действия // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 138–147.

¹ *Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН*

² *Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины*

e-mail: krutylodv@gmail.com

Установлено, что активные штаммы клубеньковых бактерий сои способны продуцировать биологически активные вещества ауксиновой и цитокининовой природы. Выявлены различия между штаммами по уровню синтеза фитогормонов: медленно растущий штамм *B. japonicum* 46 производит большее количество ауксинов (48,4 к 34,2 мкг/г абсолютно сухой биомассы), в то время как интенсивно растущий штамм *B. japonicum* KB11 существенно преобладает по синтезу цитокининов (835,3 к 328,5 мкг/г абсолютно сухой биомассы). Установлено, что не только штаммы бактерий, но и продукты их метаболизма могут вызывать количественные изменения в составе клубеньковых популяций ризобий и положительно влиять на формирование и функционирование симбиотических систем сои. Бинарная инокуляция сои штаммами *B. japonicum* 46 и KB11 оказалась более эффективной в отношении влияния на растения, нежели моноинокуляция каждым штаммом в отдельности. На фоне почвенной популяции ризобий обработка семян метаболитами двух штаммов в виде фильтрованных культуральных жидкостей обеспечила увеличение надземной фитомассы сои подобно действию живых клеток данных микроорганизмов (на 16,9% относительно контроля).

Ключевые слова: *Bradyrhizobium japonicum*, соя, симбиоз, фитогормоны.

Симочко Л.Ю. Оценка сорбции и токсичности фторхинолового антибиотика в агроэкосистемах // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 3. — С. 147–151.

ГВУЗ «Ужгородский национальный университет»

e-mail: lyudmilassem@gmail.com

Приведены результаты исследований сорбции антибиотика класса фторхинолонов — энрофлоксацина различными сельскохозяйственными культурами при внесении различной его концентрации в почву: 1000 мг·кг⁻¹, 100 мг·кг⁻¹, 10 мг·кг⁻¹. Экспериментальные исследования показали, что активность поглощения антибиотика зависит от его концентрации в почве и от вида сельскохозяйственного растения. Установлено, что активно антибиотик поглощается растениями *Lactuca sativa* var. *crisp* и *Calendula officinalis*. Минимальным

среди пяти растений было содержание энрофлоксацина в *Mentha piperita*. Внесение в почву энрофлоксацина в концентрации $1000 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ приводит к формированию высокого уровня токсичности почвы. В модельных экосистемах с *Thymus serpyllum* и *Mentha piperita* токсичность почвы составляла более 70% в экспериментах *in vitro* и в среднем на 7% была меньше в — *in vivo*.

К л ю ч е в ы е с л о в а: энрофлоксацин, агро-экосистема, фитотоксичность, антибиотик, сельскохозяйственные растения.

Руденко А.Н. Влияние лесорастительных условий роста на средообразующие функции сосновых насаждений Межреченского регионального ландшафтного парка // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 3. — С. 152–155.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: agroecology_naana@ukr.net

На основе уравнений степенной множественной регрессии проанализировано влияние лесорастительных условий роста на накопление надземной фитомассы в стволе, коре и хвое сосны обыкновенной в абсолютно сухом состоянии. Проведен сравнительный анализ существующего количества сосны обыкновенной в насаждении Межреченского регионального ландшафтного парка (РЛП) с

действующими нормативными таблицами и установлена фактическая и необходимая фитомасса деревьев по лесорастительным условиям роста. Определена углеродопоглотительная и кислородообразующая способность сосновых лесных насаждений Межреченского РЛП.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сосна обыкновенная, лесорастительные условия роста, фитомасса, углерод, кислород.

Орловский А.В. Диагностика изолятов ВТМ (*Tobamovirus*) на растениях клена остролистного в условиях лесных биоценозов // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 3. — С. 155–158.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: ostunpower@ukr.net

Рассмотрены результаты исследований патогена, который отнесен к *Tobamovirus*. На основе изучения морфологии антигенных свойств возбудителя, растений-индикаторов и формирования патогеном в клетках своеобразных вирусных включений *Tobamovirus* на *Acer platanoides* L. он идентифицируется как изолят СТМ. Доказано, что патоген часто поражает растения клена в условиях смешанной инфекции.

К л ю ч е в ы е с л о в а: биоценоз, вирус, морфология, антиген.

ABSTRACT

Yatsuk I.¹, Moklyachuk L.², Lishchuk A.² National and regional indicators of Green Growth of agriculture // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 7–17.

¹ *State Institution «Institute of soil protection of Ukraine»*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: agroecology_naana@ukr.net

The analysis and comparison of traditional economic models of the economic development of agriculture, where the environment is seen as an economic burden that slows the progress, with the model of Green Growth, that marks a paradigm shift in the approach to economic progress and based on environmentally sustainable development, is carried out. Model of Green Growth at the forefront puts measures for the protection and conservation of natural resources that can accelerate national and global economic progress is grounded. It was determined that green agricultural growth is not possible without the sustainable development of agro-ecosystems. We have

shown that Green Growth strategy is a strategy for the economic system in which investment in environmental resources and services are the driving force of economic development. Environmental protection is seen as a factor of progress. The role of environmental and agrochemical monitoring the transition to Green Growth in agriculture was investigated.

К e y w o r d s: agroecosystem, soil, Green Growth, sustainable development, monitoring.

Ustyomenko O., Hlushchenko L., Kutsenko N., Kolesovych M. The influence of agro ecological science on medicinal plant cultivation development // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 18–26.

Experimental Station of Medicinal plants of the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: l256@ukr.net

The influence of agro ecological science on medicinal plant cultivation development is shown. The data of agro ecological research on medicinal plants collected from 2001 to 2016 are presented in the pa-

per. It is proved that formation of persistent anthropogenic phytocenoses with combinational systems is influenced by economic activity in agroecosystems. Abrupt deviations to xeromorphism and synanthropy occur in phytocenoses with meadow-steppe vegetation and a low degree of anthropogenic load. Among environmental factors fluctuations of temperature and humidity have the most essential influence on seasonal rhythm of growth and development of medicinal species. The specifics of medicinal plants combination and principles of landscape composition formation for improving decorative and recreational combinations are revealed. The article represents characteristic of the newly established plant varieties with high environmental adaptability, new methods for biologically active substances determination, improved estimation methods for medicinal plants samples, a complex of ecologically safe technologies for cultivation of new and traditional medicinal plants, informational research of environmentally friendly means of raw medicinal plants yield and quality improvement.

Key words: medicinal plants, phytocenoses, environmental factors, environmentally friendly technologies, biologically active substances.

Mihalchuk N. Heavy metals and minerals in background soils and agrolandscapes of the south-west of Belarus // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 27–31.

State Scientific Establishment «Poleski Agrarian-Ecological Institute NAS of Belarus»

e-mail: dpp@tut.by

In sod-podzolic sandy soils of the south-west of Belarus in concentration below the background maintenance of the mobile forms for soils of Belarus Zn, Mn, Cd are found; above background level — Cu and Pb. The last element falls into number of the most dangerous pollutants of soils and differs in little higher rates of accumulation in the surface layer of soils of natural landscapes in comparison with soils of arable grounds. The maximal accumulation of the majority of heavy metals and minerals is characteristic of soddy boggy carbonaceous soils; the formula of geochemical specialization of the relative frame forms of elements for their arable categories has Ni 9.5 — Cu 6.6 — Mn 4.8 — Pb 2.2 — Cd 1.4 — Zn 0.9 appearance. The increased content of the majority of the studied elements (especially Mn, Cu and Pb — Mn 4.8 — Cu 4.4 — Pb 3.5 — Zn 1.5 — Ni 1.1 — Cd 0.8) is observed in the southern and southwest sectors of national park «Belovezhskaya Pushcha» that limits possibilities of use of the corresponding indices as background ones for carrying out comparative estimates.

Key words: heavy metals, mobile forms, sod-podzolic soils, soddy boggy carbonaceous soils.

Bondar O., Ryzhenko N. Phytotoxicological classification of metals according to the plant up-take ability

in green park zones of Kyiv // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 32–40.

State Environmental Academy of Postgraduate Education and Management

e-mail: alsko2011@ukr.net

The phytotoxicological classification of metals (Cd, Zn, Cu, Co, Ni, Pb) according to the intensity of plant up-taking in Holosiyvo-Feofanivska and Koncha-Zaspivska green zones of Kyiv was developed. The high level of plant up-taking ability had Cd, Pb, Zn, Cu (plant up-taking indices were more than 2.24). Co had low plant up-taking ability. The wide range of plant up-taking indices was observed for Cd, Co, Ni, Pb. For Zn and Cu the narrow range of plant up-taking indices was highlighted. Plants growing in higher polluted soils (near highway Holosivsky Prospekt) had smaller plant up-taking indices. According to the plant up-taking indices the decreasing range of metals was obtained: Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Co.

Key words: metals, phytotoxic classification, bioaccumulation, green park areas.

Kuraeva I.¹, Voitiuk Yu.¹, Samchuk A.¹, Loktionova O.¹, Musich O.² Geochemistry of microelements in technogenically polluted agro-residential landscapes of Ukraine // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 40–45.

¹ *M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of National Academy of Sciences of Ukraine*

² *State Institution «The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine»*

e-mail: voitiuk_yulia@ukr.net

Patterns of distribution of trace elements in soils under the influence of industrial enterprises (Mariupol and Shostka plots) were studied. Technogenic associations of heavy metals in polluted soils of agricultural landscapes under the influence of ferrous metallurgy enterprises (Pb 23.2 > Cu 8.4 > Zn 5.5 > Cr 3.9 > Mn 2.5) and the chemical industry (Pb 23 > Ni 16 > Cr 9 > Co 5 > Ag 4 > Cu 2) were installed. Mono- and polyelemental maps of micronutrient distribution in soils of technogenically polluted agro-landscapes were constructed. Physical and chemical parameters of soil deposits in technogenically polluted territories change. Mobility of heavy metals increases. Biogeochemical characteristics of plants of technogenesis zones were established. Evaluation absorption of heavy metals from soil by plants technologically contaminated areas was given. The biogeochemical criteria for the allocation of technogenically contaminated sites in the presence of microorganisms in soils that are not characteristic of background areas have been established.

Key words: microelements, agrolandscapes, microorganisms.

Romanchuk L., Fedonyuk T., Petruk A. Environmental assessment of the quality of water indicators in the river Ustya under intensive anthropogenic loading // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 46–49.

Zhytomyr National Agroecological University

e-mail: paa7@meta.ua

The paper presents the results of studies of water quality in the Ustia River on the areas located above and below Rivne. Almost on its entire length, like all the other rivers of the Ukrainian Polissia, it is subjected to the significant technogenic burden from enterprises in the densely populated developed industrial and agrarian regions. The state of some constituents of the river Ustia's ecosystem and the orientation of processes taking place in its basin have led to the general ecological situation, which is characterized nowadays as unsatisfactory. It has been established that according to such indicators as suspended substances, pH, nitrate nitrogen, dissolved oxygen it refers to the category 1–2 of the I class corresponding to the gradation of waters as «very good». According to such indicators as ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, phosphorus, BCO₅ (Biochemical Consumption of Oxygen), dichromate oxidation it belongs to the 4th category of the III class. Conformably to the environmental classification of water it corresponds to «satisfactory» or «slightly polluted» water. Considering the maximum values of some parameters, the waters of the Ustia river should be attributed to the 6th category and classified as «bad» and «dirty». Measures aimed at the reduction of soil erosion, which leads to silting and contamination of surface waters, by means of the limiting economic interference in the flood plain are considered to be priority as to the improving the state of the Ustia basin. These measures also presuppose the introduction of environmentally friendly technologies of agricultural and industrial production in its basin, the systematic control of economic activities, afforestation and creation of shrub plantations in the valley with the purpose of reducing the surface runoff, prevention of the flow of contaminated wastes from the private sectors and farms, ecological awareness activities among the population.

Key words: pollution, surface waters, anthropogenic load, sewage.

Arystarkhova E. Optimization of Allium test for express-assessment of waters toxicity from the surface sources of water supply // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 50–54.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: earistarchowa@yahoo.de

The article analyzes the problem of the determination of waters toxicity in the system of water supply of Zhytomyr city. An increase of reliability of waters

quality control is especially important in the conditions of tense ecological situation. For express-assessment of waters toxicity from the surface sources of water supply we used Allium test (onion biotest) which was improved in our previous researches by shorter of the exposure time of bulbs and reduction of the labor intensity of testing. As research methods temperature stimulation of growth processes of plants and biotesting of the waters quality were used. On the basis of test-organisms reaction the index of waters toxicity from the surface sources of water supply was calculated. Performed before the testing stimulation of plants growth processes contributed to increasing the informative nature of the test (in particular a reduction in the 66.67% of the bulbs exposure time) and allowed to reduce its labor intensity (due to use of simplified test-reaction of onion). An assessment of the water toxicity on onion is proposed to be carried out after 14-daily stimulation ($20 \pm 2.5^\circ\text{C}$) of the leaves growth using the test-reactions of rooting (quantity of the bulbs with formed root bundle) after exposure time 1 day.

Key words: surface sources of water supply, Allium test, temperature stimulation, rooting, toxicity index, acute toxic effect.

Krasnov V.¹, Zborovska O.², Sukhovetska S.¹, Landin V.³, Zakharchuk V.³ Estimation of forest soils properties on water-glacial deposits in different types of forest conditions // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 55–60.

¹ *Zhytomyr State Technological University*

² *Polissia Branch of Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotskyi*

³ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: volodkrasnov@gmail.com

Research data on granulometric composition and the content of genetic horizons' nutrients of soddy-podzolic soils formed on fluvioglacial deposits in different types of forest conditions are presented. Research was conducted in fresh bory and subory under scots pine plantations of all ages. The largest part of the roots appeared to be concentrated to the depth of 60–80 cm. The higher content of nitrogen, potassium and humus is observed in fresh subory compared to the same indices in fresh bory. It is suggested that forest growth potential of sandy soils decreases over time with the increase of biomass amount and the age of forest stands.

Key words: forest soils, fluvioglacial deposits, pine forest plantations, soil fertility, soddy-podzolic soils.

Degodyuk S.¹, Litvinova O.¹, Dmitrenko O.², Moldavan L.² Effect of fertilizers on the accumulation of trace elements and heavy metals in gray forest soil // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 61–65.

¹ National Scientific Centre «Institute of Agriculture of NAAS»

² State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»

e-mail: ecolab23071964@ukr.net

The investigations results of changes in the content of mobile and acid soluble forms of trace elements and heavy metals for the systematic use of organic and mineral fertilizers in field crop rotation on gray forest soil are given. It was established that the use of fertilizers had little effect on the accumulation of these indicators in the soil relative to the initial state, but the excess of the MPC level was not observed for all elements. The most organoleptic fertilizer system (12 t/ha manure) was found to be the most effective both in the processes of accumulation of the most significant microelements in the life of plants and in the creation of a high level of productivity of the crop rotation. Application of purely mineral fertilizers at high loads in fertilizer systems is agronomically unworkable.

Key words: microelements, heavy metals, soil fertility, productivity, crop rotation.

Grishchenko E., Venglinsky N. The main indicators of soil fertility in Skyvra district of Kiev region // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 66–71.

State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»

e-mail: grischenkoel@ukr.net

The results of soil agro-chemical conditions in Skyvra district of Kyiv region are highlighted in the article. According to the conducted studies the average weighted index of soil acidity in the district during the last 15 years (from 2001 till 2015) was practically unchanged and was within the limits of the near-neutral soils. During the years 2001–2015 humus content in the soils of the district decreased by 0.15%. Today, the soils with medium and low content of humus are dominant in the area. The index of the content of mobile phosphorus compounds in the X round decreased by 19 mg/kg of soil comparing with the IX round. During the investigated period the proportion of high and very high content of phosphorus soils decreased by 20%. During the VIII–X rounds of the examination, the index of the potassium mobile compounds content in the soil was practically stable and amounted to 102–107 mg/kg of soil, which corresponds to an increased level of security. The average weighted soil quality index decreased by 3 units (4.8%) and is 60 points (grade V) comparing with the previous round, which indicates a decrease in some fertility indices.

Key words: soil, agrochemical certification, exchange acidity, humus, mobile phosphorus compounds content, mobile compounds of potassium content, light hydrolyzed nitrogen, ecological-agrochemical score, dynamics.

Retman S., Panchenko Yu. Protectants for protection of oats from diseases on the early stages of organogenesis in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 72–76.

Institute of Plant Protection of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

e-mail: panchenko_yurij@i.ua

The phytosanitary state of oats crops of varieties Chernihivskii 28 and Samuel in the Right-bank Forest-steppe of Ukraine are estimated. During the years of research at the early stages of culture development, root rot has been diagnosed with *Cochliobolus sativus* Ito et Kurib (both varieties) and septeriosis *Phaeosphaeria avenaria* (G.F.Weber) O.Eriksson f. sp. *avenae* (*Stagonospora avenae* (A.B. Frank) Bisset (on the Chernihivskii 28), whose development in 2016 was twice higher (10.7%) than in 2015 (2.5%). The development of root rot in 2015 in both grades was at the same level (10.5–10.7%) and in 2016 for Samuel grade — twice lower (5.0%). Technical efficacy of the testers Vincite 050 CS, ks (flutriafol 25 g/l + tiabendazole 25 g/l) with a consumption rate of 2.0 l/t and Ventsedor, TN (tebuconazole 25 g/l + tiram 400 g/l) from n. in. 1.0 l/ton on the Chernihivskii 28 variety was 82.2% against root rot; against septeriosis was slightly lower — up to 76.4%. Application of biofungicide Gaupins, p. (*Pseudomonas aurefaciens* B-111 and B-306, viable cell titer of $1 \times 10^4/\mu\text{g}$ of the drug) from the n.v. 6 l/t Phytocide, p (bacteria *Bacillus subtilis* in the amount $(1-9) \times 10^9 \text{ CFU}/\text{cm}^3$) from the n.v. 1.5 liters/t has provided protection against root rot at the level of chemical preparations. Sufficient technical efficiency (up to 51.4%) was provided only by chemical agents on the Samuel variety. The yield of oats increased by 10–13% with the use of chemical agents Vinitsit 050 CS, ks and Ventsedor, TN and by 8–11% for the application of biological agents, Gaupins, p and Phytocides, p.

Key words: oats, disinfectants, disease intensity, technical efficiency, yield.

Gerasymchuk L., Valerko R. The ecological estimation of the quality of vegetable products grown in agropopulated areas of Zhytomyr residential suburb // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 76–82.

Zhytomyr National Agroecological University

e-mail: gerasim4uk@ukr.net

It has been found that vegetables grown within the agropopulated landscapes of the village of Teterivka (Zhytomyr region) are polluted with cadmium, zinc and lead. The maximum contribution to the total exposure of pollutants entering food is made by potatoes (73–86%). The second place by the extent of the contribution to pollutant exposure belongs to leaf parsley and the third one to red beet and garden carrot. The excess of danger coefficient has been only fixed for lead. The overall level of noncancerogenic risk makes

1.052 for the level of the 90th percentile. The total level of individual carcinogenic risk at the expense of Pb and Cd makes 5.44×10^{-4} for median values and 7.52×10^{-4} for the 90th percentile which is qualified by the international criterion scale as the alert one.

Key words: heavy metals, vegetables, pollution, exposure, danger coefficient, carcinogenic risk, noncancerogenic risk.

Gryshko V., Lysenko O. Maize hybrids metal tolerance to chromium and nickel at the beginning of their juvenile stage // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 82–88.

Kryvyi Rih Botanical Garden

e-mail: vitgryshko@i.ua

A research data about germination energy and germination rate of corn hybrids (*Zea mays* L.) depending on solitary and mutual influence of $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ and NiSO_4 in experimental variants Cr^{3+} and Ni^{2+} with concentrations 10^{-5} and 10^{-4} m/l $10^{-5}\text{Ni}^{2+} + 10^{-5}\text{Cr}^{3+}$; $10^{-5}\text{Ni}^{2+} + 10^{-4}\text{Cr}^{3+}$; $10^{-4}\text{Ni}^{2+} + 10^{-5}\text{Cr}^{3+}$ and $10^{-4}\text{Ni}^{2+} + 10^{-4}\text{Cr}^{3+}$ m/l were analysed. In hybrids of medium ripening terms (Ton 320 BC and Prestige 365 MB), both with maximum and minimum concentrations of chromium and nickel, stimulated the germination of seeds. However, it was found that most of the seeds of hybrids of medium ripeness sprouted not on the third day, as in control, but on the fourth with the simultaneous action of heavy metal ions. A similar pattern has been established for the 190 MW Premium hybrid, both with the introduction of only ions of a single metal, and with the simultaneous action of ions. Consequently, in the majority of early and mid-ripening maize hybrids, the action of chromium and nickel leads to an increase in the time of passage of the initial stages of seed germination (water absorption and seed swelling). Along with this, inhibition of primary root growth processes occurs, which is most likely due to the delay in cell division of the root meristem. One of the important indicators of the adaptive ability of plant seedlings to stress conditions is the energy of germination and the germination of seeds. The performed experiments made possible to establish some general regularities of the influence of nickel and chromium ions on maize hybrids at the beginning of the juvenile stage of their development. Hybrids Ton 320, Prestiz 365, Svit 400, Prmiy 190 and Bliz 160, which are demonstrating high metal tolerance, are belong to first group. They are characterized by germination decreasing by 10% only with high chromium concentrations, both by solitary influence and mutual influence with nickel. In the same time minimal chromium concentrations, solitary and combined with nickel, are not showing sufficient phytotoxic effect. The second group is composed by hybrids Evro 401, Fond 404 and Mais 226, which have high sensitivity to nickel and chromium ions in the beginning of juvenile stage (germination energy and germination rate are decreasing by 63% and 37% respectively). The general

dependence for corn is higher chrome phytotoxicity compared to nickel.

Key words: maize, hybrids, germination energy, germination rate, nickel, metal tolerance.

Vlaschuk A., Kolpakova O., Konashchuk O. Influence of sowing terms on grain yield and grain quality of maize hybrids under irrigation conditions // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 89–95.

Institute of Irrigated Farming of NAAS

e-mail: izz_nasimytstvo@ukr.net

In the article the results of studies regarding the response of new hybrids of corn maturity of different groups on sowing time and density when grown on irrigated lands of steppe zone of southern Ukraine are given. Experience maximum grain yield of maize for 2014–2016 was 13.69 t/ha in average formed by the mid-ripening hybrid of Kakhovsky at the second sowing time and the density of 70 thousand pcs./ha. The best indicator of productivity for the hybrid Tendra — 10.96 t/ha — was established at the second time of sowing and density of 90 thousand pcs./ha. An early hybrid Skadovsky formed the highest yield of 11.92 t/ha at the second sowing time and density of 90 thousand pcs./ha.

Key words: corn, hybrids, sowing time, density, yield.

Vasylenko M., Stadnyk A., Dushko P. Prospects for the application of organo- mineral fertilizers and plant growth regulators // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 96–102.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: agroecology_naas@ukr.net

During 1992–2016 years, the influence of fertilizers (OMF), plant growth regulators (PGR), microbiological preparations (fertilizers) of domestic production on environmental safety, yield and quality of agricultural crops was studied. The application of Humisol, OMFs (Vitalist, Oasis, Sudar), PGRs (Emistim, Endofit, Ekostim, Neofit, Vegetim, Noostim, Gart, Agrostim), microbiological preparations (Azotovit, Embionik) meets environmental requirements, protects the natural environment, creates appropriate Conditions of growth and development, increases the yield and quality of crops. The introduction of OMF and PGR reduces the soil phytotoxicity and the number of microorganisms-amonifiers. The breathing intensity increases. Negative changes in the composition of microbial grouping were not detected. The use of OMF and PGR in consequence of their fungicidal properties affects the immune status of plants significantly. It also reduces the spread field crops disease development. This makes it possible to reduce the use of pesticide norms in agrocenoses.

Key words: organo-mineral fertilizers, plant growth regulators, productivity, quality, growth, protein.

Tsygichko G., Makluk O. Peculiarities of formation of microbial communities of nitrogen cycle in the podzolized chernozem under using organic farming system and their impact on the quality of winter wheat // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 103–109.

NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»

e-mail: anna_tsygichko@yahoo.com

It has been carried out the comparative characteristic of the structure of microbial coenosis of chernozem podzolized in agroecosystems with winter wheat of number principal ecological — trophic groups of microorganisms which take part in the processes of the nitrogen transformation compounds under application of organic and conventional farming systems. It was determined, that the high biogenesis of chernozem podzolized under applying traditional farming systems formed by the number of microorganisms which are assimilating mineral nitrogen, but the dominant group of microbial cenosis in the organic farming systems, under growing of winter wheat is a group of microorganisms which assimilate organic forms of nitrogen and nitrogen-fixing microorganisms. It was established close direct reliable correlation between microbiological parameters, namely number of nitrogen-fixing and number of organotrophic microorganisms and quality of winter wheat.

Key words: chernozem podzolized, organic farming systems, conventional farming systems, ecological-trophic groups of nitrogen cycle microorganisms, grain quality, winter wheat.

Symochko V. The effectiveness of the use of colored adhesive traps in the system of phytosanitary monitoring of regulated pests of the genus *Liriomyza* // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 110–115.

Transcarpathian territorial centre of plant quarantine of NAAS; State University «Uzhhorod National University»

e-mail: vitaliy.symochko@uzhnu.edu.ua

The search and generalization of theoretical information on morphology, biology, development and methods of detection of harmful agromisides has been carried out. Basic information on regulated harmful organisms such as *L. trifolii*, *L. huidobrensis* and *L. sativae*, which will be used in further studies on the selection of methods for the detection and identification of agromiside, has been obtained. Phytosanitary inspection of vegetable agroecosystems in low-lying areas of the Transcarpathian region were carried out, phytophages of the genus *Liriomyza* were not fixed. In the conditions of the closed soil of the Transcarpathian region, *Liriomyza solani* was found on vegetable crops, which is characterized by similar morphological features, peculiarities of biology and the spectrum of the forage base to quarantine lyrimuses, which makes it possible to consider this species as a model object for establishing effective ways of detecting and identifying qua-

rantine species of mining flies. It was found that the more intensive *Liriomyza solani* develops on tomatoes, to a lesser extent — on cucumbers, in which the appearance of characteristic signs on leaves, as a result of feeding phytophage larvae in the mesophyll of leaf. The effectiveness of the use of colored adhesive traps for identifying the imago of mining flies genus *Liriomyza* in agroecosystems of vegetable crops was determined. It was investigated that yellow traps have the highest degree of attraction for imago lyrimoses and can be recommended for implementation of phytosanitary control on territories for timely detection, localization and elimination of quarantine phytophagous.

Key words: phytosanitary control, mining flies, agromisides, *Liriomiza*, imago, attractive adhesive traps.

Voloshyn M., Tertychna O., Svaliavchuk L. Justification of the choice of model poultry farms for environmental research // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 116–122.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: mykola_voloshyn@ukr.net

According to the results of a random non-repeat selection of public information on poultry population in poultry enterprises in Ukraine, we found model objects (region, poultry enterprises) for scientific research in agroecology. The sample includes almost half of all poultry enterprises of Ukraine, which was considered as a guarantee of representativeness of the sample. Two indicators were analyzed: the number of poultry enterprises in the region and the number of poultry population in the poultry enterprise. The value of these indicators is considered as the value of the random variables with the calculation of statistical characteristics and the clarification of the type of distribution. Objects that are recognized as model by results of comparison of their indicators with the average.

Key words: industrial poultry farming, model object, random variable, representativeness, statistical characteristics, distribution type, homogeneity of population, selection algorithm.

Kurbatova I.¹, Bayer O.², Zakharenko M.¹ Antibacterial drugs, anthelmintics and hormones of pigs waste // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 122–129.

¹ *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

² *State Scientific and Research Institute of Laboratory Diagnostics and Veterinary and Sanitary Expertise*

e-mail: innakurbatova@ukr.net

Chemical composition and content of pollutants, as well as the concentration of antibacterial agents — sulfanilamide preparations and antibiotics, anthelmintics and hormones in the by-products of the pig-breeding enterprise — liquid manure and manure was studied. It was found that liquid ma-

nure, in contrast to manure drains, a pig-breeding enterprise, contained more dry matter, less water and ash, but had a higher level of pollutants, including total and ammonium nitrogen. Investigation of samples of liquid manure and manure discharges of the pig-breeding enterprise showed that they contain a significant amount of medicines used by the animal for the purpose of treatment and prevention of diseases. It was found that liquid manure contained sulmetazine and sulfonamide in a smaller amount than manure drains. In samples of manure drains, in comparison with liquid manure, a high content of sulfadiazine, but fewer amounts of sulfaguanidine, sulfamerazine and sulfamethoxazole, and sulfatiazole, sulfadimethoxin and sulfamethoxypyridazine were not detected. In liquid manure and manure drains, antibiotics chlortetracycline and doxitetra-cycline, as well as chloramphenicol, have been detected. Antibiotics tetracycline and oxytetracycline, as well as enrofloxacin and norfloxacin, from the group of fluoroquinolones, were not detected in the samples of the tested samples. Liquid manure and manure sludge of the pig farm contained a significant amount of anthelmintics, albendazole and fenbendazole, an animal growth stimulator — nandrolone, as well as other hormones — boldenone, stanozolone, trenbolone and ractopamine. Waste from the pig farm contained stilbenes and corticosteroids, whereas the zeranol hormone and such coccidiostats, like monensin, narazin, salinomycin and nigerichin, were not found.

Key words: By-products, liquid manure, manure drains, sulfonamide preparations, antibiotics, anthelmintics, hormones.

Kukurudzyak K., Brygas O. Bioindication of the ecological state of the soil under the influence of pork farms // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 129–133.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: kukurko@i.ua

The seasonal dynamics of the soil ecological state under the influence of pork production enterprises of different capacities with the help of bioindication is investigated. Environmental assessment of the soil near the farms was carried out on the basis of biotesting of the soil total toxicity — under growing of the roots of lettuce (*Lepidium sativum* L.) and onion roots (*Allium cepa* L.). For the study of the seasonal dynamics of the soil's ecological state under the influence of pork production farms of various capacities, enterprises in the Kyiv region were involved: individual entrepreneur «Kedr» with a population of up to 3,000 animals a year (Barahty village, Vasyl'kiv district); — limited liability company «Agricultural company «Fastivets'ke, named Zelen'ka», with a population of 9,000 animals a year (Fastivets' village, Fastiv district); — limited liability company «Nyva Pereiaslavschny» with a population of 15,000 animals a year (Nova Orzhytsia village, Zhuriv'sk district). As a control plot there had been taken an

area located 3 km to South-East from Kodaky village, Vasyl'kiv district. It has been established, that such farms substantially increase the general toxicity of the soil and worsen the reverse effect of toxic substances in the soil. The relationship between the capacity of the farm and the ecological state of the soil of the adjoining territories is noted. It is revealed that seasonal dynamics is characteristic for the soils ecological state around such farms: in summer there is a significant increase in the total toxicity of the soil in comparison with the winter indicators; spring and autumn toxicity values are much lower. The conclusion is made on the need to improve the technology of waste treatment of these farms, especially during the warm period of the year.

Key words: bioindication, soil, pork production enterprises, seasonal dynamics.

Shavrina V., Tkach Ye. Synatropization of phytocoenoses flora of connecting territories of the Lyadiv regional eco-corridor // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 134–137.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: vira.shavrina@gmail.com

The results of the experimental analysis of synanthropic species of higher vascular plants of connecting areas in the Liadivskiy regional ecological corridor are presented. 85 synanthropic species have been revealed on the researched area, 59 of which are apophytes, and 26 — anthropophytes. It has been found that apophysis processes dominate over adventitious processes. The alien fraction peculiarities were determined by the time of entry, the degree of naturalization and distribution method. The following indices were determined: synanthropization (IS = 43.15), apophysis (IAp = 31.05), anthropization (IAN = 15.04), archeophysis (IAr = 8), keno-physis (IKn = 4.2). Thus a way it has been found that flora in this region has been sufficiently transformed.

Key words: synanthropic flora, apophytes, anthropogenic transformation, connecting areas.

Krutylo D.¹, Leonova N.², Iutynska G.² Soybean symbiotic system formation under influence of *Bradyrhizobium japonicum* strains which produce the substances with phytohormonal action // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 3. — P. 138–147.

¹ *Institute of Agricultural Microbiology and Agro-Industrial Production of NAAS*

² *D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine*

e-mail: krutylo@i.ua

The aim of our work was to research the ability of *Bradyrhizobium japonicum* strains with different growth rates to produce phytohormonal substances and to assess their influence on the host-plant. Microbiological, serological, vegetation experiment, statistical methods were used. It has been established that active strains of nodule bacteria are capable of

producing phytohormonal substances of auxin and cytokinin nature. Differences between the strains were determined by the level of phytohormones synthesis: A slow-growing *B. japonicum* strain 46 produces more auxins (48.4 mcg / g absolutely dry biomass to 34.2 mcg / g), whereas the intensive-growing *B. japonicum* strain KB11 predominates in cytokinins amount (835.3 mcg / g ADB to 328.5 mcg / g). It was established that not only bacteria strains, but also the products of their metabolism are capable of causing quantitative changes in the composition of nodule populations of rhizobia and positively influence on formation and functioning of the soybean symbiotic systems. Binary inoculation of soybean with strains of *B. japonicum* 46 and KB11 proved to be more effective in influencing on plants than monoinoculation by each strain separately. Against the background of soil population of rhizobia, seed treatment with metabolites of two strains in the form of filtered culture fluids provided an increase in the above-ground phytomass of soybean similar to living cells of these microorganisms (on 16.9% compared to the control).

Key words: *Bradyrhizobium japonicum*, soybean, symbiosis, phytohormones.

Symochko L. Assessment of sorption and toxicity of fluoroquinolone antibiotic in agroecosystems // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 147–151.

State University «Uzhhorod National University»

e-mail: lyudmilassem@gmail.com

The article presents the results of studies on the sorption of an antibiotic of the class fluoroquinolones — enrofloxacin by different crops, provided that its various concentrations in the soil are applied: 1000 mg/kg⁻¹, 100 mg/kg⁻¹, 10 mg/kg⁻¹. Experimental studies have shown that the activity of absorbing an antibiotic depends on its concentration in the soil and species of an agricultural crop. It was found that the most active antibiotic was absorbed by *Lactuca sativa* var. *Crispa* and *Calendula officinalis*. The lowest content of enrofloxacin among the five plants was in *Mentha piperita*. Adding to the soil of enrofloxacin at a concentration of 1000 mg/kg⁻¹ leads to the formation of a high level of soil toxicity. In model ecosystems with *Thymus serpyllum* and *Mentha piperita*, soil toxicity was more than 70%. The toxicity of enrofloxacin in the soil in experiments *In vivo* was on average 10% lower than in laboratory tests. The highest phytotoxic effect was observed in the soil of model ecosystems, where the concentration of enrofloxacin was 1000 mg/kg⁻¹. It should be noted that in the soil where *Lactuca sativa* was grown, the phytotoxic effect was 56.17% (*In vitro*) and 49.22% (*in vivo*). This is due to the active absorption of antibiotic by plants, which minimized the toxicity of the soil. The different terrestrial toxicological effects of enrofloxacin were observed through using a series of bioassays and including sorption of fluoroquinolone antibiotic by five crop plants. Enrofloxacin is highly resistant, its biodegradation process is longer than other antibiotics, it is actively absorbed

by the plants, and therefore it is necessary to control its content in phytoproduction.

Key words: enrofloxacin, agroecosystem, phytotoxicity, antibiotic, crop plants.

Rudenko O. The influence of forest growth conditions on environment-forming functions of pine stands of the Mizhrichynskiy regional landscape park // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 152–155.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Based upon the equations of multiple-level regression, the author analyzed the influence of forest growth conditions on accumulation of the above-ground phytomass in a completely dry state — stem, bark and pine needles. A comparative analysis was performed of existing quantity of *Pinus sylvestris* stands in line with the normative tables as well as an actual and necessary phytomass of trees by forest growth conditions was determined. The capacity of pine stands at the Mizhrichynskiy Regional Landscape Park (RLP) to absorb carbon and produce oxygen was also established. It was found that *Pinus sylvestris* accumulates the largest phytomass in a completely dry state — in stem under conditions B₃ (83%), in bark under conditions B₂ (8%) and tree's crown under conditions A₁ (12%). According to the distribution of pine's phytomass under forest growth conditions, it was determined that the biomass of *Pinus sylvestris* under conditions B₃ is 52% higher comparing with conditions A₁, and 34% higher comparing with conditions A₂ and B₂. The research results demonstrated that the actual capacity to absorb carbon and produce oxygen under conditions A₁ is 36% lower than the potential one, 42% lower under conditions A₂ and 35% lower under conditions B₃.

Key words: *Pinus sylvestris*, forest growth conditions, phytomass, carbon, oxygen.

Orlovskyy A. Diagnostics of VTM isolates (*Tobamovirus*) on *Acer platanoides* plants in conditions of forest biocoenosis // Agroecological journal. — 2017. — No. 3. — P. 155–158.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: ostunpower@ukr.net

The research results of pathogen belonging to *Tobamovirus* are considered in the submitted materials. VTM isolate is identified on *Acer platanoides* based on the study of morphology, antigenic properties of the pathogen, plant-indicators and the formation of peculiar inclusions in cells, viral dangerous illnesses. It is proved that the isolate often affects maple plants under conditions of mixed infection.

Key words: biocoenosis, virus, morphology, antigen.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Аристархова Елла Олександрівна, кандидат біологічних наук, докторант, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: earistarchowa@yahoo.de

Байер Олена Володимирівна, аспірантка, Державний НДІ з лабораторної діагностики і ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ, e-mail: kot30@meta.ua

Бондар Олександр Іванович, член-кореспондент НААН, доктор біологічних наук, професор, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, м. Київ, e-mail: alsko2011@ukr.net

Бригас Олена Петрівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: brygas_o@ukr.net

Валерко Руслана Анатоліївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Житомирський національний агроєкологічний університет, м. Житомир, e-mail: valerko_ruslana@mail.ru

Василенко Михайло Григорович, доктор сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Венгліньський Микола Олександрович, ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: info@iogiu.gov.ua

Влашук Анатолій Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут зрошуваного землеробства НААН, м. Херсон, смт Наддніпрянське, e-mail: izz_nasinnytstvo@ukr.net

Войтюк Юлія Юріївна, кандидат геологічних наук, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, e-mail: voitiuk_yulia@ukr.net

Волошин Микола Іванович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: mykola_voloshyn@ukr.net

Герасимчук Людмила Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, Житомирський національний агроєкологічний університет, м. Житомир, e-mail: gerasim4uk@ukr.net

Глушченко Людмила Анатоліївна, кандидат біологічних наук, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., e-mail: l256@ukr.net

Гришко Віталій Миколайович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Криворізький ботанічний сад НАН України, м. Кривий Ріг, e-mail: vitgryshko@i.ua

Грищенко Олена Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: grischenkoel@ukr.net

Дегодюк Станіслав Едуардович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співро-

бітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», смт Чабани, e-mail: ecolab23071964@ukr.net

Дмитренко Ольга Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: ecolab23071964@ukr.net

Душко Павло Миколайович, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Захаренко Микола Олександрович, доктор біологічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: sangin1996@ukr.net

Захарчук Володимир Андрійович, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Зборовська Ольга Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Поліський філіал Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, м. Житомир, e-mail: olga.zborovska@ukr.net

Іутинська Галина Олександрівна, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, Інститут мікробіології і вірусології НАН України, м. Київ, e-mail: galyna.iutynska@gmail.com

Колосович Микола Петрович, кандидат сільськогосподарських наук, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., e-mail: ukrvilar@ukr.net

Колпакова Олеся Сергіївна, Інститут зрошуваного землеробства НААН, м. Херсон, смт Наддніпрянське, e-mail: izz_nasinnytstvo@ukr.net

Конашук Олена Петрівна, Інститут зрошуваного землеробства НААН, старший науковий співробітник, м. Херсон, смт Наддніпрянське, e-mail: izz_nasinnytstvo@ukr.net

Краснов Володимир Павлович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, e-mail: volodkrasnov@gmail.com

Крутило Дмитро Валерійович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернівці, e-mail: krutylodv@gmail.com

Кукурудзяк Катерина Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: kukurkva@i.ua

Кураєва Ірина Володимирівна, доктор геологічних наук, професор, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, e-mail: voitiuk_yulia@ukr.net

Курбатова Інна Миколаївна, кандидат біологічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: innakurbatova@ukr.net

Куценко Наталія Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., e-mail: l256@ukr.net

Ландін Володимир Петрович, доктор сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: vlad_land@ukr.net

Леоніда Наталія Осипівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут мікробіології і вірусології НАН України, м. Київ, e-mail: natikleo@online.ua

Лисенко Ольга Іллівна, аспірантка, Криворізький ботанічний сад НАН України, м. Кривий Ріг, e-mail: vitgryshko@i.ua

Літвінова Олена Анатоліївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», смт Чабани, e-mail: ecolab23071964@ukr.net

Ліщук Алла Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com

Локтіонова Олена Петрівна, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, e-mail: olena_loksan@ukr.net

Маклюк Олена Іванівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Харків, e-mail: elena.maklyuk@yandex.ru

Михальчук Микола Васильович, кандидат біологічних наук, доцент, Державне наукове підприємство «Поліський аграрно-екологічний інститут Національної академії наук Білорусі», м. Брест, e-mail: dpp@tut.by

Моклячук Лідія Іванівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: moklyachuk@ukr.net

Молдаван Лілія Павлівна, ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: ecolab23071964@ukr.net

Мусіч Олена Григорівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища України», м. Київ, e-mail: voitiuk_yulia@ukr.net

Орловський Анатолій Вікторович, аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: ostunpower@ukr.net

Панченко Юрій Сергійович, аспірант, Інститут захисту рослин НААН, м. Київ, e-mail: panchenko_yurij@i.ua

Петрук Анатолій Анатолійович, аспірант, Державна екологічна інспекція в Рівненській області, м. Рівне, e-mail: paa7@meta.ua

Ретьман Сергій Васильович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут захисту рослин НААН, м. Київ, e-mail: panchenko_yurij@i.ua

Риженко Наталія Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, м. Київ, e-mail: alsko2011@ukr.net

Романчук Людмила Донатівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Житомирський національний агроєкологічний університет м. Житомир, e-mail: Romanchuck@rambler.ru

Руденко Олексій Миколайович, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naam@ukr.net

Самчук Анатолій Іванович, доктор хімічних наук, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, e-mail: voitiuk_yulia@ukr.net

Свалієвчук Лариса Іванівна, аспірантка, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: svaliavchuklarisa@ukr.net

Симочко Віталій Вікторович, кандидат біологічних наук, доцент, Закарпатський територіальний центр карантину рослин ІЗР НААН; ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, e-mail: vitaliy.symochko@uzhnu.edu.ua

Симочко Людмила Юріївна, кандидат біологічних наук, доцент, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, e-mail: lyudmilassem@gmail.com

Стадник Анатолій Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naam@ukr.net

Суховерхівська Світлана Володимирівна, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, e-mail: lis_svet@ukr.net

Тертична Ольга Василівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: olyater@ukr.net

Ткач Євгенія Дмитрівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: bio_eco@ukr.net

Устименко Олексій Васильович, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., e-mail: ukrvilar@ukr.net

Федонюк Тетяна Павлівна, кандидат сільськогосподарських наук, Житомирський національний агроєкологічний університет, м. Житомир, e-mail: tanyavasiluk2015@gmail.com

Цигічко Ганна Олександрівна, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Харків, e-mail: anna_tsigichko@yahoo.com

Шаврина Віра Ігорівна, аспірантка, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: vira.shavrina@gmail.com

Яцук Ігор Петрович, кандидат наук з державного управління, ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: info@iog.gov.ua

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Редакція «Агроекологічного журналу» приймає до розгляду статті з різних аспектів агроекології до рубрик: «Актуальні проблеми екології», «Раціональне природокористування і охорона навколишнього природного середовища», «Агроекологічний моніторинг», «Родючість і охорона ґрунтів», «Біорізноманіття та біобезпека екосистем», «Екологічно безпечні агротехнології», «Оглядові статті», «Сторінка молодого вченого», «Ювілеї», «Рецензії».

Подані статті мають бути структуровані відповідно до вимог ВАК України щодо наукових статей (Постанова Президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7–05/1), а саме:

- постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання визначеної проблеми і на які спирається автор;
- виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття;
- викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

Статті подають українською, російською або англійською мовами. До статті додають резюме українською, російською мовами обсягом до 10 рядків (до 1,2 тис. знаків) та розгорнуте (200–250 слів) резюме англійською. Анотації мають містити: прізвища, ініціали авторів, назву статті, місце їх роботи або навчання.

Обсяг статей — до 10 сторінок (до 20 тис. знаків), включаючи всі матеріали (таблиці — не більше 3, рисунки — не більше 3); оглядових — до 15 (до 30 тис. знаків). Список використаних літературних джерел (до 10) складається в порядку цитування і оформлюється відповідно до вимог чинного Національного стандарту України (ДСТУ 8302:2015), з дублюванням (References) відповідно до вимог міжнародних систем транслітерації.

У тексті статті мають бути виділені розділи «Вступ», «Матеріали та методи досліджень», «Результати та їх обговорення», «Висновки». Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях, графіках неприпустимо. В описі методики досліджень слід наводити лише назви стандартних методів із посиланням на відповідні джерела, в іншому разі слід обмежитись описом оригінальної частини. Якщо в тексті є аббревіатура, подавати її в дужках при першому згадуванні. Автори мають дотримуватися правильної галузевої термінології (див. ДСТУ, СОУ), терміни мають бути уніфікованими.

Викладення результатів досліджень має зводитися не до переказу змісту таблиць і рисунків, а до визначення закономірностей, що з них випливають. В обговоренні результатів слід показати причинно-наслідкові зв'язки між одержаними ефектами, порівняти одержані дані та показати їх новизну.

Посилання на літературне джерело в тексті подається у квадратних дужках із його порядковим номером у списку.

Макет сторінки:

Для оригінал-макета використовується формат А4 з такими полями: верхнє та нижнє — 2 см, ліве — 2,5 см, праве — 1,5 см.

Гарнітури, розміри шрифтів та начертання:

- для заголовка статті: Times New Roman — 14 пт, напівжирний, прописні;
- для основного тексту, УДК, авторів, місця роботи/навчання, виносок, посилань, підписів до рисунків та назв таблиць: Times New Roman — 14 пт;
- міжрядковий інтервал — 1,5.

Типографські погодження та стилі:

Індекс УДК набирається в першому рядку сторінки і вирівнюється за лівим краєм. Заголовок статті набирається в наступному за УДК рядку і вирівнюється посередині. Потім вказують: прізвища, ініціали авторів, нижче — місце роботи (курсивом). Якщо автори з різних установ, після прізвища авторів та назв установ, у яких працюють автори, слід проставити один і той самий верхній цифровий індекс. Далі розташовують анотацію українською мовою.

Таблиці і рисунки роздруковують на окремому аркуші. На полях рукопису слід проставити номери таблиць та рисунків проти тих місць, де їх треба заверстати.

Таблиці мають бути виконані в Microsoft Office Word; формули — у редакторі формул MS Equation; графіки — у Microsoft Office Excel, фотографії — у форматі .jpg, .tif або надавати оригінали. Всі ілюстрації слід подавати у чорно-білій градації кольорів.

Для опублікування статті автору необхідно подати:

- Текст статті — на паперовому (у двох примірниках) і електронному носіях. Стаття має бути підписана авторами на останній сторінці.
- Лист-направлення від установи, де виконано роботу.
- Експертний висновок про можливість публікації матеріалів.
- Дві рецензії докторів наук або доктора і кандидата наук.
- Відомості про авторів — адреси і контактні телефони, електронну адресу (e-mail) першого або відповідального автора.

Відповідальність за зміст статті несе автор. Рукописів редакція не повертає.

Адреса редакції: Інститут агроекології і природокористування НААН,
вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143.

Довідки за телефоном: (044) 522-60-62.

E-mail: agroecojournal@ukr.net

ДО УВАГИ ПЕРЕДПЛАТНИКІВ!

Триває передплата

«АГРОЕКОЛОГІЧНОГО ЖУРНАЛУ»

на 2017 рік

«Агроекологічний журнал» — щоквартальний науково-теоретичний часопис, засновниками якого є Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України».

«Агроекологічний журнал» публікує:

- *статті, присвячені актуальним дослідженням у галузі агроекології;*
- *науково-методичні праці;*
- *теоретичні розробки з викладенням нових гіпотез, принципів, підходів до розв'язання агроекологічних проблем;*
- *оглядові статті з найактуальніших проблем аграрної науки;*
- *позачергово статті молодих вчених та здобувачів.*

«Агроекологічний журнал» внесено до переліку наукових фахових видань ДАК України, що публікують результати дисертаційних досліджень із сільськогосподарських та біологічних наук, і до міжнародних інформаційних та наукометричних баз Research Bib Journal Database (Японія), РІНЦ (Російська Федерація), Index Copernicus (Республіка Польща), Googl Scholar (США), Ulrich's Periodicals Directory (США).

Передплатити «Агроекологічний журнал» можна в усіх пунктах передплати та відділеннях зв'язку

Передплатний індекс журналу 23828