

ISSN 2077–4893

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



1•2018

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)
Google 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 № 2 від 28.02.2018 р.)
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 21008-10808 ПР від 15.10.2014**

Підписано до друку 03.03.2018 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 14,51. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-01–18.
Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

1 • 2018



КИЇВ • 2018

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

1 • 2018

AGROECOLOGICAL JOURNAL

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

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

Executive Secretary

DEMYANYUK O., Doctor 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> |
| LESOVOY N. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.</i> | SOBCHYK V. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Poland)</i> |
| MOKLYACHUK L. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Prof.</i> | TIKHONOVICH I. ,
<i>Doctor of Biological Science, Prof.,
Full member of RAAS (Russian Federation)</i> |
| PALAPA N. ,
<i>Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher</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., д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб.

Відповідальний редактор

РИЖИКОВА Л.Г.

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

**РАЦІОНАЛЬНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
І ОХОРОНА НАВКОЛИПНЬОГО
ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Зборовська О.В., Краснов В.П.,
Ландін В.П., Захарчук В.А.**

Радіальний приріст сосни звичайної на
моренних відкладах Житомирського По-
лісся

Чоботько Г.М., Райчук Л.А.

Ідентифікація параметрів у моделюванні
біологічних систем на прикладі лісової
екосистеми

**АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
МОНІТОРИНГ**

Рибалко Ю.В., Бабка Р.В.

Екологічна оцінка стабільності та антро-
погенного навантаження агроландшафтів
Чернігівської області

Шумигай І.В.

Зниження концентрації Феруму у під-
земних водах Житомирської області

**РОДЮЧІСТЬ
І ОХОРОНА ҐРУНТІВ**

Кацевич В.В., Стрижак О.В.

Едафічна характеристика літогенних
ґрунтів на лесоподібних суглинках

**Демиденко О.В., Приблуда В.В.,
Кривда Ю.І., Василенко А.М.,
Мелешко Ю.В.**

Енергоконверсія органічних ресурсів для
відтворення родючості ґрунтів та вироб-
ництва біопалива

**Корсун С.Г., Давидюк Г.В.,
Шкарівська Л.І., Болоховський В.В.,
Болоховська В.А.**

Зміна потенційної родючості ґрунтів
опідзоленого ряду за застосування біо-
логічних препаратів

**RATIONAL
NATURAL MANAGEMENT AND
PROTECTION
OF ENVIRONMENTAL**

**7 Zborovskaya O., Krasnov V., Landin V.,
Zakharchuk V.**

Radial growth of a pine forest on moraine
deposits of Zhytomyr Polissya

14 Chobotko G., Raychuk L.

Identification of unknown parameters in
biological systems modeling by the example
of the forest ecosystem

**AGROECOLOGICAL
MONITORING**

21 Rybalko Y., Babka R.

Ecological assessment of stability and anthro-
pogenic loading on agricultural landscapes
of Chernihiv region

27 Shumyhai I.

Purification of subsoil water from iron com-
pounds in Zhytomyr region

**FERTILITY AND PROTECTION
OF SOILS**

33 Katsevych V., Strizhak O.

Edafic characteristics of lithogenetic soils
in loess-like loams

**40 Demidenko A., Prybluda V.,
Krivda Y., Vasilenko A.,
Meleshko Y.**

Energy conversion of organic resources for
fertility reproduction and biofuel produc-
tion

**50 Korsun S., Davydiuk H.,
Shkarivska L., Bolokhovskiy V.,
Bolokhovska V.**

Changing the potential fertility of podzo-
lized soils under the using biological pre-
parations

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ

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

Ефективність використання зольних компонентів у складі органо-мінеральної композиції за вирощування пшениці озимої

**Гаврилюк В.А., Бортнік А.М.,
Августинівич М.Б.**

Ефективність використання осадів стічних вод як добрив на дерново-підзолистих ґрунтах

Дубовий В.І., Табакаєва М.Г.

Продуктивність пшениці озимої в умовах Полісся за впливу осаду стічних вод

Демидов О.А., Сіроштан А.А.

Вплив погодних умов і агротехнічних заходів на посівні якості насіння та врожайність пшениці озимої

Гудзенко В.М., Дем'янюк О.С.

Генетичне поліпшення ячменю дворядного ярого за кількісними ознаками у Лісостепі України

**Романенко О.Л., Куц І.С., Заєць С.О.,
Солодущко М.М.**

Вплив посушливих умов Степу на життєздатність насіння та проростків озимих зернових культур

**Васilenко М.Г., Стадник А.П.,
Душко П.М., Драга М.В.,
Кічигіна О.О., Зацарінна Ю.О.,
Перець С.В.**

Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин

Кабанець В.М.

Динаміка формування пігментів у листках рослин *Cannabis sativa* L. за фазами розвитку

ENVIRONMENTALLY SAFE AGROTECHNOLOGIES

57 **Kashkovsky V., Aksilenko M.,
Yevdokimenko V., Kamensky D.S.**

Efficiency of ash components using in organo-mineral composition under the cultivation of winter wheat

65 **Gavrilyuk V., Bortnik A.,
Avhustynovych M.**

Efficiency of the wastewater applying on soddy-podzolic soils

71 **Dubovyi V., Tabakaieva M.**

Effect of sewage sludge on productivity of winter wheat under field conditions of Polissya

74 **Demydov O., Siroshtan A.**

Influence of ecological and agrotechnical conditions on yield and sowing quality of winter wheat seeds

81 **Hudzenko V., Demyanyuk O.**

Phenotypic and genetic variability, heritability and genetic advance for quantitative traits of two-rowed spring barley in Forest-steppe of Ukraine

87 **Romanenko O., Kushch I., Zayets S.,
Solodushko M.**

Viability of seeds and sprouts of winter crop varieties under drought conditions of Steppe

96 **Vasylenko M., Stadnyk A.,
Dushko P., Draga M., Kichigina O.,
Zatsarinna Yu.,
Perets S.**

Crop yield and seed quality of agricultural crops under using plants growth regulators

102 **Kabanets V.**

Dynamics of pigment substances formation in *Cannabis sativa* L. plants according to phases of development

**Волкогон В.В., Деркач С.М.,
Дімова С.Б., М'ягка М.В., Луценко Н.В.,
Штанько Н.П., Наконечна Л.Т.**

Біокомпостування органічного субстрату
на основі птишиного посліду за інтродукції
асоціації грибів *Trichoderma harzianum* 128

БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА БІОБЕЗПЕКА ЕКОСИСТЕМ

**Чабанюк Я.В., Бровко І.С., Мазур С.О.,
Тимошенко В.В., Никифорова В.М.**

Біологічні властивості ґрунтів за дії агро-
технічних чинників

Холодна А.С.

Вплив культивування міскантусу гігант-
ського на чисельність орибатид та колем-
бол в урбаноземах Харківської області

**Бровко І.С., Подгурська І.О.,
Чабанюк Я.В., Кордунян О.О.**

Скринінг мікроорганізмів – потенційних
деструкторів гербіцидів

Савчук М.В., Стародуб М.Ф.

Еколого-токсикологічна оцінка впливу
Nb-вмісних нанокмполімерів на основі са-
поніту на *Daphnia magna*

**Гуменюк І.І., Грузінський С.Ю.,
Бровко І.С., Чабанюк Я.В.**

Коренева система сої за дії *Bradyrhizobium
japonicum*

ОГЛЯДОВА

Мусич О.Г., Дульнев П.Г., Ландін В.П.

Роль мікроорганізмів у вилученні фосфо-
ру із агрохімічної сировини

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

Шавріна В.І.

Сегетальна фітотіота основних агроцено-
зів Центрального Лісостепу України

ЮБІЛЕЇ І ДАТИ

А.Л. Бойку – 80

Б.С. Прістеру – 80

Пам'яті вчителя (до 80-річчя від дня на-
родження М.В. Зубця

108 **Volkogon V., Derkach S., Dimova S.,
Myagka M., Lutsenko N., Shtanko N.,
Nakonechna L.**

Bio-composting of organic substrate based
on poultry manure at introduction of associ-
ation of fungi *Trichoderma harzianum* 128

BIODIVERSITY AND BIOSAFETY OF ECOSYSTEMS

115 **Chabanyuk Y., Brovko I., Mazur S.,
Timoshenko V., Nikiforenko V.**

Biological properties of soils under the in-
fluence of agrotechnical factors

123 **Kholodna A.**

Influence of *Miscanthus giganteus* cultiva-
tion on the oribatid and colembol quantities
in urbanozem of Kharkiv region

127 **Brovko I., Podgurskaia I.,
Chabanyuk Y., Kordunyan O.**

Screening of potential microorganisms as
herbicide degraders

132 **Savchuk M., Starodub M.**

Evaluation of influence of Nb-containing
nanocomposites based on saponites on *Daph-
nia magna* development

138 **Gumeniuk I., Gruzinskii S., Brovko I.,
Chabanyuk Y.**

Soybean root system under the effect of
Bradyrhizobium japonicum

REVIEW ARTICLE

144 **Musich O., Dulnev P., Landin V.**

Role of microorganisms in phosphorus ex-
traction from agrochemical raw materials

YOUNG SCIENTIST'S PAGE

150 **Shavrina V.**

Segetal phytobiota of agroecosystems in the
Central forest-steppe of Ukraine

JUBILEES AND DATES

155 A. Boiko – 80

158 B. Prister – 80

164 In memory of teacher (to the 80th birthday
anniversary of M. Zubets)

РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 630*561.24 : 630*187

РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ НА МОРЕННИХ ВІДКЛАДАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

О.В. Зборовська¹, В.П. Краснов², В.П. Ландін³, В.А. Захарчук³

¹ Поліський філіал Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького

² Житомирський державний технологічний університет

³ Інститут агроекології і природокористування НААН

Наведено матеріали дослідження радіального приросту сосни звичайної на дерново-слабо- та середньопідзолистих зв'язано-піщаних ґрунтах на піщаній морені у різних типах лісорослинних умов. Дослідження проведено у сухих, свіжих, вологих борах і свіжих суборах. Встановлено, що абсолютні значення величин річних кілець дерев зменшуються із збільшенням віку сосни. Виявлено, що найвузжчі річні кільця є характерними для насаджень сухих борів, а найширші — для свіжих суборів. За значенням стандартного відхилення визначено, що єдину стійку систему на моренних відкладах у борах створюють пристигаючі насадження, а в суборах — середньовікові. Спостерігається подібність коефіцієнтів варіації, що свідчить про структурну стійкість насаджень у соснових деревостанах різних вікових груп у свіжих борах і суборах.

Ключові слова: радіальний приріст, соснові насадження, моренні відклади, дерново-підзолисті ґрунти, лісорослинні умови.

Насадження сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у Житомирському Поліссі становлять 59% вкритих ліською рослинністю площ. Максимальний вік соснових насаджень, що зростають в умовах Житомирського Полісся, становить 190 років (на площі 10,1 га), а середній — близько 60 років. Майже половина насаджень регіону — середньовікові (169724,3 га), а найменшу частку становлять перестійні (1394,3) та стиглі насадження (41783,8 га). Площа молодих та пристигаючих соснових насаджень — майже однакова, а загальна їх кількість становить 163382,3 га. Значне поширення та інтенсивний ріст сосни звичайної у природних і штучних насажден-

нях Полісся дослідники пояснюють її біологічними властивостями: невибагливістю до ґрунтових умов, пластичністю кореневої системи, помірними вимогами до зволоження [1, 2].

У північно-східній частині Житомирського Полісся материнські породи ґрунтів представлено моренними відкладами [3]. За таких ґрунтових умов із збільшенням глибини залягання морени у складі деревного ярусу та підросту скорочується частка та зменшується продуктивність листяних порід (дуба звичайного, граба звичайного); формуються і створюються штучно чисті або з невеликою домішкою листяних порід соснові лісові культури. Існує думка, що економічно ефективнішим є вирощування лісових культур з перевагою у їх складі сосни звичайної [4–7].

Дослідження радіального приросту деяких дерев і деревостанів здійснюється дендрохронологічним методом, який набув широкого застосування у США, країнах Європи та Балтії, Росії, Білорусі. В Україні дендрохронологічні дослідження проводяться з 50-х років XX століття. Більш широко вони почали застосовуватися у 90-х роках минулого століття, коли було проведено дослідження в 31 лісовому масиві у всіх природних зонах. Було проаналізовано більш ніж 2000 модельних дерев 30 порід за максимальної тривалості рядів до 150 років [8], але у процесі досліджень розглядалося лише вузьке коло питань. Нині значна низка проблем у лісівництві, екології та природокористуванні може бути розв'язана саме за допомогою методів дендрохронології.

Метою роботи було дослідити особливості росту (радіального приросту) сосни звичайної у соснових деревостанах на моренних відкладах у різних лісорослинних умовах.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в Іршанському лісництві ДП «Малинське ЛГ» (кв. 66 в. 16, кв. 50 в. 30, кв. 65 в. 14 — сухі бори; кв. 52 в. 16, кв. 50 в. 22, кв. 51 в. 37, кв. 92 в. 8, кв. 82 в. 6 — свіжі бори; кв. 74 в. 12, кв. 76 в. 8, кв. 62 в. 5 — вологі бори, кв. 50 в. 17, кв. 50 в. 2, кв. 50 в. 14, кв. 36 в. 16, кв. 82 в. 8 — свіжі субори) на ділянках соснових деревостанів. Ґрунти досліді — піщані, утворені на моренних відкладах у різних лісорослинних умовах Житомирського Полісся.

У процесі досліджень використовували загальноприйняті та апробовані методики: лісівництва, лісової таксації, ґрунтознавства та порівняльної екології. Для визначення ґрунтових умов на пробних площах описано будову та морфологічні ознаки ґрунтів: ґрунтові горизонти та прошарки з визначенням їх потужності та верхньої межі, забарвлення, структури, новоутворень і включень [9–11].

Для дендрохронологічного аналізу у біогрупах на кожній пробній площі відбирали по 15 зразків (кernів) деревини на

висоті стовбурів 1,3 м буравом Преслера в напрямку: північ — південь. Величини річних кілець вимірювали інструментом Corim Maxі з точністю 0,01 мм. Використовували метод перехресного датування, щоб встановити для кожного річного кільця дерева дату його формування [12–15]. У загальних деревно-кільцевих серіях для кожної пробної площі визначали середню абсолютну ширину кільця $R(t)$ та її стандартне відхилення $DR(t)$ [16].

Для статистичної обробки великої кількості експериментальних даних були використані стандартні пакети програм Excel та Statistica 6.0. Прості статистичні показники розраховували за загальноприйнятими формулами.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На пробних площах ґрунти ідентифіковано як дернові слабо- та середньопідзолисті зв'язано-піщані на піщаній морені (рис. 1). Останні відрізняються більшою диференціацією профілю та наявністю суцільного елювіального горизонту.

Лісова підстилка потужністю 2–13 см складається із хвої та опаді сосни звичайної, залишків зелених мохів та трав'яної рослинності, густо пронизана корінням рослин. Досліджувані дерново-підзолисті піщані ґрунти характеризуються слабо-розвиненим гумусово-елювіальним горизонтом, який не перевищує 16–18 см, має темно-сіре забарвлення, пронизаний корінням трав'янистих рослин і сосни звичайної ($d \sim 5$ мм). До складу цього шару ґрунту входить дрібнозерниста жорства $d \sim 5$ мм, вміст гумусу не перевищує 1%. Під гумусово-елювіальним горизонтом міститься темно-бурий пісок з деякими слідами процесу вимивання, який поступово переходить у материнську породу.

За гранулометричним складом ці ґрунти — зв'язано-піщані, із вмістом фізичної глини у межах 5–10%. За агрохімічною характеристикою ґрунти відносяться до середньо-, слабокислих та близьких до нейтральних ($pH = 4,5\text{--}6,5$). Ступінь забезпеченості ґрунтів поживними елементами є доволі низьким: уміст Нітрогену

*a**б**в**г*

Рис. 1. Грунтові розрізи у різних типах лісорослинних умов: *a* — сухому, *б* — свіжому, *в* — вологому борах, *г* — свіжому суборі

варіює у межах $3\text{--}62\text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$; рухомих форм калію — $4\text{--}22$; рухомого фосфору — $3\text{--}101\text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ ґрунту.

Умови росту культур сосни звичайної на піщаних масивах є доволі екстремальними. Загальновідомо, що в біотопах з піщаними ґрунтами енергія росту дерев (ріст у діаметрі та у висоту) збільшується за рядом:

$A_1 - A_2 - B_2$. Стан лісових насаджень як у просторовому, так і в часовому аспектах характеризує такий інтегральний показник, як радіальний приріст дерев у властивих для них умовах місцезростання.

Абсолютні значення величин річних кілець дерев зменшуються із збільшенням віку сосни (табл.). Це є спільним для куль-

**Характеристика середніх значень величин річних кілець (радіальний приріст)
у деревостанах сосни звичайної на піщаних ґрунтах, сформованих на моренних відкладах**

Вік дерев, років	Кількість кернів, од.	Ширина річних кілець, мм		Стандартне відхилення (σ), мм	Стандартна похибка, мм	Коефіцієнт варіації (V), %
		середнє	макс.			
Сухі бори						
19	11	1,55	2,75	0,72	0,16	46,5
52	15	1,54	3,44	0,76	0,10	49,4
52	13	1,26	3,88	0,77	0,11	61,1
Свіжі бори						
9	10	2,50	3,52	0,59	0,19	23,6
18	15	2,98	5,13	0,98	0,23	32,9
38	13	1,79	3,04	0,89	0,14	49,7
58	14	1,66	4,61	1,15	0,15	69,3
81	11	1,35	2,76	0,52	0,06	38,5
Вологі бори						
30	14	2,09	4,34	0,90	0,16	43,1
51	14	1,95	4,12	0,73	0,10	37,4
62	15	1,93	4,24	0,82	0,10	42,5
Свіжі субори						
9	12	3,05	3,82	0,71	0,22	23,3
18	14	3,07	4,43	1,06	0,24	34,5
38	16	2,81	5,40	1,42	0,23	50,5
58	15	1,47	2,51	0,38	0,05	25,9
81	11	1,08	2,14	0,41	0,05	38,0

тур, що ростуть в умовах сухого, свіжого та вологого борів, а також свіжого субору, хоча значення приросту все-таки залежать від лісорослинних умов.

Аналіз наведених даних демонструє зменшення середніх величин річних кілець у дерев, що ростуть на моренних відкладах у різних лісорослинних умовах. Мінімальна ширина річних кілець є характерною для насаджень сухих борів, а максимальна — для свіжих суборів, що забезпечено кращими умовами для росту деревостанів.

Слід наголосити, що у свіжих умовах місцезростання звуження діаметра річних кілець з віком є значно помітнішим і збіль-

шується порівняно з іншими едатопами (у %): 64,6 (свіжі субори), 46,0 (свіжі бори), 18,7 (сухі бори), 7,7 (вологі бори). Також у насадженнях найбільші радіальні прирости сосни звичайної зареєстровано з наближенням дерев до віку стиглості у кращих умовах зволоження ґрунту (вологі бори). Максимальні значення приросту річних кілець відзначено для середньовікових насаджень сухих борів та свіжих суборів і для молодих культур віком до 40 років у свіжих та вологих борах.

У Житомирському Поліссі свіжі умови місцезростання є оптимальними для розвитку соснових деревостанів. Тому виникає

потреба порівняння середньої ширини річних кілець у всіх вікових групах насаджень за цих умов та виявлення певних тенденцій щодо змін приростів дерев у діаметрі на моренних відкладах. Так, у дерев дев'ятирічних сосняків свіжих суборів річні кільця на 18% є ширшими, ніж у сосен свіжих борів. У період росту культур — з 10 до 60 років — у досліджуваних трофотобах закономірності приросту в діаметрі є однаковими, але середній діаметр кілець у деревостанах суборів — завжди більший, що можна пояснити вищим лісорослинним потенціалом останніх. У пристигаючих, стиглих та перестійних насадженнях радіальний приріст зменшується на 7–19% — у свіжих борах та на 47–27% — у свіжих суборах.

Значення стандартного відхилення (табл.) певною мірою свідчать про ступінь сформованості деревостану в єдину стійку систему. Таку залежність значною мірою обумовлено мікрорельєфом території, а також — надзвичайно важливим кліматичним чинником, який ми вважаємо умовно однаковим для всіх пробних площ досліді. Значення стандартних відхилень розмірів річних кілець дерев сосни звичайної, врахованих для різних лісорослинних умов, змінюються майже однаково (рис. 2).

Максимальна різниця в характері розвитку насаджень двох трофотопів (37–67%) спостерігається впродовж близько 40 років для культур 20–60-річного віку. Так, різномірність деревостанів і ступінь їх організації в суборах є вищими, ніж у борах. Тому єдину систему на моренних відкладах у суборах утворюють середньовікові насадження, а в борах — пристигаючі із затримкою в 20 років. Характер змін показників дає підстави припустити, що визначальним чинником формування систем для сосни звичайної є ґрунтові умови.

Співвідношення стандартного відхилення та середнього приросту (коефіцієнт варіації) демонструє частку аномальних

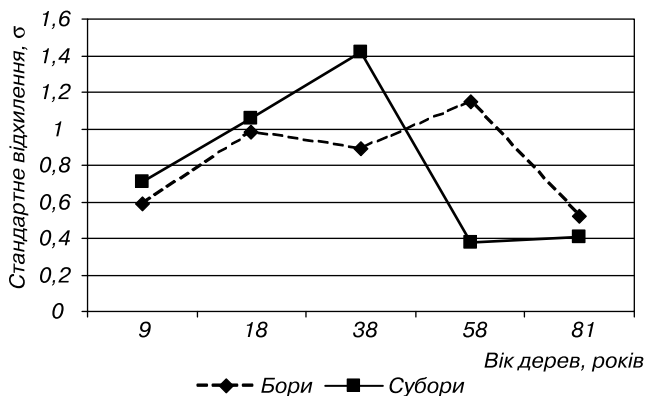


Рис. 2. Стандартні відхилення приростів річних кілець у деревостанах сосни звичайної (моренні відклади, свіжі умови місцезростання)

складових приросту, що зумовлено втраченою та відновленням цілісності деревостану, і характеризує структурну стійкість насадження, тобто можливість протистояти випадковим змінам, які можуть порушити рівновагу в системі. Збільшення коефіцієнта варіації радіального приросту дерев свідчить про зменшення структурної (механічної, структурно-ценотичної) стійкості дерев. Порівняння коефіцієнтів, характерних для культур у свіжих борах та суборах, наведено на рис. 3.

Майже однакові коефіцієнти варіації спостерігаються серед насаджень до віку 40 років у свіжих суборах та борах. Близьким рівнем структурної стійкості характеризуються і стиглі та перестійні насадження, незалежно від умов їх розвитку.

Найбільшу різницю значень коефіцієнтів (61%) зафіксовано для пристигаючих деревостанів. У свіжих борах цей показник, за порівняння пристигаючих та середньовікових насаджень, на 28% збільшується (насадження потерпають від дії несприятливих чинників навколишнього природного середовища), а у свіжих суборах — на 49% зменшується (стійкість насаджень підвищується).

Лінії трендів, наведені на графіку, узагальнюють закономірності щодо стійкості насаджень на морені. Вони свідчать як про подібність змін у різних лісорослин-

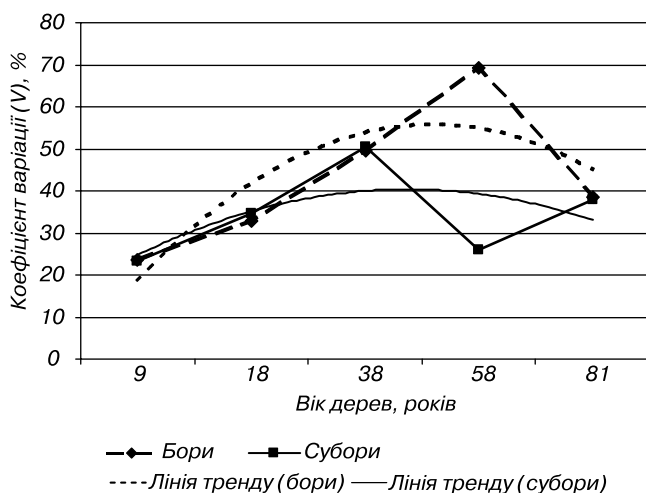


Рис. 3. Коефіцієнти варіації приростів річних кілець сосни звичайної (моренні відклади, свіжі умови місцезростання)

них умовах, так і про відмінності рівня уразливості деревостанів двох трофото-

пів — у суборах структурна стійкість насаджень завжди вища, ніж у борах.

ВИСНОВКИ

Щорічний радіальний приріст соснових деревостанів на піщаних ґрунтах на моренних відкладах варіює у межах 1,08–3,07 мм.

У свіжих борах на моренних відкладах у дерев віком близько 60-ти років стандартне відхилення та коефіцієнт варіації радіального приросту зменшуються. Це свідчить про утворення організованої системи, здатної до опору випадковим впливам.

У свіжих суборах на моренні єдина система формується в середньовікових деревостанах, а максимальну стійкість до несприятливих чинників середовища вона набуває після 60-річного віку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Культурни сосни звичайної в Україні / [М.І. Гордієнко, В.П. Шлапак, А.Ф. Гойчук та ін.]. — К.: Інститут аграрної економіки УААН, 2002. — 872 с.
2. Berg B. Decomposition of root litter and some factors regulating the process: long-term root litter decomposition in a Scots pine forest / B. Berg // Soil Biology and Biochemistry. — 1984. — Vol. 16 (6). — P. 609–617.
3. Вопросы повышения продуктивности лесов Житомирщины: тезисы докладов научно-производственной конференции (Житомир, 26–27 июня 1967 г.). — Житомир, 1967. — 54 с.
4. Машковский В.П. Продуктивность еловых культур по типам леса / В.П. Машковский, М.В. Балакир // Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов Института леса Национальной академии наук Беларуси. — 2010. — Вып. 70. — С. 357–365.
5. Дрюченко М.М. Ріст і продуктивність культур сосни в сухих борах Нижньодніпров'я / М.М. Дрюченко // Агролісомеліорація: Наукові праці. — 1960. — Вып. XXII. — С. 3–11.
6. Забелло К.Л. Влияние глубины залегания морены на рост насаждений / К.Л. Забелло, И.А. Цыкунов // Лесоведение и лесное хозяйство. — 1975. — Вып. 10. — С. 20–29.
7. Коній Л.І. Структура деревостанів свіжого соснового бору Західного Полісся / Л.І. Коній, Ю.Й. Каганяк, М.М. Михайленко // Науковий вісник НЛТУ України. — 2009. — Вып. 19 (7). — С. 7–14.
8. Ловелиус Н.В. Лесные экосистемы Украины и тепловогообеспеченность / Н.В. Ловелиус, Ю.И. Грицан. — СПб., 1998. — 335 с.
9. Ведмідь М.М. Оцінка лісорослиного потенціалу земель: Методичний посібник / М.М. Ведмідь, С.П. Распопіна. — К.: ЕКО-інформ, 2010. — 84 с.
10. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.І. Кисіль, В.А. Величко. — К.: Колобій, 2005. — 304 с.
11. Почвоведение / И.С. Кауричев, Н.П. Панов, Н.Н. Розов и др.; под ред. И.С. Кауричева. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1989. — 719 с.
12. Fritts H.C. Tree rings and climate / H.C. Fritts. — L.: Acad. press., 1976. — 567 p.
13. Methods of Dendrochronology — Applications in the Environmental Sciences / [eds. Edward R. Cook and Leonardas A. Kairiukstis]. — Dordrecht: the Netherlands: Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis, 1990. — 394 p.
14. Арефьев С.П. Оценка устойчивости леса в дендрохронологических рядах / С.П. Арефьев // Проблемы взаимодействия человека и природной среды. — Тюмень: Изд-во ИПСО СО РАН, 2001. — С. 83–87.

15. Zielski A. Dendrochronologia / A. Zielski, M. Krąpiec. — Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN, 2004. — 328 s.
16. Тишин Д.В. Дендроекология (методы древесно-кольцевого анализа) / Д.В. Тишин. — Казань: Казанский университет, 2011. — 33 с.

REFERENCES

1. Hordiyenko, M.I., Shlapak, V.P., & Hoychuk, A.F. et al. (2002). *Kultury sosny zvychnoyi v Ukraini [Pinus silvestris plantations in Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Berg, B. (1984). Decomposition of root litter and some factors regulating the process: long-term root litter decomposition in a Scots pine forest. *Soil biology and Biochemistry*, 16, 6, 609–617 [in English].
3. Voprosy povysheniya produktyvnosti lesov Zhytomyrshchyny [Issues of increasing productivity of forests of Zhytomyr region] '67: *Nauchno-proyvodstvennaia konferentsiya (26–27 iunია 1967 hoda) — Scientific and production conference*. Zhytomyr [in Russian].
4. Mashkovskyy, V.P. (2010). Produktivnost elovukh kultur po typam lesa [The productivity of spruce by type of forest]. *Problemy lesovedeniya y lesovodstva — Problems of forest science and forestry*, 70, 357–365 [in Russian].
5. Dryuchenko, M.M. (1960). Rist i produktyvnist kultur sosny v sukhyykh borakh Nyzhnodyniprovia [Growth and productivity of crops in pine forests in dry grasslands Lower Dnipro]. *Ahrolisomeliorsii — Agroforestry*, 12, 3–10 [in Ukrainian].
6. Zabello, K. L., & Tsukunov, Y.A. (1975). Vlyyanye glubyny zalehaniya morenu na rost nasazhdeniy [The influence of the depth of the moraine on the growth of plantations]. *Lesovedeniye y lesnoe khozyaystvo — Forestry and forestry*, 10, 20–29 [in Russian].
7. Kopyi, L.I., Kahanyak, Yu.Y., & Mykhaylenko, M.M. (2009). Struktura derevostaniv svizhoho sosnovoho boru Zakhidnoho Polissya [The structure of the freshwater pine forest of the Western Polissya]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 19, 7, 7–14 [in Ukrainian].
8. Lovelyus, N.V., & Hrytsan, Yu.Y. (1998). *Lesnue ekosystemy Ukrainy y teplovlahoobespechennos [Forest ecosystems of Ukraine and heat and moisture supply]*. St. Petersburg [in Russian].
9. Vedmid, M.M., & Raspopina, S.P. (2010). *Otsinka lisoroslynnoho potentsialu zemel: Metodichnyy posibnyk [Assessment of forest land potential: Methodical manual]*. Kyiv: EKO-inform [in Ukrainian].
10. Polupan, M.I., Solovey, V.B., Kysil, V.I., & Velychko, V.A. (2005). *Vyznachnyk ekolooho-henetychnoho statusu ta rodyuchosti gruntiv Ukrainy [Identifier of the ecological and genetic status and soil fertility of Ukraine]*. Kyiv: Kolobih [in Ukrainian].
11. Kaurychev, Y.S., Panov, N.P., & Rozov, N.N. (1989). *Pochvovedeniye [Soil science]*. Moscva: Ahropromyzdat [in Russian].
12. Fritts, H.C. (1976). *Tree rings and climate*. London: Acad. press. [in English].
13. Cook, E.R., & Kairiukstis, L.A. (Eds.). (1990). *Methods of Dendrochronology — Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis [in English].
14. Arefev, S.P. (2001). Otchenka ustoichivosti lesa v dendrokhronologicheskikh riadakh [Estimation of forest sustainability in dendrochronological series]. *Problemy vzaimodeistviia cheloveka i prirodnoi sredy [Problems of interaction between man and the natural environment]*. Tumen: publish. IPOS SO PAS [in Russian].
15. Zielski, A., & Krąpiec, M. (2004). *Dendrochronologia [Dendrochronology]*. Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN [in Polish].
16. Tyshyn, D.V. (2011). *Dendroekolohiya (metodu drevesno-koltsevooho analiza) [Dendroecology (methods of tree-ring analysis)]*. Kazan: Kazanskyy University [in Russian].

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ У МОДЕЛЮВАННІ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ЛІСОВОЇ ЕКОСИСТЕМИ

Г.М. Чоботко, Л.А. Райчук

Інститут агроекології і природокористування НААН

Наведено результати одного з найефективніших способів вивчення та прогнозування наслідків радіаційного забруднення територій, який полягає у застосуванні математичного моделювання процесів міграції радіонуклідів у радіаційно критичних екосистемах. Розглянуто теоретичний розрахунковий спосіб ідентифікації невідомих числових значень параметрів моделей міграції елементів у біологічних системах на прикладі лісової екосистеми. Доведено, що процес накопичення радіонуклідів біологічними системами відбувається набагато швидше, ніж їх виведення.

Ключові слова: радіоекологія, моделі міграції радіонуклідів, лісові екосистеми, невідомі параметри.

Аварія на Чорнобильській АЕС стала значним поштовхом у розвитку радіоекології як одного з найважливіших напрямів наукового підходу в дослідженні міграції радіонуклідів у екосистемах. Розташування Чорнобильської АЕС у зоні лісів та складна динаміка аварійного викиду радіонуклідів, їх атмосферного перенесення на значні відстані зумовили радіаційне забруднення значних площ сільськогосподарських угідь та населених пунктів Українського Полісся. Це, насамперед, природні кормові угіддя — випаси і сіножаті, а також лісові екосистеми, які здатні формувати значні дозові навантаження (50–90%) на населення внаслідок споживання ним забруднених радіонуклідами продуктів харчування лісового походження [1, 2]. Тому такі екосистеми, як природні кормові угіддя (урочища) та лісові екосистеми, можна вважати потенційно критичними.

Один з найефективніших способів вивчення та прогнозування наслідків радіаційного забруднення територій полягає у застосуванні математичного моделювання процесів міграції радіонуклідів у радіаційно критичних екосистемах. Процес накопичення радіонуклідів біологічними системами протікає набагато швидше, ніж їх виведення, тому що радіонукліди включаються в біологічний цикл і залишаються

джерелом забруднення ще багато десятиліть поспіль. Зауважимо, що саме лісові екосистеми з-поміж усіх інших наземних екосистем можуть найдовше та у найбільших кількостях депонувати радіонукліди [3–8].

У більшості існуючих моделей міграції елементів у біологічних системах, у т.ч. лісових екосистемах (табл.), використовують коефіцієнти зміни концентрації елементів для кожного компонента створеної моделі, які характеризують швидкості і кількості переходу досліджуваного забруднювача між усіма врахованими блоками останньої.

Кількість блоків (компартментів) залежить від мети кожного окремого дослідження. Чим вищою має бути точність результатів і чим більшою складність власне модельованої екосистеми, тим більше компартментів міститиме модель. Лісові екосистеми є одними з найскладніших наземних екосистем, тому і постає питання про доповнення компартментних систем новими об'єктами. Не всі компартменти лісу у відомих дослідженнях вивчено достатньою мірою, і труднощі їх дослідження зумовлено браком знань про причини та швидкості зміни концентрації радіонуклідів у кожному з них [11–15]. Поряд із тим виникає нова проблема — невідомі коефіцієнти, які характеризують швидкості зміни концентрацій радіонуклідів у новоствореній системі.

Математичні моделі міграції радіонуклідів у лісових екосистемах [9, 10]

№ пор.	Назва моделі	Автори	Установа (організація)-розробник	Країна
1	FORESTLAND	Р. Авіла	Державна адміністрація радіаційного захисту (SSI)	Швеція
2	FORESTLAND	С. Фесенко, Н. Санжарова	Всеросійський НДІ сільгосп-радіології і агроекології (RIARAE)	Російська Федерація
3	FOA	Р. Бергман	Агенція з радіаційного захисту (NDRE)	Швеція
4	RODOS	РП. Калмон	Інститут ядерної і радіаційної безпеки (IRSN)	Франція
5	FORESTLIFE	А. Дворник, Т. Жученко	Фонд інформатизації Республіки Білорусь (BFI)	Республіка Білорусь
6	FORM	М. Фріссел	Міжнародне агентство з атомної енергетики (IAEA)	Нідерланди
7	FORESTPATH	І. Лінков	Гарвардський університет	США
8	ECORAD	С. Мамікін	Московський державний університет ім. М.В. Ломоносова (MSU)	Російська Федерація
9	FINNFOOD	А. Рантаваара	Центр радіаційної безпеки Фінляндії (STUK)	Фінляндія
10	LOGNAT	М. Сімон	Університет Трієсту (UNITS)	Італія
11	RIFE	Г. Шоу	Королівський коледж	Великобританія
12	ЕКОМОДЕЛЬ	І.І. Ясковець	Інститут агроекології і природокористування НААН	Україна

Метою нашої роботи було визначення теоретичними розрахунковими способами параметрів математичної моделі міграції радіонуклідів у лісовій екосистемі, числові значення яких є невідомими, а експериментальне вимірювання — ускладнене.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження багаторічної динаміки питомої активності ^{137}Cs у компонентах лісових екосистем [16] та розроблення базової математичної моделі міграції радіонукліда компартментами екосистеми проводили за результатами вимірювань забруднення ^{137}Cs лісового масиву поблизу с. Рудня-Повчанська Лугинського р-ну Житомирської обл. Тип ґрунту на ділянці — дерново-середньопідзолистий супіщаний. Тип лісорослинних умов — В2 (свіжий субір). Товщина лісової підстилки становить 10–15 см.

Модель лісової екосистеми наведено у вигляді системи диференціальних рівнянь першого порядку з початковими умовами та обмеженнями на параметри. Алгоритм реалізовано за допомогою комплексу програм, основними з яких є: підпрограма, що реалізує метод розв'язання системи диференціальних рівнянь за Рунге — Куттом; підпрограма безумовної мінімізації; підпрограма використання штрафних функцій за перевищення допустимих меж та головної програми, яка реалізує ітераційний процес оптимізації.

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ
ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

Ідея запропонованого методу полягає, насамперед, у створенні ідейно спорідненої з наведеними вище (табл.) системами базової моделі лісової екосистеми (рис. 1).



Рис. 1. Графічна формалізація компартментної моделі лісової екосистеми

Модель представлено системою диференціальних рівнянь першого порядку з початковими умовами та обмеженнями на параметри (1):

$$\begin{aligned} \frac{dC_1(t)}{dt} &= f_1 C_0 + \lambda_{41} C_4(t) - (\lambda_{13} + \lambda) C_1(t) \\ \frac{dC_2(t)}{dt} &= f_2 C_0 + \lambda_{42} C_4(t) - (\lambda_{23} + \lambda) C_2(t) \\ \frac{dC_3(t)}{dt} &= f_3 C_0 + \lambda_{13} C_1(t) + \lambda_{23} C_2(t) - (\lambda_{34} + \lambda) C_3(t) \\ \frac{dC_4(t)}{dt} &= \lambda_{34} C_3(t) + \lambda_{54} C_5(t) - (\lambda_{45} + \lambda_{46} + \lambda) C_4(t) \\ \frac{dC_5(t)}{dt} &= \lambda_{45} C_4(t) - (\lambda_{54} + \lambda_{56} + \lambda) C_5(t) \\ \frac{dC_6(t)}{dt} &= \lambda_{46} C_4(t) + \lambda_{56} C_5(t) - \lambda C_6(t). \end{aligned} \quad (1)$$

Початкові умови та обмеження мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} C_i(t_0) &= C_{i0} \\ C_i(t) &\geq 0, C_{i0} \geq 0, \lambda_{ij} \geq 0, \\ i &= 1, \dots, 6, j = 1, \dots, 6, \end{aligned} \quad (2)$$

де $C_i(t)$ — концентрація радіонукліда у i -му компартменті, λ_{ij} — константи швидкості переходу радіонукліда з i -го в j -й компартмент, C_0 — початкова концентрація радіонукліда на момент забруднення, λ — період напіврозпаду радіонукліда.

Коли розробляються концептуальні та математичні моделі таких комплексних систем, то завжди є ризик, що важливі складові або їх взаємодії можуть бути пропущені або недооцінені. Ризик можна мінімізувати, якщо використати системний підхід на основі «інтерактивної матриці» [12]. У такій матриці компартменти системи, що її утворюють, розміщуються на головній діагоналі, а взаємодії між ними описуються недиагональними елементами. Запропонована модель має цілком визначені характеристики, які і обумовлюють кількість компартментів: тип лісорослинних умов, вік і склад насадження, тип ґрунту тощо. У разі зміни однієї з характеристик змінюються і значення констант швидкостей переходу і/чи концентрації радіонукліда

в компартменті C_i . Для їх визначення слід розв'язати задачу на з'ясування оптимальних параметрів, які зможуть забезпечити мінімальне значення неузгодженості між експериментальними та розрахунковими значеннями.

Задача з визначення оптимальних значень невідомих коефіцієнтів λ_{ij} , які задовольнятимуть систему рівнянь (1) та умови і обмеження (2), а також забезпечуватимуть мінімальне значення функціоналу (3), неузгодженого між модельними та експериментальними даними (за ідеальних умов має набувати нульового значення), має такий вигляд:

$$J(\lambda_{ij}) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (C_i^e(t_k) - C_i^m(t_k))^2, \quad (3)$$

$$i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, m,$$

де n — кількість компартментів, m — кількість експериментальних вимірювань, i — індекс, що вказує на експериментальні дані, $1/m$ — індекс, що вказує на теоретичні розрахунки.

Практично задача може бути розв'язана лише чисельно. Ідея алгоритму розв'язання задачі (1–3) полягає в тому, щоб звести її на умовний екстремум до задачі безумовної мінімізації, яка може бути розв'язана чисельно з використанням одного із методів мінімізації функції багатьох змінних, якими наразі будуть λ_{ij} , де $i, j = 1, \dots, m + l$. Значення λ_{ij} базової моделі приймаються за початкові в ітераційному процесі пошуку оптимальних параметрів розширеної моделі. Значення l дорівнює кількості доданих компартментів. Алгоритм реалізовано за допомогою комплексу програм, основними з яких є: підпрограма, яка реалізує розв'язання системи диференціальних рівнянь методом Рунге–Кутта (1, 2); підпрограма безумовної мінімізації (3); підпрограма використання штрафних функцій за перевищення допустимих меж (2) та головної програми, яка реалізує ітераційний процес оптимізації.

За результатами прогнозного моделювання найбільш забрудненою частиною лісової системи є органічний шар, що збігається з результатами більшості існуючих

моделей (табл.). Якісний аналіз цього компартмента на основі даних польових та лабораторних досліджень дає всі підстави для ствердження, що гриби та мікроорганізми відіграють основну роль у накопиченні та утриманні радіонуклідів у цьому шарі. Фізико-хімічні механізми такого процесу і досі вивчаються. Для отримання кількісного опису міграції ^{137}Cs у детальному дослідженні третього компартмента доцільно виділити гриби та міцелії у окремий компартмент, а третій компартмент розглядати як два (3 — органічний шар та 7 — гриби). Відтак, математична частина моделі доповнюється ще одним рівнянням:

$$\frac{dC_7(t)}{dt} = \lambda_{37}C_3(t) - (\lambda_{73} + \lambda_{7out} + \lambda)C_7(t) \quad (4)$$

та, відповідно, невідомими коефіцієнтами швидкості накопичення і виведення ^{137}Cs з нового, сьомого компартмента (λ_{37} , λ_{73} , λ_{7out}), а рівняння для $C_3(t)$ у системі (1) набуває такого вигляду:

$$\frac{dC_3(t)}{dt} = f_3C_0 + \lambda_{13}C_1(t) + \lambda_{23}C_2(t) + \lambda_{73}C_7 - (\lambda_{34} + \lambda_{37} + \lambda_{7out} + \lambda)C_3(t). \quad (5)$$

На основі експериментальних даних про динаміку забруднення грибів розв'язують задачу мінімізації неузгодженості між модельними та експериментальними даними, що дає змогу визначити оптимальні коефіцієнти швидкості зміни концентрації ^{137}Cs у компартментах 3 та 7. Якщо ці коефіцієнти лише частково забезпечать значення неузгодженості (4), і ця неузгодженість буде стійкою до зміни ділянок дослідження, тоді можна вважати, що такі оптимальні параметри і є шуканими коефіцієнтами. Детально методику пошуку невідомих коефіцієнтів швидкостей зміни концентрацій у компартментних моделях викладено в роботі низки науковців [17]. Результати розрахунків за розширеною моделлю наведено на рис. 2.

Динаміка концентрації ^{137}Cs у компартментах лісової екосистеми (рис. 2) збігається з результатами більшості існуючих

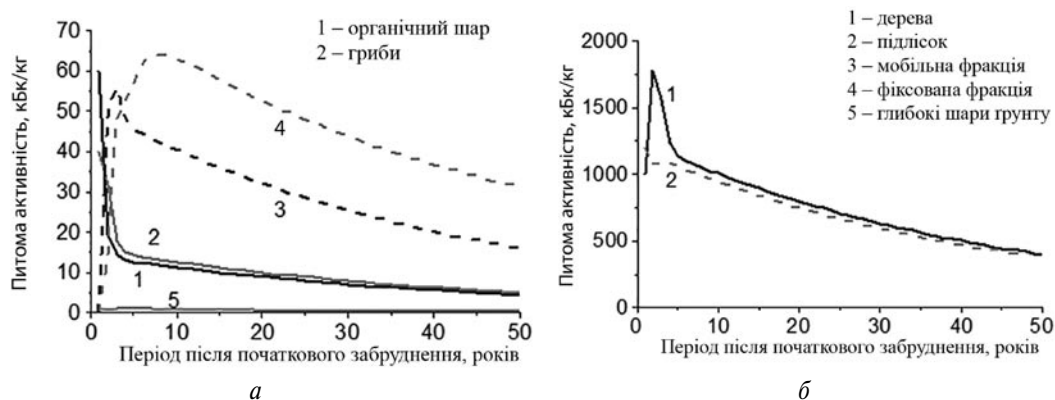


Рис. 2. Динаміка забруднення ^{137}Cs компартментів лісової екосистеми: *а* — компартменти 3, 7; *б* — компартменти 1, 2, 4–6

моделей (табл.). Це є свідченням відповідності методики визначення невідомих параметрів у побудові компартментних моделей [17] та доцільності її використання у разі розширення розмірності системи (1, 2) для детальнішого прогнозування поведінки радіонуклідів у екосистемах.

Отже, запропонований спосіб визначення невідомих параметрів є дієздатним, його ефективність — обернено пропорційна до кількості параметрів і залежить від адекватності заміни відображення біологічної моделі математичною. Чим правильніше вибрано найважливіші біологічні процеси і зв'язки між ними, тим точнішими будуть прогнози математичної моделі. Цей метод доволі добре себе зарекомендував за моделювання міграції радіонуклідів у органах тварин [10]. Також ним можна користуватися для визначення накопичення лікарських препаратів різними органами живих організмів [2]. Основна перевага цього методу полягає в математичному розв'язанні проблеми браку параметрів, а успіх виконання цього завдання залежить від правильності його постановки, розмірності системи, кількості невідомих

параметрів та точності представлених експериментальних даних.

ВИСНОВКИ

Компартментний спосіб моделювання обігу елементів у біологічних системах є найбільш простим та доцільним з погляду математики, оскільки прогнозування за цими моделями зводиться до розв'язання системи звичайних диференціальних рівнянь із постійними коефіцієнтами. Основна перевага цього методу полягає в математичному розв'язанні проблеми нестачі параметрів, а успіх виконання залежить від правильності постановки завдання, розмірності системи, кількості невідомих параметрів та точності представлених експериментальних даних.

Чисельних способів їх розв'язування на сьогодні існує доволі багато. Запропонований нами — зручний і з погляду узгодження біологічних процесів та взаємозв'язків між ними з формальними представленнями цих процесів у математичних співвідношеннях. Основним недоліком цих моделей є значна кількість невідомих параметрів, які характеризують швидкість процесів, що відбуваються в компартментах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балансовий підхід до радіогеохімічних досліджень автореабілітаційних процесів у лісових екосистемах / [О.О. Орлов, С.П. Ірклієнко,

- В.В. Долін та ін.] // Проблеми екології лісів і лісокористування на Поліссі України. — 2001. — Вип. 2 (8). — С. 10–25.

2. Лес, человек, Чернобыль: Науч. тр. Междунар. семинара по современным проблемам лесной радиэкологии. — Гомель, 2000. — 151 с.
3. Особливості радіоактивного забруднення лісових екосистем Українського Полісся та прогностичне моделювання міграції ^{137}Cs / [Г.М. Чоботко, Л.А. Райчук, Ю.М. Пісковий, І.І. Ясковець] // Агроекологічний журнал. — 2011. — С. 230–233. — (Спецвипуск).
4. Особливості радіоактивного забруднення лісових екосистем Українського Полісся та прогностичне моделювання міграції ^{137}Cs / [Г.М. Чоботко, Л.А. Райчук, В.П. Ландін, Ю.М. Пісковий] // Агроекологічний журнал. — 2011. — № 1. — С. 37–42.
5. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments Technical reports series No. 472. — Vienna: IAEA, 2010. — 194 p. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/trs472_web.pdf
6. Райчук Л.А. Роль лісових екосистем у формуванні доз опромінення населення Українського Полісся: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.16 / Л.А. Райчук. — К., 2012. — 20 с.
7. Контрмеры в сельском и лесном хозяйстве, водоохранные контрмеры / [Б.С. Пристер, В.А. Кашпаров, Л.В. Перепелятныкова и др.] // 15 лет Чернобыльской катастрофы. Опыт преодоления: Национальный доклад Украины. — К., 2001. — С. 55–74.
8. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи: Безпека майбутнього: Національна доповідь України. — К.: КІМ, 2011. — 346 с.
9. Review of Forest Models Developed after the Chernobyl NPP Accident / [T. K. Riesen, R. Avila, L. Moberg, L. Hubbard] // Contaminated Forests Part of the NATO Science Series book series. — 1999. — Issue 2, Vol. 58. — P. 151–160.
10. Goor F. Quantitative comparison of models of ^{137}Cs cycling in forest ecosystems / F. Goor, R. Avila // Environmental Modelling & Software. — 2003. — Vol. 18. — P. 273–279.
11. Modelling radiocaesium bioavailability in forest soils / [A.V. Konoplev, I. Nikolova, R. Avila et al.] // Contaminated Forests. Ed. by Igor Linkov and William R. Schell // Nato Science Series 2. Environmental Security. — 1999. — Vol. 58. — P. 249–237.
12. Model-directed sampling in Chernobyl forests: general methodology and 1994 sampling program / [W.R. Schell, I. Linkov, V. Remkevich et al.] // The Science of the Total Environment. — 1996. — No. 180. — P. 119–240.
13. Rescigno A. Compartments / A. Rescigno, I.S. Beck; [Ed. by R. Rosen] // Foundations of Mathematical Biology. — N.Y.: Academic Press. — 1972. — P. 255–321.
14. Modelling the migration and accumulation of radionuclides in forest ecosystems: Final report on the BIOMASS Forest Working Group activities 1998–2000. — Vienna: IAEA, 2000. — 64 p.
15. Frissel M. Cycling of Mineral Nutrients in Agricultural Ecosystems / M. Frissel. — USA; Elsevier, 1978. — 364 p.
16. Радіоекологічна ситуація на території Житомирського Полісся / [В.В. Москалець, Л.А. Прокопенко, Є.Є. Перетятко та ін.] // Агроекологічний журнал. — 2007. — № 1. — С. 55–62.
17. Прокопенко Л.А. До проблеми визначення коефіцієнтів метаболізму в компартментах моделі міграції полютантів харчовими ланцюгами / Л.А. Прокопенко, І.І. Ясковець // Агроекологічний журнал. — 2001. — № 1. — С. 31–35.

REFERENCES

1. Orlov, O.O., Irkliienko, S.P., Dolin V.V. et al. (2001). Balansovy pidkhid do radioheokhimichnykh doslidzhen avtoreabilitatsiinykh protsesiv u lisovykh ekosystemakh [Balanced approach to radio geochemical studies of autorealibration processes in forest ecosystems]. *Problemy ekolohii lisiv i lisokorystuvannya na Polissi Ukrainy — Problems of forest ecology and forest use in the Polissya of Ukraine*, 2 (8), 10–25 [in Ukrainian].
2. *Les, chelovek, Chernobyl* [Forest, man, Chernobyl]. (2000). Gomel [in Russian].
3. Chobotko, H.M., Raichuk, L.A., Piskoviy, Iu.M., & Yaskovets, I.I. (2011). Osoblyvosti radioaktyvnoho zabrudnennia lisovykh ekosystem Ukrainskoho Polissia ta prohnostychne modeliuvannya mihratsii ^{137}Cs [Features of Radioactive Contamination of Ukrainian Polissya Forest Ecosystems and predictive ^{137}Cs modeling migration]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological Journal, Special Edition*, 230–233 [in Ukrainian].
4. Chobotko, H.M., Raichuk, L.A., Landin, V.P., & Piskoviy, Iu.M. (2011). Osoblyvosti radioaktyvnoho zabrudnennia lisovykh ekosystem Ukrainskoho Polissia ta prohnostychne modeliuvannya mihratsii ^{137}Cs [Features of Radioactive Contamination of Ukrainian Polissya Forest Ecosystems and predictive ^{137}Cs modeling migration]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 1, 37–42 [in Ukrainian].
5. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Technical reports series, No. 472. — Vienna: IAEA. [pub.iaea.org](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/trs472_web.pdf). Retrieved from http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/trs472_web.pdf [in English].
6. Raichuk, L.A. (2012). Rol lisovykh ekosystem u formuvanni doz oprominennia naseleння Ukrainskoho Polissia [The role of forest ecosystems in forming of doses of Ukrainian Polissya population exposure doses]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Pryster, B.S., Kashparov, V.A. Perepeliatnykova, L.V. et al. (2001). Kontmery v selskom y lesnom khoziaistve, vodookhrannye kontmery [Counter-

- measures in agriculture and forestry, water security countermeasures]. *15 years of the Chernobyl disaster. Experience of overcoming: National report of Ukraine*. Kiev [in Russian].
8. *Dvadtsiat piat rokiv Chornobylskoi katastrofy: Bezpeka maibutnoho: Natsionalna dopovid Ukrainy [Twenty-five years of the Chernobyl disaster: Safety of the Future: National Report of Ukraine]*. (2011). Kyiv: KIM [in Ukrainian].
 9. Riesen, T. K., Avila, R., Moberg, L., & Hubbard, L. (1999). Review of Forest Models Developed after the Chernobyl NPP Accident. *Contaminated Forests Part of the NATO Science Series book series*, 2, 58, 151–160 [in English].
 10. Goor F., & Avila, R. (2003). Quantitative comparison of models of ¹³⁷Cs cycling in forest ecosystems. *Environmental Modelling & Software*, 18, 273–279 [in English].
 11. Konoplev, A.V., Nikolova, I., Avila R. et. al. (1999). Modelling radiocaesium bioavailability in forest soils. *Contaminated Forests*. Igor Linkov, William R. Schell (Eds.); *Nato Science Series 2, Environmental Security*, 58, 249–237 [in English].
 12. Schell, W.R., Linkov, I., Remkevich, V., Chistic, O., Lutsko, A., Dvornik, A.M., at al. (1996). Model-directed sampling in Chernobyl forests: general methodology and 1994 sampling program. *The Science of the Total Environment*, 180, 119–240 [in English].
 13. Rescigno, A. & Beck, I.S. (1972). Compartments. *Foundations of Mathematical Biology*. R. Rosen (Ed.), N.Y.: Academic Press [in English].
 14. *Modelling the migration and accumulation of radionuclides in forest ecosystems. Final report on the BIO-MASS Forest Working Group activities 1998–2000*. (2000). Vienna: IAEA [in English].
 15. Frissel, M. (1978). *Cycling of Mineral Nutrients in Agricultural Ecosystems*. USA: Elsevier [in English].
 16. Moskalets, V.V., Prokopenko, L.A., Peretiatko, Ie.Ie., Polinkevych, V.A., Protas, N.M., & Pulynets, A.S. (2007). Radioekologichna sytuatsiia na terytorii Zhytomyrskoho Polissia [Radioecological situation on the territory of Zhytomyr Polissya]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 1, 55–62 [in Ukrainian].
 17. Prokopenko, L.A., & Yaskovets, I.I. (2001). Do problemy vyznachennia koefitsientiv metabolizmu v kompartmentakh modeli mibratsii polutantiv kharchovymy lantsiuhamy [To the problem of determining the coefficients of metabolism in compartments of the model of pollutants migration by food chains]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 1, 31–35 [in Ukrainian].

УДК 502.5:63:572

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ ТА АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ю.В. Рибалко, Р.В. Бабка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглянуто проблему комплексного розвитку сільських територій за показниками екологічної стабільності агроландшафтів та антропогенного навантаження на них. Здійснено детальний аналіз земельного фонду та розраховано коефіцієнт антропогенного навантаження, рівень розораності та коефіцієнт екологічної стабільності території Чернігівської обл., які дають можливість комплексно оцінити, наскільки раціональною є структура земельного фонду. Оцінено екологічний стан земель та визначено напрями оптимізації угідь відповідно до отриманих результатів дослідження.

Ключові слова: агроландшафт, коефіцієнт антропогенного навантаження, коефіцієнт екологічної стабільності, орні землі, сільськогосподарські угіддя.

Значне антропогенне навантаження на природні ресурси впродовж останнього часу зумовило значний техногенний вплив на екосферу України. Сільськогосподарська освоєність і розораність території є одним із головних чинників, що дестабілізує екологічну ситуацію Чернігівської обл. Надмірне розорювання земель призвело до порушення екологічно збалансованого співвідношення площі орних земель, лук, лісів та водоймищ і негативно позначилось на стійкості ландшафту регіону. Виведено з обігу значні площі продуктивних земель через значну їх деградацію [1].

Еколого-господарський баланс території — це збалансоване співвідношення різних видів земельних угідь, яке забезпечує стійкість ландшафтів [2].

Останніми роками під час дослідження агросфери широко застосовується поняття «агроландшафт». Визначення цього поняття набуває фундаментального значення внаслідок співіснування у межах агроландшафту природних ресурсів (біологічних, земельних, водних, повітряних, лісових), природних умов (клімат, рельєф, геологічна будова) та систем агропромислового

виробництва. Останнє стосується не лише систем землеробства і тваринництва, а й збалансованого природокористування та охорони сільськогосподарських земель, переробки сільськогосподарської сировини, собівартості продукції, створення спеціальних сировинних зон [3].

Агроландшафт є головним елементом сільського господарства — як сировинною базою, так і основним об'єктом інвестування. Основним завданням сьогодення для власників агробізнесу є використання, охорона та постійний догляд за їх екологічним станом та раціональним використанням [4].

Сучасні агроландшафти — це складні системи, створені з різних елементів агро-екосистем (орні землі, сіножаті, пасовища, багаторічні насадження), незначних за площею ареалів лісів, чагарників, лісо-смуг, природних лук, боліт, торфовищ та розташованих на їхніх територіях доріг, комунікацій і будівельних споруд. Вони є нестійкими утвореннями і залежать від діяльності людини [5, 6].

Екологічна оцінка агроландшафту здійснюється для визначення територій з незадовільним екологічним станом і є необхідною як основа для розробки пропозицій щодо оптимізації раціонального ви-

користання земель. Оскільки екологічний стан та стабільність будь-якої території залежить від рівня сільськогосподарського освоєння та розораності земель, інтенсивності використання угідь та ступеня антропогенної трансформації природних екосистем, збільшення частки природних угідь внаслідок скорочення площі орних земель сприятиме підвищенню екологічної стійкості агроландшафтів [7].

Раціональне природокористування у сільському господарстві має базуватися на наукових засадах організації території — створенні оптимізованого агроландшафту з економічно обґрунтованим і доцільним співвідношенням сільськогосподарських угідь, лісових насаджень, земель захисного та природоохоронного призначення [8].

Методологічним аспектам забезпечення екологічної стабільності агроландшафтів та дослідженню рівня антропогенного навантаження на територію в сучасних умовах землекористування присвячено роботи провідних науковців: С. Булигіна, Н. Макаренка, О. Ракоїд, Д. Добряка, В. Медведєва, В. Сайка, А. Третьяка [5, 7–10].

Метою роботи було визначити оцінку рівня екологічної стабільності агроландшафтів та ступеня антропогенного навантаження на екосистеми Чернігівської обл.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Складовою частиною характеристики сільськогосподарських угідь за якістю є оцінка екологічної стабільності і антропогенного навантаження на територію. Базовими якісними показниками, які вказують на екологічну збалансованість агроландшафтів, їх стійкість і ступінь перетворення під впливом господарської діяльності, є коефіцієнти антропогенного навантаження та екологічної стійкості. Ці коефіцієнти дають можливість комплексно оцінити, наскільки раціональною є структура земельного фонду.

Коефіцієнт антропогенного навантаження ($K_{a. n.}$) характеризує величину впливу діяльності людини на стан довкілля, в

т. ч. і на земельні ресурси [9]. Цей показник вираховується за формулою:

$$K_{a. n.} = \frac{\sum P \times B}{\sum P}, \quad (1)$$

де P — площа земель з відповідним рівнем антропогенного навантаження, га; B — бал відповідної площі з певним рівнем антропогенного навантаження. За А.М. Третьяком [10], землі промисловості, транспорту, населених пунктів отримали 5 балів; орні землі, багаторічні насадження — 4; природні кормові угіддя, залужені балки — 3; лісосмуги, чагарники, ліси, болота, землі під водою — 2; заповідники — 1 бал.

Прийнято розрізняти високий рівень антропогенного навантаження (3,5 бала), помірний (3,1–3,5), відносно низький (3,0 бали) [9].

Оцінка впливу складу угідь на екологічну стабільність території, стійкість якої залежить від сільськогосподарської освоєності земель, розораності і інтенсивності використання угідь, проведення меліоративних і культуртехнічних робіт, забудови території, характеризується коефіцієнтом екологічної стабільності.

За розрахунками І. Риторські та Е. Гойке, коефіцієнти екологічної стабільності певних угідь мають такі значення: забудована територія і дороги — 0,00; орні землі — 0,14; лісосмуги — 0,38; фруктові сади, чагарники — 0,43; городи — 0,50; сіножаті — 0,62; пасовища — 0,68; ставки і болота природного походження — 0,79; ліси природного походження — 1,00 [10].

Коефіцієнт екологічної стабільності території землекористування ($K_{ек. ст.}$) розраховується за формулою [8]:

$$K_{ек. ст.} = \frac{\sum K_i \times P_i}{\sum P_i}, \quad (2)$$

де P_i — площа угіддя i -го виду; K_i — коефіцієнт екологічної стабільності угіддя i -го виду.

За коефіцієнтами екологічної стабільності прийнято розрізняти: екологічно стабільні території (0,67), середньо стабільні (0,51–0,66), стабільно нестійкі (0,34–0,50), екологічно нестабільні (0,33) [10].

Співвідношенням площ орних земель і сільськогосподарських угідь визначається коефіцієнтом розораності ($K_{\text{роз.}}$). Його розраховують як питому вагу орних земель у структурі всіх угідь [11]:

$$K_{\text{роз.}} = \frac{P_{\text{орних земель}}}{\sum P} \cdot 100. \quad (3)$$

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як відомо, Чернігівська обл. має значний сільськогосподарський потенціал і є однією з найбільш розвинених аграрних областей в Україні.

Земельний фонд області станом на 1 січня 2016 р. налічує 3190,3 тис. га. Структура земельного фонду свідчить, що 2067,5 тис. га (64,8%) зайнято під сільсько-

господарські угіддя; ліси та інші лісовкриті площі області становлять 740,5 (23,2); забудовані землі – 100,3 (3,1); відкриті заболочені землі – 129,7 (4,1); відкриті землі без рослинного покриву – 27,8 (0,9); території, що покриті поверхневими водами – 68,0 (2,1); інші землі – 56,5 тис. га (1,8%) (табл. 1).

Структура земель за цільовим призначенням носить доволіний характер і не має всебічної економічної та екологічної обґрунтованості (рис. 1, 2).

Основними проблемами сільськогосподарського землекористування в області є:

- загальний високий рівень антропогенної освоєності земель регіону;
- високий рівень сільськогосподарської освоєності;

Таблиця 1

Динаміка структури земельного фонду Чернігівської обл. (2014–2016 рр.) [12]

Основні види земель та угідь	2014		2015		2016	
	усього, тис. га	% до загальної площі території	усього, тис. га	% до загальної площі території	усього, тис. га	% до загальної площі території
Загальна територія, у т.ч.	3190,3	100	3190,3	100	3190,3	100
Сільськогосподарські угіддя, з них:	2068,1	64,8	2067,5	64,8	2067,5	64,8
орні землі	1416,7	44,3	1419,2	44,5	1419,2	44,5
перелоги	36,9	1,2	34,8	1,2	34,8	1,2
багаторічні насадження	24,5	0,8	24,5	0,7	24,5	0,7
сіножаті і пасовища	590,0	18,5	589,0	18,5	589,0	18,5
Ліси та інші лісовкриті площі, з них	739,5	23,2	740,5	23,2	740,5	23,2
вкриті лісовою рослинністю	660,9	20,7	663,2	20,8	663,2	20,8
Забудовані землі	100,1	3,1	100,3	3,1	100,3	3,1
Відкриті заболочені землі	130,3	4,1	129,7	4,1	129,7	4,1
Відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом (піски, яри, землі із зсувами, щебенем, галькою, голими скелями)	27,7	0,9	27,8	0,9	27,8	0,9
Інші землі	56,6	1,8	56,5	1,8	56,5	1,8
Усього земель (суша)	3122,3	97,9	3122,3	97,9	3122,3	97,9
Території, що покриті поверхневими водами	68,0	2,1	68,0	2,1	68,0	2,1

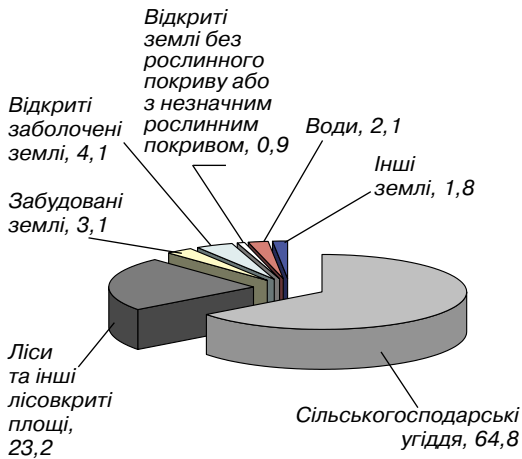


Рис. 1. Структура земельного фонду за основними видами угідь та функціональним використанням (%) [13]

- порушення пропорцій у структурі різних категорій сільськогосподарських угідь;
- висока частка орних земель;
- висока частка у структурі посівів культур, що виснажують ґрунти.

Високий ступінь антропогенного навантаження на земельні ресурси спричи-

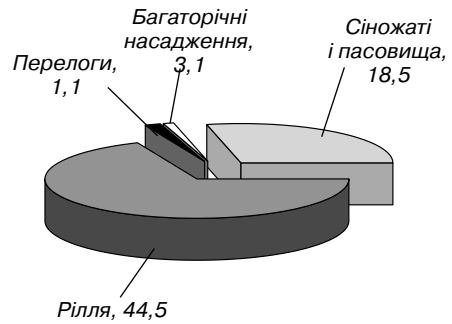


Рис. 2. Структура сільськогосподарських угідь (у % до загальної площі області) [13]

няють забудовані- та землі промисловості, транспорту; значний ступінь навантаження зумовлюють орні землі, багаторічні насадження; середній – природні кормові угіддя (сінокоси, пасовища), залужені балки; незначний – лісосмуги, чагарники, ліси, болота, території під водою; низький ступінь – мікрозаповідники.

Результати проведених досліджень свідчать, що земельні угіддя Чернігівської обл. характеризуються помірним рівнем антропогенного навантаження (величина коефіцієнта становить 3,224) (табл. 2).

Таблиця 2

**Розрахунок коефіцієнта антропогенного навантаження території Чернігівської обл.
(2014–2016 рр.)**

Основні види земель та угідь	Бал угідь за рівнем антропогенного навантаження (Б)	2014	2015	2016
		усього, тис. га		
Загальна територія, у т. ч.:		3190,3	3190,3	3190,3
Сільськогосподарські угіддя, з них:		2068,1	2067,5	2067,5
орні землі	4	1416,7	1419,2	1419,2
перелоги	4	36,9	34,8	34,8
багаторічні насадження	4	24,5	24,5	24,5
сіножаті і пасовища	3	590,0	589,0	589,0
Ліси та інші лісовкриті площі	2	739,5	740,5	740,5
Забудовані землі	5	100,1	100,3	100,3
Відкриті заболочені землі	2	130,3	129,7	129,7
Території, що покриті поверхневими водами	2	68,0	68,0	68,0
Інші землі	4	56,6	56,5	56,5
Коефіцієнт антропогенного навантаження ($K_{a.n.}$)		3,224	3,224	3,224

Таблиця 3

Розрахунок коефіцієнта екологічної стабільності території Чернігівської обл. (2014–2016 рр.)

Основні види земель та угідь	Коефіцієнт екологічної стабільності угіддя (K_i)	2014	2015	2016
		усього, тис. га		
Загальна територія, у т.ч.		3190,3	3190,3	3190,3
Сільськогосподарські угіддя, з них:		2068,1	2067,5	2067,5
орні землі	0,14	1416,7	1419,2	1419,2
перелоги	0,14	36,9	34,8	34,8
багаторічні насадження	0,43	24,5	24,5	24,5
сіножаті і пасовища	0,68	590,0	589,0	589,0
Ліси та інші лісовкриті площі	1,0	739,5	740,5	740,5
Забудовані землі	0,00	100,1	100,3	100,3
Відкриті заболочені землі	0,79	130,3	129,7	129,7
Території, що покриті поверхневими водами	0,79	68,0	68,0	68,0
Інші землі	0,14	56,6	56,5	56,5
Коефіцієнт екологічної стабільності ($K_{\text{ек.ст.}}$)		0,47	0,47	0,47

Такий рівень антропогенного навантаження обумовлено високою розораністю території області, яка становить 44,5% від загальної площі земель і 68,6% від загальної площі сільськогосподарських угідь.

Оцінка екологічної стабільності землекористування в межах Чернігівської обл. шляхом розрахунку $K_{\text{ек.ст.}}$ свідчить, що вона залишається стабільно нестійкою. Так, значення $K_{\text{ек.ст.}}$ області дорівнює 0,47, що є вищим від середнього значення для території України ($K_{\text{ек.ст.}} = 0,40$).

Екологічна стійкість агроландшафтів безпосередньо залежить від ступеня збереження природних фітоценозів. Поліпшення екологічної ситуації можна досягти завдяки зменшенню частки орних земель і, відповідно, збільшенню площі еколого-стабілізуючих угідь (сіножаті, пасовища, лісові насадження), функціонування екосистем яких характеризується незначним рівнем антропогенного впливу.

ВИСНОВКИ

Коефіцієнт антропогенного навантаження ($K_{\text{а.н.}}$) характеризує ступінь впли-

ву діяльності людини на стан довкілля, у т.ч. земельні ресурси. Так, загалом, рівень антропогенного навантаження у Чернігівській обл. є помірним — 3,224 бала.

Розподіл земельних ресурсів за господарським використанням не має адекватної економічної та екологічної обґрунтованості. Зокрема, структура землекористування і екологічна незбалансованість земельного фонду останніми роками істотно не змінилася. Так, оцінка екологічної стабільності землекористування в межах Чернігівської обл. шляхом розрахунку коефіцієнта екологічної стабільності ($K_{\text{ек.ст.}}$) свідчить, що екологічна стабільність землекористування на території області залишається стабільно нестійкою ($K_{\text{ек.ст.}} = 0,47$).

Проведений аналіз оцінки екологічної стабільності і антропогенного навантаження території, звичайно, не надає загального уявлення щодо продуктивності конкретних об'єктів, але дає змогу дослідити територіальну диференціацію земельних угідь Чернігівської обл. Результати досліджень демонструють екологічний стан земель і дають можливість визначити напрями

оптимізації угідь. Одним із перспективних заходів у цьому аспекті є запровадження на території області агротуристичної діяльності.

Залучення природно-ресурсного потенціалу сільських територій регіону до агротуристичної галузі потребує впровадження екологічних методів та елементів регулю-

вання природокористування. Механізм раціонального використання та відтворення природних ресурсів буде ефективним за умови, що ведення сільського господарства зведе до мінімуму їх витрати та шкідливий вплив на навколишнє природне середовище, що сприятиме підвищенню рівня життя і здоров'я людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Березюк С.В. Сучасні проблеми землекористування в сільському господарстві / С.В. Березюк, Ю.Б. Березюк // Економіка АПК. — 2011. — № 5. — С. 47–53.
2. Шершун М.Х. Екологічні проблеми природокористування в аграрному секторі економіки / М.Х. Шершун // Агроекологічний журнал. — 2009. — № 3. — С. 13–16.
3. Єгорова Т.М. Еколого-геохімічні процеси функціонування агроландшафтів / Т.М. Єгорова // Агро-екологічний журнал. — 2014. — № 4. — С. 28–32.
4. Літвак О.А. Екологічна рівновага агроландшафтів регіону / О.А. Літвак // Фінансовий простір. — 2015. — № 2 (18). — С. 381–387.
5. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів / С.Ю. Булигін. — Х.: ХДАУ, 2001. — 116 с.
6. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / за ред. С.А. Балука, В.В. Медведєва, А.Д. Балаєва. — К., 2010. — 153 с.
7. Вилучення з інтенсивного обробітку малопродуктивних земель та їхнє раціональне використання / за ред. В.Ф. Сайка. — К.: Аграрна наука, 2000. — 38 с.
8. Третяк А.М. Концептуальні засади розвитку сільськогосподарського землекористування сільських територій: проект / А.М. Третяк; Національна академія аграрних наук України. — К., 2014. — 24 с.
9. Добряк Д.О. Класифікація та екологічне використання сільськогосподарських земель / Д.О. Добряк, О.П. Канап, І.А. Розумний. — К., 2001. — 309 с.
10. Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування / А.М. Третяк, Р.А. Третяк, М.І. Шквир. — К.: Ін-т землеустрою УААН, 2001. — 15 с.
11. Бутенко Є.В. Удосконалення нормативно-методичних підходів щодо оцінки агроекологічного стану земель місцевого рівня / Є.В. Бутенко, М.Л. Бозняк // Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. — 2013. — № 1–2. — С. 81–86.
12. Екологічний паспорт Чернігівської області [Електронний ресурс] / Чернігівська обласна державна адміністрація; Департамент екології та природних ресурсів. — Режим доступу: <https://menr.gov.ua/content/ekologichni-pasporti-regioniv.html>
13. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2016 рік [Електронний ресурс] / Чернігівська обласна державна адміністрація; Департамент екології та природних ресурсів. — Режим доступу: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/Доповідь%20Чернігівська%202016.pdf>

REFERENCES

1. Bereziuk, S.V. & Bereziuk, Yu.B. (2011). Suchasni problemy zemlekorystuvannia v sil'skomu hospodarstvi [Modern issues of land use in agriculture]. *Ekonomika APK — Economy of AIC*, 5, 47–53 [in Ukrainian].
2. Shershun, M.Kh. (2009). Ekologichni problemy pryrodokorystuvannia v ahrarnomu sektori ekonomiky [Environmental problems of nature use in the agrarian sector of the economy]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 13–16 [in Ukrainian].
3. Yehorova, T.M. (2014). Ekologo-heokhimichni protsesy funktsionuvannia ahrolandschaftiv [Ecological-geochemical processes of the functioning of agro-landscapes]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 28–32 [in Ukrainian].
4. Litvak, O.A. (2015). Ekologichna rinvovaha ahrolandschaftiv rehionu [Ecological balance of agro-landscapes of the region]. *Finansovyi prostir — Financial space*, 2 (18), 381–387 [in Ukrainian].
5. Bulygin, S.Yu. (2001). Formuvannia ekolohichno stalykh ahrolandschaftiv [Formation of environmentally sustainable agro-landscapes]. Kharkiv: KhNAU [in Ukrainian].
6. Baliuk, S.A., Medvedev, V.V. & Balaiev, A.D. (Eds.). (2010). *Natsionalna dopovid pro stan rodichosti gruntiv Ukrainy* [National report on the state of soil fertility in Ukraine]. Kyiv: NAAS [in Ukrainian].
7. Saiko, V.F. (Ed.). (2000). *Vyluchennia z intensyvnoho obrobittu maloproduktyvnykh zemel ta yikhnie ratsionalne vykorystannia* [Removal from intensive cultivation of unproductive lands and their rational use]. Kyiv: Agrarian science [in Ukrainian].
8. Tretiak, A.M. (2014). *Kontseptualni zasady rozvytku silskohospodarskoho zemlekorystuvannia sil'skykh terytorii: proekt* [Conceptual framework for the develop-

- ment of agricultural land use in rural areas: a project*. Kyiv: NAAS [in Ukrainian].
9. Dobriak, D.O., Kanash, O.P. & Rozumnyi, I.A. (2001). *Klasyfikatsiia ta ekolohichne vykorystannia silskohospodarskykh zemel* [Classification and ecological use of agricultural land]. Kyiv [in Ukrainian].
 10. Tretiak, A.M., Tretiak, R.A. & Shkvyr, M.I. (2001). *Metodychni rekomendatsii otsinky ekolohichnoi stabilnosti ahrolandshtyv ta silskohospodarskoho zemlekorystuvannia* [Methodological recommendations for assessing the ecological stability of agro-landscapes and agricultural land use]. Kyiv: Institute of Land Management of UAAS [in Ukrainian].
 11. Butenko, Ye.V. & Boznyi, M.L. (2013). *Udoskonalennia normatyvno-metodychnykh pidkhdov shchodo otsinky ahroekolohichnoho stanu zemel mistsevoho rivnia* [Improvement of normative and methodical approaches for assessing the agro-ecological status of land at the local level]. *Zemleustrii, kadastr i monitoryng zemel — Land management, inventory and land monitoring*, 1–2, 81–86 [in Ukrainian].
 12. *Ekolohichniy pasport Chernihivskoi oblasti* [Ecological passport of Chernihiv region]. (n.d.). *menr.gov.ua*. Retrieved from <https://menr.gov.ua/content/ekologichni-pasporti-regioniv.html> [in Ukrainian].
 13. *Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho sere-dovyscha v Chernihivskii oblasti za 2016 rik* [Report on the state of the environment in Chernihiv region for 2016]. (n.d.). *menr.gov.ua*. Retrieved from <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/Dopovid%20Chernigivska%202016.pdf> [in Ukrainian].

UDC 628.16.001.8(477.41)

PURIFICATION OF SUBSOIL WATER FROM IRON COMPOUNDS IN ZHYTOMYR REGION

I. Shumyhai

Інститут агроекології і природокористування НААН

Доведено, що з усіх видів водних ресурсів найціннішими для водопостачання є підземні прісні води, тому що в загальному аспекті вони є набагато чистішими за поверхневі, їх стік — стабільнішим, а якість (за винятком інфільтраційних) майже не залежить від погодних (сезонних) змін. Встановлено, що всі підземні водоносні горизонти України мають підвищений уміст іонів заліза, що варіює у межах 0,5–30 мг/л і більше. Аналізуючи відомі методи знезалізнєння води, можна зробити висновок, що за незначної концентрації іонів заліза у вихідній воді вони доволі добре себе зарекомендували. Найпоширенішим методом знезалізнєння води є фільтрування крізь зернисте завантаження з природних чи штучних матеріалів при швидкості фільтрування до 10 м/год.

Ключові слова: підземна вода, залізо, процес очищення.

The issue of drinking water quality is recently raised due to the fact that water consumers did not give rise to doubt its quality within long historical period. Society carefully maintained the existing water supplies by keeping the rules of water well site selection in the meadows with limited human activity and away from yards. Communities maintained cleanliness and utilization standards of the area around water wells. Today, the complete water supply of the Ukrainian

population is complicated due to low quality of water and water bodies [1, 2].

Treatment of natural drinking water sources has become one of the focal problems in XXI century. The World Health Organization reports less than 1% of water supply sources available without additional purification. The main polluting factors are high concentration of the following elements:

- iron;
- manganese;
- hydrogen sulfide;
- organic matter.

Application of methods for clearing subsoil waters from iron [11, 13]

Method	Application conditions
Non – reagent methods	Source water has the following factors: – pH $\geq$ 6.7; – Carbon dioxide level – up to 80 mg/dm³; – Hydrogen sulfide – up to 1 mg/dm³; – Permanganate oxydizability – max. 7 mg·O₂/dm³
Framed filtering method (recommended)	Iron content (III) is not more than 10% of total volume; concentration of iron (II) in dihydrocarbonate or carbonate form is up to 3 mg/dm ³
«Dry filtering» method	Iron concentration is up to 5 mg/dm ³
Simplified aeration with single – stage filtering	Iron concentration is 5 to 10 mg/dm ³
Aeration and double – stage filtering method	Iron concentration is 10 to 20 mg/dm ³
Vacuum – ejection filtering using large mud volumes loading (recommended)	Iron concentration is 10 to 30 mg/dm ³

Drinking water supply is the most urgent issue in countryside, because of water wells, containing highly contaminated water [3–5].

According to the 2874-82 State standard [6] the iron content for drinking water should not exceed 0.3 mg/dm³. However, in most cases, the underground water iron ratio exceeds the permissible concentration. For example, about 82% of Zhytomyr region's wells contain subsoil water, exceeding iron permissible standard (0.4–3.23 mg/dm³). The reason for this may be relatively high corrosivity of the subsoil water. Sod-podzol soils of Radomyshl and Chervonoarmiysk districts have acid reaction because of iron compounds. This requires liming to improve conditions of crops cultivation. When water – bearing horizons are fed by rivers and swamps, such waters contain iron in the form of compound with organic substances (e.g. Yemilchine district (20 rivers, swamps), Radomyshl district (15 rivers, swamps), and Baranivska district (17 rivers)). Meantime, the subsoil waters are acid in the ore and core mineral areas, such as Volodarsk-Volynskyy and Korosten districts, and this is the evidence of iron migration. Minor concentrations of iron in the subsoil waters of Chervonoarmiysk and Chernyakhiv regions can be explained by its more alkaline

condition, widespread presence of oxygen in the waters and good aeration of strata lying above the subsoil water level [7].

MATERIALS AND RESEARCH METHODS

Natural waters contain various forms and content of iron. Therefore, it was necessary to develop a number of water deironing technologies. Available deironing technologies include the following methods:

- Reagent;
- Reagentless;
- Cation – exchange;
- Biochemical.

The surface water deironing is performed using reagent methods, while non-reagent methods are most commonly used for subsoil waters [8–13].

Currently, there is no single and flexible method for subsoil waters deironing. Each of these methods is used in certain cases and has its advantages and disadvantages.

RESULTS AND DISCUSSION

One of the most accessible and effective water deironing methods used in the modern water treatment systems is the water aeration based technology. The water aeration technology is based on the ability of iron and dis-

solved oxygen containing water (II) to separate iron on grains surface, creating catalytic layer of the bivalent and trivalent iron oxide ions when filtering through the grains layer.

The main objective during water treatment is determination of the workflow rational parameters. The modelling water with iron content of 4.5 mg/dm^3 was prepared to study the deironing kinetics. It is generally known that the water aeration process can continue for a long time. During experimentation, the air volume discharge rate was varied to speed up the process. The intensity of bubbling was regulated using replaceable micro air pumps,

having air flow rates of $1.0 \text{ dm}^3/\text{min}$, 1.25 , 1.5 , 1.75 , 2.0 and $2.5 \text{ dm}^3/\text{min}$. Fig. 1 illustrates the dependence of iron content on the intensity of bubbling (Fig. 1).

The diagram shows that the more intensive is air supply the better is deironing process. Water bubbling was carried out within 30 minutes, varying air supply intensity. Water sampling and iron determination were performed every 5 minutes. Iron content variation in subsoil water is illustrated on fig. 2. This diagram shows the sanity standard after 20 minutes with air injection intensity of $2.5 \text{ dm}^3/\text{min}$.

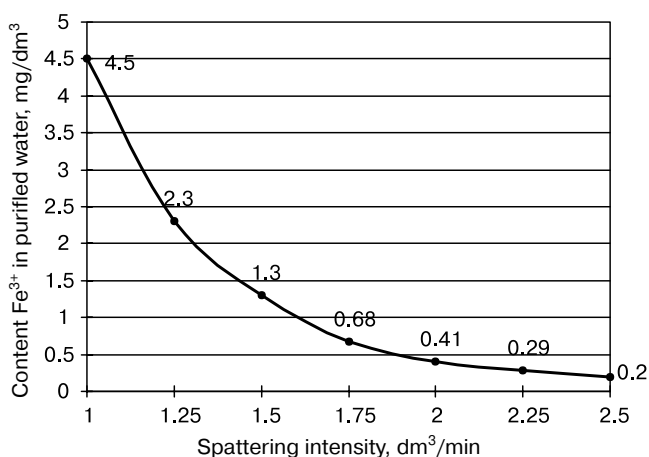


Figure 1. Dependence of iron content in purified water on the intensity of bubbling

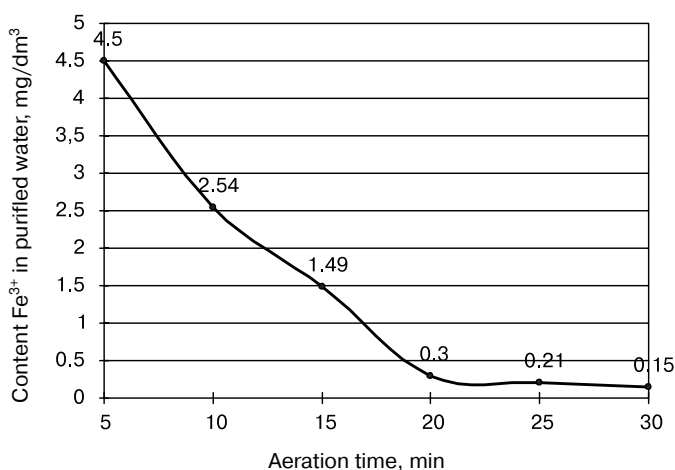


Figure 2. Dependence of iron content in purified water on the duration of aeration

The second part of the experiment studies the subsoil water deironing process, when water is filtered through a layer of granular material. The quartz sand was used as the granular charge with the grain size of 0.5 mm. Water detention time in the test vessel was 60 minutes. Filtering medium, intended for filter loading, should have necessary porosity, sufficient mechanical resistance against abrasion and chemical stability against water soluble action. As the sand meets all these requirements, it was cleaned and thoroughly washed to be used as the granular load. The

depth of granular material layer was varied within 5–20 cm (Fig. 3).

It is generally known that grains size tightly related to filtration effectiveness. Therefore, apart from the depth of the sand layer, the grains size of filtering load was also varied. The sand fraction varied within the following ranges: 0.5–1.0 mm; 1.0–1.5 mm; 1.5–2.0 mm; 2.0–2.5 mm and 2.5–3.0 mm. Gradual decrease of iron concentration in the tested water from 4.5 mg/dm³ to 0.23 mg/dm³ was noted within relatively short time interval (Fig. 4) after increasing the depth of granular

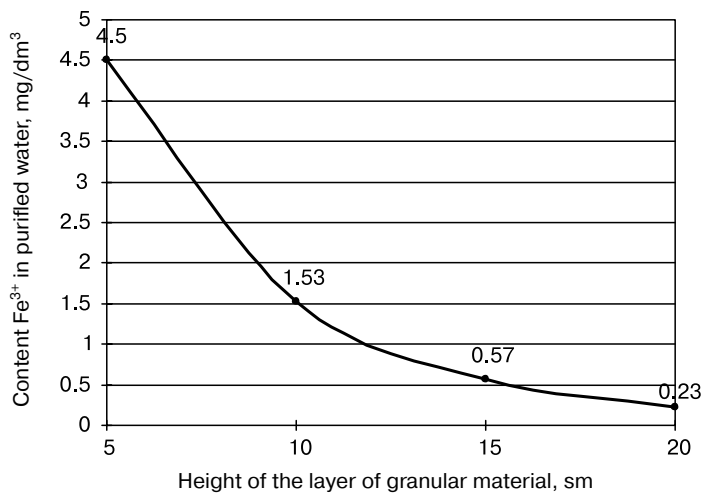


Figure 3. Dependence of iron content in purified water on the height of the granular material in the filter

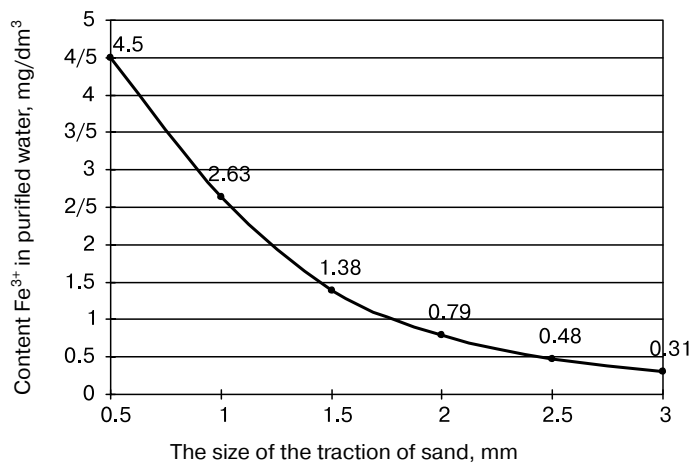


Figure 4. Dependence of iron content in purified water on the size of sand fractions

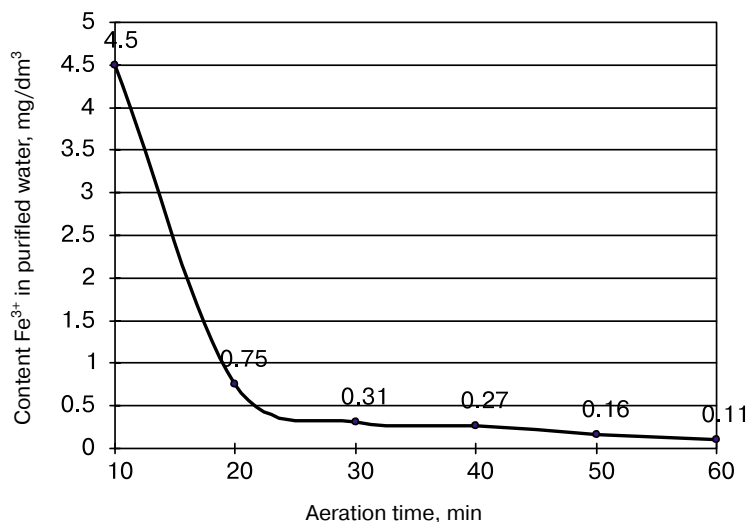


Figure 5. Dependence of iron content in purified water on the duration of aeration during filtration

material layer. Due to formation of catalytic film of iron oxides on the surface of grains, the content of iron was very close to «0» and this can be seen on fig. 5 (dependence of iron concentration on duration of aeration).

CONCLUSION

It was determined that within the range of specified parameters, such as duration and intensity of aeration, layer depth and filtration load granules size, the process water aeration and filtration decreases iron compound to 0.15 mg/dm³, provided that:

- bubbling duration is 5–30 min;

- oxygen supply intensity varies between 1.0 to 2.5 dm³/min, and complies the sanity standards, allowing its household use.

Based on the results of studies, the following deironing optimal parameters can be recommended:

- air bubbling rate 25 dm³/min;
- duration of aeration – 20 min;
- fractional composition of the sand – 2.5–3 mm;
- fractional composition of sand – 2.5–3 mm,
- height of the sand layer – from 5 to 20 cm.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яцик А.В. Екологічна ситуація в Україні і шляхи її поліпшення / А.В. Яцик. — К.: Оріяни, 2003. — 84 с.
2. Гончарук В.В. SOS: питьевая вода / В.В. Гончарук // Химия и технология воды. — 2010. — № 5. — С. 463–512.
3. Мінаєва Н.Л. Знезалізнення підземних вод в баштах-колонах з пінополістирольним фільтром: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація» / Н.Л. Мінаєва. — Рівне, 2010. — 21 с.
4. Гончарук В.В. Хімія води і проблеми питного водопостачання / В.В. Гончарук // Світогляд. — 2009. — № 4. — С. 18–28.
5. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підруч. / А.К. Запольський. — К.: Вища шк., 2005. — 671 с.
6. Якість води. Визначання заліза. Спектрометричний метод із використанням 1,10-фенантроліну: ДСТУ ISO 6332:2003. — [Чинний від 2003-07-05]. — К.: Держспоживстандарт України, 2003. — 7 с.
7. Про використання води в Україні та регіонах у 2015 році: статист. бюлетень / Державна служба статистики України. — К., 2016. — 18 с.
8. Орлов В.О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням: монограф. / В.О. Орлов. — Рівне: НУВГП, 2008. — 158 с.
9. Чарний Д.В. Принципи хіміко-біологічного очищення підземних вод з багатокомпонентними забрудненнями / Д.В. Чарний, Є.М. Мацелюк // Меліорація і водне господарство. — 2014. — Вип. 101. — С. 281–292.
10. Фізико-хімічні методи очистки води. Управление водными ресурсами / [И. Астрелин,

- Е. Герасимов, А. Гириль и др.]. — К.: Проект «Water Harmony», 2015. — 614 с.
11. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хорунжий. — К.: Аграр. наука, 2008. — 534 с.
 12. Обезжелезивание природных вод [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://coolreferat.com>
 13. Закон України від 07.07.2011 р. «Про питну воду та питне водопостачання» // Відомості Верховної Ради України. — 2002. — № 16. — С. 112.

REFERENCES

1. Iatsyk, A.V. (2003). *Ekolohichna sytuatsiia v Ukraini i shliakhy yii polipshennia* [Ecological situation in Ukraine and ways to improve it]. Kyiv: Oriiany [in Ukrainian].
2. Goncharuk, V.V. (2010). SOS: pitevaia voda [SOS: drinking water]. *Khimiia i tekhnologiiia vody — Chemistry and technology of water*, 5, 463–512 [in Russian].
3. Minaieva, N.L. (2010). Znezheliznennia pidzemnykh vod v bashtakh-kolonakh z pinopolistyrolnym filtrom [De-ironing ground water at the tower-column with polystyrene filler]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Rivne [in Ukrainian].
4. Honcharuk, V.V. (2009). Khimiia vody i problemy pytnoho vodopostachannia [Chemistry of water and problems of drinking water supply]. *Svitohliad — Outlook*, 4, 18–28 [in Ukrainian].
5. Zapolskyi, A.K. (2005). *Vodopostachannia, vodovidvedennia ta yakist vody* [Water supply, drainage and water quality]. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
6. Iakist vody. Vyznachannia zaliza. Spektrometrychnyi metod iz vykorystanniam 1,10-fenantrolinu [Water quality. Determination of iron Spectrometric method using 1,10-phenanthroline]. (2003). *DSTU ISO 6332:2003 from 5th July, 2003*. Kyiv: Derzhspozhyvstandartu Ukrainy [in Ukrainian].
7. Pro vykorystannia vody v Ukraini ta rehionakh u 2015 rotsi: statyst. biuleten [About the use of water in Ukraine and regions in 2015: a statistical bulletin]. (2016). *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Orlov, V.O. (2008). *Znezheliznennia pidzemnykh vod sproshcheniui aeratsiiei ta filtruvanniam* [Non-ironification of groundwater by aeration and filtration]. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
9. Charnyi, D.V., & Matseliuk, Ie.M. (2014). Pryntsyipy khimiko-biolohichnoho ochyshchennia pidzemnykh vod z bahatokomponentnymy zabrudnenniamy [Principles of chemical and biological purification of groundwater with multicomponent pollution]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo — Reclamation and water management*, 101, 281–292 [in Ukrainian].
10. Astrelin, I., Gerasimov, E., Girol, A., Girol, N., Eshchenko, L., & Zhekeev, M. et al. (2015). *Fiziko-khimicheskie metody ochistki vody. Upravlenie vodnymi resursami* [Physicochemical methods of water purification. Water resources management]. Kiev: Proekt «Water Harmony» [in Russian].
11. Khoruzhyi, P.D., Khomutetska T.P., & Khoruzhyi, V.P. (2008). *Resursozberihaiuchi tekhnologii vodopostachannia* [Resource-saving water supply technologies]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
12. Obezzezhelivanie prirodnykh vod [Iron removal of natural waters]. *coolreferat.com*. Retrieved from <http://coolreferat.com> [in Russian].
13. Zakon Ukrainy «Pro pytnu vodu ta pytno vodopostachannia» vid 07.07.2011 [Law of Ukraine «About drinking water and drinking water» from July 7th, 2011]. (2002). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Information from the Verkhovna Rada of Ukraine*, 16, 112 [in Ukrainian].

РОДЮЧІСТЬ І ОХОРОНА ҐРУНТІВ

УДК 631.48:631.618

ЕДАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІТОГЕННИХ ҐРУНТІВ НА ЛЕСОПОДІБНИХ СУГЛИНКАХ

В.В. Кацевич¹, О.В. Стрижак²

¹ Дніпровський державний аграрно-економічний університет

² Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Наведено агроекологічне обґрунтування процесу ґрунтоутворення та результати мікроморфологічного дослідження літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках науково-дослідного стаціонару з сільськогосподарської рекультивациі земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Виявлено особливості мікроморфологічної будови техноземів пробної ділянки сільськогосподарської рекультивациі. Встановлено найхарактерніші новоутворення досліджуваного профілю — дрібнозернистий кальцит, який насичує матеріал основи, та його вицвіти в порах.

Ключові слова: едафотоп, літогенні ґрунти на лесоподібних суглинках, мікроморфологія ґрунтів, ґрунтогенез, структуроутворення.

У степовій зоні України, де утворилися родючі чорноземи, а орнопридатні ділянки вже повністю або частково розорано, рекультивациа місць видобутку корисних копалин відкритим способом повинна передбачати повернення цих земель до інтенсивного сільськогосподарського використання [1]. Як відомо, формування того чи іншого генетичного типу ґрунту залежить від багатовекторності та рівня впливу елементарних ґрунтоутворювальних процесів, які є наслідком взаємодії чинників ґрунтоутворення (клімату, рельєфу, біоти, тривалості ґрунтоутворення тощо). Тому й називають ґрунти дзеркалом (за В.В. Докучаєвим) чи пам'яттю (за В.О. Таргульяном) ландшафту. Відтак, рекультивовані землі є цінним об'єктом вивчення, іноді неочікуваної інформациі про умови їх формування.

Однак проблема діагностики, систематики, генезису техноземів і досі залишається актуальною для з'ясування багатьох аспектів рекультивациі саме сільськогосподарського спрямування. Вивчення мінливості екологічних та едафічних властивостей, продуктивності та родючості ґрунтів,

які відновлюються, є найважливішим методичним прийомом для оцінки ефективності процесу рекультивациі [2]. Для розв'язання цієї проблеми та отримання уявлення про сучасний стан літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках науково-дослідного стаціонару з сільськогосподарської рекультивациі земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ), крім загальноприйнятих методів дослідження ґрунтів, як оціночний ми застосовували мікроморфологічний метод аналізу мікрокомпонентів ґрунтів: мінеральних, органічних та мікробіологічних за Н.А. Беловою, А.К. Басалаєвим [3]. Слід наголосити, що важливу роль мікроморфологічний метод відіграє у вивченні, з одного боку, форм, стану і взаємного розташування мікроскопічних складових частин ґрунту, що обумовлюють його водно-фізичні властивості, а з іншого, особливостей ґрунтогенезу. До того ж, спостерігаючи послідовність розкладу рослинних решток та інтенсивність їх гуміфікації, перетворення в гумусі, можна отримати важливі відомості про спрямованість процесу ґрунтоутворення та відновлення родючості, що є ключовим питанням для сільськогосподарської

рекультивациі земель. Метою роботи було охарактеризувати процес ґрунтогенезу едафотопу літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках науково-дослідного стаціонару з сільськогосподарської рекультивациі земель ДДАЕУ.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проби ґрунту відбирали на ділянці науково-дослідного стаціонару з сільськогосподарської рекультивациі земель ДДАЕУ та Орджонікідзевського гірничо-збагачувального комбінату, поблизу м. Покров Нікопольського р-ну Дніпропетровської обл. У дослідженнях застосовували загальноприйняті методи геоботанічного аналізу пробних площ та макро- і мікроморфологічної характеристики профілів ґрунтів з відбором зразків у горизонтах літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках [4].

Пробопідготовку здійснювали в лабораторії екологічного ґрунтознавства ДДАЕУ, виготовлення шліфів — у лабораторії мікроморфології ґрунтів Науково-дослідного інституту біології і кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Розшифровку мікроморфологічної організації ґрунтів проводили за Є.І. Парфеновою, Є.А. Яриловою [5], Е.І. Гагаріною [6] та Н.А. Біловою, А.П. Травлєєвим [7]. Прозорі шліфи досліджували за допомогою поляризаційного мікроскопа МБИ-15У та стереоскопічного біокуляра МПСУ-1. Для мікрофотознімання використовували цифрові фотонасадки [8].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Науково-дослідний стаціонар з рекультивациі земель ДДАЕУ та Орджонікідзевського гірничо-збагачувального комбінату був спеціально закладений у процесі гірничотехнічної рекультивациі зовнішнього відвалу марганцевого кар'єра (Азово-Причорноморська південно-стєпова провінція, 47°39'N, 34°08'E).

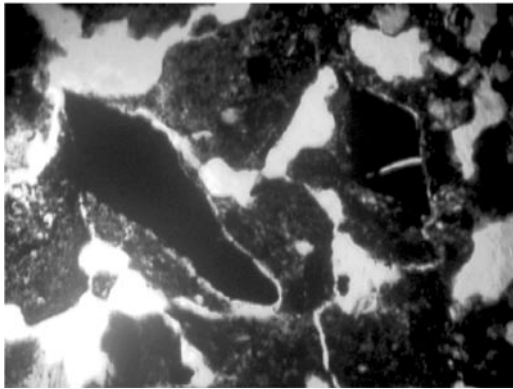
Дослідна модель (конструкція) технозему (ЛС) була сформована техногенною сумішшю лесоподібних відкладів товщиною

близько 2 м без покриття гумусним шаром зонального ґрунту впродовж 1968–1970 рр. Загальна площа — 2 га, в сільськогосподарському освоєнні перебуває з 1973 р.

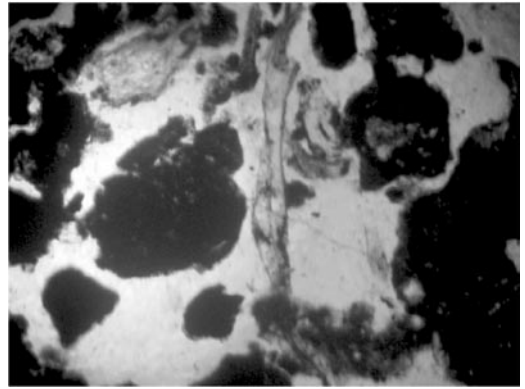
У наведеній моделі технозему тривалий час (1992–2008 рр.) проводили польові дослідження з багаторічними полікомпонентними агрофітоценозами: як дослідні бобові культури використовували люцерну посівну (*Medicago sativa* L.), еспарцет піщаний (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC), буркун білий (*Melilotus albus* Medic.); злакові компоненти — стоколос безостий (*Bromopsis inermis* (Leyss.), житняк вузькоколосий (*Agropyron desertorum* Schult.) та райграс високий (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. Et Presl) [9].

Наведемо мікроморфологічну будову розрізу технозему (ЛС):

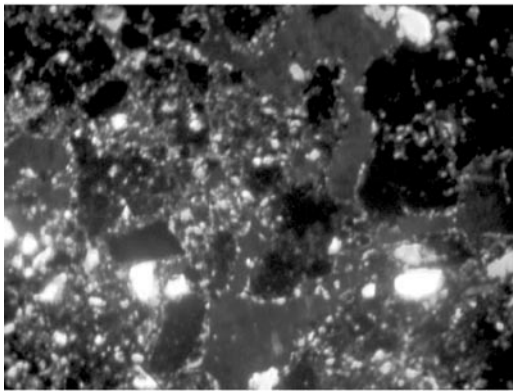
Рк₁ 0–10 см — горизонт має темне забарвлення, що обумовлено вмістом гумусу; добре агрегований і пористий; елементарний мікроустрій — пилувато-плазмовий. Зерна скелета добре відсортовані, основну масу становить пилувата фракція. Відсоткове співвідношення мінеральної частини — 20%. Середніх та великих за розмірами мінералів немає. У деяких мікрорознах спостерігається шпариста або смугаста спрямованість. Форма зерен, в основному, є близькою до сферичної, всі мінерали добре обкочені. Плазма — карбонатно-гумусо-глиниста. Карбонатна частина складається з дрібнозернистого кальциту. Гумусну частину утворює чорний гумус, який доволі однорідно насичує матеріал основи, і гумони, неоднорідно розсіяні в площині шліфа (рис. 1, а). Глиниста частина — з двозаломленням, неорієнтована, маскується гумусом. Органічну речовину представлено чорним гумусом, розсіяним у площині шліфа гумонами і вуглеподібними частками. Рослинні рештки трапляються нечасто — зі слідами розкладання та свіжими зрізами. Мікроскладення горизонту — пухке, здебільшого з міжагрегатними пустотами. Горизонт — добре агрегований, мікроагрегати біогенного походження. Поблизу деяких рослинних решток спостерігаються викиди фітокліщів. Форма



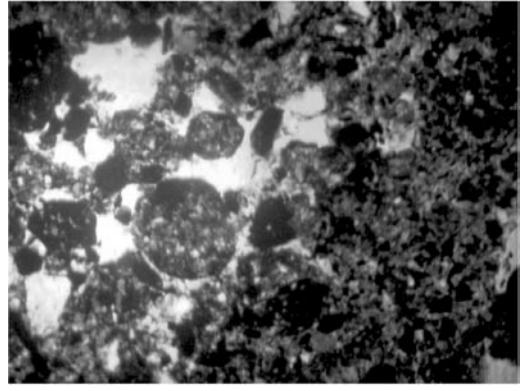
а



б



в



г

Рис. 1. Мікроморфологічні особливості горизонтів (Pk_1 0–10 см та Pk_2 10–40 см): а — гумусні частки в ґрунтовій масі X 60 нік ||; б — мікроагрегати біогенного походження X 60 нік ||; в — зерна мінералів на краях мікроагрегатів X 60 нік ||; г — різні за розміром частки в ґрунтовому матеріалі X 60 нік ||

і розмір мікроагрегатів значно різняться (рис. 1, б).

Pk_2 10–40 см — щільніший за попередній горизонт, має значно менший шпаристий простір, неоднорідно забарвлений гумусом. Елементарний мікроустрій — пилувато-плазмовий. Зерна скелета добре відсортовані, основну масу становить пилувата фракція (рис. 1, в). Відсоткове співвідношення мінеральної частини — 40%. Плазма — карбонатно-гумусо-глиниста. Карбонатна частина складається з дрібнозернистого кальциту. Гумусну частину утворює чорний гумус, який неоднорідно, плямисто вкраплюється в матеріал осно-

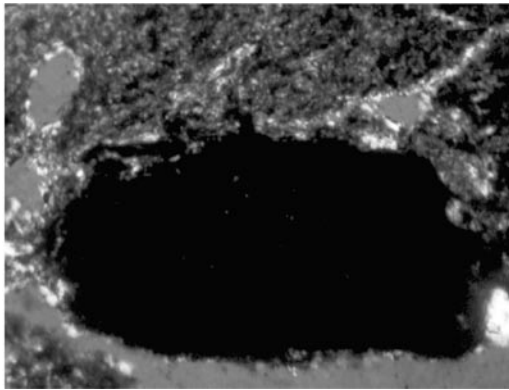
ви, та гумони і вуглеподібні частки, нерівномірно розташовані в площині шліфа. Глиниста частина — з двозаломленням, неорієнтована, інколи маскується гумусом. Органічну речовину представлено чорним гумусом, розсіяними в площині шліфа гумонами і вуглеподібними частками. Рослинні рештки трапляються нечасто, це — залишки із слідами розкладання та свіжі зрізи. Мікроскладення горизонту — шпарове, у деяких мікронах пухке (рис. 1, г). Горизонт є менш оструктуреним порівняно з попереднім. Мікроагрегати, в основному, прості, за формою — близькі до сферичних, біогенного походження.

Pk₃ 40–115 см — у горизонті збільшується частка шпаристого простору. Забарвлення — неоднорідне. Спостерігаються включення світлих карбонатних утворень різної величини. Елементарний мікроустрій — піщано-пилувато-плазмовий. Зерна скелета характеризуються крупними карбонатними включеннями та пилуватою фракцією. Відсоткове співвідношення мінеральної частини — 10%. У деяких мікрозонах спостерігається сконцентрованість пилуватої фракції мінералів на стінках шпарин. Для деяких карбонатних утворень характерним є плавний перехід у мікрозони дрібнозернистого кальциту. Плазма — глинисто-залізисто-карбонатна. Глиниста частина з двозаломленням, характеризується шпаруватістю, викриває частину мікроагрегатів. Залізиста частина плазми вирізняється мікронами світло-бурого кольору (рис. 2, а), розміщується в площині нерівномірно, окремими невеликими за розмірами плямами, забарвлює доволі значні площі, інколи може бути сконцентрована в шпаринах та у мікроагрегатах. Карбонатну частину представлено дрібнозернистим кальцитом та щільними, без заломлення карбонатними утвореннями. Мікроустрій горизонту — пухкий та шпаристий. На стінках шпарин подекуди спостерігаються глинисті і залізисті кутани, скелетани та дрібнозернистий кальцит (рис. 2, б). Горизонт агрегований — мікроагрегати мають коагуляційне походження.

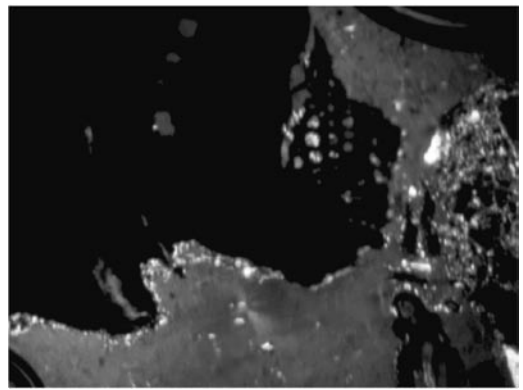
Pk₄ 115–190 см — горизонт характеризується більш однорідним забарвленням чорного кольору; щільніший за попередній. Елементарний мікроустрій — пилувато-плазмовий. Скелет представлено пилуватою фракцією мінеральних зерен. Відсоткове співвідношення мінеральної частини — 30%. Плазма — гумусо-карбонатно-глиниста. Гумусну частину утворено чорним гумусом, дрібними округлими гумонами, рівномірно розсіяними в площі шліфа та вуглеподібними частками. Карбонатна частина плазми характеризується дрібнозернистим кальцитом, що рівномірно насичує матеріал основи (рис. 2, в). Глиниста частина — з подвійним заломленням, іноді

маскується гумусом. Органічна речовина складається з чорного гумусу, гумонів та вуглеподібних часток. Гумони — дрібні, насичують матеріал основи рівномірно. Вуглеподібні частки мають неправильну форму, в основному розміщуються в шпаринах, їх кількість — невелика. Мікроустрій — шпаристий, простір якого здебільшого представлено каналоподібними та округлими замкненими шпаринами. Стінки шпарин подекуди вистеляються скелетанами. Горизонт має незадовільну агрегацію, мікроагрегати — невеликі і прості (рис. 2, г).

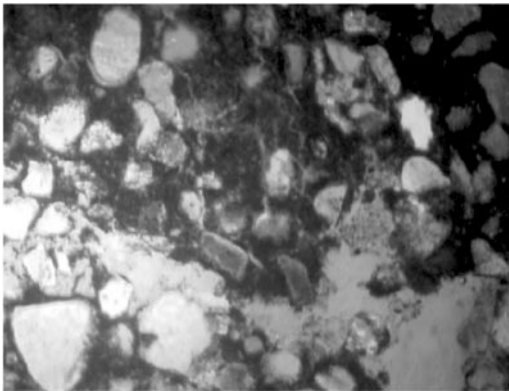
Про швидкість та спрямованість процесу ґрунтоутворення літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках свідчать такі характеристики, як тип кутан та новоутворень, мікроскладення, елементарний мікроустрій та тип плазми. За допомогою мікроморфологічної характеристики профілю літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках встановлено, що мікроструктура — пилувато-плазмозна, однорідна за профілем, за винятком горизонту *Pk₃ 40–115 см*, де вона піщано-пилувато-плазмозна. Скелет у верхніх двох горизонтах (*Pk₁ 0–10* та *Pk₂ 10–40 см*) — відносно однорідний. Домінує пилувата фракція. Зернам скелета горизонту *Pk₃ 40–115 см* характерними є крупні карбонатні включення та пилувата фракція. Незначна кількість зерен мінералів та переважання пилуватої фракції свідчить про інтенсивні процеси вивітрювання. Плазма у двох верхніх горизонтах, до *Pk₃ 40–115 см*, — карбонатно-гумусо-глиниста, іноді маскується гумусом, без сконцентрованості. У горизонті *Pk₃ 40–115 см* — плазма глинисто-залізисто-карбонатна, з глибиною частка гумусової плазми зменшується, натомість частка карбонатної плазми збільшується, сконцентрованість — пориста. Починаючи з горизонту *Pk₄ 115–190 см*, плазма змінюється на карбонатно-гумусо-глинисту. Рослинні рештки зі слідами розкладання та свіжими зрізами трапляються нечасто і тільки у двох верхніх горизонтах. Мікроскладення є неоднорідним за профілем, у верхньому горизонті переважає пухке, у нижніх — основних ти-



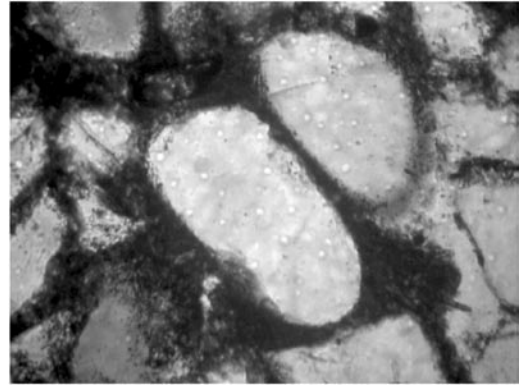
а



б



в



г

Рис. 2. Мікроморфологічні особливості горизонтів (Рк₃ 40–115 см та Рк₄ 115–190 см): а — вугільна частка, вкрита рухомою плазмою X 60 нік ||; б — пилувато-глиниста кутана, яка покриває пору X 60 нік ||; в — щільно розміщені зерна скелета X 60 нік ||; г — плазма в міжскелетному просторі X 60 нік ||

пах мікроскладення — губчасте та пористе. З глибиною площа пористого простору зменшується. Для верхнього горизонту Рк₁ 0–10 см найхарактернішими є між-агрегатні пустоти та широкі каналоподібні пори, для наступних горизонтів — пористі камери, замкнені пори складної форми, каналоподібні пори та тріщини. Стінки пор горизонту Рк₃ 40–115 см подекуди вкривають глинисті та залістисті кутани, скелетани та дрібнозернистий кальцит, а в горизонті Рк₄ 115–190 см іноді вони вистеляються скелетанами. Найбільше агрегований верхній горизонт Рк₁ 0–10 см — складений мікроагрегатами біогенного походження,

за розміром мікроагрегати різні, їх форма, в основному, округла та складна. Горизонт Рк₃ 40–115 см — складений блоками розтріскування та мікроагрегатами коагуляційного походження. Горизонту Рк₄ 115–190 см властивим є незадовільна агрегація, невеликі й прості мікроагрегати (табл.). Найхарактернішим новоутворенням для цього профілю є дрібнозернистий кальцит, який насичує матеріал основи, та його вицвіти в порах. Спостерігаються новоутворення хемогенного походження, що виникли внаслідок міграційного переносу насичених карбонатами розчинів та їх швидкого випаровування. Цей тип

Основні морфологічні особливості та новоутворення літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках

Горизонт	Тип кутан та новоутворень	Мікроустрій	Плазма	Мікроскладення
P _{k1} 0–10 см	Дрібнозернистий кальцит	Пилувато-плазмовий	Карбонатно-гумусо-глиниста	Пухке
Pk ₂ 10–40 см	Дрібнозернистий кальцит	Пилувато-плазмовий	Карбонатно-гумусо-глиниста	Шпаристе та в деяких мікророзонах пухке
Pk ₃ 40–115 см	Дрібнозернистий кальцит, глинисті та залізисті кутани	Піщано-пилувато-плазмовий	Глинисто-залізисто-карбонатна	Пухке та шпаристе
Pk ₄ 115–190 см	Дрібнозернистий кальцит	Пилувато-плазмовий	Гумусо-карбонатно-глиниста	Шпаристе

ґрунтового профілю можна віднести до карбонатного профілю з розвиненою зоною міграції [10].

ВИСНОВКИ

Мікроморфологічні дослідження надали змогу діагностувати штучно створені ґрунтоподібні тіла під впливом сільськогосподарських культур. Крім того, за вже відомими даними з макроморфологічної будови профілю, механічного та хімічного складу ґрунту отримано детальнішу інформацію щодо швидкості процесу ґрунтоутворення літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках.

Найхарактернішими новоутвореннями для досліджуваного профілю є дрібнозернистий кальцит, який насичує матеріал основи, та його вицвіти в порах. Цей тип новоутворень має хомогенне походження,

формується внаслідок міграційного переносу насичених карбонатами розчинів та їх швидким випаровуванням.

Домінування в механічному складі літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках пилуватої та середньої фракції, пилувато-плазмова мікроструктура, добре обкочені зерна та їх згладжені кути свідчать про інтенсивні процеси вивітрювання на дослідних ділянках.

Задовільну агрегованість верхніх гумусових горизонтів обумовлено інтенсивним впливом біогеоценологічного покриву (корені рослин та діяльність ґрунтової фауни), спостерігається інтенсивне структуроутворення та висока шпаруватість верхніх горизонтів.

Профіль літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках можна віднести до карбонатного типу з розвиненою зоною міграції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kubiena W.L. The soils of Europe / W.L. Kubiena. — London: Thomas Murby, 1953. — 298 p.
2. Пространственная агроэкология: монография / А.А. Демидов, А.С. Кобец, Ю.І. Грицан, А.В. Жуков. — Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А.А.», 2012. — 390 с.
3. Концептуальные основы устойчивого развития нарушенных природных экосистем / [А.С. Кобец, П.В. Волох, И.Х. Узбек и др.]; под ред. П.В. Волоха, И.Х. Узбека. — Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А.А.», 2012. — 125 с.
4. Андрусевиц К.В. Екологічна різноманітність рослинного покриву техноземів ділянки рекультивції Нікопольського марганцево-рудного басейну / К.В. Андрусевиц, Ю.О. Штірц // Промислова ботаніка. — 2014. — Вип. 14. — С. 115–127.
5. Парфенова Е.И. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении / Е.И. Парфенова, Е.А. Ярилова. — М.: Наука, 1977. — 198 с.
6. Білова Н.А. Природні ліси та степові ґрунти / Н.А. Білова, А.П. Травлев. — Дніпропетровськ, 1999. — 348 с.

7. Gagarina E.I. Micromorphological method for studying soil / E.I. Gagarina. — St. Petersburg: St. Petersburg University Press, 2004. — 201 p.
8. Мочалова Э.Ф. Изготовление шлифов из почв с ненарушенным строением / Э.Ф. Мочалова // Почвоведение. — 1956. — № 10. — С. 98–100.
9. Гаврюшенко О.О. Агроекологічне обґрунтування динаміки едафічних характеристик рекультивованих земель при їх сільськогосподарському освоєнні в Нікопольському марганцеворудному басейні: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук / О.О. Гаврюшенко. — Дніпро, 2017. — 28 с.
10. Кацевич В.В. Мікроморфологічна характеристика дерново-літогенних ґрунтів на лесах / В.В. Кацевич // Матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практич. конф. «Молодь: наука та інновації — 2015». — Дніпропетровськ, 2015. — Т. 10. — С. 27–28.

REFERENCES

1. Kubiena, W.L. (1953). *Pochvy Evropy [The soils of Europe]*. London: Thomas Murby [in English].
2. Devidov, A.A., Kobets, A.S., Gritsan, Yu.I., Zhukov, A.V. (2012). *Prostranstvennaia anhkrolohiia: monohrafiia [Spatial agroecology and land recultivation: monograph]*. Dnepropetrovsk: Izd-vo «Svidler A.A.» [in Russian].
3. Kobets, A.S., Volokh, P.V., Uzbek, I. Kh. et al. (2012). *Kontseptualnye osnovy ustoichivoho razvitiia narushennykh prirodnykh ekosistem [Conceptual foundations for sustainable development of disturbed natural ecosystems]*. Dnepropetrovsk: Izd-vo «Svidler A.A.» [in Russian].
4. Andrusovich, K.V. (2014). Ekologichna riznomanitnist roslynnoho pokrovu tekhnos-emiiv dilianky rekultyvatsii Nikopolskoho marhantsevo-rudnoho baseinu [Ecological diversity of vegetation cover of technosomes in the area of reclamation of the Nikopol Manganese-ore basin]. *Promislova botanika — Industrial botany*, 14, 115–127 [in Ukrainian].
5. Parfenova, E.I., Yarilova, E.A. (1977). *Rukovodstvo k mikromorfolohicheskim issledovaniiam v pochvovedenii [A guide to micromorphological studies in soil science]*. Moskva: Nauka [in Russian].
6. Bilova, N.A., Travleev, A.P. (1999). *Pryodni lisy ta stepovi grunty [Natural forests and steppe soils]*. Dnepropetrovsk [in Ukrainian].
7. Gagarina, E.I. (2004). *Mikromorfolohicheskie metody izucheniiia pochv. [Micromorphological method for studying soil]*. St. Petersburg: Universitetskaya pressa [in English].
8. Mochalova, E.F. (1956). Izhotovlenie shlifov iz pochv s nenarushennym stroeniem [Manufacture of thin sections from soils with undisturbed structure]. *Pochvovedenie — Soil science*, 10, 98–100 [in Russian].
9. Havrushenko, O.O. (2017). Ahroekologichne obgruntuvannya dynamiky edafichnykh kharakterystyk rekultyvovanykh zemel pry yikh silskohospodarkomu osvoenni v Nikopolskomu marhantsevo-rudnomu baseini [Agroecological substantiation of the dynamics of edatic characteristics of re-cultivated lands with their agricultural development in the Nikopol Manganese ore basin]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Dnipro [in Ukrainian].
10. Katsevych, V.V. (2015). Mikromorfolohichna kharakterystyka dernovo-litohennykh gruntiv na lesakh [Micromorphological characteristic of turflithogenic soils in les]. Science and Innovation — 2015 '15: III Vseukrainska naukovopraktychna konferentsiia — 3rd All-Ukrainian Scientific and Practical Conference. (pp. 27–28). Dnepropetrovsk: NMU polihrafiia [in Ukrainian].

ЕНЕРГОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ТА ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

О.В. Демиденко¹, В.В. Приблуда¹, Ю.І. Кривда²,
А.М. Василенко², Ю.В. Мелешко²

¹ Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція
ННЦ «Інститут землеробства НААН»

² Черкаська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Встановлено, що внаслідок вилучення побічної продукції на енергетичні цілі (соломи зернових, зернобобових, сої та ріпаку), що становить близько 20% від її загального виходу, баланс органічної речовини гумусу сягатиме дефіцитності на рівні $-0,19$ т/га, що перевищує відповідний показник без вилучення вказаної продукції у 190 разів. Крім того, дефіцитність елементів живлення зростає на 125%. Доведено, що підтримання балансу гумусу в ґрунтах аграрних формувань Черкаської обл. є визначальним чинником використання побічної продукції рослинництва на енергетичні потреби. Кількість побічної продукції, яку можна використати на енергетичні потреби, є обернено пропорційною дефіциту гумусу та поживних речовин у ґрунтах сівозміни.

Ключові слова: баланс гумусу, побічна продукція, біопаливо, гумус, поживні елементи.

Нині в АПК Черкаської обл. на найближчу та віддалену перспективи раціональною є біологізована модель ведення землеробства із замкненим виробничим циклом, оптимізованою структурою посівних площ та збалансованим співвідношенням галузей тваринництва і рослинництва. Біологізація землеробства в області є інноваційною технологічною основою для відродження сільськогосподарського виробництва регіону, що дає змогу найближчим часом підвищити конкурентність продукції рослинництва на вітчизняному та зовнішньому ринках [1–3]. Донедавна вважалося, що джерелом забруднення атмосфери вуглекислим газом є енергетика, у т.ч. сучасні твердопаливні котли, транспорт та промисловість, внаслідок функціонування яких виділяється значна кількість CO_2 . За рівнем надходження CO_2 в атмосферу сільське господарство не поступається промисловості, оскільки його частка становить близько 25% викидів парникових газів унаслідок мінералізації гумусу [4, 5]. Тому розв'язання проблеми

збільшення накопичення гумусу в ґрунті може призупинити розвиток глобального потепління [6]. Сучасною тенденцією обробки ґрунту є його мінімізація за глибиною та кількістю застосування ґрунтообробної техніки, а використання соломи як органічного добрива для посилення енергетики ґрунтоутворення в агроценозах сівозмін є актуальним та стратегічним напрямом розвитку аграрної сфери Черкаської обл. та України загалом [7, 8].

Використання біопалива потребує ретельного збалансування з огляду на продовольчі та енергетичні потреби. Тому поширення використання біологічних енергоресурсів неможливо без ретельного обґрунтування параметрів їх технічного та технологічного забезпечення. Крім того, в процесі перетворення органічної сировини в біопаливо необхідно узгоджувати технічні, технологічні, економічні, екологічні та соціальні показники. Кожен захід, який пропонується для реалізації в агроєкосистемах, повинен бути спрямований на підтримання родючості ґрунту, а за можливості — сприяти їх розширеному відтворенню загалом. Це має безпосереднє відношення і до виробництва та використання біопа-

лива. Зважаючи на це, значною науковою проблемою є визначення обсягів рослинної біомаси, яка може бути задіяна на теплові потреби без шкоди для відтворення родючості ґрунтів Черкаської обл.

Визначення обсягів соломи та стебел польових культур на теплові потреби передбачає обґрунтування значень виходу сухої біомаси польових культур. Це сприятиме об'єктивному визначенню річного обсягу соломи та стебел польових культур на теплові потреби. Рівень оцінки обсягів рослинної біомаси на теплові потреби згідно з існуючими методиками може варіювати у межах 30–100% від загальної кількості. Після встановлення обсягів доступної біомаси необхідно розробити напрями раціонального її використання на енергопотреби та визначити конструктивно-технологічні параметри обладнання для конверсії сировини рослинного походження [9–11].

Мета досліджень — встановити теоретично можливі обсяги рослинної біомаси, що може бути використана для енергоконверсії, та обґрунтувати недоцільність використання частини побічної продукції рослинництва для енергетичних цілей через негативну динаміку родючості земель сільськогосподарського призначення в Черкаській обл.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України в довгостроковому (понад 36 років) стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної дослідної станції «ННЦ «Інститут землеробства НААН». Земельна територія дослідного поля розміщується на третій терасі Дніпра в Носівсько-Кременчуцькому агроґрунтовому районі, а за більш детальною класифікацією В.С. Самбуrows — у Драбівському агроґрунтовому районі, рельєф якого є рівнинним, слабохвилястим, з невеликими ярами. Агроґрунтовий район займає південну частину древніх терас Середнього Дніпра, у т.ч. лівобережні райони Черкаської та терасові райони Полтавської областей.

Стан родючості ґрунтів Черкаської обл. за 2009–2015 рр. було оцінено Черкаською філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». Балансові розрахунки органічної речовини гумусу та поживних елементів Черкаської обл. здійснювали за загальноприйнятою методикою ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського». Коефіцієнти мінералізації гумусу визначали за виносом азоту з ґрунту основною продукцією сільськогосподарських культур.

Вихід соломи та стебел для теплових потреб визначали як різницю між обсягом біомаси зернових і зернобобових культур, стебел ріпаку і сої (за винятком стебел кукурудзи на зерно та соняшнику, рослинна біомаса яких здебільшого залишається на полі у повному обсязі) та втратами під час збирання врожаю і стерні, а також витратами соломи для годівлі тварин та для підстилки за методикою С.М. Кухарець, Г.А. Голуб [10, 12–13].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Досягненням АПК Черкаської обл. за останні шість років є високий рівень показників урожайності культур: пшениці озимої — 4,69–4,72 т/га, кукурудзи на зерно — 5,33–7,13, цукрового буряку — 32,7–34,3,6, ріпаку — 2,23–2,96 т/га. Наведемо заходи, завдяки яким досягаються ці показники:

- під час вирощування зернових культур на площі понад 350 тис. га застосовуються технології біологічного землеробства з мульчуванням поверхні ґрунту післяжнивними рештками та побічною продукцією рослинництва під зерновими, зокрема і під просапними культурами (соя, ріпак, соняшник, кукурудза);
- відтворення родючості земель відбувається завдяки використанню нетоварної частки врожаю (соломи зернових і зернобобових, подрібнених стебел соняшнику, кукурудзи, сорго, гички, огудини тощо). Норму внесення органічних добрив рослинного походження у розрахунок на напівперепрілий гній доведено до 7 т/га, а на віддалену перспективу — не менше ніж 15–18 т/га;

- мінеральні добрива у виробництві використовуються в наближено оптимальному співвідношенні з кількістю залишеної на полях нетоварної частки врожаю, що є основою біологічних технологій вирощування продукції рослинництва;

- оптимізація структури посівних площ відповідно до нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах для зони Лісостепу;

- підвищення питомої ваги біологічного азоту завдяки збільшенню площ бобових культур від 2–3 до 4–5% у найближчій перспективі та площ посівів сидератів до 20–25 тис. га, що еквівалентно 30–40 т/га гною;

- у структурі посівних площ частка посіву озимих культур після оптимальних попередників становить понад 220 тис. га, а однорічних та багаторічних трав — близько 45 тис. га;

- впровадження інтегрованої системи захисту рослин, що передбачає вмотивоване застосування організаційно-господарських, агротехнічних, імунологічних, біологічних і хімічних засобів;

- забезпечення технологій біологічного землеробства базується на застосуванні широкозахватних важких дискових борін, комбінованих культиваторів, кільчасто-шпорових котків і зернопресових сівалок або сівалок прямої сівби.

За останні шість років у АПК області на кожен гектар припадає близько 7 т/га органічної маси побічної продукції. Потенціал виробництва доступної соломи пшениці озимої у переважній більшості районів області є значним (45–65 тис. т) та високим (понад 100 тис. т). Тільки в соломі пшениці озимої міститься від 45–60 до 65–120 тис. кг поживних речовин NPK відповідно до її виходу (рис. 1).

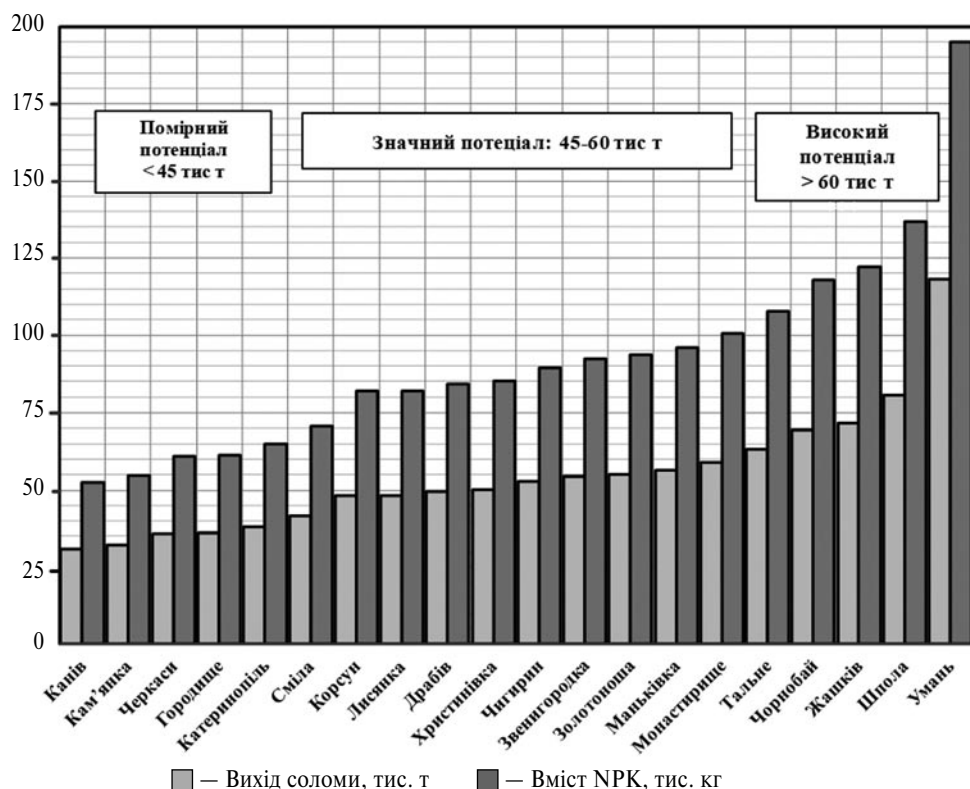


Рис. 1. Потенціал виробництва доступної соломи пшениці озимої та вміст NPK у ній, за адміністративними районами Черкаської обл. (середнє за 2015–2016 рр.)

Науковими розробками і на практиці доведено, що правильні сівозміни в господарстві є організуючою ланкою системи землеробства. У Черкаській обл. за останні 20 років структура сівозмін зазнала істотної трансформації, що має як негативні, так і позитивні наслідки. Так, порівняно з 1990 р., у 2015 р. частка зернових культур зросла до 60%, або в 1,3 раза, у т.ч. ячменю — в 2,7, кукурудзи — в 1,7 раза. Також спостерігається тенденція до зменшення площі посівів пшениці.

Розрахунок виробництва побічної продукції, з урахуванням основних культур у структурі посівних площ, загалом у області становить близько 191 млн т, а вміст NPK в органічній масі досягає близько 6 тис. т, або 100–120 кг/га (рис. 2). Докорінно змінилася і структура посівних площ технічних культур: частка площ у 2010–2015 рр. зросла у 1,7 раза і зазнала значних змін за складом культур. Зокрема, частка цукрових буряків скоротилася майже у 4 рази; соняшнику — зросла у 3,5, ріпаку — у 7; сої — у 5 разів. Через нинішній незадовільний стан галузей тваринництва в Черкаській обл. потреба в кормових культурах зменшилася втричі — відповідно в 2,7–3 рази скоротилися площі посіву кукурудзи на силос, однорічних та багаторічних трав.

Викликає стурбованість скорочення площ посівів гороху, що у структурі посівних площ становить 1,7% порівняно з 5–6% у 1990 р. На агроекологічний стан ґрунтового покриву області згубно вплинуло зменшення внесених органічних добрив: від 10,6 т/га в 1990 р. — до 1,1 т/га в 2010–2015 рр. Першочерговим завданням за нинішніх умов господарювання в АПК Черкаської обл. є розв'язання проблеми забезпечення бездефіцитного балансу органічної речовини ґрунту в умовах згортання тваринництва. З урахуванням кількості вироблених органічних добрив рослинного походження в умовах Центрального Лісостепу України спостерігається стійке пере-

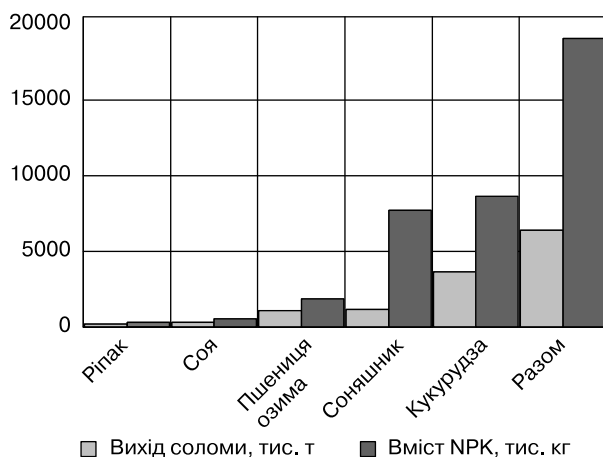


Рис. 2. Потенціал виробництва побічної продукції культур та вміст у ній NPK, у розрізі аграрних формувань Черкаської обл. (середнє за 2015–2016 рр.)

вищення норми виходу на бездефіцитний баланс гумусу в 1,5–2,5 раза.

З урахуванням побічної продукції рослинництва (поживні, поукісні та кореневі рештки) у 2010–2015 рр. на кожний гектар припадало 7,5 т органічної рослинної маси побічної продукції; на кореневі рештки у структурі нетоварної частки врожаю — 40–45%, що важливо для стабілізації продуктивності землеробства та відтворення родючості в нинішніх умовах господарювання. За останні 20 років кожен гектар ріллі було забезпечено 120 т органічної маси, з якої на кореневі рештки припадає 51 т, або близько 43%.

З огляду на перелік основних культур, які наразі входять в структуру посівних площ області, наростаючий вихід органічної маси нетоварної частки врожаю за два десятиліття досяг 120 млн т, а кореневої — 56 млн т (44%) (табл. 1).

За цими показниками Черкаська обл. вийшла на рівень 1990 р., коли 95% побічної продукції вилучалося для тваринництва і вносилося понад 10 т гною на кожен гектар сівозмінної площі. За нинішніх умов господарювання саме побічна продукція рослинництва є стабілізуючим чинником як продуктивності, так і родючості земель сільськогосподарського призначення. Така

Таблиця 1

Вихід і накопичення побічної продукції та кореневої маси рослинництва в аграрних формуваннях Черкаської обл., за 1990–2015 рр.

Показник	Рік		
	1990	2000	Середнє за 2012–2015
Усього органічної маси, т/га	7,1	5,8	7,5
Усього кореневої маси, т/га	2,8	2,1	3,0
Наростаючий вихід органічної маси, т/га	7,1	55	120
Наростаючий вихід кореневої маси, т/га	2,8	25	51
Усього органічної маси, млн т	7,7	5,9	8,0
Усього кореневої маси, млн т	3,0	2,9	3,2
Наростаючий вихід органічної маси, млн т	7,7	66	120
Наростаючий вихід кореневої маси, млн т	3,0	27	56

кількість рослинної органічної маси у перерахунку на напівперепрілий гній з внесенням азотної компенсації є еквівалентною 15–18 т гною на кожен гектар ріллі в масштабах області, а вміст поживних елементів у ній сягає не менше 130 кг/га у діючій речовині (д.р.) азоту, фосфору та калію на 1 га.

Відомо, що для поліпшення господарських якостей кислих ґрунтів слід вживати вапнування. Кожна тонна вапняного добрива забезпечує на кислих і сильнокислих ґрунтах за весь час своєї дії (близько 10 років) до 1 т додаткового врожаю у перерахунку на зерно. Основне значення вапна для родючості ґрунту полягає в тому, що воно є джерелом увібраного кальцію, який запобігає втратам найціннішої частки ґрунту — гумусу, тобто підтримує його родючість. Проте вапнування в Черкаській обл. потребує державної підтримки — наразі щорічним внесенням добрив забезпечується лише 3,9–11 тис. га за потреби — 70–75 тис. га орних земель.

Зауважимо, що в соломі зернових культур міститься 0,25–0,31% кальцію; у стеблах кукурудзи — близько 0,5; соломі гороху — 1,82; стеблах сояниці — 1,53; гречаній соломі — 0,95; стеблах сої — 1,4; у кормових культурах — 0,95–2,53%. Ви-

нос основною продукцією кальцію з ґрунту значно менший, ніж накопичення цього елемента в побічній продукції: зернових — у 3–5 рази, кукурудзи — в 16, сояниці — в 8, гороху та сої — в 9–20 разів.

За умови залишення побічної продукції рослинництва на місці вирощування в орні землі Черкаської обл. повернено близько 80 тис. т активної форми кальцію (в середньому на 1 га ріллі близько 45 кг). З побічної продукції, що вироблялася в аграрних формуваннях області, в 2010–2015 рр. (у перерахунку на д.р.) щороку вноситься 80 кг/га CaCO_3 . Сумарне надходження становить 610 кг/га, а у фізичній масі — 1085 кг/га.

Загалом, у області за 20 років з побічною продукцією внесено 87 тис. т у д.р. CaCO_3 . Сумарне надходження CaCO_3 за 20 років становило 665 тис. т, а у фізичній масі — 1185 тис. т. Для порівняння: у 1990 р., на тлі внесення 12509 тис. т гною, в ґрунт було повернено 112 тис. т CaCO_3 у фізичній масі, а в 2015 р. — майже 100 тис. т без затрат на вивезення побічної продукції та внесення гною (табл. 2).

За даними Черкаської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», в області з 1990 до 2005 року включно площі кислих ґрунтів збільшилися в 1,38 раза, а їх частка

Таблиця 2

**Надходження рослинного кальцію та зміна площ ґрунтів з кислою реакцією
в аграрних формуваннях Черкаської обл., за 1990–2015 рр.**

Показник	Рік			
	1990	2000	2010	2015
Надходження CaCO_3 за роками, кг/га (у д.р.)	5	62	71	80
Сумарне надходження CaCO_3 , кг/га (у д.р.)	5	94	236	610
Сумарне надходження CaCO_3 , кг/га (ф.м.*)	9	168	420	1085
Надходження CaCO_3 за роками, тис. т (у д.р.)	10	65	77	87
Сумарне надходження CaCO_3 , тис. т (у д.р.)	10	112	265	665
Сумарне надходження CaCO_3 , тис. т (ф.м.)	18	200	470	1185
Площа кислих ґрунтів, %**	19	29	33	23
Площа кислих ґрунтів, тис. га**	225	288	310	208

Примітка: *ф.м. — фізична маса; ** — за даними ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» станом на 2015 р.

зросла в 1,74 раза. Починаючи з 2006 р., збільшення площі кислих ґрунтів призупинилося, а в 2010 р. було зафіксовано їх зниження до рівня 1990 р. Так, можна вважати, що рівень показників надходження кальцію з нетоварної частки врожаю станом на 2005 р. є критичним або мінімально задовільним для припинення декальцинації та початку розкислення ґрунтів чорноземного типу земель сільськогосподарського призначення завдяки біогенній меліорації соломомою та побічною продукцією інших культур.

За даними обстежень Черкаської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» станом на 2015 р., площа кислих ґрунтів у області становила близько 208 тис. га. Порівняно з 2010 р., зменшення частки площі кислих ґрунтів перевищило 30%. Завдяки пріоритетному побічній продукції врожаю (поживні, поукісні та кореневі рештки) вдається повернути у ґрунт активну форму кальцію та забезпечити щорічне біогенне вапнування (рециркуляція кальцію) кожного поля на тлі істотного зниження собівартості вапнування ґрунту і вирощеної продукції в агроценозах сівозмін. У виробничих умовах забезпечується природне надходження активної форми рослинного

кальцію у ґрунт, що дає змогу знизити активну та потенційну кислотність, наситити ґрунтовий вбирний комплекс кальцієм та забезпечити його позитивний баланс у ґрунті. Особливо посилюється ефективність біогенного вапнування ґрунтів завдяки застосуванню новітніх технологій обробітку ґрунту, які передбачають поверхневе загортання нетоварної частки врожаю у ґрунт.

Для сільського господарства Черкаської обл. проблема збільшення остепнених територій є актуальною. Це спричинено розораністю ґрунту сільськогосподарських угідь аграрних підприємств області на 91%. Проблемою землеробства в області є різке зменшення внесення органічних (у 7–10 разів) та мінеральних (у 2,7–3 рази) добрив. Як наслідок — уміст гумусу в ґрунтах області за останні 20 років знизився на 0,25%.

Останніми роками наполегливо нав'язується думка, що в складних економічних умовах використання в енергетичному балансі країни палива, отриманого на основі органічної сировини аграрного походження, забезпечує:

- скорочення загальних витрат енергії в сільськогосподарському виробництві;

- збільшення обсягів відновлювальних джерел енергії;
- раціональніше використання залишків соломи та стебел основних культур, щорічні накопичення яких становлять 15–20 млн т.

Раціональне використання біомаси для енергетичних цілей надасть можливість зменшити викиди вуглекислого газу, сірки, оксидів азоту в атмосферу та відновити родючий шар ґрунту. Через засоби масової інформації в Черкаській обл. формується думка про доцільність використання побічної продукції рослинництва для енергетичних цілей.

Слід зауважити, що хибним є твердження про доцільність використання соломи як біопалива, завдяки якому можна призупинити глобальні зміни клімату та розв'язати енергетичні проблеми, а спалювання соломи може бути нейтральним щодо збільшення парникового ефекту (теплотворна здатність соломи зернових культур — 10×10^3 МДж/т; стебла соняшнику та кукурудзи — $12,5 \times 10^3$ МДж/т). Отже, не конверсія побічної продукції до CO_2 та води за реакції з киснем є необхідним аграрному виробництву, а збагачення ґрунту новоутвореним гумусом та трансформація його в стійкі гумусові речовини, що активізує процес відтворення родючості чорноземів лісостепової зони та забезпечить національну безпеку України.

Підтримання позитивного балансу гумусу та елементів живлення в ґрунтах є визначальним чинником вилучення побічної продукції рослинництва для енергетичних потреб. Водночас кількість побічної продукції, яку можна використати для теплових потреб, є обернено пропорційною дефіциту гумусу в ґрунтах сівозміни.

Так, збільшення дефіциту гумусу на 10 кг/га зумовлює потребу в зменшенні використання побічної продукції для енергетичних потреб до 5%. Тому необхідним є чітке визначення прийнятих значень показників для розрахунку або методики визначення балансу гумусу для отримання обґрунтованих висновків про можливість використання соломи для теплових по-

треб. За показниками, що характеризують сільськогосподарське виробництво упродовж останніх років, розраховано граничні обсяги рослинної біомаси (соломи) для теплових потреб.

Слід зауважити, що за загального дефіциту гумусу понад 0,065 т/га, використання соломи на теплові потреби неможливо через недотримання умови позитивного балансу гумусу. В аграрних формуваннях Черкаської обл. баланс гумусу, розрахований за виносом азоту сільськогосподарськими культурами, є нижчим від граничних показників (менше 65 кг/га), а за адміністративними районами — знижується до негативних значень, що обмежує використання побічної продукції для теплових ресурсів.

Так, баланс органічної речовини гумусу за вилучення побічної продукції для господарських цілей (30%) становив (т/га): у 2009 р. — (–0,40), 2010 р. — (–0,42), 2012 р. — +0,01, 2013 р. — (–0,02), 2014 р. — (–0,076), у 2015 р. — (–0,035). У середньому баланс органічної речовини гумусу був на рівні простого відтворення, а баланс елементів живлення — дефіцитний, на рівні –100 кг/га NPK.

Унаслідок додаткового вилучення близько 30% побічної продукції для господарських цілей та ще близько 20% — для енергетичних цілей (солома зернових, зернобобових, сої та ріпаку) баланс органічної речовини гумусу значно підвищився — до дефіцитності рівня –0,19 т/га, що у 190 разів вище порівняно з показником балансу внаслідок вилучення 30% побічної продукції лише для господарських цілей. Крім того, дефіцитність елементів живлення також зростає до 125 кг/га (табл. 3).

За розрахунками Біоенергетичної асоціації України [14] реальна площа захисних лісосмуг (ПЗЛС) у Черкаській обл. налічує близько 30 тис. га. Нині ПЗЛС області захищають від негативного впливу природних явищ близько 2 млн га сільськогосподарських угідь (1 га лісосмуги захищає 20–30 га орних земель), що забезпечує підвищення ефективності використання цих угідь та знижує собівартість продукції

Таблиця 3

**Динаміка показників родючості ґрунтів у аграрних формуваннях Черкаської обл.
за різного господарського використання побічної продукції, 2010–2015 рр.**

Показник	Рік						Середнє за 2010–2015 рр.
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
За вилучення побічної продукції на господарські цілі (у межах 30%)							
Вихід побічної продукції, млн т	5,1	4,6	7,0	6,6	7,2	6,0	6,1
Баланс							
Органічна речовина — гумус, т/га	–0,41	–0,42	+0,01	+0,02	–0,076	–0,035	–0,001
Поживні речовини (NPK), кг/га	–178	–118	–194	–25,0	–45,0	–42,0	–100
За вилучення побічної продукції для енергетичних цілей з розрахунку: (30% + 20% = 50%)							
Вилучення побічної про- дукції для енергетичних цілей, млн т	1,05	0,95	1,50	1,35	1,45	1,20	1,25
Баланс							
Органічна речовина — гумус, т/га	–0,48	–0,55	+0,007	+0,016	–0,09	–0,041	–0,19
Поживні речовини (NPK), кг/га	–215	–145	–235	–30,0	–55,0	–50,0	–125

рослинництва. На жаль, ПЗЛС нині перебувають в занедбаному стані, що унеможливає виконання ними своїх захисних функцій. Через неналежний стан ПЗЛС із сільськогосподарського обробітку вилучено смуги полів шириною до 3 м, які безпосередньо прилягають до лісонасаджень. Завдяки проведенню реконструкції ПЗЛС цієї території можна повернути до використання за прямим призначенням.

Для збільшення енергетичного потенціалу деревної біомаси (відходи рубки та деревообробки, дрова для опалення) до використання необхідно також залучати додаткові джерела. Ними можуть бути ПЗЛС, лісонасадження вздовж автомобільних доріг і залізниць, а також сухостій. Наразі ПЗЛС потребують невідкладних заходів з реконструкції та відновлення. Завдяки цьому можна додатково отримати близько

1 млн т умовного палива на рік (у.п./рік). Упорядкування ПЗЛС, що зростають вздовж автомобільних доріг та залізничних колій, може забезпечити отримання ще 84 тис. т у.п./рік біомаси. Сухостій також є потужним потенційним джерелом деревини для енергетичних потреб — понад 1,4 млн т у.п./рік. Так, загальний обсяг деревного палива з додаткових джерел в Україні можна оцінити у 2,5 млн т у.п./рік. Цей обсяг є доволі значним, оскільки збільшує існуючий енергетичний потенціал деревини (2 млн т у.п./рік з традиційних джерел) у 2,3 раза, або до 4,5 млн т у.п./рік.

Деревина ПЗЛС України є переважно низькосортною, тому біомасу, отриману під час санітарних рубок та рубок догляду, можна майже повністю використовувати для потреб енергетики, не порушуючи критеріїв сталого розвитку довкілля.

Згідно з експертними оцінками, завдяки проведенню робіт з реконструкції ПЗЛС можна отримувати 100–200 щільних м³ низькосортної деревини з 1 га. У масштабах країни це становить 78 млн щільних м³, або 54,6 млн т, зокрема в Черкаській обл. — 3,6 млн т деревини.

Особлива цінність побічної продукції полягає в її захисті ґрунтового покриву від вітрової та водної ерозії. Моніторинг еродованості ґрунтового покриву аграрних формувань Черкаської обл. припинено у 1983 р., коли офіційно площа еродованих земель становила 310 тис. га, або 26% орних земель. З 1961 до 1983 року темпи наростання ерозійних процесів становили близько 2,05 тис. га/рік. Зважаючи на такі темпи ерозії, прогнозовано визначено площу еродованих земель — близько 390 тис. га, або 35%. Тому використовувати побічну продукцію рослинництва для енергетичних цілей недопустимо.

Отже, біомаса побічної продукції в землеробстві як похідна енергії Сонця в хімічній формі є не тільки одним з найпопулярніших і найбільш універсальних ресурсів землі, а й основою екологічної стійкості агроландшафтів завдяки формуванню позитивного балансу органічної речовини гумусу та засобом забезпечення людей продуктами харчування. Слід дода-

ти: «Великим злочином є спалювання соломи на полях, але ще більшим злочином є спалювання соломи в сучасних котлах для вирішення енергетичних проблем» [7].

ВИСНОВКИ

Унаслідок додаткового вилучення близько 30% побічної продукції для господарських та 20% — для енергетичних цілей (солома зернових, зернобобових, сої та ріпаку) баланс органічної речовини гумусу значно зростає, до дефіцитності рівня –0,19 т/га, що у 190 разів більше порівняно з показником балансу за вилучення лише 30% побічної продукції для господарських цілей. Зауважимо, що дефіцитність елементів живлення також зростає до 125 кг/га.

Підтримання балансу гумусу в ґрунтах аграрних формувань Черкаської обл. є визначальним чинником використання побічної продукції рослинництва на енергетичні потреби. Поряд із тим кількість побічної продукції, яку можна використати на теплові потреби, є обернено пропорційною дефіциту гумусу в ґрунтах сівозміни. Зростання дефіциту гумусу внаслідок вилучення побічної продукції на енергетичні потреби обумовлює зважене її використання через негативну динаміку родючості земель сільськогосподарського призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Регулювання використання органічних ресурсів АПК Черкаської області для відтворення родючості та виробництва біопалива / [О.В. Демиденко, М.І. Блащук, Ю.І. Кривда, О.М. Горбачек] // Посібник Українського хлібороба. — 2016. — Т. 1. — С. 170–173.
2. Демиденко О.В. Збалансувати структуру сівозміни з родючістю чорноземів у зоні центрального Лісостепу України цілком реально / О.В. Демиденко // Зерно і хліб. — 2015. — № 1. — С. 54–56.
3. Демиденко О.В. Гумусовий стан чорноземів Черкаської області та шляхи відтворення їхньої родючості / О.В. Демиденко // Охорона ґрунтів. — 2014. — Вип. 1. — С. 240–243.
4. Новітні технології біоконверсії: монограф. / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, І.П. Григорюк та ін.]. — К.: Аграр Медіа Груп, 2010. — 326 с.
5. Калетник Г.М. Розвиток ринку біопалива в Україні: монограф. / Г.М. Калетник. — К.: Аграр. наука, 2008. — 464 с.
6. Сайко В.Ф. Землеробство в контексті змін клімату: Вибрані наукові праці / В.Ф. Сайко. — К.: Аграр. наука, 2011. — 326 с.
7. Сайко В.Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва в Україні / В.Ф. Сайко // Землеробство. — 2009. — Вип. 81. — С. 3–10.
8. Сівозміни у землеробстві України / за ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. — К.: Аграр. наука, 2002. — 147 с.
9. Кухарець С.М. Енергоавтономність агроєкосистем на основі біологічних видів палива / С.М. Кухарець // Сучасні проблеми збалансованого природокористування: зб. наук. пр. VII Наук.-пр. конф. — Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2012. — С. 149–154.
10. Кухарець С.М. Регулювання використання органічних ресурсів для виробництва біопалива / С.М. Кухарець, Г.А. Голуб // Сільськогосподарські машини: зб. наук. пр. — 2013. — Вип. 24. — С. 187–194.

11. Голуб Г.А. Научно-технические и экономические проблемы производства и использования биопалив в агроэкосистемах / Г.А. Голуб // Вісн. Сум. нац. аграр. ун-ту. — 2010. — Вип. 1 (21). — С. 72–80.
12. Голуб Г.А. Проблемы использования соломы в качестве топлива / Г.А. Голуб // Вісн. аграр. науки. — 2010. — № 8. — С. 49–52.
13. Устойчивость земледелия: проблемы и пути решения / [В.Ф. Сайко, А.М. Малиенко, Г.А. Мазур, и др.]. — К.: Урожай, 1993. — 319 с.
14. Можливості заготівлі деревного палива в лісах України [Електронний ресурс] / [Г.Г. Гелетука, Т.А. Железна, А.В. Пастух та ін.] // Аналітична записка БАУ. — 2018. — № 19. — С. 1–29. — Режим доступу: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-19-ua.pdf>

REFERENCES

1. Demydenko, O.V., Blashchuk, M.I., Kryvda, Yu.I. (2016). Rehuliuvannya vykorystannia orhanichnykh resursiv APK Cherkaskoi oblasti dlia vidtvorennia rodiuchosti ta vyrobnytstva biopalyva [Regulating the use of organic resources of agroindustrial complex of Cherkasy region for reproduction of fertility and biofuel production]. *Posibnyk Ukrayinskoho khliboroba — The guidebook of the Ukrainian farmer*, 1, 170–173 [in Ukrainian].
2. Demydenko, O.V. (2015). Zbalansuvaty strukturu sivozmin z rodyuchistyu chornozemiv u zoni tsentralnogo Lisostepu Ukrayiny tsikom realno [To balance the structure of crop rotation with fertility of chernozems in the zone of the central forest-steppe of Ukraine is quite real]. *Zerno i khlib — Grain and bread*, 1, 54–56 [in Ukrainian].
3. Demydenko, O.V. (2014). Humusovyy stan chornozemiv Cherkaskoyi oblasti ta shlyakhy vidtvorennia yikhnoyi rodyuchosti [Humus state of Chernozem Chernozem region and ways of reproduction of their fertility]. *Okhorona gruntiv — Soil protection*, 1, 240–243 [in Ukrainian].
4. Blyum, Ya.B., Heletukha, H.H., Hryhoryuk, I.P. (2010). *Novitni tekhnolohiyi biokonversiyi [Newest technologies of bioconversion]*. Kyiv: Agrar Media Group [in Ukrainian].
5. Kaletnyk, H.M. (2008). *Rozvytok rynku biopalyva v Ukrayini [Development of Biofuel Market in Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna Nauka [in Ukrainian].
6. Sayko, V.F. (2011). *Zemlerobstvo v konteksti zmin klimatu [Agriculture in the context of climate change]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
7. Sayko, V.F. (2009). Vykorystannya na udobrennya pobichnoyi produktsiyi roslynnytstva v Ukrayini [Use of fertilizer for crop production in Ukraine]. *Zemlerobstvo — Agriculture*, 81, 3–10 [in Ukrainian].
8. Sayko, V.F., Boico, P.I. (Eds.). (2002). *Sivozminy u zemlerobstvi Ukrayiny [Crop rotations in agriculture in Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
9. Kukharets, S.M. (2012). Enerhoavtonomnist ahroekosystem na osnovi biolohichnykh vydiv palyva [Energy autonomy of agroecosystems based on biological types of fuels]. *Modern problems of balanced nature management '12: VII nauk.-pr. konf. — VII sciences. conf.* (pp. 149–154). Kam'ianets-Podilskyi: PDATU [in Ukrainian].
10. Kukharets, S.M., Holub, H.A. (2013). Rehulyuvannya vykorystannia orhanichnykh resursiv dlya vyrobnytstva biopalyva [Regulation of the use of organic resources for biofuel production]. *Silskohospodarski mashyny — Agricultural machines*, 24, 187–194 [in Ukrainian].
11. Holub, H.A. (2010). Naukovo-tekhnicni ta ekonomichni problemy vyrobnytstva i vykorystannia biopalyv u ahroekosystemakh [Scientific, technical and economic problems of production and use of biofuels in agroecosystems]. *Visnik Sumskogo natsionalnogo ahrarnogo unistytu — Bulletin of the Sumy National Agrarian University*, 1, 72–80 [in Ukrainian].
12. Holub, H.A. (2010). Problemy vykorystannia solomy v yakosti palyva. [Problems of using straw as a fuel]. *Visnik ahrarni nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 8, 49–52 [in Ukrainian].
13. Sayko, V.F., Malenko, A.M., Mazur, H.A. (1993). *Ustoychivost zemledel'ya: problemy y puty resheniya [Agriculture Sustainability: Problems and Solutions to Decision]*. Kyiv: Urozhay [in Ukrainian].
15. Heletukha, H.H., Zhelezna, T.A., Pastukh, A.V. (2018). Mozhyvosti zahotivli derevnogo palyva v lisakh Ukrayiny [Possibilities of harvesting wood fuel in the forests of Ukraine]. *Analitichna zapyska BAU — Analytical note BAU*, 19, 1–29. Retrieved from <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-19-ua.pdf> [in Ukrainian].

ЗМІНА ПОТЕНЦІЙНОЇ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ОПІДЗОЛЕНОГО РЯДУ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

С.Г. Корсун¹, Г.В. Давидюк¹, Л.І. Шкарівська¹,
В.В. Болоховський², В.А. Болоховська²

¹ ННЦ «Інститут землеробства НААН»

² ПП «БТУ-Центр»

Проведено дослідження зміни властивостей ґрунтів опідзоленого ряду за застосування біологічних препаратів. Виявлено поліпшення потенційної родючості ґрунтів за контакту з біодобривом Граундфікс® та прилиплювачем Липосам®. Експериментально доведено та статистично обґрунтовано, що біологічні препарати за різних композицій їхнього застосування підсилювали целюлозолітичну активність ґрунту, інтенсивність респірації та поліпшували показники агрохімічного стану ґрунтів. Підтверджено перевагу сумісного внесення препаратів Граундфікс® та Липосам®, незалежно від способу використання та вихідного рівня агрохімічних показників родючості ґрунтів.

Ключові слова: ґрунти, біологічні препарати, целюлозолітична активність, інтенсивність респірації, агрохімічні показники родючості ґрунтів.

Надзвичайно актуальною для сільськогосподарського виробництва України є проблема збереження і підвищення родючості ґрунтів без порушення природної зрівноваженості процесів у агроєкосистемах. Застосування біологічних препаратів, які сприяють мобілізації поживних елементів з нерозчинних сполук, фіксації азоту та підвищують ефективність використання мінеральних добрив, засобів захисту, продуктивність сільськогосподарських рослин та якість продукції, запобігають міграції сполук у нижні горизонти ґрунту, забрудненню навколишнього природного середовища, є однією з ланок оптимізації екологічної рівноваги в агроландшафтах за різної інтенсивності систем землеробства [1–3]. Ефективність застосування біологічних препаратів підтверджено низкою наукових публікацій, що свідчить про доцільність їх застосування в сучасних умовах ведення землеробства [4–10]. Але поява нових препаратів, які містять продукти біологічного синтезу, штами мікроорганізмів, відібрані за ознакою крайньої продуктивності та стабільності у широкому діапазоні температур, вологості, властивостей ґрунту, спонукає

до продовження лабораторних і польових досліджень для виявлення їхнього впливу на потенційну родючість ґрунту.

Метою роботи було встановити вплив біологічних препаратів Граундфікс® і Липосам® на агрохімічні, фізико-хімічні, біологічні властивості ґрунтів опідзоленого ряду.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Упродовж 2016–2017 рр. досліджували зміну властивостей ґрунтів опідзоленого ряду за застосування біологічних препаратів Граундфікс® і Липосам® виробництва ПП «БТУ-Центр». Основою біодобрива Граундфікс® є силікатні та активні штами калій- і фосформобілізуючих бактерій, природних ендofітних і ґрунтових азотфіксуєючих мікроорганізмів. Крім того, Граундфікс® містить вітаміни, фітогормони, ферменти, амінокислоти тощо. Біологічний препарат Липосам® — це високоефективний прилиплювач, діючою речовиною якого є унікальна композиція полісахаридів природного походження. За його застосування зменшуються витрати та підвищується ефективність пестицидів, стимуляторів росту, біопрепаратів, зменшуються втрати врожаю під час збирання, утримується волога в прикореневій зоні і листі рослин.

Досліджували вплив біопрепаратів на агрохімічні, фізико-хімічні, біологічні властивості ґрунтів опідзоленого ряду різного типу використання: сірий лісовий легкосуглинковий — переліг; темно-сірий опідзолений легкосуглинковий — орна земля; чорнозем опідзолений середньосуглинковий — орна земля. Препарати вносили у ґрунт у таких дозах: Граундфікс® — 10 л/га, Липосам® — 1,0 л/га.

Визначення целюлозолітичної активності ґрунту проводили в лабораторних умовах модифікованим методом Крістенсена, оцінювання результатів — за шкалою Д.Г. Звягінцева [11, 12]. У модельному лабораторному досліді для кожного з ґрунтів було передбачено такі варіанти: 1 — ґрунт (контроль); 2 — ґрунт + Граундфікс®; 3 — ґрунт + Липосам®, 4 — ґрунт + Граундфікс® + Липосам®. Згідно із методикою, пластини целюлози (фільтрувального паперу) впродовж 30 діб перебували в контакті з ґрунтами. Повторення в експерименті — чотириразове. Дози препаратів застосовували у перерахунку на наважку ґрунту, визначену методикою.

У окремому модельному лабораторному досліді тривалістю 31 добу (місяць) визначали зміни інтенсивності респірації ґрунтів у квазістаціонарних гідротермічних умовах за їх контакту з біопрепаратами Граундфікс® та Липосам® [11]. Варіанти досліді були такими самими, як і за визначення целюлозоруйнівної активності ґрунтів. Повторність досліді — чотириразова. Інтенсивність респірації ґрунту вимірювали щодобово. Після завершення досліді, у пробах ґрунту, що компостувались впродовж місяця з біопрепаратами, а також у пробах, які не підлягали компостуванню (вихідний ґрунт), було проведено фізико-хімічний та агрохімічний аналіз за методиками, що відповідають нормативній базі України. Дослідження виконано в лабораторії відділу агроєкології і аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН» (Свідоцтво про атестацію № А14-053 від 28.03.2014 р. видано Українським державним центром стандартизації і сертифікації ДЦ «Укргостандартсертифікація»).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Оцінювання стану екосистеми ґрунту в умовах застосування біологічних препаратів потребує з'ясування стану мікробного ценозу як одного із чутливих діагностичних критеріїв родючості ґрунту. Целюлозолітична активність мікробного ценозу та інтенсивність респірації є одними із основних інтегруючих показників, які свідчать про активність життєдіяльності ґрунтової біоти.

Візуальне обстеження пластин целюлози після їхньої експозиції, зважування та відповідні розрахунки засвідчили, що целюлозолітична активність мікробних пулів за шкалою Звягінцева мала слабкий рівень (табл. 1) і відзначалась незначним варіюванням у межах кожного з досліджуваних ґрунтів ($V = 2,8\text{--}6,7\%$). Утім, на перелозі (сірий лісовий ґрунт) частка розкладу була вищою порівняно з орною землею — $24,7\text{--}26,6\%$. Менша біологічна активність була зафіксована у пробах темно-сірого опідзоленого ґрунту (орна земля) — $10,8\text{--}11,6\%$, і чорноземі опідзоленому (орна земля) — $17,2\text{--}18,8\%$.

Зауважимо, що за контакту ґрунтів з біопрепаратами деструкційна активність мікробного пулу мала тенденцію до зростання. У чорноземі опідзоленому (орна земля) біологічна активність підвищувалась залежно від застосування біопрепаратів на $0,8\text{--}2,4\%$ порівняно з ґрунтом контролю (НІР₀₅ $2,4\%$); сірому лісовому (переліг) — на $1,0\text{--}1,7$ (НІР₀₅ $1,4$); темно-сірому опідзоленому ґрунті (орна земля) — на $0,2\text{--}0,8\%$ (НІР₀₅ $0,7\%$). Встановлено, що внесення в ґрунт препаратів Граундфікс® разом з Липосамом® (варіант 4) мало найбільший позитивний вплив на пул целюлозоруйнівних мікроорганізмів сірого лісового та темно-сірого опідзоленого ґрунтів, тоді як у чорноземі опідзоленому дія як Граундфіксу®, так і Граундфіксу® сумісно з Липосамом® були рівнозначними.

Про активність життєдіяльності ґрунтової біоти свідчить показник інтенсивності респірації. Інтенсивність виділення вуглекислоти є однією з основних характеристик загальної біологічної активності ґрунту,

Таблиця 1

Ступінь розкладання целюлози мікробними пулами ґрунтів опідзоленого ряду за впливу біопрепаратів Граундфікс® та Липосам®

Варіант	Ґрунти опідзоленого ряду		
	сірий лісовий (переліг)	темно-сірий опідзолений (орна земля)	чорнозем опідзолений (орна земля)
<i>Ступінь розкладання целюлози, %</i>			
1 – ґрунт (контроль)	24,9	10,8	16,4
2 – ґрунт + Граундфікс®	25,9	11,4	18,8
3 – ґрунт + Липосам®	26,2	11,0	17,2
4 – ґрунт + Граундфікс® + Липосам®	26,6	11,6	18,8
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	25,9±0,3	11,2±0,2	17,8±0,5
V, %	2,8	3,3	6,7
НІР ₀₅	1,4	0,7	2,4

що визначає рівень вуглецевого живлення рослин. Унаслідок розкладу органічної речовини, що здійснюють ґрунтові мікроорганізми, відбувається вивільнення вуглекислого газу. Активність продукування CO₂ свідчить про швидкість проходження мінералізаційних процесів у ґрунті.

Результати вимірювання інтенсивності респірації в досліді засвідчили, що варіювання цього показника впродовж місяця було значним і високим, незалежно від внесення біологічних препаратів: у сірому лісовому ґрунті – $V = 32,5\text{--}34,2\%$, темно-сірому опідзоленому ґрунті – $V = 28,5\text{--}30,5\%$, чорноземі опідзоленому – $V = 30,9\text{--}32,9\%$. Здебільшого високі показники варіювання зумовлено різким сплеском активності мікроорганізмів у перші три доби з початку досліді, адже в лабораторних умовах було створено оптимальні гідротермічні умови для функціонування мікробного пулу. В наступний період дослідження спостерігалось поступове спадання інтенсивності респірації. У сірому лісовому ґрунті величина емісії CO₂ знизилась з 115,2–119,0 до 37,5–38,5 мг/кг ґрунту, у темно-сірому опідзоленому ґрунті – з 78,5–85,5 до 23,8–26,9, у чорноземі опідзоленому – з 98,9–93,1 до 26,4–26,9 мг/кг ґрунту за 1 добу. Закономірно, що найвища активність

аеробного мікробного пулу є характерною для перелогу (сірий лісовий ґрунт).

Під час статистичного аналізу показників емісії CO₂ встановлено, що зміна інтенсивності дихання в межах доби, залежно від внесених препаратів, мала низьку варіабельність, яка була на рівні $V = 0,3\text{--}3,8\%$ у сірому лісовому ґрунті, $V = 0,3\text{--}5,5\%$ – у темно-сірому опідзоленому ґрунті і $V = 0,3\text{--}6,8\%$ – у чорноземі опідзоленому. Відповідно і перевищення найменшої ймовірної різниці (НІР₀₅) між варіантами спостерігалось лише в поодиноких випадках. Утім, чітку тенденцію до підвищення інтенсивності респірації за контакту ґрунтів з біологічними препаратами відзначено для всіх трьох типів ґрунту. У варіантах із сірим лісовим ґрунтом 47% часу тривалості дослідження, визначеного умовами експерименту, було охоплено активізуванням діяльності мікроорганізмів-аеробів під впливом біологічних препаратів і виявлено перевищення контролю за інтенсивністю респірації на 0,10–4,35 мг CO₂/кг ґрунту за 1 добу. Щодо темно-сірого опідзоленого ґрунту, 75% періоду дослідження характеризувались тенденцією до підвищення інтенсивності респірації завдяки внесенню біологічних препаратів, і щодобовий приріст порівняно з контролем становив 0,10–

Таблиця 2
Вплив біологічних препаратів Граундфікс® та Липосам® на фізико-хімічні та агрохімічні показники ґрунтів опідзоленого ряду

№ пор.	Варіант	pH _{сол.}	Гумус, %	Рухомі форми елементів, мг/кг ґрунту					Рухомість, мг/кг ґрунту			
				азот гідролі- зований (N)	азот нітратів (N-NO ₃)	азот амонію (N-NH ₄)	фосфор (P ₂ O ₅)	калій (K ₂ O)	фосфор (P ₂ O ₅)	калій (K ₂ O)		
Сірий лісовий												
Вихідний ґрунт (до компостування)				5,2	2,02	76,6	15,1	9,62	169,5	142,6	7,19	11,0
1	ґрунт (контроль)			5,4	1,83	116,2	21,4	32,8	187,5	165,0	7,56	12,0
2	ґрунт + Граундфікс			5,4	1,81	116,6	21,9	32,9	193,8	165,2	7,58	13,2
3	ґрунт + Липосам			5,4	1,88	117,6	21,9	32,8	190,0	165,5	7,65	13,2
4	ґрунт + Граундфікс + Липосам			5,4	1,84	116,2	22,9	33,0	193,2	165,6	8,12	15,8
V, %				1,70	4,50	16,5	15,2	36,9	5,40	6,30	4,40	13,8
НІР ₀₅				0,20	0,15	31,5	5,50	18,3	17,6	17,9	0,58	3,20
Темно-сірий опідзолений												
Вихідний ґрунт (до компостування)				4,8	2,09	71,4	2,90	5,63	306,2	225,0	11,6	25,0
1	ґрунт (контроль)			4,7	1,98	74,2	28,8	9,37	312,5	291,0	12,4	26,0
2	ґрунт + Граундфікс			4,7	2,07	75,6	35,5	9,81	316,2	292,0	17,5	27,4
3	ґрунт + Липосам			4,7	2,22	75,8	35,5	9,88	316,2	292,0	16,3	26,5
4	ґрунт + Граундфікс + Липосам			4,7	2,02	75,4	36,3	10,4	325,0	301,2	16,9	26,6
V, %				0,9	4,40	2,46	51,3	21,4	2,20	11,2	18,2	3,40
НІР ₀₅				0,1	0,16	3,2	25,0	3,40	12,0	54,8	4,80	1,60
Чорнозем опідзолений												
Вихідний ґрунт (до компостування)				5,2	2,43	72,4	2,90	4,4	80,0	113,7	0,75	7,20
1	ґрунт (контроль)			5,3	2,20	78,2	36,3	4,50	108,8	122,5	1,25	7,60
2	ґрунт + Граундфікс			5,3	2,25	79,8	36,3	5,19	105,0	127,5	1,32	7,80
3	ґрунт + Липосам			5,3	2,33	78,6	36,6	6,62	92,5	122,5	1,38	7,80
4	ґрунт + Граундфікс + Липосам			5,3	2,27	78,6	36,7	8,56	102,5	132,5	1,65	7,80
V, %				0,90	3,80	3,80	50,5	29,9	10,5	5,60	25,8	3,40
НІР ₀₅				0,08	0,16	5,10	26,4	3,10	18,2	12,7	0,58	0,46

7,11 мг CO_2 /кг ґрунту за 1 добу. Близько третини періоду дослідження (33 %) у варіантах з чорноземом опідзоленим також характеризувалось чіткою тенденцією до активізування емісії вуглекислоти за перевищення контролю на 0,10–5,74 мг CO_2 /кг ґрунту за 1 добу. Для усіх трьох типів ґрунту найбільші абсолютні значення збільшення емісії CO_2 під впливом біологічних препаратів отримано в першу — третю добу від початку досліді. В наступний період сплески дихання мали нижчу амплітуду, але спостерігались до останніх днів проведення досліді. Найефективніший вплив на біоту ґрунту мало сумісне застосування препаратів Граундфікс® і Липосам®.

Після визначення показника інтенсивності виділення CO_2 у пробах сірого лісового ґрунту, темно-сірого опідзоленого та чорнозему опідзоленого було проведено фізико-хімічний та агрохімічний аналізи. Досліджували зміни поживного стану ґрунтів, що відбулися через місяць після внесення біопрепаратів до проб ґрунту (табл. 2).

За компостування ґрунту в сталих гідротермічних умовах упродовж місяця та контакту з біологічними препаратами виявлено поліпшення агрохімічних показників родючості ґрунтів опідзоленого ряду, порівняно з вихідним ґрунтом, який не підлягав компостуванню. Найбільш значущим виявилось варіювання мінеральних форм азоту. Так, у ґрунті перелогу (сірий лісовий ґрунт) унаслідок компостування найбільше підвищилась забезпеченість амонійним азотом — на 23,2–23,4 мг/кг ґрунту за високого рівня варіювання в досліді ($V = 36,8\%$), тоді як у ґрунті орної землі інтенсивніше діяли мікроорганізми-нітрифікатори, і кількість нітратного азоту порівняно з вихідним ґрунтом зросла на 25,9–33,4 мг/кг у темно-сірому опідзоленому ґрунті ($V = 51,3\%$) та на 33,4–33,7 мг/кг — у чорноземі опідзоленому ($V = 50,5\%$).

Щодо інших показників, то, загалом, найвищі природи накопичення доступних форм азоту, фосфору і калію виявлено саме у варіантах з внесенням біологічних препаратів. У цих варіантах зафіксовано

перевищення найменшої істотної різниці (НІР_{05}) показників умісту гідролізованого, нітратного та амонійного азоту, рухомих форм фосфору і калію, а також фактора їх інтенсивності — показника рухомості фосфатів і калію.

За високої забезпеченості вихідного сірого лісового ґрунту рухомими формами фосфору і калію внесення біологічних препаратів сприяло підвищенню кількості доступних рослинам форм фосфатів на 20,5–24,3 мг/кг ($\text{НІР}_{05} = 17,6$), а калію — на 22,6–23,0 мг/кг ґрунту ($\text{НІР}_{05} = 17,9$). У чорноземі опідзоленому з середньою забезпеченістю фосфором і підвищеною — калієм біологічні препарати сприяли збільшенню кількості рухомих форм цих елементів на 22,5–25 і 8,8–18,8 мг/кг ґрунту ($\text{НІР}_{05} = 18,1$; $\text{НІР}_{05} = 12,3$) відповідно. У темно-сірому опідзоленому ґрунті, який мав дуже високу забезпеченість фосфором і калієм, уміст доступних фосфатів зріс на 10,0–18,0 мг/кг ($\text{НІР}_{05} = 12,0$), калію — на 67,0–76,2 мг/кг ґрунту ($\text{НІР}_{05} = 54,6$). Статистичний аналіз отриманих результатів, здебільшого, підтверджує перевагу сумісного внесення препаратів Граундфікс® і Липосам® у всіх пробах ґрунтів опідзоленого ряду, незалежно від способу їхнього використання та вихідного рівня агрохімічних показників родючості.

За застосування Граундфіксу® та Липосаму® найнижчий рівень варіювання у досліді продемонстрували показники фізико-хімічного стану ґрунтів ($V = 0,9$ – $4,5\%$), що підтверджує незначний вплив цих біологічних препаратів на кислотність ґрунту та запаси гумусу. Втім, саме у варіантах з внесенням Граундфіксу® та Липосаму® виявлено певну тенденцію до зниження інтенсивності втрати гумусу за компостування ґрунтів у сталих гідротермічних умовах порівняно з контролем.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що застосування біологічних препаратів як однієї з ланок оптимізації екологічної рівноваги в екосистемі ґрунту сприяло підвищенню потенційної родючості ґрунтів опідзоленого ряду.

Препарати Граундфікс® і Липосам® підсилювали целюлозолітичну активність ґрунтів опідзоленого ряду та інтенсивність виділення CO₂. Найефективніший вплив на біоту ґрунтів мало сумісне застосування цих препаратів. За створення оптимальних гідротермічних умов найвищою біологічною активністю відзначався ґрунт перелогу (сірий лісовий).

За компостування в сталих гідротермічних умовах упродовж місяця та контакту з біологічними препаратами виявлено поліпшення агрохімічних показників родючості ґрунтів опідзоленого ряду. Підтверджено перевагу сумісного внесення препаратів Граундфікс® і Липосам®, незалежно від способу використання та вихідного рівня агрохімічних показників родючості ґрунтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шустерук Т.З. Оцінка стану ґрунтів за показниками їхньої біологічної активності при застосуванні різних агротехнологій / Т.З. Шустерук, О.В. Шерстобоєва, О.С. Дем'янюк // Агроекологічний журнал. — 2006. — № 3. — С. 23–28.
2. Дем'янюк О.С. Потенціальна целюлозолітична активність ґрунтів різних агроecosystem України / О.С. Дем'янюк, О.В. Шерстобоєва // Агроекологічний журнал. — 2005. — № 1. — С. 56–59.
3. Гринник І.В. Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур / І.В. Гринник, В.П. Патика, Ю.М. Шкатула // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — 2011. — № 4. — С. 7–11.
4. Іутинська Г.О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроecosystem / Г.О. Іутинська // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2006. — Вип. 3. — С. 7–18.
5. Гаврилюк В.А. Ефективність використання нових видів мікробіологічних препаратів і стимуляторів росту / В.А. Гаврилюк, Т.П. Дідковська // Вісник ХНАУ. — 2008. — № 4. — С. 49–52. — (Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»).
6. Використання біопрепаратів — перспективний напрямок вдосконалення агротехнологій /
- М.О. Остапчук, І.С. Поліщук, О.В. Мазур, А.М. Максимов // Сільське господарство та лісівництво. — 2015. — № 2. — С. 5–17.
7. Повх О.В. Інтегроване застосування органічних добрив та мікробіологічних препаратів у сучасних агротехнологіях / О.В. Повх // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. — 2014. — Вип. 16. — С. 287–295.
8. Найдьонов О.Є. Застосування гумінового препарату «Humim plus» в органічному землеробстві / О.Є. Найдьонов // Вісник ХНАУ. — 2015. — № 2. — С. 39–50.
9. Корсун С.Г. Екологічна доцільність застосування біодеструктора «Екостерн» в інтенсивному землеробстві / С.Г. Корсун, І.І. Клименко, Г.В. Давидюк // Землеробство. — 2017. — Вип. 1 (92). — С. 69–73.
10. Ncube L. Agronomic suitability of effective microorganisms for tomato production / L. Ncube, S. Mkeni, M. Brutsch // African Journal of Agricultural Research. — 2011. — Vol. 6 (3). — P. 650–654.
11. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волгогон, О.В. Надкєрнична, Л.М. Токмакова та ін.; за ред. В.В. Волгогона. — К.: Аграрна наука, 2010. — 464 с.
12. Звягинцев Д.Г. Методи почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. — М.: МГУ, 1991. — 304 с.

REFERENCES

1. Shusteruk, T.Z., Sherstoboieva, O.V., Demianiuk, O.S. (2006). Otsinka stanu gruntiv za pokaznykamy yikhnoi biolohichnoi aktyvnosti pry zastosuvanni riznykh ahrotekhnolohii [Estimation of soil condition by indicators of their biological activity in application of various agrotechnologies]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 23–28 [in Ukrainian].
2. Demianiuk, O.S., Sherstoboieva, O.V. (2005). Potentsialna tseliulozolitychna aktyvnist gruntiv riznykh ahroecosystem Ukrainy [Potential cellulolytic activity of soils of various agroecosystems of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 56–59 [in Ukrainian].
3. Hrynnyk, I.V., Patyka, V.P., Shkatula, Yu.M. (2011). Mikrobiolohichni osnovy pidvyshchennia vrozhaishnosti ta yakosti zernovykh kultur [Microbiological bases of increase of productivity and quality of grain crops]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 7–11 [in Ukrainian].
4. Iutynska, H.O. (2006). Shliakhy rehuliuвання funktsii mikrobnykh uhrupovan gruntiv v aspekti biolohizatsii zemlerobstva i stiikoho rozvytku ahroecosystem [Ways of regulation of functions of microbial groups of soil in the aspect of biologization of agriculture and sustainable development of agroecosystems]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia — Agricultural Microbiology*, 3, 7–18 [in Ukrainian].
5. Havryliuk, V.A., Didkovska, T.P. (2008). Efektyvnist vykorystannia novykh vydiv mikrobiolohichnykh preparativ i stymulatoriv rostu [The efficiency of use of new types of microbial agents and growth

- stimulants]. *Visnyk KhNAU — Bulletin of KhNUU*, 4, 49–52 [in Ukrainian].
6. Ostapchuk, M.O., Polishchuk, I.S., Mazur, O.V. & Maksimov, A.M. (2015). Vykorystannia biopreparativ — perspektyvnyi napriamok vdoskonalennia ahrotekhnolohii [The use of biopreparations is a promising direction for improving agrotechnologies]. *Silske hospodarstvo ta lisyvnytstvo — Agriculture and forestry*, 2, 5–17 [in Ukrainian].
7. Povkh, O.V. (2014). Intehrovane zastosuvannia orhanichnykh dobryv ta mikrobiolohichnykh preparativ v suchasnykh ahrotekhnolohiiakh [Integrated application of organic fertilizers and microbiological preparations in modern agrotechnologies]. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti — Bulletin of the Central Scientific Research Center of the Kharkiv region*, 16, 287–295 [in Ukrainian].
8. Naidonova, O.Ye. (2015). Zastosuvannia huminovo-ho preparatu «Humin plus» v orhanichnomu zemlerobstvi [Application of humic preparation «Humin plus» in organic farming]. *Visnyk KhNAU — Bulletin of KhNUU*, 2, 39–50 [in Ukrainian].
9. Korsun, S.H., Klymenko, I.I., Davydiuk, H.V. et al. (2017). Ekolohichna dotsilnist zastosuvannia biodestruktora «Ekostern» v intensyvnomu zemlerobstvi [The ecological expediency of biodestructors «Ekostern» under intensive agriculture]. *Zemlerobstvo — Agriculture*, 1 (92), 69–73 [in Ukrainian].
10. Ncube, L., Mkeni, S., Brutsch, M. (2011). Agonomic suitability of effective microorganisms for tomato production. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (3), 650–654 [in English].
11. Volkohon, V.V. (Ed.), Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M. et al. (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiolohiia: monohrafiia* [Experimental Soil Microbiology: monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
12. Zvyagintsev, D.G. (1991). *Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moskva: MGU [in Russian].

УДК 631.81:631.895

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

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

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Продуктивність рослин у досліді визначали ваговим методом з кожного потворення.

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

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

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

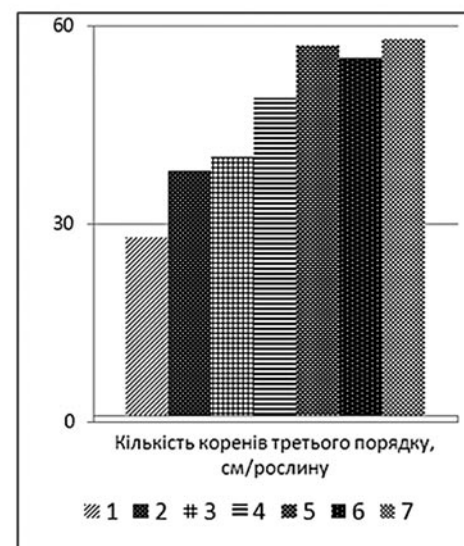
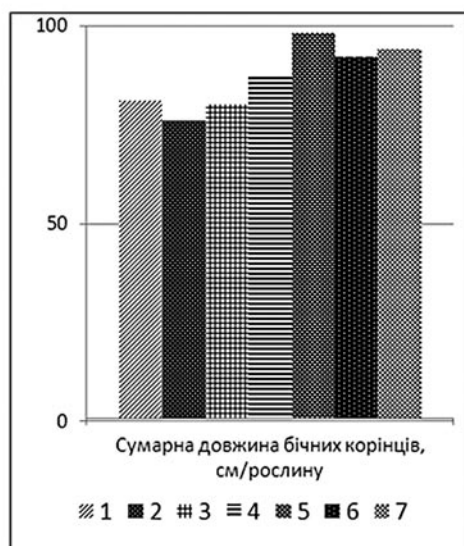
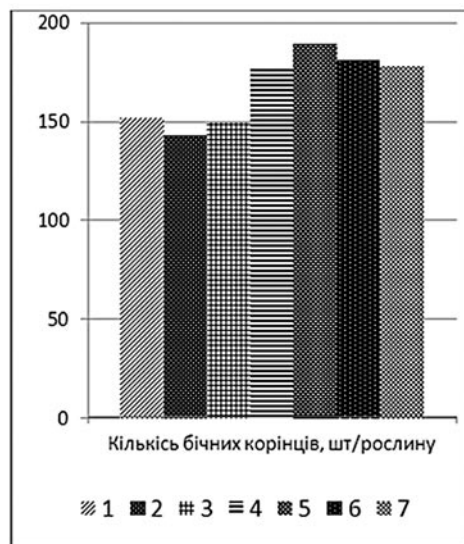
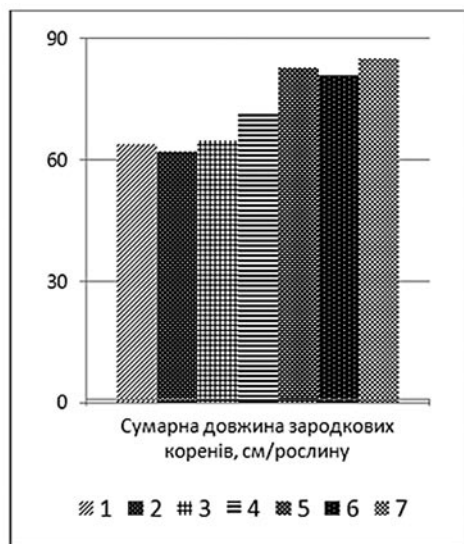
Важлива роль у підвищенні рухливості ґрунтових фосфатів і поліпшенні фосфорного живлення рослин пшениці озимої належить кореневій системі, її ацидофікуючій активності, хімічним та мікробіологічним процесам, які відбуваються в ризосфері коренів. Відомо, що від характеру і потужності розвитку кореневої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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

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

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

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

ЛІТЕРАТУРА

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

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

REFERENCES

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

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

УДК 631.879.2

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

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

Поліська дослідна станція ННЦ

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

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

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

Обмежені національні резерви мінеральних та зниження застосування органіч-

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

для виготовлення різних видів органічних добрив є необхідністю сьогodenня. Одним із таких видів удобрення можуть бути осади міських стічних вод [1–3].

Останніми роками дедалі більшої популярності набуває ідея використання осаду стічних вод (ОСВ) як органо-мінерального добрива. Цінність осаду як добрива забезпечує наявність в його складі фосфору, азоту, калію [4]. Ці добрива не поступаються традиційним органічним добривам, а іноді навіть перевершують їх. Однак значна кількість важких металів та інших токсикантів, що входять до складу ОСВ обмежує використання відходів як добрив [5].

Агрономічне використання ОСВ є одним із найдавніших видів його утилізації. Відомі й інші шляхи, проте цей є найпоширенішим. Так, у США використовується близько 75% ОСВ як добрив, у Великобританії — понад 40, Фінляндії — 31, Голландії (наприкінці 70-х рр. XX ст.) — близько 40 [6], Франції — більш ніж 25%. Низка очисних станцій Канади, Німеччини, Японії, Польщі, Болгарії та інших країн також утилізують ОСВ як органічне добриво [3].

Численні досліді з вивчення ефективності добрив, проведені науковими установами України, Росії і Білорусі, дають змогу визначати оптимальні норми, дози і способи утилізації добрив в аспекті їх агрономічної й економічної ефективності. Значно менше досліджень проведено щодо оцінки екологічної безпеки застосування добрив у сівоzmіах [7, 8].

В Україні це питання потребує ретельнішого вивчення для широкого використання ОСВ як добрив. Для цього необхідно науково обґрунтувати їх норми внесення з визначенням впливу на продуктивність і якість вирощуваних культур на основі характеристики ґрунту, а також щодо поліпшення екологічної ситуації в агропромисловому комплексі.

Метою наших досліджень було встановити ефективність застосування ОСВ централізованого водовідведення за вирощування сільськогосподарських культур, зокрема вівса на зелену масу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Науково-дослідні роботи проводили на базі Поліської дослідної станції ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». Реалізацію поставленої мети здійснювали за допомогою вегетаційних, лабораторних та статистичних методів досліджень.

Веgetаційні спостереження проводили в умовах закритого ґрунту (теплиці) за такою схемою: 1. Контроль (без добрив); 2. ОСВ — 5 т/га; 3. ОСВ — 10; 4. ОСВ — 15; 5. Мул ставків — 10 т/га. Культура вирощування — овес сорту Райдужний.

Запропонована схема досліджень дає змогу встановити найбільш оптимальну норму внесення ОСВ для забезпечення швидкого та якісного росту і розвитку вирощуваної культури та порівняти ефективність ОСВ зі ставковим мулом. Норми добрив були розраховані відповідно до об'єму вегетаційних посудин.

Ґрунт для проведення досліджень — дерново-підзолистий супіщаний.

Закладення лабораторно-веgetаційних дослідів та агротехніку вирощування здійснювали за загальноприйнятою методикою для вирощування культур в умовах теплиці із триразовим повторенням.

У ґрунті визначали: вміст гумусу методом І.В. Тюріна за ДСТУ 4289; амонійного та нітратного азоту — за ДСТУ 4729; реакцію ґрунтового розчину (pH_{KCl}) — за ДСТУ ISO 10390; рухомих сполук: фосфору і калію — методом Кірсанова в модифікації ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» за ДСТУ 4405; кадмію — за ДСТУ 4770.3; свинцю — за ДСТУ 4770.9; міді — за ДСТУ 4770.6; цинку — за ДСТУ 4770.2.

У рослинному матеріалі визначали вміст міді за ГОСТ 26931, цинку — за ГОСТ 26934, свинцю — за ГОСТ 26932, кадмію — за ГОСТ 26933. Відбір зразків рослинницької продукції проводили після збору врожаю.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Детальний аналіз складу ОСВ засвідчив, що вміст загального азоту у їх складі становив 1,24%, фосфору — 1,8, ка-

лію — 0,28, органічної речовини — 30,1%, показник рН — 6,8 одиниць.

Крім основних елементів живлення, в ОСВ визначали також і вміст рухомих форм важких металів. Як засвідчили результати досліджень, вміст кадмію в ОСВ становив 1,61 мг/кг, міді — 2,15, цинку — 31,9, свинцю — 4,22 мг/кг. Уміст рухомих форм важких металів у ОСВ не перевищував ГДК (ДСТУ 7369:2013).

Вивчаючи вплив ОСВ на зелену масу вівса встановлено, що основним чинником зміни рівня продуктивності культури є система удобрення (табл. 1). Так, найнижчу врожайність вівса зафіксовано у контрольному варіанті (33,8 г/посудину), що значною мірою зумовлено рівнем природної родючості ґрунту на ділянках досліджень.

Серед варіантів удобрення найвищі показники врожайності зеленої маси вівса зафіксовано за усіх норм внесення ОСВ.

Так, показник висоти рослин вівса в усіх варіантах удобрення ОСВ варіював у межах 55,6–62,3 см. Найменшою була висота рослин у контрольному варіанті (без використання добрив).

Для встановлення ефективності ОСВ як добрив, важливою є оцінка формування поживного режиму ґрунту за їх впливу. Зокрема, отримані результати застосування різних норм ОСВ свідчать про зміну реакції ґрунтового розчину дерново-підзолистого ґрунту до зменшення кислотності, що відбувається завдяки додатковому внесенню кальцію з добривами та покращенню структури ґрунту (табл. 2).

Систематичне застосування добрив, винос урожаєм та вимивання кальцію в умовах промивного режиму, кислі атмосферні опади спричиняють підкислення ґрунтового розчину [9]. Внаслідок цього формуються несприятливі умови для росту

Таблиця 1

Вплив осаду стічних вод (ОСВ) на врожайність зеленої маси вівса

Варіанти дослідів	Висота рослин, см	Приріст		Врожайність, г/посудину	Приріст	
		см	%		г/посудину	%
Контроль (без добрив)	51,0	—	—	33,8	—	—
ОСВ — 5 т/га	55,6	4,6	9,0	45,6	11,8	34,9
ОСВ — 10 т/га	58,3	7,3	13,1	48,1	14,3	42,3
ОСВ — 15 т/га	62,3	11,3	22,2	53,2	19,4	57,4
Мул ставків — 10 т/га	53,3	2,3	4,5	36,6	2,8	8,3
НІР ₀₅	2,08			2,71		

Таблиця 2

Вплив добрив на вміст основних поживних елементів

Варіант	рН	Гумус, %	Вміст елементів живлення, мг/кг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (без добрив)	5,3	2,17	119,7	13,9	18,4
ОСВ — 5 т/га	5,6	2,31	120,1	19,6	19,1
ОСВ — 10 т/га	5,7	2,37	123,2	20,1	20,2
ОСВ — 15 т/га	5,8	2,52	124,7	21,9	20,9
Мул ставків — 10 т/га	5,3	2,17	119,4	15,3	18,5
НІР ₀₅	0,14	0,17	0,76	0,92	0,53

і розвитку рослин, знижується ефективність добрив та стримується підвищення родючості ґрунту, що потребує додаткових агротехнічних заходів. Зокрема, нами встановлено, що удобрення ОСВ у дозі 5–10 т/га сприяло зниженню рівня кислотності, а найвищий показник рН (5,8) у ґрунті отримано у варіанті з їх використанням у дозі 15 т/га.

Застосування 10 т/га мулу ставків не зумовлювало істотного впливу на досліджуваній показник порівняно із контрольним варіантом, проте значно поступалось ОСВ у всіх варіантах внесення.

Щодо дії удобрення на зміну величини органічної речовини ґрунту, то загалом встановлено, що внесення ОСВ, незалежно від доз, сприяє зростанню цього показника. Це обумовлено тим, що в ґрунт з ОСВ надходить значна кількість енергетичного матеріалу, потрібного для життєздатності мікроорганізмів, які відіграють важливу роль в процесах гумусоутворення. Найбільша кількість органічної речовини акумулювалась під впливом 15 т/га ОСВ — вміст гумусу у цьому варіанті становив 2,52%. Слід наголосити, що це особливо важливо на дерново-підзолистих ґрунтах з незначним умістом органічної речовини. За внесення у ґрунт 10 т/га мулу ставків збільшення вмісту гумусу не спостерігалось порівняно з контролем.

Внесені ОСВ істотно впливали на накопичення біофільних елементів у ґрунті. Так, найвищу кількість лужногідролізованого азоту (124,7 мг/кг ґрунту) зафіксовано у варіанті з внесенням 15 т/га ОСВ, що перевищило контроль на 5,0 мг/кг. Щодо варіанту з 10 т/га ОСВ, то спостерігалось дещо менше накопичення азоту — перевищення контрольних рівнів становило 0,4–3,5 мг/кг. Внесення 10 т/га мулу ставків забезпечило накопичення азоту на 0,3 мг/кг менше, ніж на контролі, ймовірно, це зумовлено виносом цього елемента збільшеним врожаєм, сформованим за вказаного варіанта удобрення.

Серед запропонованих варіантів удобрення, найвищі показники рухомого фосфору (21,9 мг/кг) зафіксовано за внесення

ОСВ у дозі 15 т/га за вирощування вівса на зелену масу. Щодо відповідного впливу мулу ставків, то за внесення 10 т/га цього добрива вміст P_2O_5 порівняно з контролем зріс на 1,4 мг/кг.

Значне накопичення рухомого фосфору у ґрунті у варіантах з ОСВ, можливо, обумовлено мікробіологічними процесами, що посилюються в ґрунті та біля кореневої системи рослин завдяки кращій аерації, тобто більшій мінералізації органічних речовин, більшому вмісту доступних поживних речовин для мікроорганізмів, а також завдяки інтенсивному хімічному поглинанню цього елемента.

Як засвідчили дані лабораторних досліджень, ОСВ сприяли накопиченню в ґрунті обмінного калію залежно від дози їх внесення — найвищим цей показник зафіксовано у варіанті з 15 т/га добрив — 20,9 мг/кг ґрунту. Внесення 10 т/га мулу ставків забезпечило кількість обмінного калію на рівні 18,5 мг/кг ґрунту, що незначно відрізняється від значень відповідних показників, отриманих у варіантах з використанням ОСВ, і майже еквівалентно показнику контрольного варіанта.

Щодо важких металів, слід зауважити, що характер їх накопичення сільськогосподарськими культурами під впливом добрив в агроценозі залежить від багатьох чинників. Зокрема, від властивостей ґрунту, вмісту в ньому важких металів, співвідношення металів і елементів живлення; форм і обсягу внесених добрив, погодних умов вегетаційного періоду, а також від біологічних особливостей рослин [10, 11].

Проведений аналіз щодо накопичення токсичних елементів (рухомих форм) у дерново-підзолистому ґрунті свідчить про можливість застосування ОСВ у землеробстві (табл. 3).

Результати проведених досліджень засвідчили, що за використання ОСВ як добрив у ґрунті не було зафіксовано перевищень ГДК у жодному із запропонованих варіантів, що свідчить про екологічну безпечність їх застосування.

Слід зауважити, що для важких металів, які потрапляють у ґрунт разом з ОСВ,

Таблиця 3

Вміст важких металів у дерново-підзолистому супіщаному ґрунті, мг/кг

Варіанти дослідів	Важкі метали				
	Co	Cu	Zn	Cd	Pb
Контроль (без добрив)	0,12	0,04	0,70	0,04	0,34
ОСВ — 5 т/га	0,14	0,04	1,71	0,11	0,87
ОСВ — 10 т/га	0,16	0,06	1,91	0,15	1,03
ОСВ — 15 т/га	0,19	0,09	2,10	0,20	1,21
Мул ставків — 10 т/га	0,10	0,03	0,68	0,03	0,27
ГДК	1,0	3,0	23,0	0,5	6,0

Таблиця 4

Вміст важких металів у зеленій масі вівса, мг/кг

Варіанти дослідів	Важкі метали				
	Co	Cu	Zn	Cd	Pb
Контроль (без добрив)	0,11	0,9	1,5	0,03	0,10
ОСВ — 5 т/га	0,17	1,5	4,3	0,09	0,45
ОСВ — 10 т/га	0,22	2,6	5,4	0,11	0,90
ОСВ — 15 т/га	0,23	3,4	6,3	0,16	1,35
Мул ставків — 10 т/га	0,10	0,3	1,3	0,03	0,07

часто утворюються нетипові умови зміни їх рухомості. Рухомі форми важких металів накопичуються у ґрунті з низьким умістом органічної речовини. Так, перехід їх у малорухомих форм відбувається інтенсивніше за збільшення у складі гумусу гумінових кислот.

Важливим критерієм оцінки екологічного стану ґрунтів також є вміст важких металів у вирощеній продукції. Збільшення вмісту важких металів у ґрунті може спричинити забруднення останньої. Проте існує думка, що рослини виявляють вибірковість у споживанні елементів живлення, тому в тканинах підтримується відповідне співвідношення між ними [12].

Відомо, що органи накопичення асимілянтів (коренеплоди, бульби, плоди) містять значно менше важких металів, ніж вегетативна маса рослин. Оскільки саме вони складають цінну господарську части-

ну сільськогосподарських культур і є основою щоденного раціону людини, це можна вважати позитивним чинником.

Було встановлено, що за використання ОСВ підвищення умісту важких металів у зеленій масі вівса було прямопропорційним підвищенню обсягу внесення цих добрив (табл. 4). Слід зауважити, що застосування 15 т/га мулу ставків сприяло зменшенню цього показника порівняно з контролем, тоді як вміст кадмію залишився на тому самому рівні — 0,03 мг/кг.

ВИСНОВКИ

Спираючись на результати вегетаційних і лабораторних досліджень доведено ефективність використання ОСВ у системах удобрення сільськогосподарських культур. Встановлено, що доцільніше застосовувати систему удобрення із внесенням 5–15 т/га ОСВ, яка забезпечує зростання врожайнос-

ті зеленої маси вівса на 35–57%. Доведено її екологічність щодо збереження гумусу, позитивної дії на кислотно-основні і агро-

хімічні властивості ґрунту. Використання ОСВ як добрив не призводить до накопичення важких металів у ґрунті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дишлюк В.Є. Агроекологічний стан і рівень родючості темно-каштанового ґрунту в післядії окультурення осадами стічних вод міських очисних споруд / В.Є. Дишлюк // Вісник ХНАУ. — 2004. — № 6. — С. 326–333.
2. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. — 704 с.
3. Туrowsкий И.С. Обработка осадков сточных вод: [монография] / И.С. Туrowsкий. — М.: Стройиздат, 1988. — 256 с.
4. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод / В.А. Ковальчук. — Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. — 662 с.
5. Концепція агрохімічного забезпечення землеробства в Україні на період до 2015 року / за ред. С.А. Балюка, М.В. Лісового. — Х., 2009. — 37 с.
6. Baker J. Land application of sludge / J. Baker // Soil Conserv. — 1979. — Vol. 44, No. 9. — P. 4–5.
7. Кавецький В.М. Екотоксикологічні аспекти оцінки фосфоритів родовищ України / В.М. Кавецький, та ін. // Актуальні проблеми токсикології. — К., 1999. — 105 с.
8. Макаренко Н.А. Екологічна експертиза мінеральних добрив: проблеми та шляхи вирішення / Н.А. Макаренко // Агроекологічний журнал. — 2000. — № 1. — С. 58–63.
9. Підвищення родючості кислих та гідроморфних ґрунтів: рекомендації / [розроб.: Ю.Л. Цапко та ін.]; Нац. акад. аграр. наук України, ННЦ «Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». — Х.: Міськдрук, 2012. — 36 с.
10. Ильин В.Б. Влияние тяжелых металлов на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур / В.Б. Ильин, Г.А. Гармаш, Н.Ю. Гармаш // Агрохимия. — 1983. — № 6. — С. 91–99.
11. Карпова Е.А. Накопление тяжелых металлов растениями озимой ржи и овса при применении азотных, калийных и длительном последствии фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве // Е.А. Карпова, Ю.А. Потутаева // Агрохимия. — 2005. — № 4. — С. 59–66.
12. Плеханова И.О. Влияние осадков сточных вод на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах / И.О. Плеханова, О.В. Кленова, Ю.Д. Кутукова // Почвоведение. — 2001. — № 4. — С. 496–503.

REFERENCES

1. Dyshliuk, V.Ie. (2004). Ahroekolohichnyi stan i riven rodiuchosti temno-kashtanovoho gruntu v pisladii okulturennia osadamy stichnykh vod mis'kykh ochysnykh sporud [Agroecological state and fertility level of dark chestnut soils in the aftermath of cultivation of sewage sludge of urban waste water treatment plants]. *Visnyk KhNAU — Bulletin of KhNAU*, 6, 326–333 [in Russian].
2. Voronov, Yu.V., & Yakovlev, S.V. (2006). *Vodootvedeniye y ochystka stochnykh vod* [Wastewater and wastewater treatment]. Moscow: Yzdatelstvo Assotsyatsyy stroytelnykh vuzov [in Russian].
3. Turovskiy, Y.S. (1988). *Obrabotka osadkov stochnykh vod* [Treatment of sewage sludge]. Moscow: Stroyizdat [in Russian].
4. Kovalchuk, V.A. (2002). *Ochystka stichnykh vod* [Wastewater treatment]. Rivne: VAT «Rivnenska drukarnia» [in Ukrainian].
5. Baliuk, S.A. & Lisovy, M.V. (Eds.). (2009). *Kontseptsia ahrokhimichnoho zabezpechennia zemlerobstva v Ukraini na period do 2015 roku* [Concept of agrochemical agriculture provision in Ukraine for the period till 2015]. Kharkiv [in Ukrainian].
6. Baker, J. (1979). *Land application of sludge*, *Soil Conserv.*, 44, 9, 4–5 [in English].
7. Kavetskiy, V.M. et al. (1999). *Ekotoksikolohichni aspekty otsinky fosforytiv rodovysch Ukrainy* [Ecotoxicological aspects of estimation of phosphorus deposits in Ukraine]. *Aktualni problemy toksikolohii* [Actual problems of toxicology]. Kyiv [in Ukrainian].
8. Makarenko, N.A. (2000). *Ekolohichna ekspertyza mineralnykh dobryv: problemy ta shliakhy vyrishennia* [Ecological examination of mineral fertilizers: problems and solutions]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 58–63 [in Ukrainian].
9. Tsapko Yu.L. et al. (2012). *Pidvyshchennia rodiuchosti kyslykh ta hidromorfnykh gruntiv* [Increasing the fertility of acidic and hydromorphic soils]. Kharkiv: Miskdruk [in Ukrainian].
10. Ylyn, V.B., Harmash H.A., & Harmash, N.Iu. (1983). *Vlyanye tiazhelukh metallov na rost, razvytye i urozhainost selskokhoziaistvennykh kultur* [The influence of heavy metals on the growth, development and yield of crops]. *Ahrokhymia — Agrochemistry*, 6, 91–99 [in Russian].
11. Karpova, E.A., Potutaeva, Yu.A. (2005). *Nakoplenye tiazhelukh metallov rastenyami ozymoi rzy y ovsa pry prymenenii azotnykh, kaliynukh i dlytelnom posledeystviy fosfornykh udobreniy na dernovo-podzolistoi pochve* [Accumulation of heavy metals by plants of winter rye and oats with the use of nitrogen, potassium and long-lasting after-effects of phosphorus fertilizers on sod-podzolic soil]. *Ahrokhymia — Agrochemistry*, 4, 59–66 [in Russian].
12. Plekhanova, Y.O., Klenova, O.V. & Kutukova, Yu.D. (2001). *Vlyanye osadkov stochnykh vod na sodernost*

zhanye y fraktsyonnoi sostav tiazhelukh metallov v supeschanukh derno-podzolistukh pochvakh [Effect of sewage sludge on the content and fraction-

al composition of heavy metals in sandy sod-podzolic soils]. *Pochvovedeniye — Soil Science*, 4, 496–503 [in Russian].

УДК 504.054:633.11(477.41/42)

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПОЛІССЯ ЗА ВПЛИВУ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД

В.І. Дубовий, М.Г. Табакаєва

Житомирський національний агроекологічний університет

Узагальнено результати досліджень ефективності використання альтернативного виду добрива — осаду стічних вод (ОСВ) комунальних очисних підприємств. Встановлено, що ОСВ має високі агрохімічні властивості і може використовуватися як органіно-мінеральне добриво для підвищення врожайності рослин пшениці озимої в польових умовах. Доведено, що внесення аміачної селітри у дозі 100 кг/га порівняно із найвищою в досліді дозою внесення ОСВ — 10 т/га сприяє отриманню майже однакового рівня врожайності пшениці озимої. Обґрунтовано, що ОСВ може розглядатися як альтернатива мінеральним добривам, особливо аміачній селітрі, виробництво якої становить загрозу екології довкілля.

Ключові слова: осад стічних вод, пшениця озима, урожайність, польові умови.

Відомо, що добрива — це основний і ефективний засіб підвищення врожайності сільгоспкультур і отримання високоякісної продукції. Останніми роками обсяги їх застосування різко зменшилися. На сьогодні вноситься 15,9 млн т органічних добрив (0,9 т/га), що у 11 разів менше, ніж потрібно для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу [1]. Тому зростає роль добрив нового типу, виробництво яких базується на використанні різних органічних відходів, зокрема осаду міських стічних вод [2, 4].

Обсяги стічних вод, що надходять на комунальні очисні споруди м. Житомира, становлять 13,9–15,7 млн м³/рік. У процесі їх очищення утворюється осад, частка якого становить 0,5–1% об'єму стічних вод [3], або 78–157 тис м³.

Осад стічних вод (ОСВ) може розглядатися як органіно-мінеральне добриво, позитивний вплив якого неодноразово підтверджено низкою досліджень [5–8].

Зважаючи на те, що за своїм складом ОСВ характеризується високим рівнем умісту біогенних елементів, важливих для рослин, його використання як добрива є екологічно вмотивованим заходом з підвищення врожайності сільськогосподарських культур [9, 10].

Мета роботи — дослідити ефективність різних доз ОСВ як органіно-мінерального добрива за вирощування пшениці озимої сорту Подолянка.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили в 2012–2014 рр. за методикою Б.А. Доспехова (1985). Висівали сорт пшениці озимої Подолянка після попередника соняшнику. Технологія вирощування — згідно з існуючими зональними рекомендаціями для Житомирського Полісся. Вплив ОСВ на рослини вивчали в дрібно-ділянковому досліді з рендомізованим розміщенням ділянок. Повторність дослідів — трикратна. Площа облікової ділянки — 4 м². Дослід проводили на дерново-підзолистих ґрунтах. Ефек-

тивність ОСВ на посівах пшениці озимої визначали за таких доз його внесення: 1; 5; 10 т/га. Добрива вносили поверхнево вручну після припинення осінньої вегетації і за поновлення весняної. Для структурного аналізу, який проводили методом пробного снопа, відбирали по 25 рослин [11]. Відбір проб ОСВ на мулових майданчиках комунальних очисних споруд м. Житомира здійснювали згідно з загальноприйнятими методиками [12] і визначали агрохімічний їх склад [13]. Математичну обробку даних здійснювали на ПК з використанням стандартних програм.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати впливу різних доз внесення вказаного ОСВ як органо-мінерального добрива на продуктивність і якість рослин пшениці озимої сорту Подолянка наведено в таблиці.

Встановлено, що врожайність пшениці озимої істотно залежала від доз внесеного ОСВ. Так, урожайність рослин, загалом за 2012–2013 рр., була майже однаковою за внесення ОСВ весною і дещо відрізнялась за осіннього внесення. Найвищим цей показник був у 2014 р., що можна пояснити умовами вегетаційного періоду.

За результатами умов живлення пшениці озимої встановлено, що найвищою була врожайність рослин у варіанті з внесенням ОСВ як восени, так і весною у дозі 10 т/га.

Зокрема, врожайність пшениці озимої була найвищою у 2014 р. у варіанті із внесенням ОСВ у дозі 10 т/га, найнижчою — у варіанті з внесенням 1 т/га ОСВ, однак навіть за таких умов вона на 2,0 ц/га (підживлення восени) і на 4,0 ц/га (підживлення навесні) була більшою, ніж на контролі. Водночас за посушливих умов, у період досягання зерна у 2013 р., найвищу вро-

Урожайність пшениці озимої сорту Подолянка залежно від доз внесення осаду стічних вод (за 2012–2014 рр.)

Варіанти	Урожайність, ц/га		
	2012	2013	2014
<i>Внесення ОСВ восени</i>			
Контроль (без добрив)	23,5	14,9	52,2
Аміачна селітра — 100 кг/га	—	25,5	61,4
ОСВ — 1 т/га	28,0	22,1	54,2
ОСВ — 5 т/га	29,3	26,3	55,2
ОСВ — 10 т/га	30,1	29,7	59,1
Середнє	27,7	23,7	56,4
НІР ₀₅	2,4	2,0	5,2
<i>Внесення ОСВ навесні</i>			
Контроль (без добрив)	21,3	21,4	50,9
Аміачна селітра — 100 кг/га	—	25,3	62,8
ОСВ — 1 т/га	22,8	23,8	54,9
ОСВ — 5 т/га	24,5	26,4	57,3
ОСВ — 10 т/га	29,2	28,5	64,7
Середнє	24,5	25,1	58,1
НІР ₀₅	2,8	2,9	5,4

жайність було отримано також у варіанті із внесенням найбільшої дози добрив як за осіннього внесення, так і за весняного — 29,7 і 28,5 ц/га відповідно.

Крім того, для порівняльної оцінки було внесено аміачну селітру у дозі 100 кг/га. Аналіз результатів досліджень свідчить, що різниця між варіантом із найбільшою дозою внесення ОСВ і варіантом, з внесенням аміачної селітри, є незначною. Це дає змогу стверджувати, що ОСВ може слугувати альтернативою мінеральним добривам.

Отримані експериментальні дані свідчать, що досліджувані чинники істотно

впливали на формування врожайності пшениці озимої.

ВИСНОВКИ

За результатами польових досліджень (2012–2014 рр.) встановлено, що внесення ОСВ у дозі 10 т/га значною мірою сприяє підвищенню врожайності пшениці озимої сорту Подолянка. Створення сприятливих умов живлення завдяки внесенню ОСВ дало можливість отримати додатковий приріст урожайності зерна пшениці озимої у межах 3,5–6,0 ц/га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бортнік А.М. Застосування сучасних нетрадиційних органічних добрив для підвищення біопродуктивності ґрунтів на радіоактивно забруднених територіях / А.М. Бортнік, Т.П. Бортнік, Н.С. Ковальчук // Біологічні системи. — 2012. — Т. 4, № 3. — С. 247–251.
2. Покровская С.Ф. Использование осадка городских сточных вод в сельском хозяйстве / С.Ф. Покровская, В.А. Касатиков. — М.: ВНИИТЭИ агропром, 1987. — 60 с.
3. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. — М.: Стройиздат, 1988. — 256 с.
4. Дишлюк В.Є. Агроекологічний стан і рівень родючості темно-каштанового ґрунту в післядії окультурення осадками стічних вод міських очисних споруд / В.Є. Дишлюк // Вісник ХНАУ. — 2004. — № 6. — С. 326–333.
5. Нездойминов В.И. Использование осадков городских сточных вод для выращивания сельскохозяйственных культур в условиях Донецкого региона / В.И. Нездойминов, О.А. Чернышева // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. — 2012. — Вип. 3 (95). — С. 56–64.
6. Kelly J.J. Effects of the land application of sewage sludge on soil heavy / J.J. Kelly, M. Hagblom, R.L. Tate // Soil Biology and Biochemistry. — 1999. — No. 31. — P. 1467–1470.
7. Окун Д.А. Сбор и удаление сточных вод в населенных пунктах / Д.А. Окун, Дж. Понгис. — М.: Медицина, 1977. — 328 с.
8. Крамарьов С.М. Екологічне обґрунтування застосування органо-мінеральних добрив, отриманих з осадів міських стічних вод / С.М. Крамарьов // Агроекологічний журнал. — 2013. — № 4. — С. 70–73.
9. Дишлюк В.Є. Радіологічна оцінка осадів стічних вод і продуктів їх переробки / В.Є. Дишлюк // Агроекологічний журнал. — 2012. — № 3. — С. 31–34.
10. Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод / А.З. Евилевич, М.А. Евилевич. — Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1988. — 248 с.
11. Мойсейченко В.Ф. Основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Мойсейченко, В.О. Ещенко. — К.: Вища шк., 1994. — 346 с.
12. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. — [Введ. 1986-01-01]. — М.: Стандартинформ, 2008. — 8 с.
13. Дубовий В.І. Вплив осаду очисних споруд каналізації на основні фенотипічні показники рослин пшениці / В.І. Дубовий, М.Г. Табакаєва // Агробіологія: Зб. наук. пр. Білоцерківського нац. агр. університету. — 2013. — № 11 (104). — С. 177–180.

REFERENCES

1. Bortnik, A. Bortnik, T., Kovalchuk, N. (2012). Zastosuvannya suchasnykh netradytsiynykh orhanychnykh dobriv dlia pidvyshchennia bioproduktivnosti ґruntiv na radioaktyvno zabrudnennykh terytoriiakh [Application of modern non-traditional organic fertilizers for increasing the bioproductivity of soils in radioactively contaminated areas]. *Biologichni systemy — Biological systems*, 4, 3, 247–251 [in Ukrainian].
2. Pokrovskaya, S., Kasatikov, V. (1987). *Ispolzovanie osadka gorodskikh stochnykh vod v selskom khozyajstve* [Using urban sewage sludge in agriculture]. Moskva: VNIITEI agroproom [in Russian].
3. Turvskii, I. (1988). *Obrabotka osadkov stochnykh vod* [Processing sewage sludge]. Moskva: Stroizdat [in Russian].
4. Dyshliuk, V. (2004). Ahroekolohichniy stan i riven rodichosti temno-kashtanovoho hruntu v pisladii okulturennia osadamy stichnykh vod miskykh ochysnykh sporud [Agroecological state and fertility level of dark chestnut soil under the aftereffect of cultivation with sewage sludge of urban waste treat-

- ment plants]. *Visnyk KhNAU — Reporter of KhNAU*, 6, 326–333 [in Ukrainian].
5. Nezdoinov, V., Chernyshova, O.A. (2012). Ispol-zovanie osadkov stochnykh vod dlya vyrashhivaniya selskohozyajstvennykh kultur v usloviyakh Doneckogo regiona [Using urban sewage sludge for cultivation of agricultural crops in the context of Donetsk region]. *Visnyk Donbaskoi natsionalnoi akademii budivnytstva i arkhitektury — Reporter of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 3, 95, 56–64 [in Ukrainian].
 6. Kelly, J.J., Hagglblom, M., Tate, R.L. (1999). Effects of the land application of sewage sludge on soil heavy [Vplyvy stichnykh vod na vazhki hrunt]. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1467–1470 [in English].
 7. Okun, D., Pongis, G. (1977). *Sbor y udalenie stochnykh vod v naseleennykh punktakh* [Collection and removal of sewage in settlements]. Moskva: Medicine [in Russian].
 8. Kramariov, S. (2013). Ekologichne obhruntuvannia zastosuvannia orhano-mineralnykh dobryv, otrymanykh z osadiv miskykh stichnykh vod [Ecological substantiation of the use of organo-mineral fertilizers obtained from urban sewage sludge]. *Ahroekolohiniy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 70–73 [in Ukrainian].
 9. Dyshliuk, V. (2012). Radiolohichna otsinka osadiv stichnykh vod i produktiv yikh pererobky [Radio-logical assessment of sewage sludge and products of their processing]. *Ahroekolohiniy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 31–34 [in Ukrainian].
 10. Evilevich, A., Evilevich, M. (1988). *Utilizaciya osadkov stochnykh vod* [Utilization of sewage sludge]. Leningrad: Stroiizdat, Leningrad department [in Russian].
 11. Moiseichenko, V., Yeschenko, V. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian].
 12. Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlia khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gelmintologicheskogo analiza [Nature preservation. Soils. Methods of selection and preparation of samples for chemical, bacteriological and helminthological analysis]. Introduced 1986-01-01. (2008). *GOST 17.4.4.02-84 from 01st January 1986*. Moskva: Standartinform [in Russian].
 13. Dubovy, V., Tabakaieva, M. (2013). Vplyv osadu ochisnih sporud kanalizacii na osnovni fenotipichni pokazniki roslin pshenici [Impact of sewage sludge from waste treatments plants on the main phenotypic indicators of wheat plants]. *Ahrobiolohiia: Zb. nauk. pr. Bilotserkivskoho nats. ahr. universytetu — Agricultural biology: Collection of scientific papers of Bila Tserkva National Agrarian University*, 11, 104, 177–180 [in Ukrainian].

УДК 633.11:631.559:631.582

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ І АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

О.А. Демидов, А.А. Сіроштан

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН

Висвітлено результати досліджень впливу погодних умов та попередників на врожайність і посівні якості насіння пшениці озимої. Аналіз даних збору зерна з одиниці посівної площі в роки найвищої і найнижчої врожайності культури свідчить, що, незважаючи на різні умови зволоження, виявлена закономірність впливу попередників фактично зберігається. Виявлено, що в роки досліджень (2015–2017) найвищою (5,99 т/га) врожайність пшениці озимої була по сидеральному пару; посівні якості насіння пшениці озимої також найвищими були по сидеральних пару (76,4% і 43,2 г), найнижчими — після попередника кукурудзи на силос (71,7% та 40,4 г). Доведено, що в зоні Правобережного Лісостепу оптимальним попередником для насіннєвих посівів, особливо для вирощування високих генерацій насіння, є сидеральний пар.

Ключові слова: пшениця озима, врожайність, попередники, посівні якості насіння.

За сучасних умов ведення агровиробництва зростає роль сівозмін як основного і найдієвішого способу екологічної стабілі-

зації агроценозів і забезпечення високих, сталих, економічно і енергетично обґрунтованих урожаїв пшениці озимої. Сільськогосподарське виробництво висуває нові вимоги до застосування попередників для

цієї культури, особливо за високого насичення сівозміни культурами, близькими за біологією та технологією вирощування [1, 2]. Значна частина посівів пшениці озимої вирощується після попередників, які не забезпечують оптимальних умов її росту і розвитку, що призводить до зменшення продуктивної вологи в ґрунті, однобічного використання поживних речовин, накопичення в ньому шкідників, збудників хвороб, токсинів і, як наслідок, до зниження врожайності та погіршення якості зерна та насіння [3–5].

Розв'язання проблеми сівозмін набуло особливої гостроти в насінництві. Через це для забезпечення товаровиробників високоякісним насінням необхідно удосконалювати насінницькі сівозміни, в яких чергування полів буде відповідати біологічним та агротехнічним вимогам культури [6].

Оцінюючи значення парів як попередника, Д. Шпаар [7] вказує на необхідність зважати на те, що врожайність наступної культури повинна окупити затрати двох років. Але здебільшого за такої технології, як свідчать багаторічні досліді, в Лісостепі України затрати не окупаються внаслідок вітрової ерозії. Натомість в екстремальних регіонах, з річними опадами менше 350 мм, де можливе тільки екстенсивне господарювання, застосування парів є економічно доцільним.

Культури-попередники, як відомо, залишають в ґрунті різну кількість доступної рослинам вологи та поживних речовин, різну структурність ґрунту, засміченість посівів. Агрономічна цінність попередників під пшеницю озиму полягає в їх здатності забезпечити рослину необхідною кількістю вологи в період її росту і розвитку і, насамперед, для одержання дружних сходів, відповідного розвитку кореневої системи і надземної вегетативної маси з осені. Щодо запасів поживних речовин, їх можна поповнити внесенням добрив, а знешкодити бур'яни допоможуть сучасні ефективні засоби [8].

Для пшениці озимої волога є необхідною від посіву до збирання врожаю, хоча на різних етапах органогенезу рослини

потребують її в неоднаковій кількості. Це залежить від вологості ґрунту і повітря, температури, стану рослин, а також від інтенсивності сонячної радіації. Тому в районах нестійкого зволоження створення нормального водного режиму ґрунту є першочерговим завданням [9].

Нестача вологи в ґрунті восени, особливо у верхньому 10-сантиметровому шарі, спричиняє затримку проростання насіння, пізні недружні сходи, утворення недостатньо розвиненої кореневої системи в поверхневому шарі ґрунту. Запаси продуктивної вологи в період сіви пшениці озимої залежать від попередників. По чорному пару, на глибині посіву насіння, кількість вологи в ґрунті у 1,5 раза більше, ніж після гороху на зерно, і в 2,5 раза — ніж після кукурудзи на силос [10].

Провідні вчені стверджують [11], що для пшениці озимої на насінницьких посівах необхідно використовувати науково обґрунтовані сівозміни і попередники для забезпечення оптимальних умов розвитку рослин із перших етапів їх життя. Особливості водоспоживання, строки дозрівання і збирання, алелопатичні взаємовідносини та інші біологічні особливості попередника є важливими чинниками, що забезпечують ці умови і польову схожість насіння [12]. Також нові сорти завдяки своїм біологічним особливостям (стійкість до вилягання і хвороб, висока зимостійкість тощо) можуть повніше використовувати потенційні можливості кращих попередників [13].

Мета роботи — встановити вплив погодних умов та попередників на врожайність і посівні якості насіння пшениці озимої.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження впливу попередників (сидеральний пар, соя, кукурудза на силос) на врожайність та посівні якості сортів пшениці озимої проводили впродовж 2014–2017 рр. на полях Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла. Ґрунт — чорнозем типовий з гумусовим горизонтом 38–42 см. Уміст гумусу в орному шарі (0–20 см) — 3,58–4,0%, рухомого фосфору (за Труогом) — 12,8–19,9 мг/100

г і обмінного калію (за Масловою) — 9,5–12,7 мг/100 г; рН (KCl) — 5,2–6,1.

Слабка структурність верхнього шару ґрунту несприятливо позначається на водопроникності (0,3–0,4 мм/хв — на оранці і 0,07 мм/хв — на стерні), яка знижує ефективність опадів, особливо зливого характеру, що спричиняє запливання й вимивання мулистій фракції поверхневим стоком води.

Питома вага твердої фази ґрунту вимірюється в межах 2,62–2,71 г/см³. Об'ємна маса ґрунту за профілем не перевищує 1,29 г/см³; майже таку саму щільність (1,27 г/см³) має і орний шар ґрунту. Зниження вологості сприяє ущільненню верхнього шару до 1,35 г/см³ і більше. Ці ґрунти мають високу та середню забезпеченість елементами мінерального живлення і відзначаються слабокислою, близькою до нейтральної, реакцією ґрунтового розчину, що позитивно позначається на продуктивності пшениці озимої.

Сівбу проводили з нормою висіву 5 млн схожих насінин на 1 га. Облікова площа ділянки — 50 м², повторність — чотириразова. Урожай збирали прямим комбайнуванням агрегатом «Сампо-130», його кількість визначали за перерахунку на стандартну (14%) вологість зерна.

Після обмолоту насіння різних варіантів дослідів аналізували на посівні якості в лабораторних умовах за відповідними методиками [14]. Математичну обробку одержаних експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу [15] за допомогою персонального комп'ютера з використанням спеціальних пакетів програм (Statistica 10).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як свідчать метеорологічні дані, погодні умови вегетаційного періоду років досліджень (2014–2017) були різними і мали значний вплив на формування врожайності та якості насіння пшениці озимої (табл. 1).

Зокрема, значна кількість опадів у 2014–2015 рр., яка випала за періоди: від колосіння — до молочної стиглості (84,3 мм)

і від молочної — до воскової стиглості (85,3 мм), що в сумі на 64,4 мм більше від відповідних середньобагаторічних показників (105,2 мм), зумовила часткове вилягання посівів пшениці озимої, тобто зниження її врожайності.

Середньодобова температура за періоди: від молочної — до воскової стиглості та від воскової стиглості — до обмолоту становила 18,8 та 19,8°C (середньобагаторічні дані — 18,9 і 21,0°C) відповідно і не мала негативного впливу на посівні якості насіння.

Загалом, погодні умови вегетаційного 2015–2016 рр. були сприятливими для забезпечення високої врожайності пшениці озимої. Проте надмірна кількість опадів у періоди розвитку рослин: від фази виходу в трубку — до колосіння (129,4 мм, середньобагаторічне — 53,7 мм) та від колосіння — до молочної стиглості і від молочної — до воскової стиглості (відповідно 126,0 і 23,6 мм, середньобагаторічне — 105,2 мм) спричинила вилягання посівів деяких сортів, а підвищені температури в період наливу зерна (+23,4°C) призвели до зменшення маси 1000 зерен.

Посіви пшениці озимої 2017 р. формувалися за несприятливих умов упродовж усього вегетаційного періоду. Так, у період сівби запаси продуктивної вологи орного шару ґрунту були незадовільними (менше 20 мм) (табл. 2). Поряд із тим жорстка ґрунтова посуха утримувалась майже 2–2,5 місяця і досягла критерію стихійного агрометеорологічного явища. Попри покращення умов вологозабезпеченості у жовтні (кількість опадів становила 139,5 мм, середньобагаторічне — 70,8 мм), основним лімітуючим чинником для нормального розвитку пшениці озимої став дефіцит тепла (середньодобова температура повітря була на 1°C нижчою).

Негативними чинниками перезимівлі озимини у грудні та січні 2016–2017 рр. були низькі температури повітря (нижче від –25°C) та зниження температури ґрунту на глибині залягання вузлів кущіння — до –9–11°C, що було небезпечним для слабозвинених рослин озимини. Також у

Таблиця 1

Гідротермічний режим за вирощування пшениці озимої, 2014–2017 рр.

Періоди розвитку пшениці озимої										Кількість днів від посіву до	
Роки	від посіву до зимового спокою	від початку періоду спокою до відновлення вегетації	від відновлення до виходу в трубку	від виходу в трубку до колосіння	від колосіння до молочної стиглості	від молочної до воскової стиглості	від воскової стиглості до обмолоту	Сума	воскової стиглості	обмолоту	
Опади за періодами розвитку рослин, мм											
2014–2015	69,4	135,9	142,3	53,0	84,3	85,3	28,6	598,5	–	–	
2015–2016	71,7	279,8	16,6	129,4	126,0	23,6	4,2	651,3	–	–	
2016–2017	139,5	202,7	73,5	28,7	13,5	34,4	3,0	495,3	–	–	
Середньобагаторіччі	70,8	141,5	45,3	53,7	105,2	45,4	452,4	–	–	–	
Сума ефективних температур 5°С і більше											
2014–2015	446	17,9	339	397	450	395,3	258	2030	–	–	
2015–2016	528	287	145	452	631	211	345	2600	–	–	
2016–2017	441	81,3	320	446	439	355	170	2252	–	–	
Середньобагаторіччі	440	156	262	446	765	310	2279	–	–	–	
Середньодобова температура, °С											
2014–2015	8,0	–1,5	6,9	15,9	21,4	18,8	19,8	–	–	–	
2015–2016	12,3	1,3	11,2	11,3	17,1	23,4	20,3	–	–	–	
2016–2017	7,7	–3,3	7,7	13,8	18,3	22,2	20,8	–	–	–	
Середньобагаторіччі	8,7	–1,7	7,6	14,5	18,9	21,0	–	–	–	–	
Тривалість окремих періодів (днів)											
2014–2015	60	106	62	25	21	21	13	–	295	308	
2015–2016	43	152	13	40	37	9	17	–	294	311	
2016–2017	55	114	45	33	22	13	8	–	282	290	
Середньобагаторіччі	53	128	39	32	39	15	–	–	292	306	

Таблиця 2

Запаси продуктивної вологи в ґрунті у період вегетації пшениці озимої залежно від попередників

Попередник	Шар ґрунту, см	Від посіву до зимового спокою			Від відновлення вегетації до виходу в трубку			Від виходу рослин в трубку до воскової стиглості		
		Рік								
		2014	2015	2016	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Сидеральний пар (контроль)	0–20	30,8	33,8	17,8	8,0	42,6	24,2	18,0	14,7	4,8
	0–100	145,9	130,4	78,3	94,9	165,3	128,6	93,3	108,9	75,1
Соя	0–20	27,3	31,9	15,2	4,8	40,8	21,5	14,8	12,8	2,4
	0–100	68,1	100,5	53,0	83,3	144,6	79,2	83,3	98,3	56,3
Кукурудза на силос	0–20	22,4	27,1	14,5	11,2	39,6	19,5	13,7	11,2	5,3
	0–100	51,7	105,7	56,8	43,8	139,4	89,8	73,8	75,4	49,6

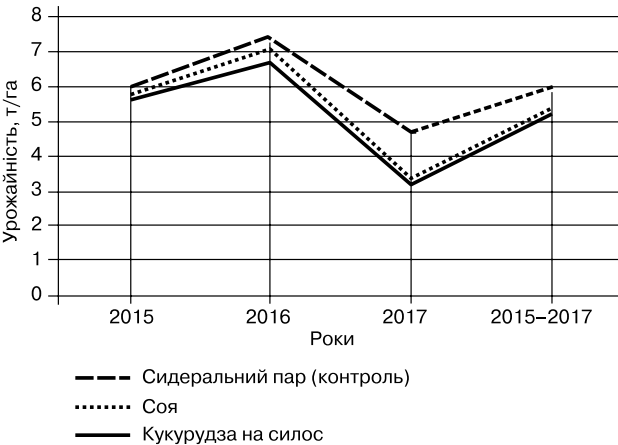


Рис. 1. Вплив попередників на врожайність пшениці озимої

січні відбулося утворення льодяної кірки. Станом на 10 лютого льодяна кірка товщиною 40–65 мм утримувалася безперервно впродовж шести декад, ступінь її розповсюдження становив 20–90% площі поля. Найбільш несприятливим для отримання високої врожайності пшениці озимої був гідротермічний режим у період наливу зерна. Так, незначна кількість опадів, яка випала в період від молочної стиглості — до воскової (34,4 мм), і підвищена температура повітря (+22,2°C), що на 3,3°C вище від багаторічного показника (+18,9°C), а

також незадовільні запаси продуктивної вологи в 0–100 см шарі ґрунту (49,6–75,1 мм) призвели до різкого зниження врожайності пшениці озимої та до зменшення маси 1000 зерен (табл. 2).

Аналіз даних збору зерна пшениці озимої з одиниці посівної площі в роки найвищої і найнижчої врожайності культури, незважаючи на різні умови зволоження, підтверджує виявлену закономірність впливу на цей процес попередників (рис. 1). Так, найвищі показники середньої врожайності зерна пшениці озимої (5,99 т/га) отримано по сидеральному пару. За розміщення культури пшениці озимої після таких попередників, як соя та кукурудза на силос, збір зерна зменшився на 0,61–0,83 т/га. Після попередника кукурудзи на силос виявлено неістотне зниження врожайності культури — на 0,22 т/га порівняно з попередником соєю (НІР₀₅, 0,32 т/га).

Результати дослідження посівних якостей насіння пшениці озимої (рис. 2) свідчать, що вихід насіння (76,4%) та маса 1000 насінин (43,2 г), у середньому, були вищими по сидеральному пару, а найнижчими — після попередника кукурудзи на силос (71,7% та 40,4 г). Щодо енергії пророс-

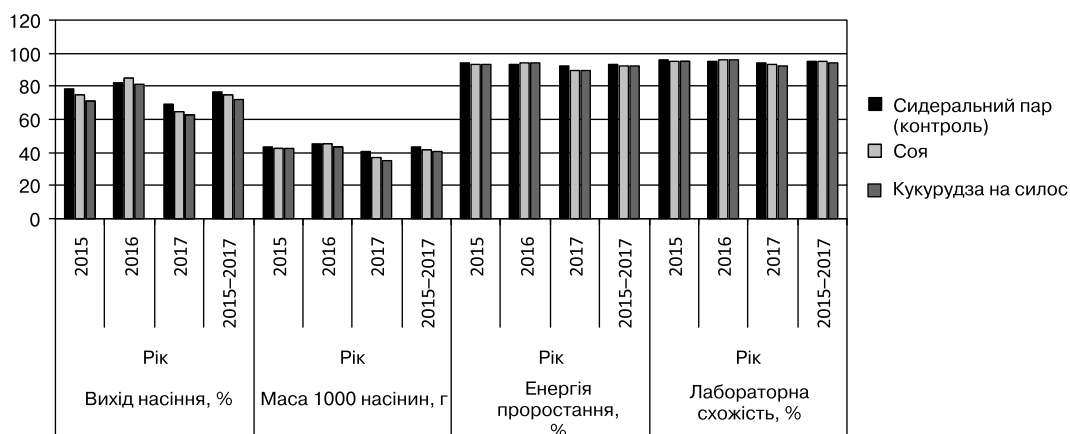


Рис. 2. Вплив попередників на посівні якості насіння пшениці озимої

тання та лабораторної схожості залежно від попередників, істотної різниці не виявлено, лише відзначено, що нижчими вони були у несприятливому для умов вирощування 2017 р.

ВИСНОВКИ

Розміщення посівів пшениці озимої в сівоzmіні сприяє найбільш ефективному використанню природних кліматичних і біологічних чинників, спрямованих на збільшення врожайності зерна та покращення якостей посівного матеріалу.

Найвищі показники врожайності зерна пшениці озимої (5,99 т/га), виходу насіння (76,4%) та маси 1000 насінин (43,2 г) отримано по сидеральному пару. За розміщення культури пшениці озимої після таких попередників, як соя і кукурудза на силос збір зерна зменшився на 0,61–0,83 т/га, також знижувалися показники виходу кондиційного насіння та маси 1000 насінин — на 1,6–4,7% та 1,5–2,8 г.

У зоні Правобережного Лісостепу оптимальним попередником для насіннєвих посівів, особливо для вирощування насіння високих генерацій, є сидеральний пар.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сорти, попередники та строки сівби як основні фактори оптимізації вирощування озимої пшениці / Ю.В. Бабіч, М.М. Солодушко, М.І. Пихтін, М.І. Громов // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. — 2001. — № 15–16. — С. 25–28.
2. Демішев Л.Ф. Складові успіху при вирощуванні озимої пшениці / Л.Ф. Демішев // Зберігання та переробка зерна. — 2004. — № 3. — С. 27.
3. Насіннєва інфекція польових культур / В.П. Петренко, І.М. Черняєва, Т.Ю. Маркова та ін. — Х.: ІР ім. В.Я.Юр'єва УААН, 2004. — 56 с.
4. Невмивако Т.В. Вплив попередників на урожайність та якість зерна пшениці озимої / Т.В. Невмивако // Вісник аграрної науки. — 2008. — № 4. — С. 74–76.
5. Жемела Г.П. Вплив попередників на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої / Г.П. Жемела, С.М. Шакалій // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — 2012. — № 3. — С. 20–22.
6. Русанов В.І. Урожайність провідних сільськогосподарських культур у сівоzmінах та за беззмінного їх вирощування / В.І. Русанов, М.П. Яблунівська, А.І. Шевченко // Наук.-техн. бюл. Миронівського ін-ту пшениці. — К.: Аграр. наука, 2006. — Вип. 5. — С. 198–203.
7. Шпаар Д. Зерновые культуры, выращивание, уборка, хранение и использование. — 4-е изд., исправленное / Д. Шпаар. — К.: Изд. дом «Зерно», 2012. — 704 с.
8. Бойко П.І. Сівозміни в сучасному землеробстві України / П.І. Бойко // Вісник аграрної науки. — 1998. — № 11. — С. 15–18.
9. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / Редкол.: М.В. Зубець (голова) та ін. — К.: Логос, 2004. — 776 с.

10. Ремесло В.Н. Селекция и сортовая агротехника пшеницы интенсивного типа / [В.Н. Ремесло, Ф.М. Куперман, Л.А. Животков и др.]; под ред. В.Н. Ремесла. — М.: Колос, 1982. — 303 с.
11. Орлюк А.П. Теоретичні і практичні аспекти насінництва зернових культур / А.П. Орлюк, О.Д. Жу́жа, Л.О. Усик. — Херсон, 2003. — 170 с.
12. Гриценко В.В. Семеноведение полевых культур / В.В. Гриценко, З.М. Калошина. — М.: Колос, 1984. — 268 с.
13. Шелепов В.В. Пшеница: биология, селекция, морфология, семеноводство / В.В. Шелепов, Н.Н. Гаврилюк, В.А. Вергунов; под науч. ред. В.В. Шелепова; ННССХБ НААН. — К.: Логос, 2013. — 498 с.
14. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002. — К.: Держспоживстандарт України, 2003. — 173 с. — (Національний стандарт України).
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

REFERENCES

1. Babich, Yu.V., Solodushko, M.M., Pykhtin, M.I., & Hromov, M.I. (2001). Sorty, popередnyky ta stroky sivyby yak osnovni faktory optymizatsii vyroshchuvannya ozymoi pshenytsi [Varieties, preceding crops and sowing dates as basic factors of growing winter wheat]. *Biul. In-tu zem. hosp-va UAAN — Bulletin of Institute of Grain Production of UAAS*. 15–16, 25–28 [in Ukrainian].
2. Demishev, L.F. (2004). Skladovi uspiikhu pry vyroshchuvanni ozymoi pshenytsi [Components of success when winter wheat growing]. *Zberhannia ta pererobka zerna — Storage and processing of grain*, 3, 27 [in Ukrainian].
3. Petrenkova, V.P., Cherniaieva, I.M., Markova, T.Yu., Chernobai, L.M., Borovska, I.R., & Sokol, T.V. (2004). Nasinnieva infektsiia polovoykh kultur [Seed infection of field crops]. Kharkiv: PPI n.a. V.Ya. Yuriev of UAAN [in Ukrainian].
4. Nevmyvako, T.V. (2008). Vplyv popередnykiv na urozhainist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi [Influence of predecessors on yield and quality of winter wheat]. *Visnyk ahrarnoi nauky — News of Agrarian Sciences*. 4, 74–76 [in Ukrainian].
5. Zhemela, H.P., & Shakalii, S.M. (2012). Vplyv popередnykiv na urozhainist ta yakist zerna pshenytsi miakoi ozymoi [Effect of predecessors on the yield and quality of bread winter wheat]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii — Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 20–22 [in Ukrainian].
6. Rusanov, V.I., Yablunivska, M.P., & Shevchenko, A.I. (2006). Urozhainist providnykh silskohospodarskykh kultur u sivozminakh ta za bezzminnoho yikh vyroshchuvannya [Productivity of the leading crops in crop rotations and by their unaltered cultivation]. *Nauk.-tekhn. biul. Myronivskoho in-tu pshenytsi — Technical & Scient. Bull. Myronivka Int. Wheat*. 5, 198–203 [in Ukrainian].
7. Shpaar, D. (2012). *Zernovye kul'tury: vyrashchivanie, uborka, khranenie i ispolzovanie* [Grain crops: cultivation, harvesting, storage and use]. Kiev: Publ. House «Zerno» [in Russian].
8. Boiko, P.I. (1998). Sivozminy v suchasnomu zemlerobstvi Ukrainy [Crop rotations in modern agriculture of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky — News of Agrarian Sciences*, 11, 15–18 [in Ukrainian].
9. Zubets, M.V. (Ed.). (2004). *Naukovi osnovy ahro-promyslovoho vyrobnytstva v zoni Lisostepu Ukrainy* [Scientific bases of agro-industrial production in the zone of the Forest-Steppe of Ukraine]. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
10. Remeslo, V.N., Kuperman, F.M., Zhivotkov, L.A., Sayko, V.F., & Murashev V.V. (1982). *Selektsiya i sortovaya agrotekhnika pshenytsy intensivnogo tipa* [Selection and varietal agrotechnics of intensive wheat]. Moskva: Kolos [in Russian].
11. Orliuk, A.P., Zhuzha, O.D., & Usyk, L.O. (2003). *Teoretichni i praktichni aspekty nasinnytstva zernovoykh kultur* [Theoretical and practical aspects of seed production of grain crops]. Kherson [in Ukrainian].
13. Shelepov, V.V., Gavrilyuk N.N., & Vergunov, V.A. (2013). *Pshenitsa: biologiya, selektsiya, morfologiya, semenovodstvo* [Wheat: biology, breeding, morphology, seed production]. Kiev: Logos [in Russian].
14. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural plants. Methods for seed testing]. (2003). *DSTU 4138-2002 from 1st January 2004*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
15. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moskva: Agropromizdat [in Russian].

ГЕНЕТИЧНЕ ПОЛІПШЕННЯ ЯЧМЕНЮ ДВОРЯДНОГО ЯРОГО ЗА КІЛЬКІСНИМИ ОЗНАКАМИ У ЛІСОСТЕПІ УКРАЇНИ

В.М. Гудзенко¹, О.С. Дем'янюк²

¹ Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН

² Інститут агроекології і природокористування НААН

Наведено результати досліджень (2012–2014 рр.) колекційних зразків ячменю дворядного ярого різного екологічного походження за статистичними генетичними параметрами основних цінних господарських кількісних ознак. Фенотиповий (PCV) та генотиповий (GCV) коефіцієнти варіації мали значення від низького до середнього рівня залежно від ознаки і року дослідження: PCV = 3,69–17,22%, GCV = 3,66–14,73%. Найвищі значення в усі роки зафіксовано для маси зерна з рослини: PCV = 14,32–17,22%, GCV = 12,01–14,73%, найнижчі — для маси 1000 зерен: PCV = 3,69–5,96%, GCV = 3,66–5,93%. Коефіцієнт успадкованості в широкому розумінні варіював від $H^2 = 70,34\%$ для маси зерна з рослини до $H^2 = 98,94\%$ для маси 1000 зерен. Найвищі показники очікуваного генетичного поліпшення у відсотках до середнього значення ознаки зафіксовано для довжини головного колоса — GAM = 24,82–26,92%, маси зерна з рослини — GAM = 20,74–25,95, маси зерна з головного колоса — GAM = 18,87–23,81%. Виявлені особливості свідчать, що за обґрунтованого добору компонентів схрещувань із дослідженої вибірки зразків можливо за більшістю ознак отримати селекційне поліпшення — від середнього до високого рівня.

Ключові слова: ячмінь ярий, колекційний зразок, кількісна ознака, коефіцієнт фенотипової варіації, коефіцієнт генотипової варіації, успадкованість, генетичне поліпшення.

Ячмінь є однією з основних сільсько-господарських культур в Україні, що забезпечує продовольчу безпеку держави та становить вагомий частку експортного потенціалу. Збільшення валових зборів зерна ячменю завдяки підвищенню врожайності культури є нагальним завданням вітчизняної аграрної науки. Наріжним каменем цього, безумовно, є створення нових екологічно пластичних сортів із підвищеним потенціалом продуктивності та генетичним захистом від дії несприятливих абіотичних і біотичних чинників. Успіх селекційної роботи безпосередньо обумовлено наявністю необхідної кількості вихідного матеріалу з відповідними ознаками і властивостями. Водночас слід зауважити, що більшість цінних господарських ознак, зокрема щодо продуктивності, є кількісними, або, за іншим визначенням, полігенними. Окрім складної організації кількісних ознак у генетичному аспекті, рівень фенотипового їх

прояву значною мірою визначається екологічними чинниками середовища. Поряд із тим для селекціонера важливо володіти інформацією саме про генетично обумовлену частку в загальній фенотиповій мінливості цих ознак.

Численні літературні джерела останніх років інформують про оцінку генетичного різноманіття ячменю за фенотиповим і генотиповим коефіцієнтами варіації, коефіцієнтом успадкованості і очікуваним генетичним поліпшенням основних цінних господарських ознак у різних країнах, екологічних зонах і контрастних умовах зволоження [1–8]. Отримані дані відрізняються за величиною та співвідношенням названих статистичних параметрів для різних ознак [9–16]. Ймовірно, це спричинено вивченням різного генетичного матеріалу та відмінними екологічними умовами проведення досліджень.

З огляду на вище викладене, метою наших досліджень було визначення фенотипової і генотипової варіації та очікуваного генетичного поліпшення за основними цін-

ними господарськими ознаками у колекційних зразків ячменю дворядного ярого різного екологічного походження в умовах Лісостепу України.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили у Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН у 2012–2014 рр. відповідно до загальноприйнятих методик [17, 18]. Об'єкт досліджень — 30 генотипів ячменю дворядного ярого, походженням із різних країн світу. Зразки висівали методом повних рендомізованих блоків у триразовій повторності. Облікова площа ділянки — 1 м². Для морфологічного та структурного аналізу відбирали по 25 рослин кожної повторності. Заміряли такі показники: продуктивне кушіння (ПК), довжину головного колоса (ДГК), кількість зерен з головного колоса (КЗГК), масу 1000 зерен (МТЗ), масу зерна з головного колоса (МЗГК), масу зерна з однієї рослини (МЗР), висоту рослини (ВР). Коефіцієнти фенотипової (PCV) і генотипової варіації (GCV), коефіцієнт успадкованості в широкому розумінні (H²), очікуване генетичне поліпшення (GA) та генетичне поліпшення, виражене у відсотках до середнього рівня прояву ознаки (GAM), розраховували за допомогою формул, запропонованих у

класичних роботах [19–22]. Для ранжирування зразків за показниками статистичних параметрів застосовували такі градації: для PCV, GCV і GAM = 0–10% — низький рівень, 11–20 — середній, >20 — високий; H² = 0–30 — низький, 31–60 — середній, >61% — високий.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Роки досліджень характеризувались різними показниками гідротермічного режиму (табл. 1). Слід наголосити на низькій забезпеченості опадами за підвищених температур повітря у 2013 р., і як контраст, спостерігалось перезволоження у 2014 р. У 2012 р. було зафіксовано нижчий, порівняно з середнім значенням за останні 13 років, рівень опадів за деякими міжфазними періодами, натомість, що є позитивним чинником, їх рівномірність впродовж вегетації і, особливо, у період від сівби до сходів.

Рівень прояву ознак. Середнє значення (X) продуктивного кушіння у досліді в 2012 і 2014 рр. становило 3,51 стебла/рослину (табл. 2). У 2013 р. її прояв був дещо нижчим — X = 3,39 стебла, із значно більшою різницею (R = 2,39 стебла) між максимальним (max = 4,50 стебла) і мінімальним (min = 2,11 стебла) значеннями у зразків порівняно з двома вище названи-

Таблиця 1

Гідротермічний режим у міжфазні періоди вегетації ячменю ярого

Рік	Середньодобова температура повітря, °C					Кількість опадів, мм				
	ССх	СхК	КД	СхД	СД	ССх	СхК	КД	СхД	СД
2012	7,7	17,1	21,3	19,2	15,4	30,5	50,8	75,4	126,2	156,7
2013	12,7	18,7	22,3	20,5	17,9	0,3	82,0	41,4	123,4	123,7
2014	8,5	13,0	18,6	15,8	13,3	7,4	166,9	116,1	283,0	290,3
X	8,8	14,9	20,2	17,5	14,6	10,6	88,2	98,4	186,6	197,2
Max	12,7	18,7	22,3	20,5	17,9	30,5	166,9	217,7	283	290,3
Min	4,7	12,7	17,7	15,5	12,2	0,3	23,1	41,4	120,1	123,7
R (max-min)	8,0	6,0	4,6	5,0	5,7	30,2	143,8	176,3	162,9	166,6

Примітка: ССх — «сівба — сходів»; СхК — «сходів — колосіння»; КД — «колосіння — дозрівання»; СхД — «сходів — дозрівання»; СД — «сівба — дозрівання»; X, min, max, R (max-min) — відповідно середнє, мінімальне, максимальне значення і розмах варіювання за 2004–2014 рр.

Таблиця 2

Фенотипове та генотипове варіювання, успадковуваність та очікуване генетичне поліпшення за кількісними ознаками ячменю ярого

Ознака	Рік	$\bar{X}$	max	min	PCV	GCV	H^2	GA	GAM
ПК	2012	3,51	3,92	2,80	10,75	9,43	76,96	0,60	17,04
	2013	3,38	4,50	2,11	16,19	14,44	79,56	0,90	26,54
	2014	3,51	4,10	2,90	9,81	8,50	75,03	0,53	15,17
ДГК	2012	9,20	12,40	6,90	13,08	12,55	92,10	2,28	24,82
	2013	8,09	10,14	6,30	13,26	12,69	91,68	2,03	25,04
	2014	7,89	10,00	5,90	14,06	13,56	92,93	2,12	26,92
КЗГК	2012	22,96	27,90	19,20	9,15	8,58	87,95	3,80	16,57
	2013	17,89	21,20	14,67	9,95	9,35	88,26	3,24	18,09
	2014	20,01	23,40	16,00	9,90	9,32	88,70	3,62	18,08
МТЗ	2012	50,09	53,41	45,86	3,95	3,93	98,70	4,03	8,04
	2013	45,33	49,90	40,53	5,96	5,93	98,94	5,50	12,14
	2014	49,21	51,30	45,07	3,69	3,66	98,19	3,68	7,47
МЗГК	2012	1,27	1,53	1,01	10,40	9,76	88,08	0,24	18,87
	2013	0,92	1,18	0,75	11,14	10,74	93,01	0,20	21,34
	2014	1,06	1,42	0,70	13,51	12,50	85,53	0,25	23,81
МЗР	2012	3,29	4,15	2,50	14,32	12,01	70,34	0,68	20,74
	2013	2,49	3,26	1,35	15,93	13,80	75,07	0,61	24,64
	2014	3,03	4,01	2,12	17,22	14,73	73,16	0,79	25,95
ВР	2012	76,50	92,60	60,40	9,83	9,39	91,90	14,12	18,45
	2013	62,75	75,20	50,67	10,25	9,81	91,60	12,13	19,33
	2014	83,93	99,20	70,30	8,68	8,04	85,77	12,87	15,34

ми роками ($R = 1,12-1,20$ стебла). Довжина головного колоса була найбільшою в 2012 р. — 9,20 см, найменшою — в 2014 р. — 7,89 см. Водночас у 2012 р. було зафіксовано і найбільшу різницю між зразками — $R = 5,5$ см (max = 12,4 см, min = 6,9 см). Найвище середнє значення кількості зерен із головного колоса виявлено в 2012 р. — $X = 22,96$ од. ($R = 8,70$ од., max = 27,90, min = 19,20 од.), найменше — в 2013 р. — $X = 17,96$ од. ($R = 6,53$ од., max = 21,2, min = 14,67 од.). Маса 1000 зерен варіювала у межах років: 2012 р. — $X = 50,09$ г ($R = 7,55$ г, max = 53,41, min = 45,86 г), 2013 р. — $X = 45,33$ г ($R = 9,37$ г, max = 49,90, min =

40,53 г), 2014 р. — $X = 49,21$ г ($R = 6,23$ г, max = 51,30, min = 45,07 г). Максимальну масу зерна з головного колоса встановлено в 2012 р. — $X = 1,27$ г ($R = 0,51$ г, max = 1,53, min = 1,01 г), мінімальну в 2013 р. — $X = 0,92$ г ($R = 0,44$ г, max = 1,18, min = 0,75 г). Маса зерна з рослини була найвищою в 2012 р. — $X = 3,29$ г ($R = 1,65$ г, max = 4,15, min = 2,50 г), дещо нижчою в 2014 р. — $X = 3,03$ г ($R = 1,89$ г, max = 4,01, min = 2,12 г). У 2013 р. вона істотно поступалась вказаним рокам — $X = 2,49$ г ($R = 1,91$ г, max = 3,26, min = 1,35 г). Рівень прояву висоти рослин у середньому у дослідях був найвищим у 2014 р. — 83,93 см ($R = 28,9$ см,

max = 99,2, min = 70,3 см). Найнижчими рослини були в 2013 р. — $X = 62,75$ см ($R = 24,53$ см, max = 75,20, min = 50,67 см). Водночас максимальний розмах варіювання між зразками зафіксовано в 2012 р. — $R = 32,0$ см ($X = 76,5$ см, max = 92,6, min = 60,4 см).

Фенотипова та генотипова варіація. Коефіцієнти фенотипової і генотипової варіації мали значення від низького до середнього рівня залежно від ознаки і року дослідження: PCV = 3,69–17,22%, GCV = 3,66–14,73%. Найвищі значення фенотипового і генотипового коефіцієнтів варіації в усі роки відзначено для маси зерна з рослини: PCV = 14,32–17,22%, GCV = 12,01–14,73% та довжини головного колоса: CV = 13,08–14,06%, GCV = 12,55–13,56%. Для продуктивного кушіння характерним було доволі відчутне варіювання цих параметрів за роками (у %): 2012 р. — PCV = 10,75, GCV = 9,43; 2013 р. — PCV = 16,19, GCV = 14,44; 2014 р. — PCV = 9,81, GCV = 8,50. Стабільно низьку за роками фенотипову і генотипову варіацію мала маса 1000 зерен: PCV = 3,69–5,96%, GCV = 3,66–5,93%.

Успадковуваність. Коефіцієнт успадковуваності характеризує частку фенотипової мінливості, зумовленої генетичними відмінностями. Нами зафіксовано високий рівень коефіцієнта успадковуваності в широкому розумінні, однак з відчутним варіюванням для різних ознак — $H^2 = 70,34$ –98,94%. Найнижчим коефіцієнт був для маси зерна з рослини — $H^2 = 70,34$ –75,07% та продуктивного кушіння — $H^2 = 75,03$ –79,56%. Найвище значення успадковуваності відзначено для маси 1000 зерен — $H^2 = 98,19$ –98,94%. Найбільше за роками варіював коефіцієнт успадковуваності для маси зерна з головного колоса — $H^2 = 85,53$ –93,01%.

Очікуване генетичне поліпшення. Показники генетичного поліпшення (GA) та генетичного поліпшення, вираженого у відсотках до середнього значення ознаки (GAM), дають змогу прогнозувати ефективність використання досліджених генотипів для поліпшення відповідних ознак. Рівень останнього для цієї вибірки зразків варіював залежно від ознаки і року випробування, від низького до високого значення — GAM = 7,47–26,92%. Найвищі значення GAM зафіксовано для довжини головного колоса — GAM = 24,82–26,92%, маси зерна з рослини — GAM = 20,74–25,95, маси зерна з головного колоса — GAM = 18,87–23,81%. Для ознаки продуктивного кушіння слід відзначити значне варіювання показника за роками — GAM = 15,17–26,54%. Найменше значення GAM з варіюванням за роками мала маса 1000 зерен — GAM = 7,47–12,14%. Для решти ознак зафіксовано середній рівень очікуваного генетичного поліпшення: кількість зерен з головного колоса — GAM = 16,57–18,09%, висота рослин — GAM = 15,34–19,33%.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень 30 колекційних зразків ячменю дворядного ярого різного екологічного походження в умовах Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН виявлено особливості фенотипового і генотипового варіювання, успадковуваності та очікуваного генетичного поліпшення за основними цінними господарськими ознаками. Встановлено задовільну генетичну мінливість серед досліджених генотипів. Отже, за відповідного добору компонентів схрещувань є можливість досягти селекційного поліпшення більшості досліджених ознак — від середнього до високого рівня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jalata Z. Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces and crosses / Z. Jalata, A. Ayana, H. Zeleke // International journal of plant breeding and genetics. — 2011. — Vol. 5, No. 1. — P. 44–52.
2. Shrimali J. Genetic variation and heritability studies for yield and yield components in barley genotypes under normal and limited moisture conditions / J. Shrimali, A.S. Shekhawat, S. Kumari // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. — 2017. — Vol. 6 (4). — P. 233–235.

3. Addisu F. Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces in Ethiopia / F. Addisu, T. Shumet // Int. J. Plant Breed. Genet. — 2015. — Vol. 9, No. 2. — P. 68–76.
4. Al-Tabbal J.A. Genetic variation, heritability, phenotypic and genotypic correlation studies for yield and yield components in promising barley genotypes / J.A. Al-Tabbal, A.H. Al-Fraihat // Journal of Agricultural Science. — 2012. — Vol. 4, No. 3. — P. 193–210.
5. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and yield related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm / A. Hailu, S. Alamerew, M. Nigussie, E. Assefa // World Journal of Agricultural Sciences. — 2016. — Vol. 12, No. 1. — P. 36–44.
6. Ahmadi J. Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines / J. Ahmadi, B. Vaezi, A. Pour-Aboughadareh // Genetika. — 2016. — Vol. 48, No. 1. — P. 73–85.
7. Haile J. Genetic variability, character association and genetic divergence in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes grown at Horo district, Western Ethiopia / J. Haile, H. Legesse, C.P. Rao // Sci. Technol. Arts Res. J. — 2015. — Vol. 4, No. 2. — P. 1–9.
8. Worth of genetic parameters to sort out new elite barley lines over heterogeneous environments / N. Chand, S.R. Vishwakarma, O.P. Verma, M. Kumar // Barley Genetics Newsletter. — 2008. — Vol. 38. — P. 10–13.
9. Dylulgerova B. Heritability, variance components and genetic advance of yield and some yield related traits in barley doubled haploid lines / B. Dylulgerova, D. Valcheva // Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. — 2014. — P. 614–617. — (Special Issue 1).
10. Singh A.P. Genetic variability in two-rowed barley (*Hordeum vulgare* L.) / A.P. Singh // Indian J. Sci. Res. — 2011. — Vol. 2, No. 3. — P. 21–23.
11. Studies on genetic variability and interrelationship among the different traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) for rainfed and irrigated environments / A.H. Madakemohekar, L.C. Prasad, R.D. Lodhi and, R. Prasad // Indian Res. J. Genet. & Biotech. — 2015. — Vol. 7, No. 2. — P. 169–173.
12. Study of heritability and genetic advance of agronomic traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) and graphic analysis of trait relations by biplot / A. Ebadi-Segherloo, S.A. Mohammadi, B. Sadeghzadeh, M. Kamrani // Jordan Journal of Agricultural Sciences. — 2016. — Vol. 12, No. 1. — P. 299–310.
13. Study of genetic parameters for yield and yield contributing trait of elite genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) / R. Lodhi, L.C. Prasad, A.H. Madakemohekar et al. // Indian Res. J. Genet. & Biotech. — 2015. — Vol. 7, No. 1. — P. 17–21.
14. Kumar M. Genetic variability in barley (*Hordeum vulgare* L.) / M. Kumar, S.S. Shekhawat // Electronic Journal of Plant Breeding. — 2013. — Vol. 4, No. 4. — P. 1309–1312.
15. Akgun N. Genetic variability and correlation studies in yield and yield related characters of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes / N. Akgun // Selcuk J. Agr. Food Sci. — 2016. — Vol. 30, No. 2. — P. 88–95.
16. Estimate genetic variability of malt barley (*Hordeum vulgare* L.) / Y. Aynewa, T. Dessalegn, W. Bayu, B. Lakew // International Journal of Advanced Multidisciplinary Research. — 2015. — Vol. 2, No. 3. — P. 8–14.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
18. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. — Л., 1981. — 32 с.
19. Burton G.W. Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material / G.W. Burton, E.H. Devane // Agronomy Journal. — 1953. — Vol. 45. — P. 487–488.
20. Johnson H.W. Genotypic and Phenotypic Correlation in soybean and their implication in selection / H.W. Johnson, H.F. Robinson, R.E. Comstock // Agronomy Journal. — 1955. — Vol. 47. — P. 47–49.
21. Allard R.W. Principles of Plant Breeding / R.W. Allard. — New York: John Wiley and Sons, 1960. — 485 p.
22. Falconer D.S. Introduction to quantitative genetics / D.S. Falconer. — 3rd edition. — New York: John Wiley and Sons, 1989. — 438 p.

REFERENCES

1. Jalata, Z., Ayana, A., Zeleke, H. (2011). Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces and crosses. *International journal of plant breeding and genetics*, 5 (1), 44–52 [in English].
2. Shirmali, J., Shekhawat, A.S., Kumari, S. (2017). Genetic variation and heritability studies for yield and yield components in barley genotypes under normal and limited moisture conditions. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 233–235 [in English].
3. Addisu, F., Shumet, T. (2015). Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces in Ethiopia. *Int. J. Plant Breed. Genet.*, 9 (2), 68–76 [in English].
4. Al-Tabbal, J.A., Al-Fraihat, A.H. (2012). Genetic variation, heritability, phenotypic and genotypic correlation studies for yield and yield components in promising barley genotypes. *Journal of Agricultural Science*, 4 (3), 193–210 [in English].
5. Hailu, A., Alamerew, S., Nigussie, M., Assefa, E. (2016). Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and yield related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm. *World Journal of Agricultural Sciences*, 12 (1), 36–44 [in English].

6. Ahmadi, J., Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A. (2016). Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines. *Genetika*, 48 (1), 73–85 [in English].
7. Haile, J., Legesse, H., Rao, C.P. (2015). Genetic variability, character association and genetic divergence in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes grown at Horo district, Western Ethiopia. *Sci. Technol. Arts Res. J.*, 4(2), 1–9 [in English].
8. Chand, N., Vishwakarma, S. R., Verma, O. P., Kumar, M. (2008). Worth of genetic parameters to sort out new elite barley lines over heterogeneous environments. *Barley Genetics Newsletter*, 38, 10–13 [in English].
9. Dyulgerova, B., Valcheva, D. (2014). Heritability, variance components and genetic advance of yield and some yield related traits in barley doubled haploid lines. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. Special Issue: 1*, 614–617 [in English].
10. Singh, A. P. (2011). Genetic variability in two-rowed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Indian J. Sci. Res.*, 2 (3), 21–23 [in English].
11. Madakemohekar, A.H., Prasad, L.C., Lodhiand, R.D., Prasad, R. (2015). Studies on genetic variability and interrelationship among the different traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) for rainfed and irrigated environments. *Indian Res. J. Genet. & Biotech.*, 7(2), 169–173 [in English].
12. Ebadi-Segherloo, A., Mohammadi, S. A., Sadeghzadeh, B., Kamrani, M. (2016). Study of heritability and genetic advance of agronomic traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) and graphic analysis of trait relations by biplot. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 12 (1), 299–310 [in English].
13. Lodhi, R., Prasad, L.C., Madakemohekar, A.H., Bornare, S.S., Prasad, R. (2015). Study of genetic parameters for yield and yield contributing trait of elite genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Indian Res. J. Genet. & Biotech.*, 7(1), 17–21 [in English].
14. Kumar, M., Shekhawat, S.S. (2013). Genetic variability in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 4(4), 1309–1312 [in English].
15. Akgun, N. (2016). Genetic variability and correlation studies in yield and yield related characters of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. *Selcuk J Agr Food Sci.*, 30(2), 88–95 [in English].
16. Aynewa, Y., Dessalegn, T., Bayu, W., Lakew, B. (2015). Estimate genetic variability of malt barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research.*, 2(3), 8–14 [in English].
17. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5th ed., rev.). Moskva: Agropromizdat [in Russian].
18. *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu mirovoy kolektsii yachmenya i ovs*a [Guidelines for studying the world collection of barley and oat]. (1981). — Leningrad [in Russian].
19. Burton, G.W., Devane, E.H. (1953). Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*, 45, 487–488 [in English].
20. Johnson, H.W., Robinson, H.F., Comstock, R.E. (1955). Genotypic and Phenotypic Correlation in soybean and their implication in selection. *Agronomy Journal*, 47, 47–49 [in English].
21. Allard, R.W. (1960). *Principles of Plant Breeding*. New York: John Wiley and Sons [in English].
22. Falconer, D.S. (1989). *Introduction to quantitative genetics*. (3rd ed.). New York: John Wiley and Sons [in English].

ВПЛИВ ПОСУШЛИВИХ УМОВ СТЕПУ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ НАСІННЯ ТА ПРОРОСТКІВ ОЗИМИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

О.Л. Романенко¹, І.С. Куш¹, С.О. Заєць², М.М. Солодушко³

¹ Запорізька філія ДУ «Держгрунтохорона»

² Інститут зрошуваного землеробства НААН

³ Інститут зернових культур НААН

Встановлено, що впродовж останніх 25 років в умовах Південного Степу відбулися істотні зміни гідротермічних показників, які призвели до зміщення оптимальних строків сівби у бік пізнішого періоду. Наведено результати експериментальних досліджень життєздатності насіння та проростків озимих культур (пшениця, ячмінь, тритикале) за умов екстремально посушливого літньо-осіннього періоду 2011 р., що має важливе науково-практичне значення для розробки стратегії посівної кампанії. Обґрунтовано, що за умов різкої посухи в передпосівний період, а також за відсутності гарантованої продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на момент оптимальних строків сівби, посів озимих слід проводити наприкінці допустимо пізніх строків, з підвищеною нормою висіву (на 15–20%), на глибину 5–7 см, у межах 75% від планової площі.

Ключові слова: життєздатність насіння та проростків, озимі культури (пшениця, ячмінь, тритикале), урожайність, посушливі умови.

Запорізька державна сільськогосподарська дослідна станція (ДСГДС, з 2011 р. — Інститут олійних культур НААН) розташовується в посушливій зоні Південного Степу України, де волога є головним чинником, що визначає продуктивність сільськогосподарських культур. Провідні вчені вказують на значні зміни клімату, що відбуваються в світі [1–3]. За даними Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) середня температура повітря за рік, з початку минулого століття, в степовій частині України збільшилась на 0,2–0,3°C. Найбільше підвищення температурних показників спостерігається в зимовий (на 1,2–1,3°C) та весняний (на 0,8–0,9°C) періоди. Влітку температура повітря знизилась на 0,2–0,3°C, восени — залишилась без змін.

Південний Степ характеризується найбільшою посушливістю і значними тепловими ресурсами. Найвищу продуктивність озимі зернові культури демонструють лише у разі забезпечення впродовж усього вегетаційного періоду оптимальних життєвих

умов. Відхилення від оптимуму, навіть одного чинника життєдіяльності рослин, спричиняє недобір урожаю зерна та погіршення його якості [4].

У цій зоні майже щороку спостерігаються посухи різної інтенсивності та тривалості під час першого, другого або впродовж усього періоду вегетації рослин озимих культур. Подібні явища призводять до постійного дефіциту вологи, яка є основним обмежувальним чинником життєдіяльності рослин. Саме невідповідність між потребою рослин у воді та її надходженням з ґрунту є першочерговим критерієм сили прояву посухи. Її вплив на рослини залежить від тривалості бездощового періоду, температури повітря, відносної його вологості тощо. Найбільше потерпають від посухи посіви озимих, які розміщуються після непарових попередників.

Встановлено, що помірні атмосферні посухи впродовж усієї вегетації зумовлюють зниження врожайності зерна на 35%, сильні — на 65, дуже сильні — на 85%, а ґрунтові — на 15, 35, 65% відповідно [5]. Крім того, вплив посухи на врожайність пшениці озимої залежить від якісного стану посівів. У посушливі роки знижується

врожайність зерна у посівах відмінної якості на 23%, доброї — на 29, задовільної — на 47, незадовільної — на 59, поганої якості — на 75% [4].

Про зміну клімату свідчать також дані метеопоста Запорізької ДСГДС. За 1990/91–2011/12 рр. кількість опадів зменшилась на 102,3 мм (з 464,9 до 362,6 мм), середня річна температура повітря підвищилась на 1,4°C (з 9,6 до 11,0°C), гідротермічний коефіцієнт за березень — червень понизився з 0,9 до 0,6 порівняно з попереднім періодом (1972/73–1985/86 рр.).

В умовах Південного Степу досягти високої врожайності зерна озимих культур можливо тільки за умов забезпечення своєчасних сходів, чому сприяє сівба в оптимальний строк. Успішне виконання цього завдання залежить від вологості посівного шару ґрунту на момент сівби, що своєю чергою забезпечується опадами у серпні — вересні. Саме в цей період їх випадає недостатньо і, як правило, вони швидко випаровуються та не можуть забезпечити появу дружних сходів. За останні 20 років зміна клімату вплинула і на гідротермічні показники серпня — вересня. Середня кількість опадів за серпень зменшилась на 16,7 мм, за вересень — на 3,5 мм, а річна температура повітря — підвищилась у серпні та вересні на 2,8 і 1,9°C відповідно.

Отже, забезпеченість рослин вологою значно погіршилась, а величина теплового ресурсу — збільшилась, що має негативний вплив на своєчасність сходів озимих культур та їх розвиток в осінній період.

Мета роботи — дослідити взаємозв'язок між вологозабезпеченістю посівів озимих культур в осінній період, строками сівби, життєздатністю насіння та проростків за умов глобальних змін клімату в зоні Степу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На Запорізькій ДСГДС упродовж 1990/91–2011/12 рр. проводили дослідження реакції сортів пшениці озимої Альбатрос одеський і Єрмак на строки сівби. Перший сорт висівали 5, 15, 25 вересня і 5 жовтня з нормою висіву 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 млн/га схожих насінин відповідно; дру-

гий — 5, 10, 15, 20, 25, 30 вересня та 5, 10, 15, 20 жовтня з нормою висіву 3,5; 3,5; 4,0; 4,0; 4,5; 4,5 та 5,0; 5,0; 5,5; 5,5 млн/га схожих насінин відповідно. Для досліджень використовували семипільну сівозміну: чорний пар, пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, горох, пшениця озима, соняшник.

Ґрунт — чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий. Уміст гумусу в орному шарі становить 2,7% (за Тюрнімом), гідролізованого азоту — 18,9 (за Корнфільдом), рухомого фосфору — 13,2 і обмінного калію — 13,8 мг/100 г ґрунту (за Чиріковим). Реакція ґрунтового розчину — нейтральна. Посів здійснювали селекційною сівалкою СКС-6-10. Розмір посівної ділянки — 20 м², залікової — 18,0 м², повторність — чотириразова. Норми внесення добрив та агротехніка — рекомендовані для степової зони. Лабораторно-польові дослідження щодо визначення життєздатності насіння та проростків озимих культур проводили по чорному пару та після стернового попередника. Польові та лабораторно-польові дослідження проводили за методикою Б.А. Доспехова [6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Багаторічні дослідження свідчать, що повноцінні сходи озимих забезпечуються лише за умов, коли в шарі ґрунту 0–10 см міститься продуктивної вологи не менше 10 мм, а в орному — 20–30 мм. За такої вологості ґрунту насіння швидко проростає, сходи з'являються на 7–8 день, польова схожість насіння становить близько 75–80%. На думку вчених [7], насіння, що проростає пізніше сьомого дня від посіву, має нижчу врожайність на 28% порівняно з більш ранніми сходами. Оптимальні умови щодо вологості ґрунту майже щорічно утворюються тільки по чорному пару.

Аналіз вологозабезпеченості рослин, проведений в умовах Запорізької ДСГДС упродовж 34 років, засвідчив, що в 1990/91–2011/12 рр. за рівнем зволоження верхнього шару ґрунту відбулися доволі істотні зміни порівняно з попереднім періодом (1972/73–1985/86 рр.) (табл. 1).

Таблиця 1

**Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–10 см на момент сівби
пшениці озимої по чорному пару, мм**

Рік	Строк сівби	Середнє, мм	10 мм і більше			Менше ніж 10 мм			Вірогідність сходів, %
			кількість років	середнє	варіювання	кількість років	середнє	варіювання	
1972–1985	15.09	13,4	13	14,3	10,4–18,6	1	1,7	1,7	93
1990–2011	5.09	7,9	8	13,2	10,2–18,6	12	4,3	0–9,7	40
	15.09	8,8	7	13,0	10,6–17,3	13	6,6	0,8–9,7	35
	25.09	10,2	10	13,6	10,2–19,4	10	6,8	0–9,7	50
	5.10	10,2	9	15,2	11,4–19,4	11	6,2	3,4–8,5	45

З 1972 до 1985 року на момент сівби пшениці озимої середні запаси продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту становили 13,4 мм, тобто впродовж 13 років кількість вологи була вищою ніж 10 мм (за винятком одного року — меншою ніж 10 мм), що, загалом, забезпечувало вірогідність сходів на рівні 93%.

За останні 20 років запаси вологи в ґрунті істотно зменшилися. Перед сівбою, залежно від строків її проведення, середня кількість вологи в посівному шарі становила 7,9–10,2 мм. Так, за період проведення досліджень запаси вологи в шарі ґрунту 0–10 см на рівні понад 10 мм спостерігалися впродовж 7–10 років, менше 10 мм — 10–13 років. Якщо дотримуватись вказаного групування, то вірогідність появи сходів пшениці озимої по чорному пару за період з 1990 до 2011 року виявилася дуже низькою (35–50%). Однак спостереження за польовою схожістю насіння засвідчили, що повні сходи були забезпечені за умов запасу вологи в посівному шарі ґрунту менше ніж 10 мм. На нашу думку, зміна клімату дещо сприяла зміні біологічних властивостей пшениці озимої, зерно якої може проростати і за нижчих (5,0–9,9 мм) рівнів продуктивної вологи. Крім того, важливе значення має селекційний напрям, спрямований на добір батьківських форм (ліній) з чітко вираженою ксероморфною струк-

турою, з підвищеним рівнем адаптації до посушливих умов степової зони та витривалістю до абіотичних стрес-чинників [8].

За результатами проведених досліджень запаси продуктивної вологи у посівному шарі ґрунту були розділені на три умовні групи: 10 мм і більше, 5,0–9,9, менше 5 мм. Така схема відобразила реальну ситуацію в польових умовах щодо отриманих сходів. За останні 20 років вірогідність появи сходів пшениці озимої по чорному пару за сівби 5, 15, 25 вересня і 5 жовтня становила 70, 90, 90 і 85% відповідно. Порівняно з періодом 1972–1985 рр. вірогідність одержання сходів останніми роками знизилась з 93 до 90%. Найвищі значення цього показника продемонстрували посіви пшениці озимої від 25 вересня (90%), які формували максимальну врожайність, а також від 15 вересня (90%).

Рівень врожайності озимих культур визначається восени. У роки з повноцінними сходами осінні посіви мають потужну кореневу систему і, як правило, забезпечують високу врожайність зерна навіть за несприятливих погодних умов у літні місяці. Натомість слаборозвинені та зріджені з осені посіви — це майже завжди низькопродуктивні посіви [4].

Для озимих зернових культур ідеальним є одержання своєчасних дружних сходів, формування агроценозів з оптималь-

ною кількістю рослин, стебел і ступенем розвитку кожної рослини. Проте на півдні України доволі часто в період сівби озимих після непарових попередників, а іноді й по самому пару, посівний шар ґрунту є сухим, запаси вологи в ньому — мінімальні, тому отримати сходи доволі складно або й неможливо. За таких умов поява сходів затримується на невизначений термін, до випадання опадів та необхідного зволоження посівного шару ґрунту. Унаслідок глобального потепління у Південному Степу доволі часто спостерігаються посушливі серпень та осінні місяці. Тільки за останні п'ять років такі несприятливі умови зафіксовано тричі (2011, 2014, 2015 рр.). За таких умов перед виробниками постають дуже важливі питання: у який строк проводити сівбу озимих за відсутності необхідних запасів вологи; яку площу від планової засівати, якщо впродовж рекомендованих строків сівби посівний шар ґрунту залишається сухим; що відбувається з насінням після довготривалого перебування в ґрунті, яка його життєздатність та чи існує можливість впливу на польову схожість?

Результати досліджень свідчать, що сіяти озимі в напівсухий ґрунт, особливо в ранні строки, недоцільно, оскільки запаси вологи за таких умов не забезпечують дружних сходів, і посіви зріджуються. Крім того, різновікові рослини в таких посівах є надто слабкими, повільно розвиваються і значно пошкоджуються в період зимівлі

[9]. Отже, якщо на початок оптимальних строків сівби рівень запасів вологи у верхньому шарі ґрунту є недостатнім для забезпечення дружних сходів, сівбу озимих доцільно відкласти до випадання ефективних опадів, але провести в межах допустимих строків.

Багаторічні дані наукових установ, зокрема Запорізької ДСГДС, свідчать, що істотні зміни гідротермічних показників, насамперед підвищення середньодобових температур повітря за період вегетації озимих, спричинили зміщення оптимальних строків сівби до пізніших термінів як по чорному пару, так і після непарових попередників. Так, за 21-річними даними (1990–2012 рр.) Запорізької ДСГДС (табл. 2) сорт пшениці озимої Альбатрос одеський по чорному пару продемонстрував максимальну урожайність у посівах від 25 вересня — 6,09 т/га, за шестирічними даними щодо сорту Єрмак — від 25 вересня і 5 жовтня — 6,35 і 6,15 т/га відповідно; за чотирирічними — від 5 жовтня, 25 і 30 вересня — 5,92; 5,88 і 5,83 т/га відповідно.

Зважаючи на глобальне потепління, ґрунтово-кліматичні умови, гідротермічні показники, сівозміну, сортові особливості, для Запорізької обл. оптимальними та допустимими є строки сівби в інтервалі від 10 вересня до 15 жовтня, а найвища продуктивність рослин формується за сівби 25 вересня – 5 жовтня. Слід зауважити, що на середину 80-х років минулого століття

Таблиця 2

Урожайність пшениці озимої по чорному пару залежно від строків сівби (1990–2012 рр.), т/га

Рік	Кількість років	Сорт	Строк сівби									
			5.09	10.09	15.09	20.09	25.09	30.09	5.10	10.10	15.10	20.10
1990–2012*	21	Альбатрос одеський	5,51	–	5,81	–	6,09	–	5,41	–	–	–
2007–2012	6	Єрмак	5,06	–	5,71	–	6,35	–	6,15	5,47	5,19	
2009–2012	4	Єрмак	4,64	5,03	5,23	43,3	5,88	5,83	5,92	5,16	4,75	4,33

Примітка: * за 1994 р. (вимерзання посівів) та 2003 р. (льодова кірка) — дані відсутні.

для всіх агрокліматичних зон оптимальні та допустимі строки припадали на 1–30 вересня [10].

У 2011 р. на Запорізькій ДСГДС були проведені лабораторно-польові досліді з визначення життєздатності насіння та проростків озимих культур. Літньо-осінній період вказаного року характеризувався сильною посухою. У серпні випало 8,0 мм опадів, всі вони були непродуктивними (менше 5,0), у вересні – 15,2, жовтні – 5,2, листопаді – 1,5, всього за осінній період – 21,9 мм (25% від норми). Запаси продуктивної вологи по чорному пару різко ско-

ротилися, а після непарових попередників у шарі ґрунту 0–20 см вони були повністю відсутні. На момент припинення вегетації (ІІІ декада листопада) по чорному пару зійшло 10–40% рослин, а після інших попередників сходи і зовсім не зійшли.

Життєздатність насіння та проростків озимих культур пшениці (сорт Куяльник, варіант 1), ячменю (Достойний, варіант 2), тритикале (Раритет, варіант 3) вивчали по чорному пару в досліді з екологічного випробування, а пшениці сорту Сирена одеська (варіант 4) після пшениці озимої в іншій сівозміні (табл. 3).

Таблиця 3

Життєздатність насіння та проростків озимих зернових культур, 2011 р.

Відбирання проб та шару ґрунту (площа – 0,375 м ² , глибина – 0,12 м) 22 листопада 2011 р.			Життєздатність насіння та проростків на 20-й день після пророщування (12 грудня 2011 р.)					
рослини, насілля, проростки	кількість		насілля проростки	кількість		рослини, насілля, проростки	кількість	
	одиниць	%		одиниць	%		одиниць	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Варіант 1*Пшениця озима сорту Куяльник по чорному пару (посів 3 жовтня 2011 р.)*

Рослини (зійшли)	50	43	–	–	–	Проростки (зійшли)	50	43
Проростки (живі візуально)	37	32	Проростки (зійшли)	25	21	Проростки (зійшли)	25	
			Проростки (не зійшли)	12	11	проростки (не зійшли)	12	
Насіння не наклонилось (живе візуально)	12	10	Насіння (зійшло)	7	6	Насіння (зійшло)	7	
			Насіння (не зійшло)	5	4	Насіння (не зійшло)	5	
Проростки (загинули)	6	5	–	–	–	Проростки (загинули)	6	
Насіння (загинуло)	11	10	–	–	–	Насіння (загинуло)	11	
ВСЬОГО	116	100	–	–	–	ВСЬОГО	116	
Рослини (зійшли)	50	43	–	–	–	Рослини (зійшли)	50	

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Проростки + насіння (живі візуально)	49	42	–	–	–	Проростки + насіння (зійшли)	32	27
						(не зійшли)	17	15
Проростки + насіння (загинули)	17	15	–	–	–	Проростки + насіння (загинули)	17	15

Відбирання проб (22 листопада) – 51 доба.

Польова схожість: до пророщування – 43%;

після пророщування насіння та проростків у піску (43 + 27) – 70%.

Варіант 2

Ячмінь озимий сорту Достойний по чорному пару (посів 3 жовтня 2011 р.)

Рослини (зійшли)	36	21	–	–	–	Рослини (зійшли)	36	21
Проростки (живі візуально)	98	58	Проростки (зійшли)	93	55	Проростки (зійшли)	93	55
			Проростки (не зійшли)	5	3	Проростки (не зійшли)	5	3
Насіння не наклонулось (живе візуально)	27	16	Насіння (зійшло)	14	8	Насіння (зійшло)	14	8
			Насіння (не зійшло)	13	8	Насіння (не зійшло)	13	8
Проростки (загинули)	0	0	–	–	–	Проростки (загинули)	0	0
Насіння (загинуло)	8	5	–	–	–	Насіння (загинуло)	8	5
ВСЬОГО	169	100	–	–	–	ВСЬОГО	169	100
Рослини (зійшли)	36	21	–	–	–	Рослини (зійшли)	36	21
Проростки + насіння (живі візуально)	125	74	–	–	–	Проростки + насіння (зійшли)	107	63
						(не зійшли)	18	11
Проростки + насіння (живі візуально)	8	5	–	–	–	Проростки + насіння (живі візуально)	8	5

Відбирання проб (22 листопада) – 51 доба.

Польова схожість: до пророщування – 21%;

після пророщування насіння та проростків у піску (21 + 63) – 84%.

Варіант 3

Тритикале озиме сорту Раритет по чорному пару (посів 3 жовтня 2011 р.)

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рослини (зійшли)	42	41	–	–	–	Рослини (зійшли)	42	41
Проростки (живі візуально)	33	32,5	Проростки (зійшли)	26	25,5	Проростки (зійшли)	26	25,5
			Проростки (не зійшли)	7	7	Проростки (не зійшли)	7	7
Насіння не наклонулось (живе візуально)	23	22,5	Насіння (зійшло)	0	0	Насіння (зійшло)	0	0
			Насіння (не зійшло)	23	22,5	Насіння (не зійшло)	23	22,5
Проростки (загинули)	0	0	–	–	–	Проростки (загинули)	0	0
Насіння (загинуло)	4	4	–	–	–	Насіння (загинуло)	4	4
ВСЬОГО	102	100	–	–	–	ВСЬОГО	102	100
Рослини (зійшли)	42	41	–	–	–	Рослини (зійшли)	42	41
Проростки + насіння (живі візуально)	56	55	–	–	–	Проростки + насіння (зійшли)	26	25,5
						(не зійшли)	30	29,5
Проростки + насіння (загинули)	4	4	–	–	–	Проростки + насіння (загинули)	4	4

Відбирання проб (22 листопада) – 51 доба.

Польова схожість: до пророщування – 41%;

після пророщування насіння та проростків (41 + 25,5) – 66,5%.

Варіант 4*Пшениця озима сорту Сирена одеська після пшениці озимої (посів 10 вересня 2011 р.)*

Рослини (зійшли)	0	0	–	–	–	Рослини (зійшли)	0	0
Проростки (живі візуально)	67	66	Проростки (зійшли)	49	48	Проростки (зійшли)	49	48
			Проростки (не зійшли)	18	18	Проростки (не зійшли)	18	18
Насіння не наклонулось (живе візуально)	32	31	Насіння (зійшло)	7	7	Насіння (зійшло)	7	7
			Насіння (не зійшло)	25	24	Насіння (не зійшло)	25	24
Проростки (загинули)	2	2	–	–	–	Проростки (загинули)	2	2

Закінчення таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Насіння (загинуло)	1	1	–	–	–	Насіння (загинуло)	1	1
ВСЬОГО	102	100	–	–	–	ВСЬОГО	102	100
Рослини (зійшли)	0	0	–	–	–	Рослини (зійшли)	0	41
Проростки + насіння (живі візуально)	99	97	–	–	–	Проростки + насіння (зійшли)	56	55
Проростки + насіння (загинули)	3	3	–	–	–	Проростки + насіння (загинули)	3	4

Відбирання проб (22 листопада) – 74 доба.

Польова схожість: до пророщування – 0%;

після пророщування насіння та проростків у піску (0 + 55) – 55%.

На 20-й день (12 грудня) після пророщування проростків та насінин був проведений підрахунок їх життєздатності.

У варіанті 1 із 37 вирощуваних проростків забезпечили сходи 25 од. (21%), рослини перебували у фазі 2-х листків, мали висоту 14–16 см. Із 12 насінин зійшло 7 (6%), довжина другого листка становила 2–3 см, висота рослин 10–12 см. Тобто у цьому варіанті із 116 висіяних насінин (100%) майже своєчасно зійшло 50 (43%), із решти матеріалу (66 од., або 57%) після 51 доби візуально живими виявились 37 проростків (32%) та 12 насінин (10%). Із 49 вирощуваних у посудинах з піском проростків та насінин сходи сформували 32 од. (27%), решта – загинули. Тобто їх умовно польова схожість підвищилась на 27% (з 43 до 70%), що має важливе науково-практичне значення для планування посіву озимих зернових культур у господарствах Південного Степу, особливо за умов глобального потепління та щорічних посух різної інтенсивності на момент настання оптимальних та допустимих строків сівби.

Звичайно, неможливо передбачити ситуацію щодо вологості орного шару ґрунту, інтенсивності і дати випадання опадів, тривалості перебування насіння у воло-

гому ґрунті, що може спровокувати його проростання, а в подальшому пліснявіння і загибель.

Одержані результати досліджень свідчать, що навіть після довготривалого перебування насіння в сухому (напівсухому) ґрунті є реальна можливість підвищити польову схожість озимих культур завдяки пізнім опадам (друга половина листопада – перша декада грудня).

У варіанті 2 польова схожість ячменю озимого сорту Достойний становила 21%, а після пророщування зразків у піску підвищилась завдяки проросткам (на 55%) та насіння (на 8%) і досягла найвищого в досліді рівня – 84% (21 + 63).

Польова схожість тритикале озимого сорту Раритет по чорному пару (варіант 3) становила 41%, а її підвищення відбулося лише завдяки проросткам (на 25,5%), загалом на 66,5% (41 + 25,5).

У варіанті 4 пшениця озима сорту Сирена одеська після пшениці озимої не сходила упродовж довготривалого періоду (74 доби). Після пророщування в посудинах були отримані такі результати: із 67 висіяних проростків сформували сходи 49 од. (48%), а із 32 насінин – 7 од. (7%), що забезпечило польову схожість на рівні 55%.

ВИСНОВКИ

За результатами багаторічних досліджень встановлено, що внаслідок атмосферних посух та збільшення величини теплового ресурсу погіршилась забезпеченість рослин озимих культур вологою.

Визначення польової схожості, життєздатності насіння та продуктів озимих культур мають важливе значення для стратегії посівної кампанії. Найбільш стійким до несприятливих умов вологозабезпече-

ності у ґрунті виявилось насіння ячменю озимого сорту Достойний по чорному пару.

За умов різкої посухи в передпосівний період, а також за відсутності гарантованої продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на момент оптимальних строків сівби посів озимих слід проводити наприкінці допустимо різних строків, з підвищеною нормою висіву (+15–20%), на глибину 5–7 см, на площі в межах 75% від запланованої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бучинский И.Е. Климат Украины в прошлом, настоящем и будущем / И.Е. Бучинский — К.: Госиздат с.-х. литературы, 1963. — 308 с.
2. Демчинский Н.А. Нужды сельского хозяйства и будущее России / Н.А. Демчинский. — СПб., 1903. — 103 с.
3. Hemic I.T. Зміна клімату в зоні зрошення / I.T. Hemic // Зрошуване землеробство. — 1994. — Вип. 39. — С. 7–11.
4. Hemic I.T. Пшениця озима на півдні України: Монографія / I.T. Hemic. — Херсон: Олдіплюс, 2011. — 460 с.
5. Землеробство в умовах недостатнього зволоження (наукові та практичні висновки) / За ред. В.М. Крутя і О.Г. Тараріка. — К.: Аграрна наука, 2000. — 78 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — [3-е изд. испр. и доп.] — М.: Колос, 1973. — 236 с.
7. Лифенко С.П. Які строки сівби — оптимальні / С.П. Лифенко, М.А. Литвиненко, В.Т. Чайка // Насінництво. — 2009. — № 11. — С. 3–4.
8. Що очікує південний Степ в умовах глобального потепління? / [О.Л. Романенко, С.Р. Конова, М.М. Солодущко та ін.] // Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. — 2014. — Вип. 16. — С. 204–211.
9. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол.: М.В. Зубець (голова) та ін. — К.: Аграрна наука, 2010. — 986 с.
10. Научно обоснованная интенсивная система земледелия для Запорожской области: Методические рекомендации / под ред. А.Л. Коваленко, Е.Г. Бучека. — Запорожье, 1987. — 407 с.

REFERENCES

1. Buchinskiy, I.E. (1963). *Klimat Ukraine v proshlom, nastoyashchem i budushchem* [Climate of in the past, present and future]. Kyiv [in Russian].
2. Demchinskiy, N.A. (1903). *Nuzhdy selskogo khozyaystva i budushchee Rossii* [Needs of agriculture and future of Russia]. Spb. [in Russian].
3. Netis, I.T. (1994). *Zmina klimatu v zoni zroshennya* [Climate change in the irrigation zone]. *Zroshuvane zemlerobstvo* — *Irrigated agriculture*, 39, 7–11 [in Ukrainian].
4. Netis, I.T. (2011). *Pshenitsya ozima na pivdni Ukraini* [Winter Wheat in the South of Ukraine]. Kherson [in Ukrainian].
5. Krut', V.M., Tarariko, O.G. (2000). *Zemlerobstvo v umovakh nedostatnogo zvolozhennya* [Agriculture in conditions of insufficient humidification]. Kyiv [in Ukrainian].
6. Dospekhov, B.A. (1973). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moskva [in Russian].
7. Lifenko, S.P., Litvinenko, M.A., Chayka, V.T. (2009). *Yaki stroke sivbi — optimal'ni* [What sowing times are optimal]. *Nasimnistvo* — *Seed production*, 11, 3–4 [in Ukrainian].
8. Romanenko, O.L., Konova, S.R., Solodushko, M.M., Usova, N.M., Baloshenko, S.V. (2014). *Shcho ochikuye pivdenniy Step v umovakh globalnogo poteplinnya?* [What does the southern steppe expect in global warming?]. *Visnik Tsentru naukovoogo zabezpechennya APV Kharkivskoy oblasti* — *Announcer of Center of the scientific providing AIP in the Kharkiv region*, 16, 204–211 [in Ukrainian].
9. Zubets, M.V. et al. (2010). *Naukovi osnovi agro-promisloвого virobnitstva v zoni Stepu Ukraini* [Scientific fundamentals of agroindustrial production in the steppe zone of Ukraine]. Kyiv: Aграрна наука [in Ukrainian].
10. Kovalenko, A.L., Buchek, E.G. (1987). *Nauchno obosnovannaya intensivnaya sistema zemledeliya dlya Zaporozhskoy oblasti* [Scientifically reasonable intensive system of agriculture for the Zaporozhye region: Methodical recommendations]. Zaporozhye [in Russian].

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ДІЇ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

М.Г. Василенко¹, А.П. Стадник¹, П.М. Душко¹, М.В. Драга¹,
О.О. Кічігіна¹, Ю.О. Зацарінна¹, С.В. Перець²

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН

² Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН»

Упродовж тривалого (2005–2012 рр.) дослідю вивчали вплив регуляторів росту рослин (РРР) вітчизняного виробництва на врожайність сільськогосподарських культур та якість насіння. Встановлено, що застосування екологічно безпечних РРР Емістим, Ендофіт, Неофіт, Гарт, Ноостим, Вегестим, Агростим та Екостим є ефективним агротехнічним заходом, що дає змогу збільшити врожайність культур та покращити якісні характеристики насіння. Багаторічними дослідженнями доведено доцільність та безпечність застосування РРР за вирощування основних сільськогосподарських культур, а саме — зернових та зернобобових.

Ключові слова: врожайність, якість насіння, регулятори росту рослин, зернові та зернобобові культури.

Стрімке зростання чисельності населення Землі якнайшвидше потребує розробок нових способів та технологій збільшення врожайності найважливіших сільськогосподарських культур. Останніми роками внесення добрив та застосування інших засобів хімізації в Україні різко скоротилося, що зумовило зниження родючості ґрунтів. Унаслідок дефіциту ресурсозабезпеченості відповідних профільних виробництв урожайність сільськогосподарських культур формується переважно завдяки природним запасам елементів живлення ґрунту.

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають створення оптимальних умов живлення рослин та надійного їх захисту від шкідників, хвороб і бур'янів у агроценозах. Поряд із селекційно-генетичними і біотехнологічними методами одним із резервів підвищення врожайності і якості продукції рослинництва є використання регуляторів росту рослин (РРР).

Під РРР розуміють препарати як синтетичного, так і природного походження, яким властива висока біологічна активність і які в незначних кількостях, у мікро-

дозах, викликають зміни фізіологічних і біохімічних процесів, процесів росту і розвитку рослин, впливаючи на продуктивність сільськогосподарських культур [1–4]. Використання РРР є одним із важливих засобів, що впливають на строки дозрівання культур, підвищення стійкості рослин до негативних чинників навколишнього природного середовища, забезпечують підвищення врожайності, поліпшення якості і зберігання продукції рослинництва. Науково обґрунтоване застосування елементів агротехнологій за використання РРР надасть змогу зменшити норми внесення мінеральних добрив та пестицидів, що сприятиме зменшенню вмісту забруднювачів у вирощуваній продукції. Завдяки застосуванню РРР достовірно поліпшуються і агрохімічні властивості ґрунту, зокрема його біологічна активність [1, 5].

Наразі можна стверджувати, що в найближчі десятиліття РРР будуть мати не менше значення у сільськогосподарському виробництві, ніж мінеральні добрива та засоби захисту рослин. Без їх застосування неможливо здійснити широкомасштабного втілення у виробництво низки інтенсивних енергозберігаючих технологій вирощування найважливіших сільськогосподарських культур [6, 7].

Важливим для прискорення процесу отримання насіннєвого матеріалу нових сортів зернових колосових культур є використання ефективних зональних технологій вирощування насіння, що забезпечує його максимальну насіннєву продуктивність рослин, а також високі посівні якості та врожайні властивості одержаного насіння у кожній ланці насінництва [8]. Удосконалення таких технологій або їх елементів, розробка нових способів підвищення насіннєвої продуктивності рослин, зокрема завдяки застосуванню РРР, є резервом додаткового прискореного отримання насіння нових сортів сільськогосподарських культур, збільшення виробництва насіння батьківських компонентів гібридів, а отже, поширення їх у виробництві [8–10].

Метою роботи було вивчення впливу РРР вітчизняного виробництва на підвищення врожайності сортів зернових та зернобобових культур та покращення якості їх насіння.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили на сірих лісових ґрунтах дослідного поля Інституту агроекології і природокористування НААН та дослідних полів Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН». Орний шар ґрунту мав таку еколого-агрохімічну характеристику: вміст гумусу — 1,18–1,23%, $pH_{\text{сол}}$ — 4,8–5,0, гідролітична кислотність — 1,34 мг-екв/100 г, обмінні основи — 7,0–9,4 мг-екв/100 г, лужногідролізованого азоту (за Корнфільдом) — 70–80 мг/кг, рухомого фосфору — 140–160, обмінного калію — 100–130 мг/кг ґрунту. Розмір посівної ділянки становить 30–100 м², облікової — 20–50 м². Повторність — чотириразова із таким чергуванням культур: пшениця озима, соя, кукурудза, пшениця яра, картопля, ячмінь, 1/2 соя, пшениця, 1/2 ріпаку. Використовували такі сільськогосподарські культури: пшеницю яру сорту Колективна-3, гібрид кукурудзи Рось, сою сорту Горизонт, сояшник сорту Харківський, ріпак озимий сорту Магнат.

Польові дослідження проводили за методикою Б.О. Доспехова і ДСТУ 10.10.6.84

«Досліди польові з добривами. Порядок їх проведення» [11, 12]. Зразки ґрунту на аналіз щорічно відбирали перед закладкою дослідів і під час збирання врожаю.

Лабораторні аналізи ґрунту і рослин здійснювали за загальноприйнятими методиками, вміст гумусу визначали за Тюріним (ДСТУ 4289-2004), лужногідролізованого азоту — за Корнфільдом, рухомого фосфору і обмінного калію — за Кірсановим (ДСТУ 4405-2000), pH_{HCl} — іонметрично (ГОСТ 26483-85), гідролітичну кислотність — за Каппеном (ГОСТ 26212-91), суму ввібраних основ — за ГОСТ 27821-88, рухомі форми міді, марганцю, кобальту та цинку — за Пейве — Рінкисом, за допомогою атомно-абсорбційного методу (ГОСТ 10144-88), бору — за Бергером і Тругором.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Загальновідомо, що РРР активізують основні процеси життєдіяльності рослин — мембранні процеси, поділ клітин, ферментні системи, фотосинтез, процеси дихання і живлення, збільшують врожайність та якість насіння, що сприяє підвищенню біологічної та господарської ефективності рослинництва [7]. Тому в багаторічних дослідженнях (2005–2012 рр.) вивчали вплив екобезпечних РРР вітчизняного виробництва на врожайність та якість насіння основних сільськогосподарських культур (пшениця яра сорту Колективна-3, гібрид кукурудзи Рось, соя сорту Горизонт, сояшник сорту Харківський, ріпак озимий сорту Магнат) як за передпосівного замочування насіння, так і за обприскування посівів розчинами досліджуваних препаратів: Емістиму, Ендофіту, Неофіту, Гарту, Ноостиму, Вегестиму, Агrostиму та Екостиму.

Застосування РРР Емістим на ранніх фазах розвитку рослин методом обприскування згідно з усередненими даними багаторічного дослідів (табл. 1) сприяло підвищенню врожайності зерна пшениці ярої на 0,22 т/га, вмісту білка — на 0,58%; зерна кукурудзи — на 0,89, вмісту білка — на 0,3; зерна сої — на 0,40 т/га, вмісту біл-

Таблиця 1

Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за застосування регуляторів росту рослин на сірих лісових ґрунтах (усереднені дані за 2005–2010 рр.)

Варіанти дослідів	Пшениця яра			Кукурудза		Соя		
	урожай- ність, т/га	уміст білка, %	уміст клейко- вини, %	урожай- ність, т/га	уміст білка, %	урожай- ність, т/га	уміст білка, %	уміст жиру, %
<i>Емістим, Ендофіт</i>								
Контроль (H ₂ O)	3,02	12,60	20,4	5,27	7,80	2,30	22,15	18,36
Емістим, 10 мл/га	3,24	13,18	20,4	5,66	8,73	2,70	22,86	19,16
Ендофіт, 10 мл/га	3,35	13,35	22,4	6,79	8,63	2,72	23,23	20,30
НІР ₀₅	0,13	0,34	0,15	0,36	0,76	0,15	0,71	1,21
<i>Неофіт</i>								
Контроль (H ₂ O)	3,02	12,60	–	6,05	7,80	1,75	22,10	18,40
50 мл/га	3,33	12,64	–	7,50	8,20	2,12	23,00	20,40
НІР ₀₅	0,12	0,96	–	0,30	0,23	0,14	0,55	1,7
<i>Гарм</i>								
Контроль (H ₂ O)	3,00	10,22	–	8,42	6,88	1,87	18,70	–
50 мл/га	3,43	10,81	–	8,76	7,48	2,45	19,03	–
100 мл/га	3,38	10,44	–	8,99	7,32	2,22	20,50	–
НІР ₀₅	0,31	0,18	–	0,76	0,25	0,24	0,15	–
<i>Ноостим</i>								
Контроль (H ₂ O)	2,99	9,50	20,40	6,16	6,96	2,30	20,15	18,30
300 мл/га	3,45	9,90	20,80	7,13	7,44	2,70	20,95	19,60
НІР ₀₅	0,22	0,21	0,60	0,26	0,33	0,19	0,54	1,1
<i>Вегестим</i>								
Контроль (H ₂ O)	3,47	9,40	23,60	6,25	7,75	1,90	20,30	20,07
300 мл/га	3,93	10,20	23,64	7,15	8,92	2,37	21,90	20,86
НІР ₀₅	0,13	0,76	0,83	0,25	0,98	0,15	1,1	0,66
<i>Агростим</i>								
Контроль (H ₂ O)	2,45	10,58	–	5,85	9,20	1,87	21,82	–
25–50 мл/га	2,77	11,13	–	7,84	9,26	2,34	23,40	–
НІР ₀₅	0,12	0,25	–	0,16	0,12	0,13	1,12	–

ка – на 0,7%, жиру – на 1,8% порівняно з контролем.

За застосування Ендофіту в дозі 10 мл/га вміст білка в зерні пшениці ярої зростає на 0,75%, у зерні кукурудзи – на 1,2, на-

сінні сої: білка – на 1,07 і жиру – на 0,94% (табл. 1).

Застосування Неофіту в дозі 50 мл/га сприяло збільшенню врожайності зерна пшениці на 0,31 т/га і білка на 0,96%, зерна

кукурудзи — на 0,95 і 0,64, урожайності сої — на 0,37 т/га, вмісту білка — на 0,60%, жиру — на 2,0%.

Обприскування посівів препаратом Гарт у дозі 50–100 мл/га сприяло приросту врожайності зерна пшениці ярої на 0,53 т/га, збільшенню вмісту білка — на 0,59%, зерна кукурудзи — на 0,77 ц/га, вмісту білка — на 0,60%, урожайності зерна сої — на 0,58 ц/га, вмісту білка — на 0,60%, жиру — на 1,80%.

За дії Ноостиму і Вегестиму в дозах 300 мл/га врожайність зерна пшениці ярої зростала на 0,46 т/га, вміст білка — на 0,4–0,6%, зерна кукурудзи — на 0,90–0,97 та 0,48, зерна сої — на 0,40–0,47 т/га і жиру — на 1,31%. Аналогічні результати отримано за застосування Агrostиму в дозі 25–50 мл/га.

Особливу увагу у наших дослідженнях було приділено визначенню впливу PPP Екостим на врожайність і якість насіння

сільськогосподарських культур. Вказаний препарат є водно-спиртовим розчином аналогів природних фітогормонів (ауксинів, цитокинінів, гіберелінів), амінокислот, вуглеводів, вітамінів, жирних кислот, мікроелементів та інших біологічно-активних речовин, отриманих з продуктів метаболізму грибів-ендофітів. Токсичні та шкідливі речовини в ньому повністю відсутні. Препарат має такі основні властивості: підвищує схожість і енергію проростання насіння і фотосинтез рослин, стимулює коренеутворення, ріст і розвиток рослин, підвищує імунітет до захворюваності, збільшує вміст білків, цукрів і вітамінів, стимулює цвітіння рослин.

Проведені нами дослідження на сірих лісових ґрунтах засвідчили високу ефективність застосування Екостиму на посівах усіх сільськогосподарських культур досліджу (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за застосування Екостиму на сірих лісових ґрунтах (усереднені дані за 2008–2012 рр.)

Культура	Приріст урожайності відносно контролю*, т/га	Оптимальна доза препарату	Показники якості насіння, приріст до контролю*, %
<i>Передпосівна обробка насіння</i>			
Пшениця яра	0,58–0,72	40–50 мл/т	білка — 0,8–1,2
Кукурудза: вегетативна маса зерно	5,0–9,4 0,90–1,19	50 мл/т	протеїну — 1,0–2,1 білка — 0,65
Соя (зерно)	0,82–0,94	40–50 мл/т	білка — 0,63–0,81 жиру — 0,77–1,61
Соняшник (насіння)	0,36–0,74	50 мл/т	жиру — 3,92–4,22
<i>Обприскування посівів</i>			
Пшениця (зерно)	0,60–0,82	40–50 мл/га	білка — 0,8–1,2
Кукурудза: вегетативна маса зерно	6,2–8,2 1,43–1,78	50 мл/га	протеїну — 1,0–2,1 білка — 0,6–0,8
Соя (зерно)	0,89–1,08	40–50 мл/га	жиру 1,60
Соняшник (насіння)	0,30–0,45	50 мл/га	жиру 3,91–4,22
Ріпак ярий (насіння)	0,56–0,62	40–50 мл/га	жиру 1,10–1,27

Примітка: * — за контроль взято варіант з обробкою насіння або посіву еквівалентною кількістю дистильованої води.

За передпосівної обробки насіння Еко-стимом урожайність вегетативної маси кукурудзи зростала на 5,0–9,4 т/га, вміст протеїну — на 0,95–2,01%; зерна кукурудзи — на 0,90–1,19 та білка — до 0,65; зерна сої — на 0,82–0,94 т/га, вміст білка та жиру відповідно — на 0,63–0,81 та 0,77–1,62%; зерна соняшнику — на 0,37 т/га.

Застосування препарату Еко-стим під час вегетації сприяло збільшенню врожайності зерна пшениці озимої на 0,60–0,82 т/га, вмісту білка — на 0,4–1,4%, клейковини — на 2,0–5,2%; вегетативної маси кукурудзи — на 6,2–8,2 т/га, зерна кукурудзи — до 1,78 т/га; сої — на 0,80–1,08 т/га; насіння соняшнику — на 0,58–0,69 т/га, вмісту жиру — на 3,92–4,11%; насіння ріпаку — на 0,30–0,45 ц/га.

Слід зауважити, що Еко-стим є сумісним з гербіцидами, інсектицидами і фунгіцидами. Це дає змогу використовувати його разом з іншими препаратами, не порушуючи технологічного циклу, що

не потребує додаткових фінансових витрат.

ВИСНОВКИ

Доведено, що застосування нових еко-безпечних вітчизняних РРР є ефективним елементом енергозберігаючих агротехнологій, що сприяє створенню належних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур. Результати багаторічних досліджень засвідчили доцільність та безпечність широкого застосування РРР під час вирощування сільськогосподарських культур для отримання безпечної для здоров'я людини і тварин рослинницької продукції.

Науково обґрунтовано і практично доведено, що застосування досліджуваних препаратів — регуляторів росту рослин (Ендофіт, Еко-стим, Неофіт, Вегестим, Ноостим, Гарт, Агростим та Еко-стим) сприяє підвищенню врожайності і покращує якість насіння основних сільськогосподарських культур, зокрема зернових та зернобобових.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений / С.П. Пономаренко. — К., 2003. — 312 с.
2. Регуляторы роста растений природного происхождения на посевах пшеницы яровой в условиях Северной Лесостепи Украины / М.Г. Василенко, М.В. Драга, Ю.А. Зацаринная, И.Д. Бакай // Агроэкологический журнал. — 2014. — № 4. — С. 36–39.
3. Draga M. Influence of new Physiologically Active Substances of natural origin on nitrogen metabolism of winter wheat / M. Draga // Агроэкологический журнал. — 2013. — № 4. — Р. 91–95.
4. Vasylenko M. New Growth Regulator «Ecostym» in Arable Farming of Ukraine / M. Vasylenko, M. Draga // Environmental and Ecology Research; Horizon Research Publishing. — 2014. — No. 2 (2). — Р. 76–79.
5. Біологічно активні речовини в рослинництві / З.М. Грицаєнко, С.П. Пономаренко, В.П. Карпенко, І.Б. Леонтюк. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. — 345 с.
6. Василенко М.Г. Агроэкологическое обґрунтування застосування нових вітчизняних добрив і регуляторів росту в агроэкосистемах Лісостепу і По-

- лісся України: Автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук / М.Г. Василенко. — К., 2015. — 50 с.
7. Волкогон В.В. Значення регуляторів росту у формуванні активних азотфіксуючих симбіозів та асоціацій / В.В. Волкогон, В.П. Сальник // Физиология и биохимия культурных растений. — 2005. — Т. 37, № 3. — С. 187–197.
8. Застосування регуляторів росту рослин у насінництві зернових колосових та круп'яних культур (методичні рекомендації) / С.І. Попов, Ю.І. Буряк, Ю.Є. Огурцов та ін. — Х., 2013. — 180 с.
9. Розробка способів підвищення насінневої продуктивності зернових колосових культур та соняшнику в лабораторії насінництва та насіннезнавства / Ю.І. Буряк, Ю.Є. Огурцов, О.В. Чернобаба, І.І. Кліменко // Вісник НУЗ АПВ Харківської обл. — 2014. — Вип. 17. — С. 77–85.
10. Рекомендації з впровадження регуляторів росту рослин в сільськогосподарському виробництві України. — К.: Високий врожай, 2000. — 32 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Колос, 1985. — 351 с.
12. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської продукції. — К.: УкрНПКСТ, 2010. — 136 с.

REFERENCES

1. Ponomarenko, S.P. (2003). *Regulatory rosta rasteniy* [Plant growth regulators]. Kyiv [in Russian].
2. Vasylenko, M.H., Draga, M.V., Zatsarina, Yu.A. & Buckay, I.D. (2014). *Regulatory rosta rasteniy pri-*

- rodnogo proiskhozhdeniya na posevakh pshenytsy yarovoy v usloviyakh Severnoy Lesostepy Ukrainy [Plant growth regulators of natural origin on spring wheat crops in the Northern Forest-Steppe of Ukraine]. *Agroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 4, 36–39 [in Russian].
3. Draga, M. (2013). Influence of new Physiologically Active Substances of natural origin on nitrogen metabolism of winter wheat. *Agroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 4, 91–95 [in English].
 4. Vasylenko, M. & Draga, M. (2014). New Growth Regulator «Ecostym» in Arable Farming of Ukraine. *Environmental and Ecology Reserch (DOI: 10.13189/ eer.2014.020203)*. Horizon Research Publishing, 2, 2, 76–79 [in English].
 5. Hrytsayenko, Z.M., Ponomarenko, S.P., Karpenko, V.P. & Leontyuk I.B. (2008). *Biologichno aktyvni rechovyiny v roslinnyystvi [Biologically active substances in crop production]*. Kyiv: ZAT «Nichlava» [in Ukrainian].
 6. Vasylenko, M.H. (2015). Agroekolohichne obgruntuvannya zastosuvannya novykh vitchyznyanykh dobryv i regulatoriv rostu v agroecosystemakh Lisostepu i Polissya Ukrayiny [Agro-ecological substantiation of the application of new domestic fertilizers and growth regulators in the Forest-Steppe and Polissya agroecosystems of Ukraine. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv: TOV DIA [in Ukrainian].
 7. Volkogon, V.V. & Salnyk, V.P. (2005). Znachennya regulatoriv rostu u formuvanni aktyvnykh azot-fiksuvalnykh symbioziv ta asotsiatsiyi [The role of Growth Regulators in the formation of active nitrogen fixing symbiosis and association]. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rastenyy – Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 37, 3, 187–197 [in Ukrainian].
 8. Popov, S.I., Buryak, Yu.I., Ogurtsov, Yu.E., & Chernobab, O.V. (2013). *Zastosuvannya rehulyatoriv rostu roslin u nasinnytsvi zerovykh kolosovykh ta krupnyykh kultur. Metodychni rekomendatsiyi [Application of Plant Growth Regulators in Grain and Cereal Crops Seed Production. Methodological Recommendations]*. Kharkiv [in Ukrainian].
 9. Buryak, Yu.I., Ogurtsov, Yu.E., & Chernobab, O.V. & Klimenko, I.I. (2014). Rozrobka sposobiv pidvyshchennya nasinnyeyvoyi productyvnosti zernovykh kolosovykh kultur ta sonyashnyku v laboratorii nasinnytstva ta nassinnyeznavstva [Development of ways to increase seminal productivity of grain cereal crops and sunflower in the Seed Production and Seed Science Laboratory]. *Visnyk NUZ APV Kharkivskoyi obl. – Bulletin of the NUZ APV of Kharkiv region*, 17, 77–85 [in Ukrainian].
 10. *Rekomendatsiyi z vprovadzhennya rehulyatoriv rostu roslin v silskogospodarskomu vyrobnytsvi Ukrayiny [Recommendations on the introduction of plant growth regulators in agricultural production in Ukraine]*. (2000). Kyiv: High yield [in Ukrainian].
 11. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodyka polevogo opyta [Field experiment method]*. Moskva: Kolos [in Russian].
 12. *Metodychnyy posibnyk z organizatsiyi provedennya yfukovo-doslidnykh robiv v galuzi salskogospodarskoyi produktsiyi [Methodical manual on the organization of scientific research in the field of agricultural products]*. (2010). Kyiv UkrNRKSGR [in Ukrainian].

ДИНАМІКА ФОРМУВАННЯ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ РОСЛИН *CANNABIS SATIVA* L. ЗА ФАЗАМИ РОЗВИТКУ

В.М. Кабанець

Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН

*Висвітлено актуальність досліджень оцінки впливу індукції хлорофілу на функціональний стан сортів конопель посівних у різних фазах розвитку. Визначено функціональний стан фотосинтетичного апарату рослин восьми сортів культури за змінами вмісту хлорофілу *a* і *b* у листових пластинках. Проаналізовано зміни фотосинтетичних процесів у листках, що засвідчили, що всі рослини конопель посівних у фазу біологічної стиглості мають найнижчий показник хлорофілу у листках рослин, за винятком індексу накопичення хлорофілу *b*, значення якого є значно вищим порівняно із ранніми фазами розвитку *Cannabis sativa* L. Встановлено, що найбільша сумарна кількість хлорофілу *a* і *b* формується у листках конопель сорту Гляна — 4,86 мг/г, найменша — у сорту Глухівські 85 — 2,62 мг/г у фазу цвітіння.*

Ключові слова: коноплі посівні, хлорофіл, сорти, органогенез, листові пластинки.

Як відомо, продуктивність фотосинтезу обумовлено рівнем умісту хлорофілу у листках рослин. Він виконує роль сенсоризатора, тобто є речовиною, що поглинає світло, і за допомогою отриманої енергії активує хімічні реакції з утворенням органічних речовин. Професор Т.Н. Годнев відзначає, що лише гемоглобін крові може зрівнятись за значенням з хлорофілом і його роллю в життєвих процесах зеленої рослини [1].

Нормальне протікання процесу фотосинтезу в рослинах забезпечують зелені пігменти, що містяться в їх листках. Головним компонентом пігментів конопель посівних (*Cannabis sativa* L.), як і інших рослин, є хлорофіл, що накопичується у найважливіших структурах клітини зеленого листка — хлоропластах. До груп хлорофілу належать органічні сполуки, які містять чотири пірольних кільця, зв'язаних атомами магнію:

– хлорофіл *a* — $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ (молекулярна маса — 893) має синьо-зелений відтінок,

– хлорофіл *b* — $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ (молекулярна маса — 907) з жовто-зеленим відтінком [2, 3].

Уміст хлорофілу *a* в листку майже втричі перевищує вміст хлорофілу *b*.

Коноплі посівні є типовими автотрофними рослинами, яким для росту та розвитку є необхідною енергія сонячних променів у процесі фотосинтезу. До того ж рослини конопель є геліофітами, для успішного органогенезу яких необхідно освітлення прямими сонячними променями — рослини поглинають його за допомогою зелених надземних частин, насамперед листовими пластинками. Листкові пластинки цієї культури є унікальними оптичними системами, які залежно від кута освітлення можуть змінювати своє просторове розміщення і забезпечувати оптимальний рівень процесів фотосинтезу [4, 5].

Уміст і роль обох форм хлорофілу у листках конопель посівних досліджували у різні фази розвитку рослин: цвітіння, технічної стиглості, біологічної стиглості.

Для досліджень відбирали повністю розвинені однарусні листки.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оцінювання функціонального стану пігментної системи — кількості хлорофілу *a* і *b* у листових пластинках конопель посівних — здійснювали в основні фази розвитку рослин (цвітіння — біологічна стиглість).

У процесі дослідження проаналізовано вплив на вміст хлорофілу восьми сортів конопель посівних у міжфазні періоди росту

й розвитку рослин — від початку повного формування листової пластинки.

Польові дослідження проводили в умовах експериментальної бази Дослідної станції луб'яних культур Інституту сільськогосподарства Північного Сходу НААН. Для лабораторних дослідів були використані повністю сформовані листки (7–10 од.). Їх відбирали зранку у день проведення вимірювань та, за необхідності, перед аналізом витримували в темряві не менше 30 хв. Усього для кожного варіанта досліді було визначено зміни індукції хлорофілу листків у 4–5 зразках.

Уміст хлорофілу в листках конопель посівних визначали методом Т.Н. Годнева в інтерпретації О.П. Осипової [6]. Для визначення кількості загального і вільного хлорофілу використовували розчинник — концентрований (960) і розбавлений (600) етиловий спирт; різниця між другою і першою величинами дає результат кількості зв'язаного в білково-ліпідному комплексі хлорофілу.

Дослідження проводили в лабораторії фізіології Інституту садівництва НААН. Флуоресценцію хлорофілу активували і реєстрували з верхньої поверхні листової пластинки (палісадна паренхіма) впродовж 3 хв, після чого на рідкокристалічному моніторі приладу отримували графік. Надалі результати аналізу з приладу передавали на комп'ютер.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Процеси фотосинтезу рослин відбуваються у спеціалізованих пластидах — хлоропластах, що на внутрішніх біологічних мембранах мають реакційні центри і відповідні «антени» з молекулами хлорофілів, які вловлюють кванти сонячної енергії ФАР. У рослинах конопель, як і у інших вищих рослин, у хлоропластах існує кілька форм хлорофілу, насамперед — *a* і *b* [7].

У листках конопель посівних частка хлорофілу *a* є завжди істотно більшою порівняно з хлорофілом *b*. Співвідношення основних форм хлорофілу у хлоропластах може змінюватись: частка хлорофілу *b* може становити 24–35% від кількості

хлорофілу *a*. Усі форми хлорофілу є своєрідними їх модифікаціями для виконання специфічних функцій, які виникають внаслідок змін молекул головного з них — хлорофілу *a*.

Кожна з форм хлорофілу виконує різну роль у процесі фотосинтезу. До реакційних центрів у хлоропластах листків конопель, де відбуваються процеси фотосинтезу і формування органічних речовин, входять лише молекули хлорофілу *a*. До складу «антен», що концентрують та передають електрони збуджених молекул до реакційних центрів, входять молекули обох форм хлорофілу — *a* і *b* [8].

Уся складна оптична система, що налічує, крім молекул хлорофілу, ще і молекули цитохромів, пігменти, ферменти, феродоксини та інші речовини, діє узгоджено, швидко і точно. Зміни рівня освітленості листків призводять до відповідної зміни у структурі різних форм хлорофілу. Посилення рівня затінення листових пластинок підвищує вміст у хлоропластах молекул хлорофілу *b*, який називають «тіньовим хлорофілом». Вигини біологічних мембран у хлоропластах створюють складну просторову структуру органодів: ламел, гран, що з'єднані між собою тилакоїдами [9, 10].

Світловий етап процесів фотосинтезу відбувається на мембранах ламел, а тіньовий — у структурованій рідині — стромі, що заповнює хлоропласт. Функціонування оптичної системи листків рослин культури забезпечує максимальну продуктивність процесів фотосинтезу під час вегетації і змін рівня освітленості листків [11].

Фотосинтез рослин конопель посівних відбувається шляхом C_3 . Тобто першою органічною речовиною, яка буде сформована у процесі фотосинтезу, є вуглевод — тріоза, що містить три атоми вуглецю. Наступне поєднання двох молекул тріози зумовлює формування глюкози, головного вуглеводу для більшості живих організмів, у т.ч. і конопель посівних. Оптимальна температура, яка забезпечує найвищий рівень інтенсивності процесів фотосинтезу у рослин, що відбувається шляхом C_3 , є 19–25°C. Від-

повідно, найвищою оптимальною температурою у процесі вегетації для посівів конопель посівних є саме такий температурний діапазон [12].

Уміст обох форм хлорофілу у листових пластинках конопель посівних упродовж органогенезу рослин змінюється. Від появи сходів рослин культури на поверхні ґрунту у надземних частинах розпочинається процес формування і поступове підвищення його концентрації. Максимальні показники концентрації суми хлорофілу у листових пластинках рослини конопель посівних були зафіксовані у фазі бутонізації і цвітіння (віргінальний та генеративний етапи органогенезу). Наприклад, у рослин конопель посівних сорту Глесья максимальна сума обох форм хлорофілу у цей період вегетації становила 3,08 мг/г, або перевищувала середні показники на 22% (табл.). Після генеративного етапу органогенезу (у сенільному етапі) концентрація обох форм хлорофілу у листках поступово зменшувалась.

На показники концентрації хлорофілу має вплив і місце розміщення листових пластинок на рослинах конопель у посівах. Величина суми форм хлорофілу у листках, що розміщені на 40 см і на 1 м нижче від верхівки, є близькою. Проте у листках, розміщених нижче 1 м від верхівки, концентрація хлорофілу *b* була вищою порівняно з концентрацією у листках з верхнього ярусу посівів на 19%, що у середньому становить 0,98 мг/г. Відповідно, вміст хлорофілу *a* у таких листках був меншим. Загальна сума обох форм хлорофілу у листках, що розміщені нижче 1 м від верхівок рослин, становила в середньому 3,02 мг/г, або 98,1% від відповідних показників у листках біля верхівки.

Зміни співвідношення різних форм хлорофілу є результатом змін інтенсивності світлового потоку (насамперед енергії ФАР) на різній оптичній глибині посівів. Ослаблення світлового потоку внаслідок взаємного затінення рослин призводить до відповідної компенсаційної реакції у рослин культури збільшенням частки хлорофілу *b* у хлоропластах.

Анатомічна будова листків рослин конопель посівних проявляє вплив на вміст обох форм хлорофілу у листових пластинках. Найбільша концентрація хлоропластів (майже 80% від об'єму цитоплазми клітин у стовбчастій хлоренхімі становлять хлоропласти) розміщується у верхній частині листових пластинок. Це тонкий шар, що становить не більше кількох десятків клітин, які мають видовжену вертикальну форму і щільно розміщені одна біля одної. Основну частину внутрішнього простору листових пластинок, крім судинно-волокнистих пучків (жілок), займає губчаста хлоренхіма, що має відносно великі клітини, які теж містять хлоропласти, проте їх концентрація є набагато меншою порівняно зі стовпчастою. До того ж у губчастій хлоренхимі існує значна кількість пустот і повітряних ходів, що дає змогу повітрю атмосфери, яке містить вуглекислий газ (CO_2), через продихи (переважно з нижнього боку листових пластинок) і продихові «дворики» легко дифундувати до клітин, де відбуваються процеси фотосинтезу.

Так, на одиницю поверхні листових пластинок (дм^2) середня кількість суми форм хлорофілу у рослин сорту Глесья впродовж вегетаційного періоду становила 2,54 мг/ дм^2 . З них: хлорофіл *a* — 1,87 мг/ дм^2 , або 73,6% від загальної кількості; хлорофіл *b* — 0,68 мг/ дм^2 , або 26,4% відповідно (табл.).

На показники вмісту хлорофілу обох форм у листових пластинках конопель посівних істотно впливають і сортові особливості рослин культури. Проведені аналізи концентрації хлорофілу *a* у листках сортів конопель, що були об'єктами досліджень, виявили істотну різницю показників.

Із восьми сортів найбільша середня концентрація хлорофілу *a* у фазу цвітіння була зафіксована у листках рослин сорту Гляна — 3,52 мг/г. Найменша — 1,8 мг/г — у листках рослин сорту Глухівські 85 у цей самий період розвитку.

Найбільша концентрація у листових пластинках хлорофілу *b* — 1,34 мг/г — також була зафіксована у рослин сорту Гля-

**Динаміка структурних змін за вмістом хлорофілу в листках сортів конопель посівних
за фазами розвитку**

Сорти	Хлорофіл, мг/г			Хлорофіл, мг/дм ²		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
<i>Фаза цвітіння</i>						
Артеміда	2,46	1,03	3,49	1,71	0,71	2,42
Гармонія	2,80	0,77	3,57	1,95	0,55	2,50
Глесія	2,26	0,82	3,08	1,87	0,68	2,54
Глухівські 51	3,00	1,30	4,30	2,10	0,90	3,00
Глухівські 85	1,80	0,82	2,62	1,26	0,57	1,83
Гляна	3,52	1,34	4,86	1,99	0,75	2,74
Золотоніські 15	2,68	1,16	3,83	2,04	0,88	2,93
Миколайчик	2,56	1,03	3,59	2,28	0,91	3,20
НІР ₀₅	0,4	0,2	0,6	0,3	0,1	0,4
<i>Фаза технічної стиглості</i>						
Артеміда	2,40	0,99	3,39	1,77	0,68	2,45
Гармонія	2,71	0,83	3,54	1,92	0,55	2,47
Глесія	2,27	0,78	3,05	1,85	0,60	2,45
Глухівські 51	2,95	1,26	4,21	2,16	0,89	3,05
Глухівські 85	1,86	0,78	2,64	1,32	0,58	1,90
Гляна	3,48	1,40	4,88	1,925	0,71	2,64
Золотоніські 15	2,74	1,12	3,86	2,20	0,86	3,06
Миколайчик	2,52	0,93	3,45	2,24	0,87	3,11
НІР ₀₅	0,3	0,1	0,2	0,6	0,5	0,3
<i>Фаза біологічної стиглості</i>						
Артеміда	1,56	0,13	1,69	0,81	0,19	1,00
Гармонія	1,90	0,09	1,99	1,05	0,35	1,40
Глесія	1,36	0,08	1,44	0,97	0,22	1,19
Глухівські 51	2,10	0,40	2,5	1,20	0,06	1,26
Глухівські 85	0,90	0,15	1,05	0,36	0,30	0,66
Гляна	2,62	0,44	3,06	1,09	0,15	1,24
Золотоніські 15	1,78	0,26	2,04	1,14	0,09	1,23
Миколайчик	1,66	0,13	1,79	1,38	0,04	1,42
НІР ₀₅	0,6	0,1	0,4	0,5	0,3	0,3

на. Найменша — 0,77 мг/г — у листових пластинках сорту Гармонія.

Сума форм хлорофілу *a* і *b* у листових пластинках різних сортів найбільшою була у період цвітіння рослин сорту Гляна — 4,86 мг/г, найменша — у сорту Глухівські 85 — 2,62 мг/г.

Концентрація хлорофілу на одиницю площі поверхні листових пластинок рослин конопель посівних у різних сортів була неоднаковою. Найвищі показники концентрації хлорофілу *a* — 2,28 мг/дм² — були у рослин сорту Миколайчик, що може бути обумовлено специфікою анатомічної будови хлоренхіми листових пластинок і різним рівнем розвитку губчастої хлоренхіми.

Найменша концентрація хлорофілу *a* на одиницю площі була зафіксована у рослин сорту Глухівські 85 — 1,26 мг/дм².

Відповідно, концентрація в листових пластинках хлорофілу *b* на одиницю площі була найбільшою у рослин сорту Миколайчик — 0,91 мг/дм², а найменшою — 0,55 мг/дм² — у рослин сорту Гармонія у фазу цвітіння.

За показниками концентрації суми обох форм хлорофілу *a* і *b* на одиницю площі листових пластинок найвищі показники (3,2 мг/дм²) були зафіксовані у рослин сорту Миколайчик, а найнижчі (1,83 мг/дм²) — у рослин сорту Глухівські 85. Різниця показників концентрації суми обох форм хлорофілу у рослин різних сортів досягала 42,8%, тобто була достовірною.

Співвідношення вмісту хлорофілу *a* і хлорофілу *b* у листових пластинках рослин різних сортів конопель посівних теж істотно відрізнялось. Найбільша різниця була зафіксована у сорту Гармонія. На одну молекулу хлорофілу *b* хлоропласти рослин цього сорту мали у 4,3 раза більше молекул хлорофілу *a*. Найменше співвідношення між обома формами хлорофілу було за-

фіксовано у листових пластинок рослин сорту Глухівські 85, де на одну молекулу хлорофілу *b* у хлоропластах припадало 1,83 молекули хлорофілу *a*.

Результати аналізів умісту обох форм хлорофілу у листових пластинках рослин колекції сортів конопель посівних свідчать, що використані у дослідях сорти мають істотні відмінності як на рівні анатомічної будови, так і на рівні процесів біохімізму. Такі відмінності проявляються не лише у апараті фотосинтезу, а і в реакціях обміну речовин, у т.ч. у водному балансі на рівні тканин у рослин культури.

ВИСНОВКИ

Співвідношення основних форм хлорофілу у хлоропластах листків рослин конопель посівних може змінюватись, і частка хлорофілу *b* може варіювати у межах 24–35% від умісту хлорофілу *a*.

Уміст обох форм хлорофілу у листових пластинках конопель посівних упродовж органогенезу рослин змінюється. Максимальних показників концентрації суми обох форм хлорофілу у листових пластинках рослини досягали у фазу цвітіння (генеративний етап органогенезу), мінімальний — за біологічної стиглості.

Результати досліджень засвідчили істотні відмінності як на рівні анатомічної будови, так і на рівні процесів біохімізму сортів конопель посівних, що доцільно враховувати у процесі їх оцінки і вибору для вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Найвищий уміст хлорофілу *a* і *b* було зафіксовано у фазу цвітіння у листових пластинках сорту Гляна — 3,52 і 1,34 мг/г відповідно, найнижчий уміст хлорофілу *a* — у сорту Глухівські 85 (1,80 мг/г), хлорофілу *b* — Глухівські 85 і Глесія (0,78 мг/г).

ЛІТЕРАТУРА

1. Годнев Т.Н. Хлорофилл, его строение и образование в растении / Т.Н. Годнев. — Минск: Изд-во АН БССР, 1963. — 124 с.
2. Genty B. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence / B. Genty, J.-M. Briantais, N.R. Baker // Biochimica et Biophysica Acta. — 1989. — Vol. 1. — P. 87–92.
3. Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность сельскохозяйственных растений / И.А. Тарчевский. — М.: Наука, 2002. — 237 с.

4. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода / В.С. Лысенко, Т.В. Вардуни, В.Г. Соьер, В.П. Краснов // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 4. — С. 112–120. — (Серия: Биологические науки).
5. Genty B. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence / B. Genty, J.-M. Briantais, N.R. Baker // *Biochemica et Biophysica Acta*. — 1989. — No. 990. — P. 87–92.
6. Осипова О.П. Об извлекаемости хлорофилла из зеленых растений / О.П. Осипова. — М.: ДАН СССР, 1947. — Т. 57, № 8. — С. 799–801.
7. Лебедев С.И. Физиология растений / С.И. Лебедев. — 3-е изд. — М.: Агропромиздат, 1988. — 544 с.
8. Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность сельскохозяйственных растений / И.А. Тарчевский. — М.: Наука, 2002. — 237 с.
9. Сытник К.М. Физиология листа / К.М. Сытник, К.И. Мусатенко, Т.К. Богданова. — К.: Наукова думка, 1978. — 392 с.
10. Green B.R. The chlorophyll-carotenoid proteins of oxygenic photosynthesis / B.R. Green, D.G. Durnford // *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* — 1996. — No. 47. — P. 685–714.
11. Brenneisen R. Chromatographic and spectroscopic profiles of *Cannabis* of different origins / R. Brenneisen, M.A. El Sohly // *J. Forensic Sci.* — 1988. — Vol. 33 (6). — P. 1385–1404.
12. Липатов В.И. Научные основы коноплеводства в среднем Поволжье: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.И. Липатов. — Л.; Пушкино, 1995. — 38 с.

REFERENCES

1. Godnev, T.N. (1963). *Hlorofill, ego stroenie i obrazovanie v rastenii [Chlorophyll, its structure and formation in a plant]*. Minsk: Izd-vo AN BSSR [in Russian].
2. Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N.R. (1989). The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochemica et Biophysica Acta*, 1, 87–92 [in English].
3. Tarchevskiy, I.A. (2002). *Hlorofill i produktivnost' sel'skohozyajstvennykh rastenij [Chlorophyll and productivity of agricultural plants]*. Moscow: Nauka [in Russian].
4. Lysenko, V.S. & Varduni, T.V. & Soyer, V.G. & Krasnov, V.P. (2013). Fluorescenciya hlorofilla rastenij kak pokazatel' ehkologicheskogo stressa: teoreticheskie osnovy primeneniya metoda [Fluorescence of chlorophyll plants as an indicator of environmental stress: the theoretical basis of the method]. *Fundamentalnye issledovaniia — Fundamental study*, 4, 112–120 [in Russian].
5. Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N.R. (1989). The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochemica et Biophysica Acta*, 990, 87–92 [in English].
6. Osipova, O.P. (1947). *Ob izvelekaemosti hlorofilla iz zelenykh rastenij [About recoverability of chlorophyll from green plants]*. (Vol. 57, 8). Moscow: DAN SSSR [in Russian].
7. Lebedev, S.I. (1988). *Fiziologiya rastenij [Plant physiology]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
8. Tarchevskiy, I.A. (2002). *Hlorofill i produktivnost' sel'skohozyajstvennykh rastenij [Chlorophyll and productivity of agricultural plants]*. Moscow: Nauka [in Russian].
9. Sytnik, K.M. & Musatenko, K.Y. & Bogdanova, T.K. (1978). *Fiziologiya lista [Leaf physiology]*. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
10. Green, B.R., Durnford, D.G. (1996). The chlorophyll-carotenoid proteins of oxygenic photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 47, 685–714 [in English].
11. Brenneisen, R., El Sohly, M.A. (1988). Chromatographic and spectroscopic profiles of *Cannabis* of different origins. *J. Forensic Sci.*, 33, 6, 1385–1404 [in English].
12. Lipatov, V.I. (1995). *Nauchnye osnovy konoplevodstva v srednem Povolzh'e [The scientific basis of hemp in the middle Volga region]. Extended abstract of Doctor's thesis*. Leningrad; Pushkino [in Russian].

БІОКОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНОГО СУБСТРАТУ НА ОСНОВІ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ ЗА ІНТРОДУКЦІЇ АСОЦІАЦІЇ ГРИБІВ *TRICHODERMA HARZIANUM* 128

В.В. Волкогон¹, С.М. Деркач¹, С.Б. Дімова¹, М.В. М'ягка¹, Н.В. Луценко¹,
Н.П. Штанько¹, Л.Т. Наконечна²

¹ Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

² Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

Встановлено залежність динаміки розвитку мікроорганізмів у компостованих субстратах на основі курячого посліду від співвідношення — вуглець/азот. Врахування особливостей сукцесій мікроорганізмів у ході компостування дає змогу обґрунтувати оптимальні періоди для інтродукції в компости цінних агрономічних мікроорганізмів. Інокуляція субстрату споро-міцеліальною суспензією *Trichoderma harzianum* 128 на 2-й місяць компостування сприяє стрімкому зростанню чисельності інтродукованих мікроміцетів, що сягає на 7-й місяць 9744 тис. КУО/г сухого компосту. Доведено, що компостування субстрату на основі пташиного посліду із залученням асоціації *T. harzianum* 128 забезпечує інтенсифікацію мінералізаційних процесів та накопичення мікроорганізмів — активних деструкторів органічної речовини і продуцентів фізіологічно активних речовин, а також зменшує втрати вуглецю і азоту. Обґрунтовано, що отриманий у такий спосіб біокомпост є перспективним для використання в сільськогосподарському виробництві.

Ключові слова: компостування, сукцесії мікроорганізмів, пташиний послід, *Trichoderma harzianum*.

Серед органічних добрив важливе місце займає пташиний послід. Зацікавленість у його використанні для удобрення сільськогосподарських культур зростає внаслідок інтенсивного розвитку птахівництва. За даними Державної служби статистики України поголів'я птиці зросло з 123,3 млн у 1998 р. до 202,5 млн у 2017 р. Активний розвиток птахівництва вплинув на значне накопичення посліду — на рівні 1,5 млн т/рік. Безпосереднє використання посліду як добрива обмежено низкою технологічних та екологічних проблем, що спричиняє його накопичення в буртах і кар'єрах. Його тривале зберігання є небезпечним для довкілля. Ця проблема є характерною майже для всіх регіонів України, і вона найближчим часом може перерости в екологічну катастрофу. Запобігти їй можливо лише завдяки переробці посліду. Існує багато способів його утилізації, проте одним із найперспективніших, на нашу думку, є створення біо-

органічних добрив за дотримання науково обґрунтованих технологій компостування, що враховуватимуть необхідні характеристики, зокрема запрограмований склад угруповань мікроорганізмів [1, 2].

Перспективним вбачається створення технологій компостування органічної речовини на основі інтродукованих до компостних сумішей корисних з агрономічного погляду мікроорганізмів. По суті, такі компости можуть бути своєрідними мікробними препаратами комплексної дії. Так, для компостування органічного субстрату на основі пташиного посліду використовують різні види мікроскопічних грибів: з родів *Aspergillus* P. Micheli, *Trichosporon* Behrend, *Fusarium* Link, *Sporotrichum* Link, *Mucor* Fresen., *Trichoderma* Pers. [3]. Перспективними у цьому аспекті є мікроміцети роду *Trichoderma*, оскільки деякі представники цієї таксономічної групи володіють цінними агрономічними властивостями, зокрема, вони є потужними біодеструкторами органічної речовини, характеризуються антагоністичною дією на низку збудників

захворювань культурних рослин та є продуцентами фітогормонів [4, 5].

Мета роботи — визначити особливості сукцесій мікроорганізмів у процесі компостування органічних субстратів на основі пташиного посліду; дослідити особливості розвитку асоціації грибів *Trichoderma harzianum* 128 у компостованих субстратах за різних термінів їх інтродукції та з'ясувати втрати біогенних елементів і швидкість мінералізації компонентів органічного субстрату в процесі компостування.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2013–2015 рр. у лабораторії ґрунтової мікробіології Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, а також у відділі фізіології і систематики мікроміцетів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

У досліді № 1 визначали особливості формування угруповань мікроорганізмів у посліді під час компостування залежно від вуглецево-азотного співвідношення. Як відомо, в курячому посліді співвідношення вуглецю до азоту становить 9,6:1, тому в технології компостування було передбачено його попереднє доведення у субстраті до рівня 20:1. Таких параметрів досягали шляхом змішування посліду з торфом і соломною, як додатковим джерелом вуглецю, у розрахованих кількостях. У досліді використовували пластикові контейнери об'ємом 20 дм³, куди поміщали по 5 кг курячого посліду вологістю 70%. До посліду додавали 0,7 кг подрібненої соломи і 1,9 кг торфу, попередньо перемішавши. Схема досліду складалась з двох варіантів:

1. Нативний курячий послід;

2. Компостна суміш (курячий послід з соломною і торфом).

Чисельність мікроорганізмів у компостованих субстратах визначали в динаміці, зокрема: амоніфікувальних бактерій — на м'ясо-пептонному агарі; мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, — на крохмале-аміачному агарі [6]. Облік чисельності азотфіксувальних

бактерій здійснювали методом граничних розведень на напіврідкому середовищі Ешбі за використання ацетиленового тесту [7]. Чисельність мікроорганізмів, що розчиняють важкодоступні сполуки фосфору, визначали на середовищі Муромцева за внесення ортофосфату і гліцерофосфату [8]; мікроміцетів — на сусло-агарі [6].

У модельному досліді № 2 визначали ефективність інтродукції мікроміцетів роду *Trichoderma* до компостної суміші (курячий послід з соломною і торфом). Досліджували приживаність і вплив на перебіг компостування раніше селекціонованої нами асоціації грибів *T. harzianum* 128. Асоціацію грибів депоновано у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України (реєстраційний номер — *T. harzianum* IMB K-14). Асоціація також зберігається в Національній колекції корисних ґрунтових мікроорганізмів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (за № 268).

Культуру мікроміцетів вносили на різних етапах компостування субстрату згідно зі схемою досліду:

1. Компостна суміш без внесення асоціації мікроміцетів (контроль);

2. Інтродукція до компостної суміші *T. harzianum* 128 у 1-й місяць компостування;

3. Те саме у 2-й;

4. Те саме у 3-й;

5. Те саме у 4-й місяць компостування.

Споро-міцеліальну суспензію *T. harzianum* 128 отримували шляхом вирощування мікроміцетів на сусло-агарі з подальшим змиванням водою. Отримана суспензія мала титр $6,4 \times 10^6$ КУО/мл. Частка внесення становила 2% від маси сухої компостованої суміші (в перерахунку — 128 тис. КУО/г сухого субстрату).

У досліді визначали інтенсивність розкладу соломи. У різні періоди компостування, а саме: на 2-, 3-, 4-, 5-, 6- і 7-й місяці відбирали зразки компостованого субстрату, поміщали у посудину з водою, перемішували, після чого з поверхні знімали залишки соломи, а напіврозкладені рештки вимивали з компосту через сито з отво-

ром 0,25 мм. Обидві фракції рослинних решток об'єднували, висушували до постійної маси, зважували і розраховували вміст відносно початкової маси соломи. Частку розкладання порівнювали з такою у контрольному варіанті (без інтродукції асоціації *T. harzianum* 128).

Уміст вуглецю та азоту в субстратах досліджували методом Анстена в модифікації Пономарьової і Ніколаєвої [9].

Повторність дослідів — чотириразова. Статистичну обробку одержаних результатів здійснювали за використання дисперсійного аналізу [10].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження особливостей компостування субстрату на основі пташиного послиду та облік чисельності представників різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів свідчать про поступове розкладання складних органічних сполук одними мікроорганізмами та створення джерел живлення для інших.

Своєрідним показником ступеня інтенсивності мінералізаційних процесів у компостованих субстратах є чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів. Особливістю їх розвитку є два періоди активізації (табл. 1). Так, у контрольному варіанті (без оптимізації співвідношення C:N) спостерігалось незначне зростання чисельності протеолітичних мікроорганізмів на початкових стадіях (1-й місяць) з подальшим зниженням показників і деяке відновлення, починаючи з шостого місяця компостування. В умовах оптимізованого за співвідношенням «вуглець : азот» субстрату відзначено значно активніший розвиток представників досліджуваної групи мікроорганізмів у перші місяці — чисельність бактерій перевищувала контрольні показники у 2-5 рази залежно від терміну компостування. Період відновлення чисельності протеолітичних бактерій (друга хвиля розвитку, що обумовлена деструкцією складних органічних сполук) також наставав значно раніше, ніж у контрольному варіанті — вже через три місяці, що свідчить про пришвидшення мінералізаційних процесів.

Динаміка розвитку амоніфікувальних мікроорганізмів у компостованих субстратах, млрд КЮ/г сухого субстрату

Варіанти дослідів	Терміни проведення аналізів (дні від початку компостування)							
	21	42	84	105	147	168	231	252
Курячий послід (контроль)	0,64±0,06	0,52±0,09	0,19±0,01	0,23±0,01	0,26±0,05	1,50±0,11	1,26±0,04	0,25±0,01
Компостна суміш (кур'ячий послід з соломом (торфом))	3,03±0,02	0,33±0,06	0,47±0,02	1,65±0,02	1,24±0,06	0,22±0,01	0,67±0,02	0,05±0,01

Починаючи з п'ятого місяця компостування, спостерігалось призупинення мінералізаційних процесів, тоді як на контролі вони лише розпочиналися.

Чисельність бактерій, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, зростає після періодів активного розвитку амоніфікаторів, що є цілком логічно, адже унаслідок мінералізації органічних речовин з'являється неорганічний азот, який використовують ці мікроорганізми.

Натомість чисельність азотфіксувальних бактерій є невисокою впродовж усього періоду компостування і збільшується лише наприкінці його перебігу (табл. 2). Очевидно, наявність у компостованому субстраті неорганічних азотних сполук не сприяє розвитку діазотрофів, і лише після затухання процесів трансформації сполук азоту з'являються відповідні умови для формування популяції азотфікаторів і для самого перебігу процесу азотфіксації.

Облік фосфатмобілізувальних мікроорганізмів демонструє низьку їх чисельність, що опосередковано може свідчити про відсутність відповідних умов для їх розвитку (насамперед, це відображення низького вмісту фосфатів у субстраті).

Особливості розвитку мікроміцетів полягають у поступовому збільшенні їх чисельності впродовж перших трьох місяців компостування і найактивнішому – у четвертий – п'ятий місяці (рис. 1).

Слід зауважити, що найвищу чисельність мікроміцетів зафіксовано в оптимізованому субстраті (суміші посліду з соломкою і торфом) – 8649 тис. КУО/г сухого компосту. Значна чисельність мікроскопічних грибів у оптимізованому за співвідношенням С:N субстраті, безперечно, пояснюється вмістом додаткових компонентів, до складу яких входить вуглець, що є джерелом енергії і основою синтезу органічних речовин для мікроорганізмів.

Отже, в процесі компостування зафіксовано суцесійні зміни в угрупованні мікроорганізмів, за яких у певні періоди складаються сприятливі умови для розвитку тієї чи іншої еколого-трофічної групи мікроорганізмів. Відповідно до цього,

Таблиця 2

Динаміка розвитку азотфікаторів у компостованих субстратах, млн КУО/г сухого субстрату

Варіанти досліду	Терміни проведення аналізів (дні від початку компостування)							
	21	42	84	105	147	168	231	252
Курячий послід (контроль)	0,031	0,002	0,002	0,002	0,003	1,778	909,091	830,000
Компостна суміш (курячий послід з соломкою і торфом)	0,105	0,004	0,004	0,022	0,041	2,898	1083,333	838,710

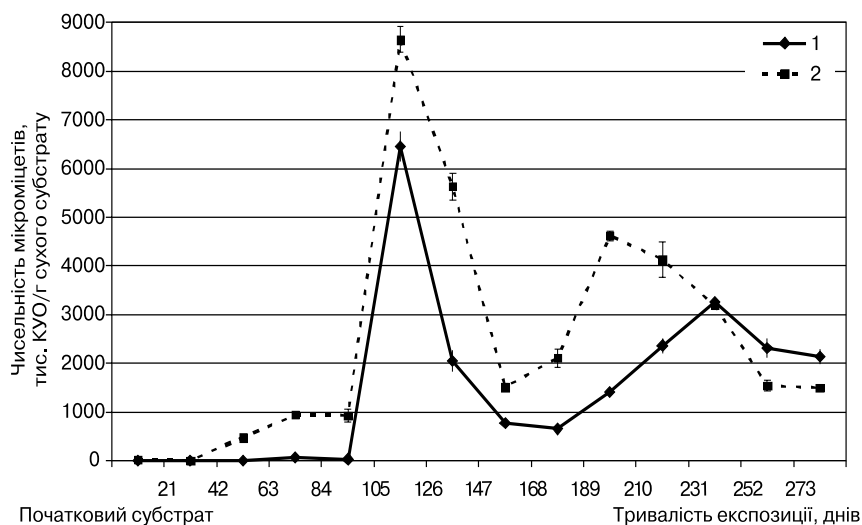


Рис. 1. Розвиток мікроміцетів у компостованих субстратах: 1. Контроль (курячий послід); 2. Компостна суміш (курячий послід з соломою і торфом)

інтродукція необхідного для збагачення компостів штаму бактерій або мікроміцетів у різні фази компостування також буде здійснюватись за сприятливих і несприятливих умов. На нашу думку, для забезпечення оптимальних умов інтродукції підібраний для цього мікроорганізм потрібно вносити до компостованого субстрату перед фазою активного розвитку відповідної еколого-трофічної групи. Так, оптимальними періодами для інтродукції амоніфікаторів до компостованих субстратів на основі курячого посліду є перший місяць компостування, азотфіксувальних мікроорганізмів — шостий, мікроміцетів — період упродовж першого — другого місяців компостування. Інтродукція відповідних представників мікробіоти у ці періоди, на нашу думку, дає змогу збагатити компости корисними мікроорганізмами.

Практична перевірка цього припущення за використання раніше селекціонованої асоціації мікроміцетів *T. harzianum* 128 свідчить про можливість успішної інтродукції мікроорганізмів до компостованої суміші, особливо за внесення культури на другий місяць компостування (рис. 2). Так, інтродукція до субстрату *T. harzianum* 128 на другий місяць компостування сприяє стрімкому зростанню чисельності інтроду-

кованих мікроорганізмів, що на сьомий місяць компостування сягає 9744 тис. КУО/г сухого компосту. Внесення споро-міцеліальної суспензії мікроміцетів в інші досліджувані періоди компостування забезпечує нижчі параметри розвитку грибів.

Слід зауважити, що *T. harzianum* 128 активно впливає на швидкість мінералізації органічних речовин, які входять до складу компосту. Отримані результати (табл. 3) свідчать, що починаючи з третього місяця компостування (з моменту, коли інтенсивно розвивається інтродукований мікроорганізм) з *T. harzianum* 128 у субстраті інтенсивність розкладу соломи значно (у 1,8–2,5 раза) перевищувала контрольні показники.

Наприкінці восьмого місяця компостування субстрат з інтродукованою асоціацією грибів характеризувався розкладом органічної речовини на рівні 100%. У контрольному варіанті мінералізація соломи у вказаний період не була завершеною.

Насправді, закінчувати компостування субстрату на основі пташиного посліду можна вже на сьомий місяць, коли спостерігається найвища чисельність *T. harzianum* 128, але, слід зауважити, закінчення терміну лімітується іншими параметрами готовності компосту. Так, зокрема, у досліді

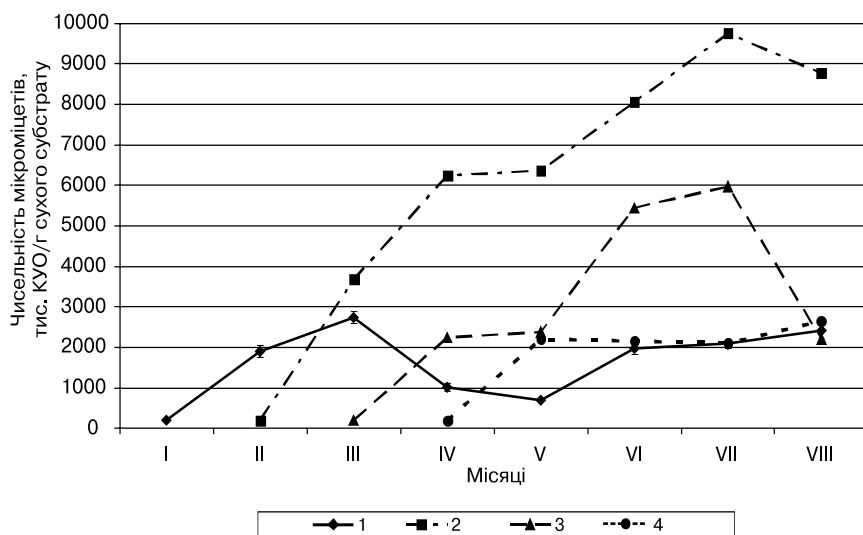


Рис. 2. Розвиток асоціації *T. harzianum* 128 у компостованій суміші за різних термінів інтродукції: 1–4 — у перший — четвертий місяці відповідно

Таблиця 3

Інтенсивність розкладання соломи у компостованому субстраті за інтродукції мікроорганізмів, %

Варіанти дослідів	Місяці компостування						
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Без інтродукції мікроорганізмів (контроль)	5,1	11,6	22,4	34,8	42,7	54,3	60,4
За використання <i>T. harzianum</i> 128	5,1	24,5	57,3	71,2	83,5	98,1	100

повне завершення процесу компостування суміші (відсутність специфічного запаху, повне розкладання соломи) зафіксовано на восьмий місяць від його початку. Проте вказаний період також характеризується високими показниками розвитку інтродукованих мікроорганізмів, що свідчить про значні перспективи отримання збагаченого цінними формами мікроорганізмів агрономічного продукту.

За інтродукції до компостованої суміші асоціації *T. harzianum* 128 спостерігалося зменшення втрат вуглецю і азоту. Так, уміст вуглецю в контрольному варіанті (без інтродуктанта) зменшився на 18,8%, а у варіанті з використанням асоціації грибів *T. harzianum* 128 — на 9,5%.

Уміст азоту в контрольному варіанті зменшився на 39,1%, а у варіанті з інтродукцією мікроорганізму — на 31,4% відповідно. Отримані дані свідчать про позитивний вплив асоціації *T. harzianum* 128 на збереженість біогенних елементів у компості.

ВИСНОВКИ

Оптимізація субстрату на основі курячого посліду для його подальшого компостування сприяє активному перебігу мікробіологічних процесів. Так, у певні періоди складаються умови домінування тієї чи іншої еколого-трофічної групи мікроорганізмів. Відповідно, здійснення інтродукції необхідного для збагачення компостів штаму бактерій або мікроміцетів у різні фази ком-

постування має сприятливі і несприятливі умови. Інтродукція асоціації мікроміцетів *T. harzianum* 128 до компостованого субстрату на основі пташиного посліду забезпечує скорочення терміну компостування, накопиченню в компості цінних агрономічних мікроорганізмів — активних деструкторів органічної речовини, сприяє збереженню важливих елементів живлення.

Збагачення компостів на основі пташиного посліду цими мікроорганізмами, до яких відносяться і представники *T. harzianum*, є перспективним прийомом з екологічного погляду, оскільки сприятиме розв'язанню проблеми утилізації відходів птахівництва, з одного боку, а з іншого — надасть змогу забезпечити землеробство органічними добривами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Composting of municipal solid waste of Jabalpur city / S.P. Gautam, P.S. Bundela, A.K. Pandey et al. // *Global J. Environ Res.* — 2010. — Vol. 4, No. 1. — P. 43–46.
2. Ishii K. Microbial succession during a composting process as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis / K. Ishii, M. Fukui and S. Takii // *Journal of Applied Microbiology.* — 2000. — Vol. 89, No. 5. — P. 768–777.
3. Prabhakaran D. Effect of inoculating lignocellolytic fungus on nutrient changes during different phases of composting of poultry droppings amended with bagasse / D. Prabhakaran, S. Manivannan // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* — 2014. — Vol. 3, No. 9. — P. 582–595.
4. *Trichoderma harzianum* T-78 supplementation of compost stimulates the antioxidant defence system in melon plants / A. Bernal Vicente, J.A. Pascual, F. Tittarelli et al. // *J. Sci Food Agric.* — 2015. — Vol. 95, No. 11. — P. 2208–2214.
5. Changes induced by *Trichoderma harzianum* in suppressive compost controlling *Fusarium* wilt /
6. J. Blaya, R. López-Mondéjar, E. Lloret et al. // *Pesticide biochemistry and physiology.* — 2013. — Vol. 107, No. 1. — P. 112–119.
7. Методи почвенної мікробіології і біохімії / [И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Б.А. Бызов и др.]; под ред. Д.Г. Звягинцева. — М.: МГУ, 1991. — 304 с.
8. Villemain G. Utilization du test de reduction de l'acetylene pour la numeration des bacteries libres fixatrices d'azote / G. Villemain, J. Balandreau, Y. Dommergues // *Ann. Microbiol. Enzimol.* — 1974. — Vol. 24, No. 2. — P. 87–94.
9. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / [В.В. Волкогон, О.В. Надкєрнична, Л.М. Токмакова та ін.]; за ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграр. наука, 2010. — 464 с.
10. Агрохімічний аналіз / [М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін та ін.]; за ред. М. М. Городнього. — 2-ге вид. — К.: Арістей, 2005. — 476 с.
11. Доспєхов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., доп. и перераб. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

REFERENCES

1. Gautam, S.P., Bundela, P.S., Pandey, A.K., Awasthi, M.K. and Sarsaiya, S. (2010). Composting of Municipal Solid Waste of Jabalpur Cit. *Global J. Environ. Resea*, 4, 1, 43–46 [in English].
2. Ishii, K., Fukui, M. and Takii, S. (2000). Microbial succession during a composting process as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. *Journal of Applied Microbiology*, 89, 768–777 [in English].
3. Prabhakaran, D., Manivannan, S. (2014). Effect of inoculating lignocellolytic fungus on nutrient changes during different phases of composting of poultry droppings amended with bagasse. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 3, 9, 582–595 [in English].
4. Bernal-Vicente, A., Pascual, J., Tittarelli, F., Hernández, J., Diaz-Vivancos, P. (2014). *Trichoderma harzianum* T-78 supplementation of compost stimulates the antioxidant defense system in melon plants. *J Sci Food Agric*, 95, 2208–2214 [in English].
5. Blaya, J., López-Mondéjar, R., Lloret, E., Pascual, J.A., Ros, M. (2013). Changes induced by *Trichoderma harzianum* in suppressive compost controlling *Fusarium* wilt. *Pesticide biochemistry and physiology*, 107, 1, 112–119 [in English].
6. Aseieva, I.V., Babieva, B.A., & Byzov, B.A. et al. (1991). *Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. D.G. Zviagintsev (Ed.). Moskva: MSU [in Russian].
7. Villemain, G., Balandreau, J., Dommergues, Y. (1974). Utilization du test de reduction de l'acetylene pour la numeration des bacteries libres fixatrices d'azote. *Ann. Microbiol. Enzimol*, 24, 2, 87–94 [in French].
8. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., & Tokmakova, L.M. et al. (2010). *Eksperymentalna ґрунтова mikrobiolohia* [Experimental soil microbiology]. V.V. Volkohon (Ed.). Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
9. Horodnii, M.M., Lisoval, A.P., & Bykin, A.V. et al. (2005). *Ahrokhimichnyi analiz* [Agrochemical analysis]. M.M. Horodnii (Ed.). Kyiv: Aristei [in Ukrainian].
10. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Field experiment procedure (with foundation of statistical treatment of the results of investigation)]. Moskva: Agropromizdat [in Russian].

БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА БІОБЕЗПЕКА ЕКОСИСТЕМ

УДК 631.95:632.95.022:632.95.027+631.4+631.468

БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ДІЇ АГРОТЕХНІЧНИХ ЧИННИКІВ

**Я.В. Чабанюк, І.С. Бровко, С.О. Мазур, В.В. Тимошенко,
В.М. Никифороенко**

Інститут агроекології і природокористування НААН

Наведено результати порівняння кореляційних матриць, отриманих для досліджуваних ґрунтів природних екосистем, що продемонстрували формування їх специфічних властивостей за дії абіотичних та біотичних чинників. Підтверджено унікальність кожної екосистеми. Математично доведено, що чорноземи є стійкішими порівняно з сірими лісовими ґрунтами, які доволі легко втрачають родючість за дії антропогенного впливу, а також потребують екологічно стабілізуючих заходів та охорони в процесі сільськогосподарського використання.

Ключові слова: антропогенні чинники, оцінка ґрунтів агроекосистем, репрезентативні біодіагностичні показники, мікробіота, біологічна активність ґрунту.

В агроекосистемах унаслідок постійної експлуатації (оранка, внесення добрив, пестицидів тощо) ґрунт зазнає хронічних змін, за яких біологічні та біохімічні процеси виходять за рамки екологічного стандарту [1, 2]. Охорона навколишнього природного середовища і раціональне використання земельних ресурсів потребує глибоких знань та розуміння метаболічних процесів ґрунту за різних агротехнологій, які можна отримати за допомогою систематичних спостережень та аналізів, порівняно з еталонними ґрунтами. Щоб оцінити ступінь порушення екосистеми, достатньо порівняти будь-які її параметри з такими самими параметрами непорушеної екосистеми — так званого еталона, і у такий спосіб визначити зміни, які відбулися з нею [3, 4]. До еталонних відносяться ґрунти природних екосистем, що не зазнають прямого антропогенного впливу та в яких усі процеси перебувають у природній динамічній рівновазі [5].

Під ґрунтовим еталоном, за визначенням В.В. Медведєва [6], розуміють ґрунт у

вихідному стані як своєрідну точку відліку для всіх наступних порівнянь в процесі моніторингу. Оптимальним еталоном є цілинний, бажано, абсолютно заповідний ґрунт, антропогенний вплив на який повністю виключено або мінімізовано. Порівняння такого ґрунту із орними ґрунтами, на нашу думку, дає обґрунтовані висновки про зміни останніх унаслідок господарської діяльності людини. Проте іноді доволі важко віднайти ділянку цілинної території для порівняння, тому еталоном може слугувати переліг, тобто землі, які не експлуатувалися не менш ніж 25 років.

Мета роботи — дослідити вплив агротехнології на стан ґрунтів різних агроекосистем порівняно з їх природними аналогами за мікробіологічними та біохімічними показниками. Це дасть змогу створити систему найінформативніших біодіагностичних показників, що забезпечать оптимальне визначення стану ґрунтів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на основі системного та комплексного підходу до оцінювання стану екосистем за біодіагностичними критеріями.

За показниками біологічної активності оцінювали стан різних типів ґрунтів: чорнозем глибокий малогумусий, чорнозем опідзолений, темно-сірий опідзолений та сірий лісовий за різних агротехнологій вирощування бобово-олійних, зернових та овочевих культур, а також природні екосистеми та ґрунти Лісостепу України.

У роботі використовували такі сільськогосподарські рослини: сою сортів Анжеліка (середньостиглий), Легенда (ультра скоростиглий), Либідь (ранньостиглий); ріпак озимий — гібрид Чорний велетень (середньостиглий сорт інтенсивного типу, олійного напрямку використання); кукурудзу — гібрид DKC 3511 (ТОВ «Монсанто»); цибулю ріпчасту сорту Сквирська 1/528 (середньостиглий).

Полеві дослідження проводили у стаціонарних та короткотривалих дослідках наукових установ Національної академії аграрних наук України, що територіально розташовані в лісостеповій зоні, серед яких:

— Хмельницька дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля (ґрунт — чорнозем опідзолений, середньосуглинковий з умістом гумусу — 3,2%, гідролізованого азоту — 130 мг/кг, рухомого фосфору — 110–120, обмінного калію — 90–110 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки — 6,0).

— ДГ «Бохоницьке» Інституту кормів та сільського господарства Поділля (ґрунт — сірий лісовий опідзолений, середньосуглинковий з умістом гумусу — 2,06%, гідролізованого азоту — 74,2 мг/кг, рухомого фосфору — 174, обмінного калію — 115 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки — 4,2).

— Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М.І. Вавилова ІСіАПВ (ґрунт — темно-сірий опідзолений з умістом гумусу — 2,87%, гідролізованого азоту — 94,3 мг/кг, рухомого фосфору — 140–170, обмінного калію — 120–140 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки — 4,8).

— Сквирська дослідна станція ІАП (ґрунт — чорнозем типовий з умістом гумусу — 4,3%, гідролізованого азоту — 110 мг/кг, рухомого фосфору — 240, обмін-

ного калію — 85 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки — 6,5).

— Дослідне поле відділу агроєкології і біобезпеки ІАП у Вінницькій обл. (ґрунт — чорнозем типовий з умістом гумусу — 4,2%, гідролізованого азоту — 125 мг/кг, рухомого фосфору — 230, обмінного калію — 75 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки — 6,6).

Відбір зразків ґрунту, визначення чисельності мікроорганізмів основних еколого-трофічних та таксономічних груп визначали загальноприйнятими методами [7, 9]. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті з'ясовували за К. Андреюк, Г. Іутинською [8], розраховуючи екологічні коефіцієнти.

Біомасу мікроорганізмів у ґрунті визначали регідратаційним методом шляхом реєстрації кількості мікробної маси за сумою вуглецю органічних речовин [9]. Інтенсивність емісії діоксиду вуглецю з ґрунту — абсорційним методом Штатнова [9].

Формування системи репрезентативних біодіагностичних показників для оцінювання ґрунтів агроєкосистем та визначення кореляційних залежностей між біодіагностичними показниками здійснювали та аналізували за допомогою пакета Statistica 10 і Microsoft Excel. Для визначення відмінностей між середніми значеннями застосовували критерій Стюдента. Порівняння значних масивів даних для встановлення кореляційних зв'язків між біодіагностичними критеріями здійснювали на основі багатофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) — визначали середні значення, дисперсію, похибки. Гомогенність груп оцінювали за допомогою методу найменших значущих відмінностей (LSD-тест Фішера), порівняння проводили із застосуванням критерію Фішера (F-критерію). Кластерний аналіз виконували методом Уорда (Ward's method). Величину впливу кожного з досліджуваних чинників (в умовних одиницях абсолютних значень) оцінювали методом центрального композиту і наводили у вигляді графіків Парето (рівень достовірності — $p \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Реакція ґрунтових мікроорганізмів на антропогенний вплив є найбільш чутливим біодіагностичним показником, що обумовлено їх значним поширенням, біогеоценотичною роллю та участю в ґрунтоутворювальних процесах.

Щоб оцінити рівень порушення ґрунту екосистеми, необхідно порівняти його параметри з відповідними параметрами не порушеної екосистеми — ґрунтовим еталоном, а потім визначити оцінку зміни. До етальонних відносяться ґрунти природних екосистем, які не зазнали прямого антропогенного впливу та в яких усі процеси перебувають у природній динамічній рівновазі. Оптимальним еталоном є цілинний ґрунт, антропогенний вплив на який повністю відсутній або мінімізований. На прикладі стаціонару «Полтавська цілина» нами було обґрунтовано підходи до вибору етальної ділянки. Серед багатьох показників, що свідчать про спрямованість процесів у ґрунті та його екологічний стан, нами було вибрано інформативні та ті, що відносно легко визначити, а саме: вміст загальної біомаси мікроорганізмів у ґрунті, коефіцієнти мінералізації/імобілізації, оліготрофності та гумусонакопичення, показники біорізноманіття.

Встановлено, що для мікробіологічного аналізу показовим є шар ґрунту 0–20 см, який характеризується високою активністю мікробіологічних процесів. Про збалансованість процесів у природній екосистемі свідчить рівень її фіторізноманіття, що забезпечує позитивну спрямованість мікробіологічних процесів ґрунту.

Щоб визначити ступінь і щільність взаємодії в мікробіоценозі між мікроорганізмами основних еколого-трофічних та таксономічних груп різних типів ґрунтів агроекосистем і природних екосистем та щоб оцінити його стійкість, розрахували коефіцієнти кореляції між чисельністю мікроорганізмів різних еколого-трофічних і таксономічних груп, яку визначали у дослідних зразках ґрунту залежно від застосованих агроприйомів і фази розвитку рослин.

В усіх досліджених екосистемах відзначено існування сильних кореляційних зв'язків між більшістю мікробних угруповань, і всі вони носять позитивний характер. Природні екосистеми темно-сірого ґрунту мають найвищий ступінь подібності (65%) за характером кореляційних зв'язків між мікробними спільнотами з сірим лісовим ґрунтом (рис. 1). Природна екосистема чорнозему опідзоленого, загалом, проде-

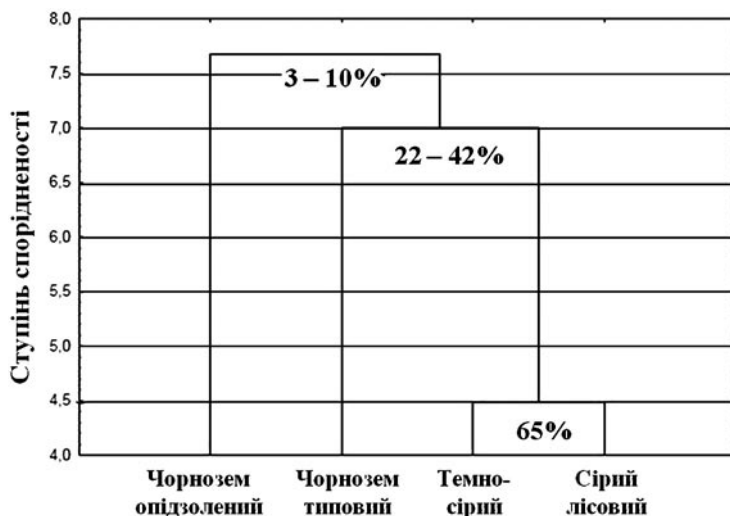


Рис. 1. Дендрограма подібності природних екосистем різних типів ґрунтів за ступенем кореляційних зв'язків між мікробними угрупованнями

монструвала певну унікальність, адже подібність з іншими екосистемами за показником кореляції не перевищувала 10%.

Загалом, кореляційні індекси є доволі варіабельними показниками і мають істотні розбіжності залежно від різновиду природних екосистем, до того ж навантажених аграрними культурами.

Кореляційні індекси між показниками мікробних угруповань ґрунтів різних агроекосистем не відповідають загальному стану взаємозв'язків між цими екосистемами, адже ступінь спорідненості різних агроекосистем істотно відрізняється залежно від кількості і характеру використаних для аналізу індексів. Так, за використання всіх досліджуваних показників ґрунту (інтенсивність «дихання», мікробна біомаса, целюлозоруйнівна, антимікробна, ферментативна активність, чисельність мікроорганізмів, екологічні коефіцієнти) було знайдено лише 35% подібностей між екосистемами сої і кукурудзи і 32% – між екосистемами ріпаку і кукурудзи (рис. 2).

Екосистема овочевих культур у цьому порівнянні є винятком, адже має найменший ступінь подібності за характером

проявлених кореляційних зв'язків між дослідженими показниками. Порівняння результатів свідчить про значні відмінності між характером кореляцій у кожній із досліджених агроекосистем. Це потребує проведення порівняльного аналізу кореляційних матриць різних варіантів досліджуваної системи зразків ґрунтів природних екосистем, які на час дослідження умовно було прийнято за еталонну систему мікробіоценозу як такі, в яких не відбувається змін функціонування мікробіоценозу під дією розвитку рослин і застосованих агрозаходів.

Результати статистичного аналізу, отримані методом центрального композиту, наведено на графіках Парето, що демонструють лінійну залежність між досліджуваними показниками (рис. 3).

Аналіз отриманих даних щодо впливу азотних добрив на чисельність мікроорганізмів певних груп за вирощування ріпаку засвідчив, що чутливими до дії вказаного чинника є стрептоміцети (+5,6 од. абс. знач.) і бактерії роду *Azotobacter* (–6,5 од. абс. знач.). Доведено, що вміст у ґрунті перших має позитивний характер

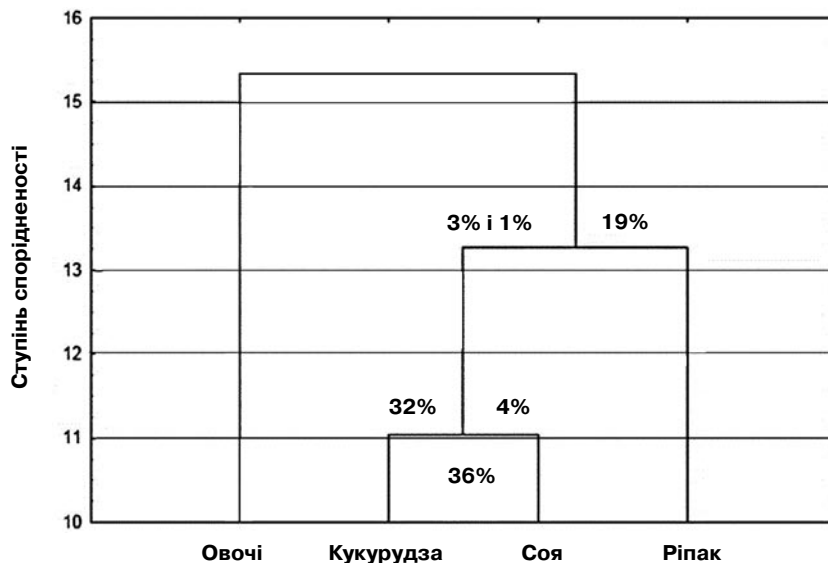


Рис. 2. Дендрограма подібності агроекосистем культур за ступенем кореляційних зв'язків між дослідженими показниками

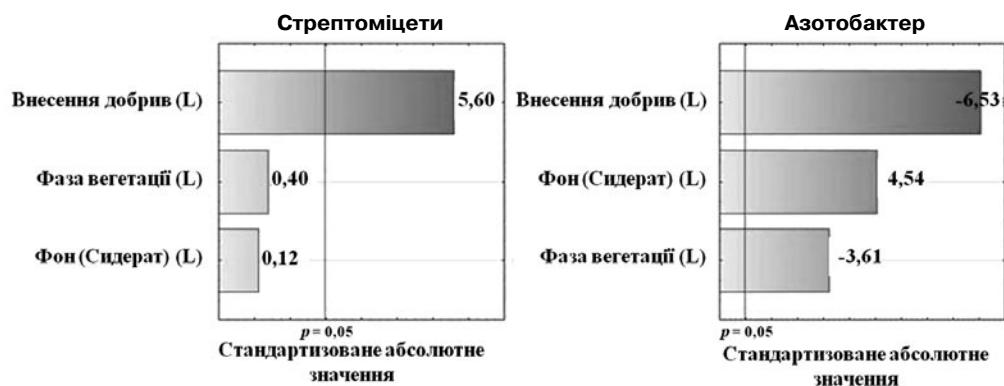


Рис. 3. Вплив чинників: «внесення добрив», «фаза вегетації» і «фон» на чисельність стрептоміцетів і частку грудочок обростання бактеріями роду *Azotobacter*

лінійної залежності, тоді як уміст останніх має хоч і сильніший, однак негативний характер залежності. Слід наголосити, що стосовно стрептоміцетів «внесення добрив» — це єдиний чинник, який достовірно збільшував чисельність цих мікроорганізмів, адже «фаза вегетації» і «фон» не виявили достовірного впливу.

Натомість частка грудочок обростання бактеріями роду *Azotobacter* одночасно із чинником «внесення добрив» продемонстрували достовірну залежність від «фону» (+4,5 од. абс. знач.) і «фази вегетації» (-3,6 од. абс. знач.), що свідчить про позитивну і негативну лінійні кореляції відповідно. Отже, внесення азотних добрив збільшує концентрацію стрептоміцетів у 2–3 рази порівняно із природною екосистемою, а частка обростання грудочок азотобактером зменшується до 5–30% порівняно з 39–66% у природній екосистемі.

Уміст у ґрунті бактерій, що використовують мінеральний азот, азотфіксаторів і спор так само залежали, хоч і меншою мірою, від чинника «внесення добрив» (+2,1, 2,0 і 2,7 од. абс. знач. відповідно). Чисельність інших бактерій (окрім фосфатмобілізуювальних) перебували в прямій залежності винятково від «фази вегетації» і «фону». Чисельність фосфатмобілізуювальних бактерій не продемонструвала прямої залежності від досліджуваних чинників.

Найбільш стабільне та інтегроване існування компонентів мікробіоценозу

ризосфери ріпаку спостерігалось у варіанті із приорюванням сидератів поряд із внесенням помірних доз азотних добрив (N_{90}). Для ризосфери сої — це фаза цвітіння за мінімального обробітку ґрунту, для кукурудзи — найбільш близькі до природної екосистеми значення були отримані за найменшої концентрації добрива (N_{90}). За вирощування овочевих культур найбільш наближеним до природного ценозу виявився варіант з обробкою насіння біопрепаратами.

Для розрахунку інтегрального показника еколого-біологічного стану (ІПЕБС) ґрунту ми використовували тільки найбільш репрезентативні та інформативні показники. У нашому дослідженні основу ІПЕБС становлять біодіагностичні показники, які були найбільш чутливими до різноманітних чинників та залежали від: змін властивостей ґрунтів, вирощуваної культури, системи удобрення, захисту та системи обробітку ґрунту. Результати дослідження впливу різних агрозаходів на біологічні показники ґрунту свідчать, що середнє їх значення майже в усіх варіантах знижується, але деякі показники біологічної активності ґрунту можуть збільшуватись, тобто ІПЕБС ґрунту перебуває у прямій залежності від ступеня впливу того чи іншого антропогенного чинника.

Основним показником ґрунтової родючості є вміст гумусу, проте гумусовий стан — це результат численних біологічних

процесів упродовж тривалого проміжку часу. У табл. 1 наведено дані, за якими чорноземні ґрунти з високим рівнем родючості є стійкішими до впливу різноманітних чинників, а сірі лісові ґрунти з низьким рівнем родючості, навпаки, доволі легко і швидко її втрачають. З екологічного погляду можна зробити висновок, що ґрунти з низькою біологічною активністю потребують більшого захисту. Отже, стійкість ґрунтів має тісний зв'язок з їх біологічними властивостями.

В усіх типах ґрунтів природних екосистем на фоні активних процесів мінералізації рослинних решток спостерігається також активна іммобілізація азоту в мікробній біомасі, що зменшує його втрати, оскільки в подальшому ремінералізація іммобілізованого в мікробній біомасі азоту відбувається значно швидше, ніж мінералізація гумусу. Також зростає гумусонакопичення, про що свідчать відповідні еколо-

гічні коефіцієнти. Отже, процеси синтезу та розкладу органічних речовин сприяють збільшенню потенційної родючості ґрунту. Ґрунтам природних екосистем не властива фітотоксичність — її показник завжди був меншим 10%.

На відміну від ґрунтів природних екосистем, екологічний стан ґрунтів агроекосистем є значно гіршим, про що свідчать значення інтегрального еколого-біологічного показника стану ґрунту та екологічні коефіцієнти. Посилення мінералізаційних процесів у ґрунтах агроекосистем та розкладання гумусових речовин спричиняють зниження ефективної та потенційної родючості ґрунтів.

Підтверджено дані про позитивний вплив на ґрунт вирощування бобових культур. За всіма показниками агроекосистема вирощування сої була найближчою до природної екосистеми. Однак в економічному вимірі, за нинішнього рівня рен-

Таблиця 1

Екологічні характеристики основних типів ґрунтів Лісостепу України

Типи ґрунтів	Вміст гумусу, %		Коефіцієнт гумусонакопичення		ШПЕБС, %	
	1*	2**	1	2	1	2
Чорнозем глибокий малогумусний	4,1	4,3	0,7	1,3	88	100
Чорнозем опідзолений	2,8	3,0	0,6	1,3	72	86
Темно-сірий	2,5	2,9	0,6	1,2	63	81
Сірий лісовий	1,7	2,2	0,4	1,1	49	74

Примітка: * — агроекосистема; ** — природна екосистема.

Таблиця 2

Еколого-економічні характеристики агроекосистем Лісостепу України

Екосистеми	Рівень рентабельності, %	Коефіцієнт мінералізації/ іммобілізації	Коефіцієнт гумусонакопичення	ШПЕБС, %
Природна екосистема	—	0,8	1,2	100
Кукурудза	32	3,1	0,5	59
Ріпак	24	2,5	0,4	46
Соя	16	2,4	0,9	78

Таблиця 3

Вплив добрив на показники біологічної активності ґрунту за вирощування ріпаку озимого

Варіант	Біомаса, мкг С/г ґрунту	Інтенсивність «дихання», мг CO ₂ /кг ґрунту	ШЕБС, %
Без добрив (контроль)	154,8	24,6	46
N ₉₀	252,9	41,3	64
N ₁₈₀	307,0	55,1	33
Сидерат гірчиці (фон)	149,9	24,3	51
Фон + N ₉₀	236,9	35,4	72
Фон + N ₁₈₀	247,0	44,9	80
Природна екосистема	313,6	20,4	100

табельності, з-поміж інших культур соя займає останнє місце.

Серед досліджуваних культур високий вплив на біологічні властивості ґрунтів проявляли рослини кукурудзи, що ймовірно зумовлено посиленою кореневою ексудацією, характерною для рослин із С4-типом фотосинтезу. Для цієї культури властивою є висока рентабельність вирощування та середнє значення ШЕБС ґрунту.

Маючи уявлення про вплив чинників на інтенсивність, швидкість та спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті, можливо створення умов, що стимулюють або, навпаки, пригнічують той чи інший процес, тобто корегують мікробіологічні процеси ґрунту. Це є основою для науково обґрунтованого управління ґрунтово-мікробними процесами під час створення стійких високпродуктивних агроєкосистем.

У табл. 3. наведено можливості управління біологічними процесами і, як наслідок, ґрунтовою родючістю на прикладі дослідів з вивчення удобрення рослин ріпаку. Найбільш наближеною до природної екосистеми виявилася агроєкосистема ріпаку на тлі застосування сидерата гірчиці у поєднанні із дозами азоту — 90 або 180 кг/га. За цих умов вирощування ШЕБС ґрунту лише на 20–28% відрізнявся від відповідного показника природної екосистеми, що свідчить про високу екологічну стійкість ґрунту.

У природних екосистемах високі показники біомаси відповідають доволі низьким показникам дихання. Внесення добрив сприяє досягненню рівня біомаси, що наближається до природного, до того ж інтенсивність дихання за цих умов також зростає. Додаткове приорювання сидератів дає змогу стабілізувати ці процеси і найбільше наблизити до рівня природної екосистеми. Отже, на основі значень інтегрального еколого-біологічного показника стану ґрунту та екологічних коефіцієнтів можна стверджувати, що приорювання сидератів є ефективним способом боротьби з негативними наслідками використання високих доз мінеральних добрив, а також засобом управління родючістю ґрунту. Біодіагностика ґрунтів надає можливість регулювати процеси їх гуміфікації на основі застосування мінеральних добрив і різноманітних рослинних решток та є основою для створення агроєкосистем з бездефіцитним балансом гумусу.

ВИСНОВКИ

Порівняння кореляційних матриць, отриманих для досліджених ґрунтів природних екосистем, свідчить, що кожен із них має свої специфічні властивості, сформовані одночасно біотичною та абіотичною складовими. Узагальнення досліджених екосистем певною мірою зменшує достовірність і рівні кореляційних залежностей між дослідженими показниками, що під-

тверджує унікальність кожної екосистеми і, відповідно, кожну з екосистем слід розглядати окремо, уникаючи узагальнення.

Значення розрахованих екологічних коефіцієнтів та інтегрального показника еколого-біологічного стану ґрунту свідчать, що чорноземні ґрунти з високим рівнем родючості є стійкішими до антропогенного впливу, натомість сірі лісові ґрунти, з низьким рівнем родючості, доволі легко і швидко

їх втрачають і тому потребують еколого-стабілізуючих заходів та охорони.

За характером кореляційних зв'язків між мікробними угрупованнями темно-сірі ґрунти мають більший ступінь подібності (65%) з сірими лісовими ґрунтами і менший (40%) — з чорноземами, що розширює уявлення про генезис цих ґрунтів та вказує на переважання підзолистого процесу ґрунтоутворення над чорноземним під час їх формування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гадзало Я.М. Агробіологія ризосфери рослин: монографія / Я.М. Гадзало, Н.В. Патька, А.С. Зарішняк. — К.: Аграрна наука, 2015. — 386 с.
2. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова та ін.; за ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграрна наука, 2010. — 464 с.
3. Симбіотичні властивості *Bradyrhizobium japonicum* 634 б за дії фіторегулятора Reglalg / О.В. Кириченко, Л.В. Титова, А.В. Жемойда та ін. // Мікробіологічний журнал. — 2008. — Т. 70, № 1. — С. 17–24.
4. Корсун С.Г. Спосіб визначення екологічної стійкості ґрунтів в агроландшафтах / С.Г. Корсун // Вісник аграрної науки. — 2006. — № 6. — С. 61–63.
5. Патики В.П. Мікробіологічний моніторинг ґрунту природних та трансформованих екосистем Закарпаття України / В.П. Патики, Л.Ю. Симочко // Мікробіологічний журнал. — 2013. — Т. 75, № 2. — С. 21–31.
6. Біологічна активність у ризосфері сої за комплексної інюкуляції / [О.В. Шерстобоева, Я.В. Чабанюк, О.М. Калінич та ін.] // Агроекологічний журнал. — 2011. — № 2. — С. 77–81.
7. Титова В.І. Агро- і біохімічні методи дослідження стану екосистем / В.І. Титова, Е.В. Дабахова, М.В. Дабахов. — Н. Новгород: ВВАГС, 2011. — 170 с.
8. Андріюк К.І. Функціонування мікробних угруповань в умовах антропогенного навантаження / К.І. Андріюк, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук. — К.: Обереги, 2001. — 240 с.
9. Титова В.І. Методи оцінки функціонування мікробіоценозу ґрунту, що бере участь в трансформації органічного речовини: науково-методичне посібник / В.І. Титова, А.В. Козлов. — Н. Новгород: Нижегородська с.-х. академія, 2012. — 64 с.

REFERENCES

1. Gadzalo, I.M., Patyka, N.V. & Zarishniak, A.S. (2015). *Agrobiologiya rizosfery rastenii: monografiya* [Agrobiology of plant rhizosphere: monograph]. Kyiv: Agrarna nauka [in Russian].
2. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V. & Tokmakova, L.M. (2010). *Eksperimentalna gruntova mikrobiologiya: monografiya* [Experimental soil microbiology: monograph]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
3. Kyrychenko, O.V., Tytova, L.V. & Zhemoida, A.V. (2008). Symbiotychni vlastyvyosti *Bradyrhizobium japonicum* 634 b za dii fitorehuliyatora Reglalg [Symbiotic properties *Bradyrhizobium japonicum* 634 b for the actions of plant Reglalg]. *Mikrobiologichnyi zhurnal* — *Microbiological Journal*, 70, 1, 17–24 [in Ukrainian].
4. Korsun, S.H. (2006). Sposib vyznachennia ekolohichnoi stiiikosti gruntiv v ahrolandshaftakh [Method of determining ecological stability of soils in agrolandscapes] *Visnyk ahrrn. nauky*. — *Agrarn Newsletter. Science*, 6, 61–63 [in Ukrainian].
5. Patyka, V.P. & Symochko, L.Iu. (2013). Mikrobiologichnyi monitorynh gruntu pryrodnykh ta transformovanykh ekosystem Zakarpattia Ukrainy [Microbiological monitoring of the soil of natural and transformed ecosystems of Transcarpathia of Ukraine]. *Mikrobiologichnyi zhurnal* — *Microbiological Journal*, 75, 2, 21–31 [in Ukrainian].
6. Sherstoboieva, O.V., & Chabaniuk, I.A.V., Kalynych, O.M., Biliavskiy, Yu.V., Biliavska, L.H. (2011). Biologichna aktyvnist u ryzosferi soi za kompleksnoi inokuliatzii [Biological activity in soybean rhizosphere for complex inoculation]. *Ahroekologichnyi zhurnal* — *Agroecological journal*, 2, 77–81 [in Ukrainian].
7. Tytova, V.Y., Dabakhova, E.V. & Dabakhov, M.V. (2011). *Agro- i biokhimicheskie metody issledovaniia sostoianiia ekosistem* [Agro- and biochemical methods of studying the state of ecosystems]. N. Novhorod: VVAHS [in Russian].
8. Andriiuk, K.I., Iutynska, H.O. & Antypchuk, A.F. (2001). *Funktsionuvannia mikrobnykh uhrupovan v umovakh antropohennoho navantazhennia* [Functioning of microorganisms in conditions of anthropogenic loading].

ning of microbial groups in conditions of anthropogenic loading]. Kyiv: Oberehy [in Ukrainian].

9. Titova, V.I. & Kozlov, A.V. (2012). *Metody otcenki funkcionirovaniia mikrobotcenoza pochvy, uchastvuiushchego v transformatsii organicheskogo vesh-*

chestva: nauchno- metodicheskoe posobie [Methods of evaluation of the functioning of the microbocenosis of soil involved in the transformation of organic matter: scientific methodical manual]. N. Novgorod: Nizhegorodskaiia s.-kh. akademiia [in Russian].

UDC 631.415.2: 631.58

INFLUENCE OF MISCANTHUS GIGANTEUS CULTIVATION ON THE ORIBATID AND COLEMBOL QUANTITIES IN URBANOZEM OF KHARKIV REGION

A. Kholodna

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

Встановлено значне підвищення активності ґрунтових мікроартропод, а саме — орибатид і колембол за вирощування міскантусу гігантського (Miscanthus x giganteus) на різних типах урбаноземів. Обґрунтовано перспективність вирощування цієї культури на маргінальних антропогенно-деградованих ґрунтах міських масивів з їх одночасною рекультивацією та введенням у господарський обіг, зокрема для потреб біоенергетичної галузі країни.

Ключові слова: міскантус гігантський, маргінальні землі, урбаноземі, мікроартроподи, біологічна рекультивація, фітомеліоранти.

Natural soil cover is greatly accelerated not only due to evolutionary processes, but also through the constant growth of the pace of anthropogenic activity. Intact natural soils in our time have survived exclusively in preserves, national parks, on unprotected river slopes, on non-meliorated river floodplains and under indigenous forests.

In this aspect, the rational and balanced use of not only traditional «agro-lands», but also the reclamation of «urban» lands with the purpose of attracting them for cultivating crops, becomes important. Under the term «urban soils», we mean anthropogenically altered, and therefore marginal [1], soils of urban areas, whose artificial profile has a surface layer of thickness up to 50 cm, created by man by pouring, mixing, burial of materials (substrates) of purely urban origin [2, 3]. Because of this, the functions and properties of such soils are subject of considerable disturbance, especially in terms of the functioning of their biological component.

One of the most effective ways of monitoring the biological properties of soils, which is necessary for the development of management measures [4] to improve their soil and ecological status, is the study of the change in the number of microfauna, namely microarthropods — soil invertebrates, which, in favorable conditions, act as natural faunal reclaimators. After all, changes in the soil as a result of human activity at the initial stage, which sometimes can't be detected by physical and chemical methods, can be determined with high accuracy on the basis of the species and ecological composition of soil invertebrates.

In our studies we focused on two groups of microarthropods. Oribatida (Oribatida, Acarina) — shell mites, is one of the most numerous and dominant groups of soil arthropods. High numbers, a large variety of species and life forms, as well as food specialization, determine the significant contribution of cartilage mites in the processes of biotransformation of organic matter.

Collembola or Pomoros are among the ancient land-based arthropods. Collembola are adapted to various soil regimes and form

faunal complexes that are characteristic of a certain type of soil. Because of physiological vulnerability, collembola react sensitively even to minor changes in environmental parameters. Therefore, their presence and quantity are important indicators of soils «health».

In our view the foregoing can serve as the basis for expanding research on the study and improvement of biological and ecological functions of anthropogenically degraded soils, which, to varying degrees, are available in every locality, and therefore they can rightly be considered as an ecological and biological screen of human influence on the natural environment.

Therefore, study of changes in the number of representatives of the microarthropods group and search for ways to improve their conditions on urban soils will determine their role as biological soil recultivators. On the example of anthropogenically degraded soils in Kharkiv region as phytoameliorants, we propose cultivation of energy crops, in particular the giant miscanthus, which occupies a leading position in the line of bioenergy production.

The purpose of our research was to determine the effect of cultivating giant miscanthus on the number of oribatida and collembola in urban areas of Kharkiv region. It is very important to mention that before planting this energy crop there've been no other vegetation on these soils.

MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

Small-field stationary experiments of giant miscanthus cultivation were laid in spring of 2017 on the territory of the dendrological park of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev on three marginal urban soils, namely: urban chernozem, urban lithosol and urban meadow chernozem.

The urban chernozem profile is a completely homogenized soil mass, formed as a result of human activity on the site of typical chernozem.

Urban lithosol is essentially a matter of maternal breed (loess loam) of the Pryluky-Yiddish Terrace.

Urban meadow chernozem was formed during anthropogenic activity, namely, arti-

ficial displacement of the upper part of the humus profile from the above-ground soil.

From each soil in three replicates an average soil sample was taken to determine the amount of microarthropods in the soil, which was carried out in accordance with generally accepted methods of soil and zoological research [5, 6].

RESULTS AND DISCUSSION

It was determined that at the end of the vegetative period the average height of plants of miscanthus on urban chernozem was the highest among others – 114.6 cm; on urban lithosol – 100.2 cm; 76.7 cm on urban meadow chernozem. It is quite clear that the largest vegetative mass was obtained on urban chernozem because of the fact that this soil was formed due to anthropogenic degradation of one of the most fertile soils – typical chernozem. Therefore, this soil has retained the properties of its «ancestor» to a certain extent, namely, a significant content of nutrients, organic carbon content, structure, porosity, and others.

In our opinion, rather active growth of giant miscanthus on urban lithosol is due to the high content of macro- and trace elements in the loam, from which urban lithosols are formed. The latter, due to the improvement of nutrition, causes intensive development of the root system and aboveground part of miscanthus plants which in turn promotes the activation of vital activity of microarthropods. The loams are characterized by well-detected porosity resulting from the activity of plants, due to which there is considerable space for the activity of invertebrates.

Urban meadow chernozem was formed by displacement of significant soil layers during the construction of the campus. Because of this, the structure of the primary meadow chernozem soil has been catastrophically disturbed. The air-water regime of this urban soil is the worst of the represented ones. All this has become the cause of the passive growth of miscanthus plants.

It was determined that in summer the population of oribatida in urban soils under the plants of miscanthus, compared with the con-

tol, increased: in urban chernozem from 103 to 160 sp./m²; in urban lithosoil from 80 to 187 sp./m² and in urban meadow chernozem from 213 to 2053 sp./m². In the rows of miscanthus, the number of armpits also increased in accordance with the control (Table 1).

Thus, on the explored urban areas direct dynamics of increase in the number of oribatida in summer was determined both under the plants of miscanthus and in the row spacing. In our opinion, the resulted pattern shows that plants form a favorable ecological niche for increasing the micro-fauna's activity, due to the branching of the roots (rhizomes), root extracts and the creation of a special microclimate.

At the end of the vegetation season of 2017 growth in the population of oribatida was proved on urban soils in all variants of the held research.

The dynamics of collembola in summer was similar to the dynamics of the number of oribatida (table 2). In the urban chernozem the number of collembola was the highest on the control version, and the smallest in the rows.

In other urban soils maximum was traced on a variant under plants, and minimum on the control. At the same time, on the urban meadow chernozem under the plants of the giant miscanthus was the largest collembola amount among all the variants of the experiment – 720 sp./m².

In autumn of 2017, the number of collembola increased for all variants without exception.

The most significant changes were traced on urban lithosoil in the under plants variant – an increase in collembola population from 533 to 3840 sp./m², that is 7.2 times bigger. Similarly, on the urban meadow chernozem there was a significant increase in collembola number under plants and in row spacing – 2907 and 2933 sp./m² in autumn according to 320 and 133 sp./m² in summer.

Under such conditions, soil invertebrates use this ecological niche for their own needs, so they accelerate the pro-

Table 1

The number of oribatida during the vegetation period of giant miscanthus

Variant	The number of oribatida, sp./m ²	
	Summer 2017	Autumn 2017
<i>Urban chernozem</i>		
Control	103	240
Giant miscanthus	160	773
Rows	133	400
<i>Urban lithosoil</i>		
Control	80	507
Giant miscanthus	187	960
Rows	107	693
<i>Urban meadow chernozem</i>		
Control	187	213
Giant miscanthus	720	2053
Rows	267	800

Table 2

The number of collembola during the vegetation period of giant miscanthus

Variant	The number of collembola, sp./m ²	
	Summer 2017	Autumn 2017
<i>Urban chernozem</i>		
Control	187	240
Giant miscanthus	133	707
Rows	53	320
<i>Urban lithosoil</i>		
Control	107	347
Giant miscanthus	533	3840
Rows	213	1013
<i>Urban meadow chernozem</i>		
Control	907	1307
Giant miscanthus	320	2907
Rows	133	2933

cesses of their reproduction. As a result, their populations in the upper layer of soil increase, namely in the layer up to 40 cm – the depth of the miscanthus' rhizomes web.

It should be noted that microfauna has always been and is one of the decisive factors in the accumulation of organic matter in the soils. Therefore, the activation of the microfauna's activity in the urban areas cultivated with giant miscanthus indicates the prospect of this direction of biological reclamation, especially in the aspect of resource conservation and economic feasibility. From the point of view of the fact that urban areas are often at risk (for example, because of the threat of re-excavation over heating paths), it is possible to temporarily use them as plots of propagation of energy crops not only for bioenergy purposes, but also as biorecultivation of anthropogenically degraded territories.

In general, it can be noted that cultivation of giant miscanthus on anthropogenically degraded soils leads the soil-forming process in a positive direction, positively affects the environmental situation of the environment and greatly improves the overall view of the urbanized territories.

CONCLUSIONS

The fact that urban chernozem was formed due to anthropogenic influence on the typical chernozem and is the most productive of the studied urban soils caused a more significant increase in the vegetative mass comparing to others urban soils.

The number of soil invertebrates, such as oribatida and collembola, grew during the growth period of giant miscanthus in the urban soils, indicating an improvement in the ecological situation.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tsapko Yu.L. Changes of biological activity of degraded chernozems in Kharkiv region due to giant miscanthus cultivation / Yu.L. Tsapko, A.S. Kholodnaya // *Colloquium-journal*. — 2017. — No. 10. — P. 9–12.
2. Тихоненко Д.Г. Проблеми картографування урбаноземів / Д.Г. Тихоненко, М.О. Горін // *Вісн. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва*. — 2013. — № 2. — С. 5–11. — (Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів).
3. Тихоненко Д.Г. Сучасний стан і перспективи використання ландшафтних особливостей і ґрунтового покриву території навчально-дослідного

- господарства «Докучаєвське» / Д.Г. Тихоненко, М.О. Горін // *Вісник ХНАУ*. — 2006. — № 7. — С. 3–19.
4. Marginal Lands: Concept Assessment and Management / S. Kang, W.M. Post, J.A. Nichols et al. // *Journal of Agricultural Science*. — 2013. — Vol. 5, No. 5. — P. 129–139.
 5. Гиляров М.С. Методы почвенно-зоологических исследований / М.С. Гиляров. — М.: Наука, 1975. — 280 с.
 6. Определение колембол фауны СССР / под ред. Н.М. Черновой, Б.Р. Стригановой. — М.: Наука, 1988. — 124 с.

REFERENCES

1. Tsapko, Yu.L., Kholodnaya, A.S. (2017). Changes of biological activity of degraded chernozems in Kharkiv region due to giant miscanthus cultivation. *Colloquium-journal*, 10, 9–12 [in English].
2. Tyhonenko, D.G., Gorin, M.O. (2013). Problemy kartografuvannya urbanozemiv [Problems of mapping of urban soils]. *Visn. HNAU im. V.V. Dokuchaeva* — *Bulletin of the KhNAU named after V.V. Dokuchaev*, 2, 5–11 [in Ukrainian].
3. Tyhonenko, D.G. & Gorin, M.O. (2006). Suchasnyi stan i perspektyvy vykorystannya landshaftnyh osoblyvostey i ґруntovogo pokryvu terytorii navchalno-doslidnogo gospodarstva «Dokuchaevske» [Modern condition and perspectives of using landscape's specifics and soil cover of the territory of

- educationally-exploring farming «Dokuchaevske»]. *Visn. HNAU im. V.V. Dokuchaeva* — *Bulletin of the KhNAU named after V.V. Dokuchaev*, 7, 3–19 [in Ukrainian].
4. Kang, S., Post, W.M., Nichols, J.A., Wang, D., West, T.O., Bandaruamp, V. & Izaurralde, R.C. (2013). Marginal Lands: Concept, Assessment and Management. *Journal of Agricultural Science*, 5, 129–139 [in English].
 5. Gilyarov, M.S. (1975). *Metody pochvenno-zoologicheskikh issledovaniy* [Methods of soil-zoological research]. Moskva: Nauka [in Russian].
 6. Chernova, N.M. & Striganova, B.R. (1988). *Opreделение kolembol fauny SSSR* [Definition of collembola in fauna of USSR]. Moskva: Nauka [in Russian].

СКРИНІНГ МІКРООРГАНІЗМІВ — ПОТЕНЦІЙНИХ ДЕСТРУКТОРІВ ГЕРБИЦИДІВ

І.С. Бровко¹, І.О. Подгурська^{1,2}, Я.В. Чабанюк¹, О.О. Кордунян¹

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН

² Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Здійснено скринінг мікроорганізмів — потенційних деструкторів гербицидів на основі імазамоксу, кломазону, гліфосату, 2,4-дихлорфеноксицтової кислоти. Досліджено здатність виділених ізолятів рости на середовищах з робочими концентраціями вказаних гербицидів та концентраціями, що в декілька разів перевищують рекомендовані виробником. Зафіксовано помітне збільшення чисельності мікроорганізмів за додавання робочих концентрацій гербицидів, що свідчить про існування толерантних до гербицидів форм. Проведено аналіз чисельності мікроорганізмів на середовищах з 2-, 5-, 10-, 15- та 20-кратним надлишком вказаних гербицидів та встановлено факт зниження кількості життєздатних мікробних клітин, починаючи з 2-кратного надлишку відповідного препарату, що пояснюється негативною селекцією не резистентних до гербицидів форм. Виділено штами, толерантні до вказаних гербицидів, та здійснено їх ідентифікацію, яка вказала на приналежність цих штамів до родів *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp., *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. та *Arthrobacter* sp.

Ключові слова: гербициди, мікроорганізми-деструктори, імазамокс, кломазон, гліфосат, 2,4-дихлорфеноксицтова кислота.

Нагальною проблемою аграрного сектора на сьогодні є ліквідація наслідків нерационального землекористування та рекультивация ґрунтів, забруднених ксенобіотиками різноманітного походження та спектра дії. До таких сполук, насамперед, слід віднести гербициди, використання яких останніми десятиліттями стало невід'ємною частиною системного захисту культурних рослин від бур'янів [1].

Питання рекультивации ґрунту після пестицидного стресу особливо гостро стоїть для земель, на яких роками використовувалися хімічні препарати з однією й тією самою діючою речовиною. Як відомо, далеко не всі ксенобіотики можуть швидко розкладатись у ґрунті, деградує до менш токсичних речовин, багато з них мають властивість накопичуватись з часом, що негативно позначається на родючості поверхневих шарів ґрунту, а отже, і на врожайності культурних рослин [2].

Реакція ґрунтових мікроорганізмів на дію ксенобіотиків є доволі різноманітною

і залежить від багатьох чинників: хімічної природи, персистентності препарату, ґрунтово-кліматичних умов тощо. Одні мікроорганізми страждають від високих концентрацій пестицидів, інші, навпаки, включають їх у свої метаболічні шляхи, тим самим сприяючи деградації цих сполук в навколишньому природному середовищі. Штами-деструктори можуть стати ефективними біоагентами у створенні мікробних препаратів для рекультивации земель після надмірного або неефективного використання гербицидів [3].

Метою роботи був пошук та виділення мікроорганізмів-деструкторів найбільш поширених у сільському господарстві гербицидів на основі імазамоксу, кломазону, гліфосату та 2,4-дихлорфеноксицтової кислоти, що застосовуються в системах захисту різноманітних сільськогосподарських культур.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення досліджень були обрані комерційні препарати на основі діючих речовин імазамоксу, кломазону, гліфосату

та 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти — Пульсар® 40 (ТОВ «BASF Україна»), Каліф 480 («Аган Кемікал Мануфакчерз Лтд.», Ізраїль), Гліфовіт Екстра, РК («Укравіт», Україна), Дезормон 600 («Баєр КропСенс», Німеччина).

Полеві дослідження реакції ґрунтової мікробіоти на дію вказаних гербіцидів у агроценозах сої проводили впродовж 2014–2016 рр. у стаціонарних та короткотривалих дослідках на експериментальному полі відділу агроєкології і біобезпеки ІАП НААН (Хмельницький р-н, Вінницька обл.), координати: 49°35'833"N; 28 03'394"E; 311,2 м над рівнем моря. Ґрунт — чорнозем типовий глибокий, середньосуглинковий на карбонатному лесі.

Вегетаційні та лабораторні дослідження з екотоксикологічного оцінювання гербіцидів за впливом на об'єкти ґрунтової біоти проводили в лабораторії екології мікроорганізмів відділу агроєкології і біобезпеки ІАП НААН.

Виділення мікроорганізмів, резистентних до дії досліджуваних гербіцидів, проводили у зразках ґрунту, відібраного на ділянці дослідного поля, де впродовж тривалого часу використовували препарати цих гербіцидів, згідно із загальноприйнятими методиками ґрунтової мікробіології [4].

Для перевірки на здатність використовувати досліджувані гербіциди як джерело вуглецю отримані ізоляти культивували на твердих поживних середовищах з високим умістом гербіцидів: імазамоксу (0,2–2,0 г/л), кломазону (0,5–4,8), гліфосату (0,8–10,2) та 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти (0,6–7,2 г/л). Резистентні до гербіцидів ізоляти культивували в рідкому мінерально-сольовому середовищі на термошейкері з аерацією 250 грм при температурі 30°C упродовж 7 діб. Позитивний результат визначали візуально — за помутнінням розчину.

Попередню ідентифікацію відібраних ізолятів проводили за допомогою експрес-систем ідентифікації бактерій API® (bioMérieux, США) відповідно до інструкції виробника. Результати фіксу-

вали після 48 год, отримані цифрові профілі (API codes) порівнювали з профілями інтернет-бази даних відповідного набору (API database). Статистичну обробку даних проводили за допомогою стандартного пакета MS Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Унаслідок селекції ґрунтових мікроорганізмів на агаризованому поживному середовищі з робочою концентрацією імазамоксу та кломазону, рекомендованою інструкцією виробника, та на середовищі з 2-, 5-, 10-, 15- та 20-кратним надлишком відповідного препарату зафіксовано позитивний вплив незначних концентрацій досліджуваних гербіцидів на чисельність мікроорганізмів порівняно з негативним контролем без додавання гербіциду. За введення робочого розчину імазамоксу чисельність мікроорганізмів зростала на 90%, кломазону — на 80% (табл. 1). За 2-кратного надлишку імазамоксу чисельність мікроорганізмів зростала на 5%, кломазону — на 4, але знижувалась на 9 — уже за 5-кратного надлишку імазамоксу та на 15% — за 5-кратного надлишку кломазону порівняно з робочим розчином. За 20-кратного надлишку імазамоксу чисельність бактерій знизилася на 78%, а за тако-

Таблиця 1

Виділення мікроорганізмів, толерантних до імазамоксу та кломазону

Концентрація гербіциду, г/л	Чисельність бактерій, млн КУО/г АСГ*	
	імазамокс	кломазон
0 (контроль)	1,06	1,02
0,2 (робочий розчин)	2,01	1,84
0,4 (2х)	2,11	1,87
1,0 (5х)	1,83	1,57
2,0 (10х)	1,45	1,20
3,0 (15х)	0,70	0,50
4,0 (20х)	0,45	0,30

Примітка (до табл. 1, 2): *АСГ — абсолютно сухий ґрунт.

го самого надлишку кломазону — на 84%. Таке зниження чисельності мікроорганізмів можна пояснити явищем негативної селекції не резистентних до імазамоксу та кломазону форм.

Дослідження зростання мікроорганізмів на середовищі з робочою концентрацією гліфосату та 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти, рекомендованою інструкцією виробника, а також на середовищі з 2-, 5-, 10-, 15- та 20-кратним надлишком досліджуваної речовини засвідчило, що вказані концентрації гербицидів у середовищі зумовлюють помітне збільшення чисельності мікроорганізмів. За додавання робочого розчину гліфосату чисельність життєздатних клітин бактерій зростала на 89%, а 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти — на 84% (табл. 2). Проте вже за 2-кратного надлишку препарату спостерігається зниження чисельності живих клітин на 7% щодо обох гербицидів. Надлишок гербициду у 20-кратному розмірі спричиняв зниження чисельності мікроорганізмів на 83% у досліді з гліфосатом та на 69% — з 2,4-дихлорфеноксиоцтовою кислотою порівняно з показниками в робочому розчині. Такі відмінності особливостей росту мікроорганізмів на середовищі з гліфосатом та 2,4-дихлорфеноксиоцтовою кислотою порівняно з середовищами з імазамоksom та кломазоном можуть бути спричинені сильнішою токсичністю вказаних гербицидів для більшості мікробних форм [5, 6].

Результати дослідження впливу імазамоксу, кломазону, гліфосату та 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти на чисельність мікроорганізмів у ґрунті свідчать про переважання росту ізолятів, які є толерантними до досліджуваних гербицидів за додавання їх у середовище. Зауважимо, що у разі значного надлишку препарату ріст толерантних форм мікроорганізмів нівелюється нежиттєздатністю мікроорганізмів, не резистентних до значних концентрацій досліджуваних гербицидів. Толерантність деяких мікробних форм може бути наслідком резистентності штаму до діючої речовини гербициду, або здатності до її розкладання (деструкції). Штами-деструктори можуть залучати гербицид до своїх метаболічних шляхів і тим самим спричиняти зниження його концентрації в навколишньому природному середовищі [7].

З огляду на те, що метою селекції були мікроорганізми, здатні рости на підвищених концентраціях досліджуваних гербицидів, для подальшої перевірки вибирали різні за фенотипом колонії з 5- та 20-кратним перевищенням концентрацій діючої речовини. Зрештою, було вибрано по 5 представників, що за фенотипом належали до різних таксономічних груп, здатних рости на твердих поживних середовищах з високим умістом відповідних гербицидів. Клони IM1, IM2, IM3, IM4, IM5 були обрані як такі, що є толерантними до імазамоксу, клони CL1, CL2, CL3, CL4, CL5 — до кло-

Таблиця 2

Виділення мікроорганізмів, толерантних до гліфосату та 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти

Концентрація гербициду, г/л	Чисельність бактерій, млн КВО/г АСГ	
	Гліфосат	2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота
0 (контроль)	1,03	1,02
0,8 (робочий розчин)	1,95	1,88
1,6 (2х)	1,82	1,74
4,0 (5х)	1,75	1,62
8,0 (10х)	1,58	1,56
12,0 (15х)	0,68	0,83
16,0 (20х)	0,34	0,59

мазону, клони GL1, GL2, GL3, GL4, GL5 — до гліфосату, і клони D1, D2, D3, D4, D5 — до 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти.

Для ідентифікації та класифікації відібраних ізолятів використовували систему швидкої ідентифікації бактерій API®. Для вибору конкретних тест-систем API® проводили аналіз бактеріальної культури відповідно до схеми попереднього дослідження, рекомендованої виробником. Також проводили попереднє морфологічне дослідження колоній та окремих мікроорганізмів, їх забарвлення за Грамом, а також біохімічних реакцій на здатність метаболізувати певні індикаторні субстрати.

Для визначення основних біохімічних характеристик ізольованих грам-негативних мікроорганізмів використовували оксидазний та додаткові біохімічні мікротести, що входять до тест-системи API. Тест на наявність цитохром-оксидази (оксидазний тест) був позитивний для всіх грам-негативних ізолятів, тоді як здатність до окислення та ферментації глюкози різнилась. Слід наголосити, що ізоляти CL1, IM1, CL2, IM3 мали здатність метаболізувати глюкозу тільки в аеробних умовах (O/F = +/-), натомість ізоляти IM2 та IM4 не мали здатності до оксидації та ферментації (O/F = -/-) (табл. 3).

За результатами тестів ізоляти CL1, IM1, CL2 та IM3 були віднесені до роду *Pseudomonas* sp., тоді як IM2 та IM4 — до *Alcaligenes* sp.

Ідентифікація грам-позитивних ізолятів засвідчила, що руйнівну дію на кломазон мають ізоляти, віднесені до родів *Streptomyces* sp. (CL3) та *Bacillus* sp. (CL4, CL5). Здатністю розкладати імізамокс володіє представник роду *Bacillus* sp. (IM5). Гліфосат-руйнівні властивості мали представники родів *Bacillus* sp. (GL1, GL2) та *Arthrobacter* sp. (GL3, GL4, GL5). Характерною особливістю бактерій родів *Bacillus* sp. (D1, D2, D5) та *Streptomyces* sp. (D3, D4) є здатність до розкладання 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти (табл. 4).

Оскільки тест-системи API® розроблено та призначено для вузькоспецифічної класифікації ряду патогенних мікроорганізмів з діагностичними цілями, база даних API® не містить необхідної інформації стосовно профілів ґрунтової мікрофлори. Тому ця тест-система використовувалась нами для визначення біохімічного профілю ізолятів, що надало змогу класифікувати мікроорганізми тільки до рівня роду. Подальші дослідження передбачають молекулярно-біологічні підходи, зокрема 16S рРНК-секвенування.

Таблиця 3

Результати попередніх тестів для ідентифікації грам-негативних ізолятів

Ізолят	Морфологічні ознаки	Забарвлення за Грамом	Активність			Попередній результат
			Оксидазна	Оксидазна/ ферментативна		
CL1	Палички	Gram-	+	+	–	<i>Pseudomonas</i> sp.
IM1	Палички	Gram-	+	+	–	<i>Pseudomonas</i> sp.
IM2	Палички	Gram-	+	–	–	<i>Alcaligenes</i> sp.
CL2	Палички	Gram-	+	+	–	<i>Pseudomonas</i> sp.
IM3	Палички	Gram-	+	+	–	<i>Pseudomonas</i> sp.
IM4	Палички	Gram-	+	–	–	<i>Alcaligenes</i> sp.

Таблиця 4

Результати попередніх тестів для ідентифікації грам-позитивних ізолятів

Ізолят	Морфологічні ознаки	Забарвлення за Грамом	Активність		Попередній результат
			Оксидазна	Каталазна	
CL3	Палички	Gram+	+	+	<i>Streptomyces</i> sp.
CL4	Споровмісні палички	Gram+	+	+	<i>Bacillus</i> sp.
CL5	Споровмісні палички	Gram+	+	+	<i>Bacillus</i> sp.
IM5	Палички	Gram+	+	+	<i>Bacillus</i> sp.
GL1	Споровмісні палички	Gram+	+	+	<i>Bacillus</i> sp.
GL2	Споровмісні палички	Gram+	+	+	<i>Bacillus</i> sp.
GL3	Палички	Gram+	–	+	<i>Arthrobacter</i> sp.
GL4	Палички	Gram+	–	+	<i>Arthrobacter</i> sp.
GL5	Палички	Gram+	–	+	<i>Arthrobacter</i> sp.
D1	Споровмісні палички	Gram+	+	+	<i>Bacillus</i> sp.
D2	Споровмісні палички	Gram+	+	+	<i>Bacillus</i> sp.
D3	Палички	Gram+	+	+	<i>Streptomyces</i> sp.
D4	Палички	Gram+	+	+	<i>Streptomyces</i> sp.
D5	Споровмісні палички	Gram+	+	+	<i>Bacillus</i> sp.

ВИСНОВКИ

У процесі скринінгу мікроорганізмів — потенційних деструкторів гербіцидів на основі імазамоксу, кломазону, гліфосату та 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти було виявлено та відібрано штами, толерантні до досліджуваних гербіцидів. Серед мікроорганізмів, стійких до дії імазамоксу, було ідентифіковано такі, як *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp. та *Bacillus* sp. Штами, то-

лерантні до кломазону, належать до родів *Pseudomonas* sp., *Streptomyces* sp. та *Bacillus* sp. Стійкими до гліфосату виявилися бактерії *Bacillus* sp. і *Arthrobacter* sp., а толерантними до 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти — *Bacillus* sp. та *Streptomyces* sp. Видова ідентифікація бактерій та дослідження їх потенційних властивостей щодо деградації гербіцидів стануть предметом подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тимчишин О.Р. Екологічні пріоритети у розвитку аграрного виробництва в умовах сталого розвитку сільських територій / О.Р. Тимчишин, Р.С. Грабовський // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. — 2004. — Т. 16, № 3 (60). — Ч. 5. — С. 221–227.
2. Управління ґрунтовими режимами / Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький, С.Ю. Булигін, Р.П. Богданович. — К.: В-во НУБіП України, 2017. — 368 с.
3. Оптимизация технологии биоремедиации сельскохозяйственных земель, загрязненных гербицидом «Гезагард» / В.В. Олискевич, Н.М. Талаловская, С.Э. Третьякова и др. // Известия Саратовского ун-та. — 2013. — Т. 13, Вып. 2. — С. 101–107. — (Серия: Химия. Биология. Экология).
4. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 309 с.

5. Исследование острой токсичности глифосата / С.Ю. Максимовских, Б.И. Кудрин, А.Н. Евдокимов, О.М. Плотникова // АПК России. — 2015. — № 72/1. — С. 102–105.
6. Электрохимическая деградация типичного гербицида / М.Д. Веденяпина, Е.Д. Стрельцова, Гутеррес Портила Джонни Вилард Фернандо, А.А. Веденяпин // Конденсированные среды и межфазные границы. — 2009. — Т. 11, № 2. — С. 111–113.

7. Мікроорганізми як деструктори та індикатори токсичності гетероциклічних сполук / А.Р. Сущко, О.М. Дуган, Л.Р. Журахівська, Н.Г. Марінцова // Львівська Політехніка. — 2016. — № 2. — С. 102–107.

REFERENCES

1. Tymchyshyn, O.R., & Hrabovskyi, R.S. (2004). Ekologichniy priorytety u rozvytku ahrarnoho vyrobnytstva v umovakh staloho rozvytku silskykh terytorii [Environmental priorities in the development of agricultural production in a sustainable rural development]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinarynoi medytsyny ta biotekhnologii imeni S.Z. Hzhyskoho* — Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 16, 3, 60, 5, 221–227 [in Ukrainian].
2. Petrenko, L.R., Vitvytskyi S.V., Bulyhin S.Yu., & Bohdanovych R.P. (2017). *Upravlinnia gruntovymy rezhymamy* [Management of soil modes]. Kyiv: Vydavnytstvo Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy [in Ukrainian].
3. Olishevich, V.V., Talalovskaia, N.M., Tretiakova S.E. et al. (2013). Optimizatsiia tekhnologii bioremediatsii selskokhoziaistvennykh zemel, zagriaznennykh gerbitsidom «Gezagard» [Optimization technology bioremediation agricultural land of contaminated of herbicide «Gezagard»]. *Izvestiia Saratovskogo universiteta* — News of Saratovs University, 13, 2, 101–107 [in Russian].
4. Zviagintcev, D.G. (1991). *Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moskva: Izdatelstvo Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta [in Russian].
5. Maksimovskikh, S.Iu., Kudrin, B.I., Evdokimov, A.N., & Plotnikova, O.M. (2015). Issledovanie ostroi toksichnosti glifosata [Investigation of the acute glyphosate toxicity]. *Agrarno-promyshlennyi kompleks Rossii* — Russian agribusiness industry, 72, 1, 102–105 [in Russian].
6. Vedeniagina, M.D., Streltcova, E.D., Guterres Portila Dzhonni Vilard Fernando, & Vedeniagin, A.A. (2009). Elektrokhimicheskaia degradatsiia tipichnogo gerbitsida [Electrochemical degradation of the typical herbicide]. *Kondensirovannyye sredy i mezhfaznye granitsy* — Condensed matter and interphases, 11, 2, 111–113 [in Russian].
7. Sushko, A.R., Duhan, O.M., Zhurakhivska, L.R., & Marintsova, N.H. (2016). Mikroorhanizmy yak destruktory ta indykatory toksychnosti heterotsyklichnykh spolk [Microorganisms as a destructors and indicators of toxicity of heterocyclic compounds]. *Lvivska Politekhnikha* — Lviv Polytechnic National University, 2, 102–107 [in Ukrainian].

УДК 502:620.3:595.3

ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ Nb-ВМІСНИХ НАНОКОМПЗИТІВ НА ОСНОВІ САПОНІТУ НА *DAPHNIA MAGNA*

М.В. Савчук, М.Ф. Стародуб

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Досліджено морфологію новосинтезованих Nb-вмісних нанокмпозитів на основі сапоніту та їх вплив, у т.ч. основного складового нанорозмірного SiO_2 , на розвиток *Daphnia magna*. Висвітлено, що нанокмпозити є пористими, за умов розчинення вони аломерують у більшій структурі з розміром 40–100 нм. Встановлено, що за дії нанокмпозитів у діапазоні концентрацій 150–300 мг/л летальних та морфологічних змін *D. magna* не було зафіксовано, а їх репродуктивна функція залишалася на рівні контролю. В діапазоні концентрацій 150–600 мг/л наноматеріал SiO_2 зумовлював зростання смертності ракоподібних до 57%, а репродуктивна функція їх у таких умовах знижувалась.

Ключові слова: нанокмпозити, сапоніт, наночастинки, *Daphnia magna*, токсичність.

Нині нанотехнології дедалі більше застосовуються у різних галузях, створюючи

підґрунтя для нових напрямів технологічного розвитку людства. Застосування наноматеріалів у промисловості, медицині та сільському господарстві відкриває нові

можливості та перспективи [1, 2]. Але поряд з позитивними властивостями ці матеріали також спричиняють небезпечність, оскільки своїми незначними розмірами можуть проникати у тканини та викликати токсичні ефекти у живих організмах різних токсонімічних груп. Дослідження токсичності наноматеріалів відбуваються з використанням різних видів тест-об'єктів: водоростей, рослин, бактерій, грибів, ракоподібних тощо, результати яких неодноразово підтвердили небезпеку цих нових матеріалів стосовно живих організмів [3, 4]. Чутливим біотестом щодо різних речовин хімічної природи є ракоподібні *Daphnia magna* [5]. Було доведено [6] інгібувальну дію металів та наноматеріалів [4] на репродуктивну функцію цих особин: зростання періоду їх ембріонального розвитку, зниження чисельності популяції, сповільнення швидкості статевого дозрівання.

Важливим є вивчення впливу новосинтезованих наноматеріалів на біологічні об'єкти різних рівнів організації, зокрема під час аналізу стану субклітинного, клітинного та популяційного рівнів усього організму перед рекомендаціями щодо їх використання [7, 8].

Метою нашого дослідження було оцінити вплив різних концентрацій новосинтезованих наноконкомпозитів на основі сапоніту та їх складової наночастинки SiO_2 на розвиток популяцій *D. magna* за показниками виживаності та розмноження.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліджували вплив низки новосинтезованих Nb-вмісних наноконкомпозитів на основі сапоніту, а саме: Saponite (H); Nb-Saponite (Cl) і Nb-Saponite (Et) та їх складової — наночастинки SiO_2 на розвиток *D. magna*. Новостворені наноматеріали було надано в рамках проекту NATO № NUKR.SFP 984481 науково-дослідним інститутом молекулярних технологій м. Мілану (Італія). Морфологію наноконкомпозитів вивчали методом сканувальної електронної мікроскопії (СЕМ) за допомогою Leo 1550 Gemini SEM, при напрузі 10–20 кВ і стандартному значенні діафраг-

ми 30 мкм. Зразки наноконкомпозитів наносили тонким шаром на кремнієву платинку, після чого здійснювали вимірювання.

Вплив наноматеріалів на *D. magna* визначали за стандартними методиками, затвердженими як національні стандарти України, які в модифікованій формі відповідають міжнародним — ISO 6341:1996 і ISO 10706:2000. Культивування *D. magna* здійснювали у синтетичній прісній воді середньої жорсткості (контроль) та із додаванням наноматеріалів у концентраціях 150–600 мг/л [8]. Дафній експонували у хімічних стаканах, поміщаючи по 10 особин у кожний. Експерименти проводили в трьох повторностях. Температуру води підтримували у межах $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Фотоперіод налічував темнову і світлову фази впродовж 16 і 8 год відповідно. Дослідні розчини не аерували, а *D. magna* витримували в них упродовж 96 год. Під час оцінки гострої токсичності наноматеріалів (тривалістю 96 год) облік показників стану *D. magna* проводили через 1, 24, 48, 72, 96 год, живими вважалися особини, які пересувалися у водній товщі або спливали з дна ємності не пізніше, ніж через 15 с після легкого збовтування. Критерієм гострої та хронічної токсичності була загибель 50% і більше особин та достовірне зменшення плодючості за 21 добу в досліді порівняно з контролем відповідно [9–11].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Морфологію наноконкомпозитів вивчали методом сканувальної електронної мікроскопії. Цей метод надає можливість досліджувати і визначати поверхневу структуру мікрооб'єкта шляхом аналізу відбитого «електронного зображення».

Отже, зразки Saponite (H) є пористими, а за умов розчинення вони агрегували у більші пористі фракції, залишаючись пористими, з розміром пор на рівні 100 нм, що свідчить про значну площу їх активної поверхні (рис. 1, а).

Наноконкомпозит на основі сапоніту Nb-Saponite (Et) має вигляд лусочок (рис. 1, б), який під час розчинення агрегував до більших структур, і його розмір визна-

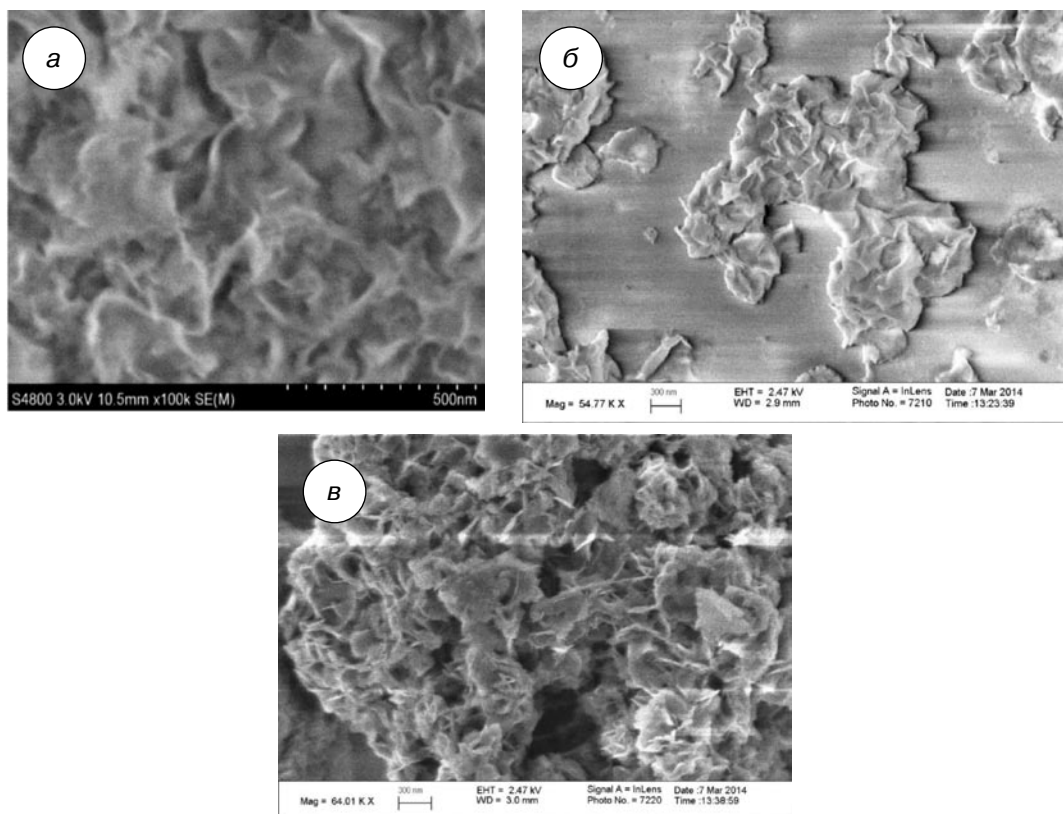


Рис. 1. Морфологія нанокompозитів: а) Saponite (H), лінійка — 500 нм; б) Nb-Saponite (Et), лінійка — 300 нм; в) Nb-Saponite (Cl), лінійка — 300 нм

часться у межах 40–80 нм. Морфологія поверхні наноматеріалу свідчить, що він має значні адсорбційні властивості, оскільки порошок добре агрегує з утворенням більших структур та має пористу поверхню.

Нанокompозит на основі сапоніту Nb-Saponite (Cl), аналогічно попереднім двом, агрегував у більші структури з окремих лусочок та наночастинок (рис. 1, в). Такий агрегат складається з компонентів, розміри яких варіюють у межах 50–100 нм. Указаний композит, окрім значної площі активної поверхні, має утворення фрактальних кристалів, що може пояснюватися вмістом у ньому іонів Cl^- .

Результати досліджень щодо виживання *D. magna* у синтетичній воді з додаванням наноматеріалів за 96-годинної експозиції

наведено в таблиці. У процесі оцінювання нанокompозитів на основі сапонітів на виживаність популяцій *D. magna* у діапазоні концентрацій 150–300 мг/л летальних та морфологічних змін не було зафіксовано. За збільшення концентрацій нанокompозитів до 600 мг/л летальний ефект досягав близько 7%.

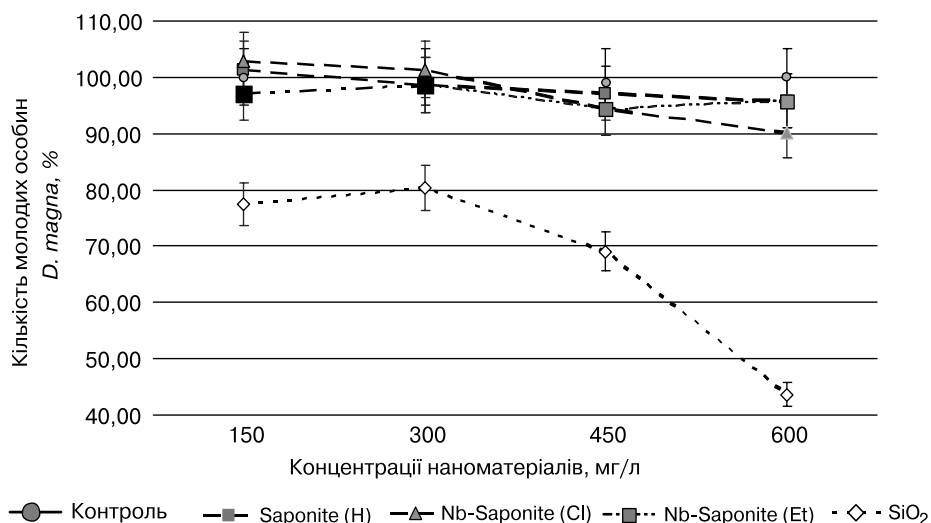
У діапазоні концентрацій наноматеріалу з SiO_2 у межах 150–600 мг/л спостерігалося зростання смертності *D. magna* до 57%, до того ж летальний ефект спостерігався після 24-годинної їх інкубації.

Результати досліджень щодо розмноження *D. magna* у синтетичній прісній воді з додаванням наноматеріалів наведено на рис. 2.

Проаналізувавши отримані дані слід відзначити, що новосинтезовані нано-

Оцінка гострої токсичності наноматеріалів на виживання *Daphnia magna*

Варіант	Концентрація наноматеріалів, мг/л	Вживання особин (%)				Смертність особин (%)
		Тривалість експозиції, год				
		24	48	72	96	
Контроль	–	100	100	100	100	0
Saponite (H)	150	100	100	100	100	0
	300	100	100	100	100	0
	450	100	100	100	100	0
	600	100	100	97	97	3,3
Nb-Saponite (Cl)	150	100	100	100	100	0
	300	100	100	100	100	0
	450	100	97	97	97	3,3
	600	100	97	93	93	6,7
Nb-Saponite (Et)	150	100	100	100	100	0
	300	100	100	100	100	0
	450	100	100	100	100	0
	600	100	100	97	93	6,7
SiO ₂	150	93	83	80	80	20
	300	87	77	73	70	30
	450	83	53	53	53	47
	600	67	47	47	43	57

Рис. 2. Оцінка впливу наноматеріалів на репродуктивну функцію *Daphnia magna*

композити в діапазоні концентрацій 150–300 мг/л не спричиняли токсичної дії на репродуктивність самок *D. magna*. Унаслідок застосування нанокompозитів Saponite (H), Nb-Saponite (Cl) та Nb-Saponite (Et) у концентрації 600 мг/л кількість молодих особин зменшувалась порівняно з контролем на 4,2, 9,9 та 4,2% відповідно.

Особливо слід звернути увагу на наноматеріал SiO_2 , оскільки за його дії на материнські особини *D. magna* їх репродуктивна функція зменшувалась пропорційно збільшенню концентрацій вказаного композиту. До того ж найменшу кількість молодих особин *D. magna* зафіксовано за дії наноматеріалу SiO_2 в концентрації 600 мг/л — відповідний показник знижувався на 56,3% порівняно з контролем.

Вивчення впливу нанокompозитів, що містили нанорозмірний матеріал SiO_2 , на

рівні популяцій *D. magna* підтвердило безпечність їх використання, на відміну від дії самого наноматеріалу SiO_2 . Очевидно, це обумовлено різницею в концентраціях нанокремнію та його розмірах, оскільки в складі нанокompозиту він агломерує до більших розмірів і через це втрачає свої токсичні властивості.

ВИСНОВКИ

Результати досліджень фізіологічного стану *D. magna* за дії нанокompозитів свідчать, що у діапазоні концентрацій 150–300 мг/л летальних та морфологічних змін не було зафіксовано, а їх репродуктивна функція залишалась на рівні контролю. У діапазоні 150–600 мг/л наноматеріал SiO_2 зумовлював зростання смертності цього типу особин до 57%, а репродуктивна функція їх зменшувалась пропорційно збільшенню його концентрації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Онищенко Г.Г. Концепция токсикологических исследований, методология оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов [Електронний ресурс] / Г.Г. Онищенко. — Режим доступу: <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/kontseptsiyatoksikologicheskikh-issledovaniy-nanomaterialov>
2. Проданчук Н.Г. Нанотоксикология: состояние и перспективы исследований / Н.Г. Проданчук, Г.М. Балан // Современные проблемы токсикологии. — 2009. — № 3–4. — С. 4–18.
3. Nanoparticles: structure, properties, preparation and behaviour in environmental media / P. Christian, F. Von der Kammer, M. Baalousha, T. Hofmann // Ecotoxicology. — 2008. — Vol. 17. — P. 326–343.
4. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO_2 to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus* / M. Heijlaan, A. Ivask, I. Blinova et al. // Chemosphere. — 2008. — Vol. 71. — P. 1308–1316.
5. Anderson B.G. The Apparent Thresholds of Toxicity to *Daphnia magna* for Chlorides of Various Metals When Added to Lake Erie / B.G. Anderson // Water Transactions of the American Fisheries Society. — 1950. — Vol. 78, Issue 1. — P. 96–111.
6. Злацький І.А. Особливості впливу іонів Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} на продукційні показники окремих гідробіонтів та їх популяцій: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / І.А. Злацький; Нац. акад. наук України, Ін-т колоїд. хімії та хімії води ім. А.В. Думанського. — К., 2012. — 19 с.
7. Joh D.Y. Single-walled carbon nanotubes as excitonic optical wires / D.Y. Joh // Nature nanotechnology. — 2011. — Vol. 6 (1). — P. 51–56.
8. Синтез и биомедицинские применения нанодисперсного диоксида цезия: учеб. пос. / А.Б. Шербаков, О.С. Иванова, Н.Я. Сливак и др. — Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. — 476 с.
9. Біотестування нанопрепаратів з врахуванням особливостей їх впливу на нецільові об'єкти природних екосистем: Науково-методичні рекомендації / Н.А. Макаренко та ін.; за ред. д-ра с.-г. наук, проф. Н.А. Макаренко. — К.: НУБіП України, 2015. — 26 с.
10. Александрова В.В. Применение метода биотестирования в анализе токсичности природных и сточных вод (на примере Нижневартовского района Тюменской области): учеб. пос. / В.В. Александрова. — Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского гос. гуманитарного ун-та, 2009. — 92 с.
11. Якість води. Визначення детальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera*, *Crustacea*): (ISO 6341:1996, MOD) ДСТУ ISO 4173:2003. — [Чинний від 2004–07–07]. — К.: Держспоживстандарт України, 2004. — 17 с. — (Національний стандарт України).

REFERENCES

1. Onishchenko, G.G. Kontseptciia toksikologicheskikh issledovani, metodologiiia otcenki riska, metodov identifikatsii i kolichestvennogo opredeleniia nanomaterialov [Concept of toxicological research, methodology of risk assessment, methods of identification and quantitative determination of nanomaterials]. *www.nanonewsnet.ru*. Retrieved from <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/kontsept-siyatoksikologicheskikh-issledovani-nanomaterialov> [in Russian].
2. Prodanchuk, N.G. & Balan, G.M. (2009). Nanotoksikologii: sostoianie i perspektivy issledovani [Nanotoxicology: the state and perspectives of researches]. *Sovremennye problemy toksikologii — Modern problems of toxicology*, 3, 4, 4–18 [in Ukrainian].
3. Christian, P., Von der Kammer, F., & Hofmann, T. (2008). Nanoparticles: structure, properties, preparation and behaviour in environmental media. *Eco-toxicology*, 17, 5, 326–343 [in English].
4. Heinlaan, M., Ivask, A., & Kahru, A. (2008). Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*. *Chemosphere*, 71, 7, 1308–1316 [in English].
5. Anderson, B.G. (1950). The apparent thresholds of toxicity to *Daphnia magna* for chlorides of various metals when added to Lake Erie water. *Transactions of the American Fisheries Society*, 78, 1, 96–113 [in English].
6. Zlatskyi, I.A. (2012). Osoblyvosti vplyvu ioniv Cu²⁺, Pb²⁺, Ni²⁺, Cd²⁺ na produktsiini pokaznyky okremykh hidrobiontiv ta yikh populatsii [Peculiarities of the influence of Cu²⁺, Pb²⁺, Ni²⁺, and Cd²⁺ ions on the production indices of individual hydrobionts and their populations]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Joh, D.Y. (2011). Single-walled carbon nanotubes as excitonic optical wires. *Nature nanotechnology*, 6, 1, 51–56 [in English].
8. Shcherbakov, A.B., Ivanova, O.S. & Ivanov, V.K. (2016). Sintez i biomedizinskie primeneniya nanodispersnogo dioksida theria [Synthesis and biomedical applications of nanodispersed cerium dioxide]. Tomsk: Izdatelstvo dom tomscoho gosudarsvennogo universiteta [in Russian].
9. Makarenko, N.A. et al. (2015). *Biotestuvannia nanopreparativ z vrakhuvanniam osoblyvostei yikh vplyvu na netsilovi obiekty pryrodnykh ekosystem: Naukovo-metodychni rekomendatsii* [Biotesting of nanoparticles taking into account the peculiarities of their influence on non-target objects of natural ecosystems: Scientific and methodical recommendations]. N.A. Makarenko (Ed.). Kyiv: NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
10. Aleksandrova, V.V. (2009). *Primenenie metoda biotestirovaniia v analize toksichnosti prirodnykh i stochnykh vod: na primere Nizhnevartovskogo raiona Tiimenskoi oblasti* [Application of biotesting method in the analysis of toxicity of natural and sewage waters: on an example of the Nizhnevartovsk district of the Tyumen region]. Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevartovskogo gos. humanitarnogo un-ta [in Russian].
11. Iakist vody. Vyznachennia detalnoi toksychnosti na *Daphnia magna* Straus ta *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera*, *Crustacea*) [Water quality. Determination of the specific toxicity of *Daphnia magna* Straus and *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera*, *Crustacea*)]. (2004). *HOST (ISO 6341:1996, MOD) DSTU ISO 4173:2003 from July 07, 2004*. — Kyiv: State consumer standard of Ukraine [in Ukrainian].

КОРЕНЕВА СИСТЕМА СОЇ ЗА ДІЇ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM*

І.І. Гуменюк, С.Ю. Грузінський, І.С. Бровко, Я.В. Чабанюк

Інститут агроекології і природокористування НААН

Проаналізовано кореневу систему рослин сої, оброблених інокулянтном Ризоактив Р, та тих, на яких спостерігалось утворення бульбочок аборигенними расами азотфіксуювальних бактерій симбіонтів сої. Встановлено, що передпосівна інокуляція позитивно впливає на розвиток рослин за різних погодних умов. Варіант з передпосівною бактеризацією характеризувався вдвічі більшою кількістю бульбочок упродовж першого року досліджень та в 1,5 раза — протягом наступного року. Доведено позитивний вплив препарату на формування та розвиток нодуляційного апарату рослин, а також збільшення адсорбуючої поверхні коренів на 43% порівняно з варіантом без бактеризації.

Ключові слова: *Glycine max*, *Bradyrhizobium japonicum*, соя, бульбочкові бактерії, нодуляційний апарат, адсорбуюча поверхня кореня.

Активний розвиток кореневої системи рослин сприяє ефективному поглинанню поживних елементів з більш глибоких шарів ґрунту, а також тих, що перебувають у важкодоступній формі. Однією з найважливіших властивостей кореня є адсорбуюча (поглинальна) поверхня, що здатна пропускати поживні речовини, які містяться у ґрунті та є у безпосередньому контакті з ним, і може істотно зростати завдяки утворенню корневих волосків [1].

Поглинання розчинених компонентів ґрунту є прямопропорційним обміну речовин, що ним і визначається. Забезпечення рослин поживними сполуками залежить від розмірів кореневої системи, а також від швидкості поглинання, оскільки елементи мінерального живлення проходять через поверхню коренів [2].

Повноцінний розвиток кореневої системи сприяє формуванню активного симбіотичного апарату сої, що своєю чергою забезпечує рослину основною частиною необхідного їй азоту та ефективним перебігом процесу біологічної фіксації цього елемента з атмосфери. Невід'ємним елементом технології її вирощування є використання високоефективних інокулянтів, основу яких становлять азотфіксуювальні бактерії — *Bradyrhizobium japonicum*.

Тому метою роботи було встановити вплив *B. japonicum* на формування кореневої системи, а саме — на утворення симбіотичного апарату сої та показник адсорбційної поверхні кореня.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили впродовж 2016–2017 рр. на дослідному полі відділу агроекології і біобезпеки Інституту агроекології і природокористування НААН (Хмельницький р-н, Вінницька обл.), тип ґрунту — чорнозем типовий глибокий, середньосуглинковий на карбонатному лесі, вміст гумусу (за Тюрнімом) — 4,25%; гідролізованого N (за Корнфільдом) — 124,25; рухомих P_2O_5 та K_2O (за Чиріковим) — 126 та 119 мг/кг ґрунту відповідно. Реакція ґрунтового розчину — близька до нейтральної (pH = 6,65). Попередником була соя (*Glycine max* (L.) Merrill). Передпосівну обробку насіння сої проводили безпосередньо у день посіву препаратом Ризоактив Р, з нормою витрат 2 л/т насіння. Використовували сою сорту Моравія (входить до «Рестру сортів рослин України» з 2011 р.).

Варіанти досліду: 1. Без бактеризації (контроль); 2. Бактеризація (препарат Ризоактив Р). Зразки відбирали у фазу бутонізації рослин. Біометричні показники рослин (довжину коренів, кількість утворених бульбочок) визначали за загальноприй-

нятими методиками [3]. Надземну масу рослин та масу коренів, масу бульбочок визначали ваговим методом. Закладку польових досліджень, спостереження, обліки та відбір проб проводили у відповідності з методикою проведення польових дослідів за Доспеховим [4].

Визначення загальної адсорбуючої поверхні коренів здійснювали у спосіб колометриї методом Сабініна — Колосова. Як адсорбат використовували розчин барвника (метиленовий синій) [5]. Оптичну щільність розчинів вимірювали на фотоелектроколориметрі PG INSTRUMENTS T60 UV-Visible (Великобританія).

Нітрогеназну активність бульбочок сої визначали ацетилен-редуктазним методом та виражали у кількості мікромолів C_2H_4 на 1 рослину за 1 годину; вимірювання проводили на хроматографі Chrom-4 [6].

Статистичну обробку результатів досліджень, розрахунок стандартного відхилення та найменшої істотної різниці виконували з використанням стандартних комп'ютерних програм Statistica 10; Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати дослідження засвідчили, що в польових умовах за недостатньої кількості опадів у варіанті з бактеризацією насіння сої препаратом Ризоактив Р спостерігалось підвищення фактично усіх до-

сліджених показників вегетації. Так, довжина та маса кореня рослин сої зростала у 1,29 та 1,4 раза відповідно порівняно з варіантом, де інокулянт не застосовувався (табл. 1).

Кількість бобів становила 21,3 од./рослину, що переважало відповідний показник контрольного варіанта в 1,26 раза, однак маса бобів у цьому разі дещо зменшувалась. Можна зробити припущення, що через низьку кількість опадів у вегетаційний період 2016 р. підземна частина рослини розвивалась краще, ніж надземна, завдяки компенсаторним властивостям, якими володіє соя. Крім того, отримані дані підтверджують заявлений набір характеристик цього сорту, а саме — стійкість до посухи. Літературні дані свідчать, що за недостатньої кількості вологи коренева система рослин продовжувала активно розвиватись [7].

Погодні умови 2017 р. характеризувалися задовільною кількістю опадів та зволоження. У варіанті з передпосівною бактеризацією препаратом Ризоактив Р кількість бобів збільшувалася в 1,37 раза, тоді як маса залишалася на тому самому рівні, що і на контролі.

Отже, як в умовах засушливого року, так і року із задовільною кількістю опадів передпосівна обробка насіння сої *B. japonicum* сприяла кращому розвитку підземної частини рослин.

Таблиця 1

Показники вегетації рослин сої (2016–2017 рр.)

Варіант	Довжина кореня, см	Маса кореня, г (а.с.р.)*	Кількість бобів од./рослину	Маса бобів, г
2016				
Контроль (без бактеризації)	16,5±0,6	4,53±0,7	16,9±1,2	3,45±0,3
Ризоактив Р	20,3±1,1	6,35±0,8	21,3±0,6	8,84±0,4
2017				
Контроль (без бактеризації)	14,25±0,8	5,7±0,7	18,2±0,6	8,21±0,4
Ризоактив Р	18,45±1,2	7,3±1,1	25,1±1,5	9,16±0,7

Примітка: *а.с.р. — абсолютно суха речовина.

Результати дослідження кореневої системи у варіантах з інокуляцією рослин сої *B. japonicum* (препарат Ризоактив Р) та без її застосування засвідчили формування функціонального симбіотичного апарату культури. Тому можна зробити припущення, що він був створений расами бульбочкових бактерій, наявними у ґрунті. Можливо, досліджуваний сорт культури виявився комплементарним до деяких аборигенних штамів ризобій, що і посприяло формуванню ефективної симбіотичної системи [8].

Зауважимо, що у цьому аспекті необхідним є постійний пошук, щорічний добір та поновлення не лише сортів сої, але й азотфіксувальних бактерій — симбіонтів культури, які можуть реагувати на кореневі виділення рослини утворенням функціональних бульбочок.

Проведені нами дослідження засвідчили, що за різних погодних умов (2016–2017 рр.) бактеризація насіння позитивно впливала на формування та розвиток нодуляційного апарату рослин сої і, як наслідок, сприяла його активному функціонуванню.

Результати порівняння показників нодуляційного апарату рослин, оброблених препаратом на основі *B. japonicum*, із рослинами без такої обробки засвідчили його активне функціонування в обох варіантах досліді. Варіант з передпосівною бактеризацією характеризувався вдвічі більшою кількістю бульбочок упродовж першого року та в 1,5 раза — протягом другого

року досліджень порівняно з контролем (рис. 1).

Схожа тенденція спостерігалась і з показником маси бульбочок, утворених на коренях рослин у варіанті із бактеризацією *B. japonicum*.

Можна зробити висновок, що штамми, які входять до складу біологічного препарату бульбочкових бактерій, є високоефективними, селекціонованими, більш адаптованими до широкого спектра сортів.

Також нами зафіксовано збільшення кількості бульбочок упродовж 2017 р. (в умовах задовільної кількості опадів), утворених аборигенними расами бактерій сої, що у 2,5 раза більше порівняно із засушливим 2016 р. Це може свідчити про їх швидку активізацію у ґрунті впродовж періоду досліджень, що також підтверджується літературними даними [9].

Поряд з тим спостерігалось утворення активного симбіотичного апарату рослин сої місцевих популяцій ризобій — бульбочки на зламі мали червоне забарвлення. Неінокульовані рослини характеризувались меншою кількістю утворених бульбочок, але вони були значно більшими та відрізнялися формою поверхні.

У рік із задовільним зволоженням в обох варіантах досліді розміщення бульбочок сої було більш-менш рівномірним на всій площі кореня. Обробка препаратом на основі бульбочкових бактерій *B. japonicum* сприяє підвищенню розвитку симбіотично-

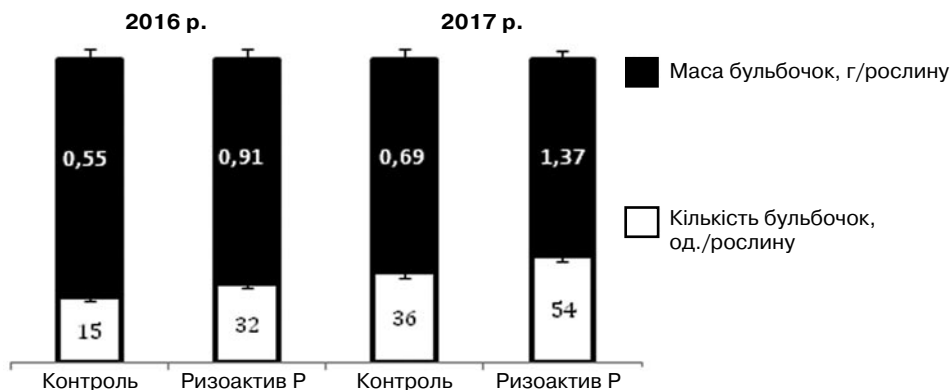


Рис. 1. Нодуляційний апарат рослин сої

го апарату рослин як за недостатньої кількості опадів, так і в умовах задовільного зволоження.

Слід зауважити, що під час розвитку нодуляційного апарату сої в умовах недостатнього зволоження у варіанті із застосуванням інокулянту його формування відбувалося на базальному корені, а у варіанті із потраплянням локальних популяцій ризобій бульбочки розміщувалися на бічних коренях, можливо, унаслідок того, що склад ґрунту та кількість вологи не давали змогу потрапити їм саме на центральний корінь [10].

Дослідження функціонування симбіотичного апарату сої засвідчило, що за дії інокулянту відзначалося підвищення нітрогеназної активності під час вегетаційного періоду впродовж 2016 р. із низькою кількістю опадів на 24% порівняно з контролем. В умовах задовільного зволоження 2017 р. спостерігалася подібна ситуація з аборигенними расами бульбочкових бактерій сої — відбувалася їх активізація (рис. 2) [11].

У варіанті із бактеризацією препаратом Ризоактив Р, у якому містяться активні штами бульбочкових бактерій, упродовж року із задовільною кількістю опадів (2017 р.) цей показник становив 2,2 мкмоль C_2H_4 /рослину-год, а у варіанті без бактеризації — 2,1 мкмоль C_2H_4 /рослину-год.

Нами було зафіксовано, що рівень активності функціонування симбіотичного апарату сої, утвореного активними штамами азотфіксуювальних бактерій культури, лише незначно перевищував відповідний показник варіанта з аборигенними расами бактерій, що може свідчити про існування у ґрунті конкурентоздатної місцевої популяції ризобій.

Так, незважаючи на велику кількість інокулянтів на ринку України, необхідно вести постійний пошук та селекцію нових штамів бульбочкових бактерій сої, про що свідчать отримані дані щодо існування у ґрунті популяцій бульбочкових бактерій з корисними агрономічними

показниками, які постійно змінюються і набувають нових позитивних властивостей для введення їх до складу сучасних препаратів.

Важливим і найбільш переконливим показником розвитку кореневої системи є адсорбуюча або поглинальна поверхня кореня.

Аналіз поглинальної поверхні коренів рослин сої за дії азотфіксуювальних бактерій, незважаючи на контрастні погодні умови, засвідчив формування потужної кореневої системи, від розмірів якої залежить кількість поживних речовин, тобто елементів мінерального живлення, що проходять через її поверхню.

Інокулянт Ризоактив Р навіть в засушливих умовах 2016 р. сприяв формуванню значної адсорбуючої поверхні кореня рослин, яка на 43% переважала відповідний показник контрольного варіанта (рис. 3).

В умовах 2017 р. із задовільною кількістю опадів ефективні штами *B. japonicum* у складі препарату демонстрували схожу тенденцію розвитку адсорбуючої поверхні кореневої системи сої. Своєю чергою, за застосування препарату на основі бульбочкових бактерій сої адсорбуюча поверхня коренів рослин становила 1,45 м² і переважала на 19% відповідний показник контрольного варіанта. В умовах нестачі вологи

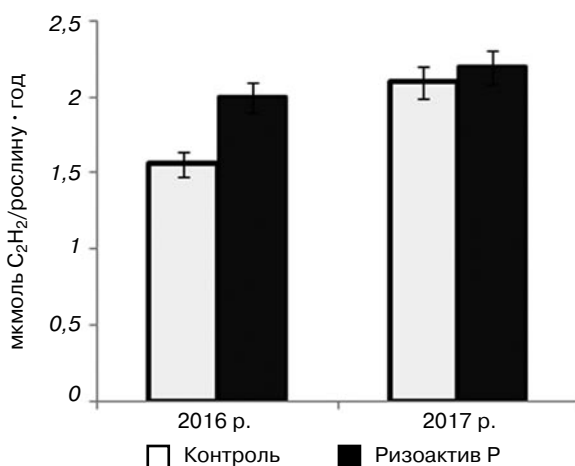


Рис. 2. Нітрогеназна активність бульбочок сої

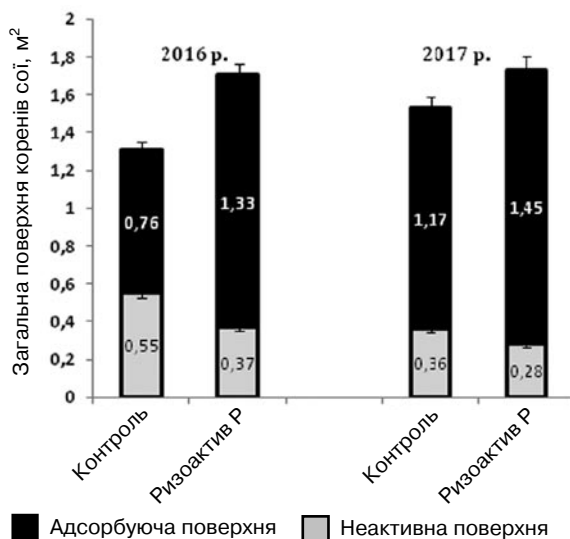


Рис. 3. Адсорбуюча поверхня коренів

(2016 р.) у контрольному варіанті адсорбуюча поверхня кореня була невисокою (0,76 м²), проте за задовільної кількості опадів (2017 р.) за дії локальних популяцій ризобій відбувалася їх активізація, вказаний показник зростав у 1,5 раза.

Так, препарати азотфіксуючих бактерій не лише формують активний симбіотичний апарат та сприяють фіксації азоту, а й позитивно впливають на адсорбуючу поверхню кореня. Показники врожайності та якості насіння сої збільшувались (табл. 2).

Так, у варіанті із передпосівною бактеризацією сої препаратом Ризоактив Р

урожайність культури становила 2,61 т/га в умовах 2016 р. з недостатньою кількістю опадів. За задовільного зволоження у 2017 р. урожайність сої у цьому варіанті дослідів була на рівні 2,87 т/га. Тобто прибавка врожаю становила 24%.

В умовах недостатнього зволоження 2016 р. уміст білка у насінні інокльованої сої зріс на 5,4%, а за задовільного зволоження 2017 р. — на 8,7% порівняно з контрольним варіантом відповідно.

ВИСНОВКИ

Передпосівна іноклюація позитивно впливає на розвиток рослин за різних погодних умов. Так, за використання високоактивного іноклюанту сої Ризоактив Р на основі трьох штамів

B. japonicum було сформовано активний азотфіксуючий апарат сої. Упродовж 2016–2017 рр. біометричні показники рослин сої (довжина кореня та маса кореня) збільшилися у 23,0–29,5 та 28,1–40,2% відповідно.

Бульбочкові бактерії *B. japonicum* у складі іноклюанту Ризоактив Р сприяють збільшенню адсорбуючої поверхні коренів у 1,75 та 1,24 раза в роки з недостатнім та задовільним зволоженням відповідно. Ефективний симбіоз взаємодії *B. japonicum* з соєю дає змогу забезпечити рослину усіма поживними компонентами, сформу-

Таблиця 2

Урожайність насіння сої (за 2016–2017 рр.)

Варіант	Урожайність, т/га	Уміст білка, %	Уміст олії, %
2016 р.			
Контроль (без бактеризації)	1,86	36,9	20,2
Ризоактив Р	2,61	38,9	20,5
НІР ₀₅	0,16	0,41	0,28
2017 р.			
Контроль (без бактеризації)	2,31	38,1	20,4
Ризоактив Р	2,87	41,4	20,5
НІР ₀₅	0,11	0,56	0,36

вати потужну кореневу систему і, зрештою, отримати прибавку врожайності культури

на рівні 0,56–0,75 т/га порівняно з контролем в умовах обох років досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Bengough A.G.* Root hairs improve root penetration, rootsoil contact, and phosphorus acquisition in soils of different strength / A.G. Bengough, I.M. Young, R.E. Haling // *Journal of Experimental Botany*. — 2013. — Vol. 64, Issue 12. — P. 3711–3721.
2. Root isoflavonoids and hairy root transformation influence key bacterial taxa in the soybean rhizosphere / L.J. White, X. Ge, V.S. Brözel, S. Subramanian // *Environmental Microbiology*. — 2017. — Vol. 19, Issue 4. — P. 1391–1406.
3. Большой практикум по физиологии растений / И.А. Чернавина, Н.Г. Потапов, Л.Г. Косулина, Т.Е. Кренделева. — М.: Высш. школа, 1978. — 408 с.
4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
5. *Колосов И.И.* Поглотительная деятельность корневых систем / Н.Н. Колосов. — М.: АН СССР, 1962. — 389 с.
6. *Hardy R.W.F.* Application of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation / R.W.F. Hardy, R.C. Burns, R.D. Holsten // *Soil. Biol. Biochem.* — 1973. — Vol. 5, No. 1. — P. 41–83.
7. *Головина Е.В.* Влияние погодных условий на фотосинтетическую деятельность и зерновую продуктивность сортов сои северного экотипа / Е.В. Головина, В.И. Зотиков // *Земледелие*. — 2012. — № 5. — С. 44–46.
8. *Тильба В.А.* Особенности формирования симбиотического аппарата у среднеспелых сортов сои на выщелоченном чернозёме Краснодарского края: Масличные культуры / В.А. Тильба // *Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. — 2017. — Вып. 4 (172). — С. 72–78.
9. Do soybeans select specific species of *Bradyrhizobium* during growth? / A. Sugiyama, Y. Ueda, H. Takase, K. Yazaki // *Communicative & Integrative Biology*. — 2015. — Vol. 8, Issue 1. — P. 33–41.
10. *Сидорова К.К.* Симбиотическая азотфиксация: генетические, селекционные и эколого-агрохимические аспекты / К.К. Сидорова, В.К. Шумный, В.М. Назарюк. — Новосибирск.: Гео, 2006. — 134 с.
11. *Толкачев Н.З.* Координированная селекция клубеньковых бактерий и бобовых растений — генетическая основа высокоэффективного бобово-ризобияльного симбиоза / Н.З. Толкачев // *Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье: XI Междунар. симпозиум*. — Симферополь, 2002. — С. 478–480.

REFERENCES

1. Bengough, A.G., Young, I.M., Haling, R.E., Brown, L.K., Hallett, P.D., White, P.J. et al. (2013). Root hairs improve root penetration, rootsoil contact, and phosphorus acquisition in soils of different strength. *Journal of Experimental Botany*, 64, 12, 3711–3721 [in English].
2. White, L.J., Ge, X., Brözel, V.S., Subramanian, S. (2017). Root isoflavonoids and hairy root transformation influence key bacterial taxa in the soybean rhizosphere. *Environmental Microbiology*, 19, 4, 1391–1406 [in English].
3. Chernavina, I.A., Potapov, N.G., Kosulina, L.G., Krendeleva, T.E. (1978). *Bolshoi praktikum po fiziologii rastenii* [A large workshop on plant physiology]. Moskva: Vysshaya shkola [in Russian].
4. Dospheov, B.A. (1973). *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique]. Moskva: Kolos [in Russian].
5. Kolosov, I.I. (1962). *Poglotitel'naya deiatel'nost' kornevyykh sistem* [Absorption activity of root systems]. Moskva: AN SSSR [in Russian].
6. Hardy, R.W.F., Burns, R.C., Holsten, R.D. (1973). Application of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil. Biol. Biochem.*, 5, 1, 41–83 [in English].
7. Golovina, E.V., Zotikov, V.I. (2012). Vliyanie pogodnykh uslovii na fotosinteticheskuyu deiatel'nost' i zernovuyu produktivnost' soi severnogo ekotipa [The influence of weather conditions on photosynthetic activity and grain productivity of soybean varieties of the northern ecotype]. *Zemledel'nyye — Agriculture*, 5, 44–46 [in Russian].
8. Tilba, V.A., Tishkov N.M., Shkarupa M.V. (2017). Osobennosti formirovaniia simbioticheskogo apparata u srednespelykh sortov soi na vyshchelochennom chernozeme Krasnodarskogo kraia: Maslichnye kultury [Features of the formation of a symbiotic apparatus in medium-ripening soybean varieties on leached chernozem of the Krasnodar Territory: Oilseeds]. *Nauchno-tehnicheskii biulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur — Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds*, 4, 172, 72–78 [in Russian].
9. Sugiyama, A., Ueda, Y., Takase, H., Yazaki, K. (2015). Do soybeans select specific species of *Bradyrhizobium* during growth? *Communicative & Integrative Biology*, 8, 1, 352–362 [in English].
10. Sidorova, K.K., Shumnyi, V.K., and Nazariuk, V.M. (2006). *Simbioticheskaya azotfiktsiia: geneticheskii, selektsionnyye i ekologo-agrokhimicheskie aspekty* [Symbiotic Nitrogen Fixation: Genetic, Breeding, Ecological and Agrochemical Aspects]. Novosibirsk: Geo [in Russian].
11. Tolkahev, N.Z. (2002). Koordinirovannaya selektsiya klubenykh bakteriy i bobovykh rasteniy — geneticheskaya osnova vysokoeffektivnogo bobovo-rizobial'nogo simbioza [Coordinated selection of nodule bacteria and leguminous plants — the genetic basis of highly effective bean-rhizobia symbiosis]. *Unconventional plant growing. Eniology. Ecology and Health '02: XI Mezhdunar. simpozium — 11th Intern. Symposium*. (pp. 478–480). Simferopol [in Russian].

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ИЗВЛЕЧЕНИИ ФОСФОРА ИЗ АГРОХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Е.Г. Мусич¹, П.Г. Дульнев², В.П. Ландин³

¹ ДУ «Институт геохімії навколишнього середовища НАН України»

² Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України

³ Інститут агроекології і природокористування НААН

Розглянуто питання біодоступності фосфору як ключового елемента живлення рослин. Висвітлено геохімічну дію мікроорганізмів щодо переробки природних копалин з метою вилучення певних продуктів, зокрема агрохімічного призначення. Доведено, що деякі види мікроорганізмів беруть участь у трансформації нерозчинних фосфатних сполук різного походження. Встановлено, що головним чинником мобілізації фосфату з руд є хелатоутворення. Фосфатази мікроорганізмів беруть участь у мінералізації залишків тваринної і рослинної речовини. Обґрунтовано мікробіологічні та біотехнологічні методи прямої мікробної фосфатсолубілізації важкорозчинних фосфатів для використання їх у сільському господарстві.

Ключові слова: фосфор, фосфатсолубілізуючі мікроорганізми, біодобриво.

На современном этапе интенсивного развития аграрного производства одним из основных условий получения высокого урожая и соответствующего качества продукции является сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами, особенно при низкой почвенной доступности многих из этих элементов. Это касается и фосфора, дефицит которого практически всегда имеет место в почвах.

Как известно, естественный биогеохимический круговорот фосфора в биосфере не сбалансирован. Основные запасы элемента содержатся в горных породах (апатиты, фосфориты), из которых в процессе выщелачивания водорастворимые фосфаты поступают в наземные и водные экосистемы. В экосистемах суши фосфор поглощается растениями из водного раствора в виде неорганического фосфат-иона и включается в состав различных фосфорорганических соединений. По пищевым цепям фосфорсодержащее органическое вещество переходит от растений к другим организмам экосистемы. Химически связанный фосфор попадает с остатками растений и животных в почву, где подвергается воздействию микроорганизмов

и превращается в минеральные соединения, доступные растениям при фотосинтезе [1].

При интенсивной сельскохозяйственной эксплуатации земель потери фосфора в ландшафте становятся практически необратимыми. Компенсация возможна только за счет применения фосфорных удобрений, получаемых исключительно химическим путем. Фосфорные удобрения, в зависимости от растворимости и доступности для растений, подразделяют на три группы:

- удобрения, содержащие фосфор в водорастворимой форме: суперфосфат простой и суперфосфат двойной. Фосфор из этих удобрений легко доступен растениям;
- удобрения, фосфор которых не растворим в воде, но растворим в слабых кислотах (2%-ной лимонной кислоте) или в щелочном растворе лимоннокислого аммония: преципитат, томасшлак, термофосфаты, обесфторенный фосфат. Фосфор в этих удобрениях находится в доступной растениям форме;
- удобрения, не растворимые в воде, малорастворимые в слабых кислотах и полностью растворимые только в сильных кислотах. Это более труднодоступные источники фосфора для растений, не усваиваемые большинством культур, но под

действием кислотности почвы, корневых выделений растений фосфор этих удобрений постепенно переходит в усвояемую для растений форму.

С экологической точки зрения, фосфорное производство является достаточно вредным, приводит к деградации окружающей среды, а промышленные регионы вследствие химического преобразования данного элемента превращаются в очаговые зоны глубоких изменений в литосфере и биосфере. Одной из главных причин образования вредных отходов является низкое качество исходного сырья, которое по своей генетической природе нестабильно по химическому и минералогическому составу, в результате чего является труднообогатимым.

Актуальный поиск новых подходов к обеспечению растений фосфором и доступности его для применения в сельском хозяйстве обусловлен неблагоприятным воздействием на окружающую среду имеющимися на сегодняшний день химическими методами получения фосфорных удобрений, истощением ресурсов высококачественных фосфатных пород, а отсюда и ростом цены на них.

Альтернативой существующим химическим методам извлечения фосфора и приготовления удобрений может служить процесс прямого микробиологического высвобождения (солюбилизации) фосфатов из нерастворимого сырья. Процесс основан на использовании метаболической активности высокоактивных фосфатсолюбилизирующих культур микроорганизмов, которые встречаются в природе в различных экологических нишах и способны медленно переводить нерастворимые фосфаты из фосфорсодержащих рудных материалов в растворимую форму в ходе своей жизнедеятельности за счет выделения фосфатаз.

Цель работы — обосновать возможность использования микроорганизмов как альтернативу химическому методу извлечения фосфора из фосфорсодержащего сырья и получения нового поколения биодобрений.

Статья основана на результатах работ отечественных и зарубежных авторов в области биогеохимии фосфора и микробиологических процессов, связанных с использованием агрохимического сырья, созданием биофосфорных удобрений для ликвидации последствий антропогенной деятельности человека.

Фосфор (P) вместе с азотом (N) является ключевым элементом питания растений. Он участвует практически во всех основных метаболических процессах растений, включая фотосинтез и дыхание, передачу и консервацию энергии, молекулярный биосинтез и трансдукцию сигналов, а также фиксацию азота в бобовых. Несмотря на то, что фосфор содержится в почвах в неорганических и органических формах в достаточном количестве, он является ограничивающим фактором роста растений, поскольку находится в недоступной форме для поглощения корнями растений.

Основная масса фосфора находится в форме минеральных и органических соединений, недоступных для растений [2]. В материнских породах он содержится чаще в виде фторапатита $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ и гидроксилapatита $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$. При разрушении этих первичных фосфорсодержащих минералов образуются вторичные минеральные соединения фосфора — соли ортофосфорной кислоты. В кислых почвах (дерново-подзолистых и красноземах) образуются фосфаты окислов AlPO_4 и FePO_4 , а также основные соли железа и алюминия $\text{Fe}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4$, $\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4$, которые характеризуются очень слабой растворимостью и доступностью для растений. В почвах, насыщенных основаниями (черноземах и сероземах), образуются преимущественно слаборастворимые в воде фосфаты кальция типа октокальцийфосфата $\text{Ca}_8\text{H}(\text{PO}_4)_3$. Постепенно они растворяются под воздействием кислот (угольной, азотной и органических), содержащихся в почвенном растворе. В результате фосфор становится более доступен растениям, чем из апатита и фосфатов. Во всех почвах в незначительном количестве присутствуют хорошо растворимые в воде однозамещен-

ные фосфаты кальция и магния, а также одно- и двухзамещенные фосфаты калия, натрия и аммония. Они быстро используются растениями, микроорганизмами и превращаются в нерастворимые фосфаты при взаимодействии с Ca, Mg, Al и Fe.

В результате деятельности растений и микроорганизмов в почвах накапливаются органические соединения фосфора, но растения могут усваивать их только после минерализации. Только 0,1% общего количества имеющегося фосфора находится в растворимой форме, доступной для поглощения растениями.

Результаты фундаментальных исследований геохимической деятельности микроорганизмов послужили толчком к направленному применению бактериальных методов для переработки природных ископаемых с целью извлечения ценных продуктов [3–5]. В гидрометаллургических процессах принимает участие широкая группа микроорганизмов — классические виды бактерий, микроскопических грибов, широко распространенных в природных и искусственных экологических нишах: виды родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Azospirillum*, *Flavobacterium*, *Erwinia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*.

Ряд исследователей считают [6, 7], что основным фактором мобилизации фосфора из руд является хелатообразование. В процессе жизнедеятельности микроорганизмы образуют продукты метаболизма, органические моно-дитрикарбоновые кислоты (уксусная, щавелевая, янтарная, лимонная, пропионовая), фенольные соединения, непосредственно действующие на минералы и разрушающие их. Существует тесная связь между органическим веществом почвы и продуктами метаболизма микроорганизмов. Анионы различных карбо- и аминокислот, некоторые сахара, гумус, лигнин образуют с Ca, Fe, Al более доступны для растений соединения, чем фосфаты соответствующих оснований. Образуется недиссоциирующий органометаллический комплекс, а в почвенный раствор выделяется эквивалентное количество фосфата.

Схематически процесс можно представить следующим образом:

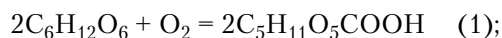
Ме-фосфат (осадок) + В = Ме-В

(осадок или комплекс) + фосфат,

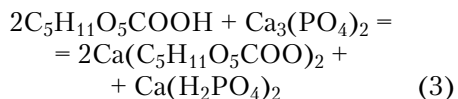
где В — продукт жизнедеятельности микроорганизмов.

Для бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas* показано, что в лимоннокислом буферном растворе растворимость $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ существенно повышается с 20,0 до 65,0% при оптимальном pH_{5,0}. Мобилизация фосфора из труднорастворимого фосфата кальция осуществлялась при контакте минерала с кислыми зонами гликокаликса бактерий. Дальнейшее культивирование их на среде Эшби и гороховом отваре с $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ показало полное удовлетворение потребности культур в фосфорном питании вследствие растворения фосфата кальция.

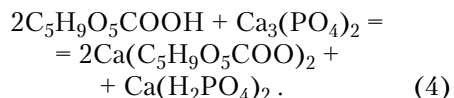
Следует отметить, что *Pseudomonas chlororaphis* Vsk-26a3 способен к мобилизации фосфора непосредственно из фосфатных руд за счет синтеза группы глюконовых кислот. Было установлено [8], что высвобождение фосфора из нерастворимого минерального сырья осуществляется бактерией через образование глюконовой и кетоглюконовой кислот в результате прямого полного окисления глюкозы по схеме:



Образовавшиеся кислоты способствуют растворению трикальцийфосфата:



или



Важным источником свободных органических соединений фосфора в биосфере является разрушение и минерализация животного и растительного вещества. Органически связанный фосфор непосредственно не используется живыми организмами, так

как не может проникнуть в клетку в данной форме. Для этого фосфор минерализуется фосфатазами. В почве в этом процессе может принимать участие 70–80% микробной популяции следующих бактерий: *Bacillus megaterium*, *B. Subtilis*, *B. malabarensis*, *Serratia* sp., *Proteus* spp., *Arthrobacter* spp., *Streptomyces* spp. и грибов: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp., *Cunninghamella* sp. Микроорганизмы образуют и выделяют фосфатазы определенной субстратной специфичности после своей гибели.

Микроскопические грибы родов *Penicillium* и *Trichoderma* обладают высокой фосфатмобилизирующей активностью, способствуя образованию неорганических отложений, накапливая внутриклеточные полифосфатные гранулы. Процесс считают временной иммобилизацией фосфата, так как он быстро высвобождается из клеток вследствие гибели культур и последующей минерализации субстрата. Микроорганизмы опосредованно вовлечены в фосфоритное осаждение, делая реакционноспособный фосфат и кальций доступными для различных видов растений, создавая и поддерживая такие условия окружающей среды, которые благоприятствуют извлечению фосфата.

В природе микроорганизмы участвуют в окислении и восстановлении соединений фосфора. Окисление восстановленных соединений фосфора (фосфит, гипофосфит) может происходить как аэробно, так и анаэробно [9]. В аэробных условиях бактерии родов *Pseudomonas*, *Aerobacter*, *Erwinia* и грибы родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Penicillium* осуществляют процесс окисления фосфита с помощью специальной ферментной системы, состоящей из осажденной белковой фракции, никотинамидадениндинуклеотида (НАД) и компонентов дыхательной цепи. Добавление фосфата к среде ингибирует окисление фосфита, и окисленный фосфит-фосфат высвобождается в среду только после гибели культур в среде. В анаэробных условиях в смеси фосфита и гипофосфита фосфит окислялся первым. Наличие фосфата ингибировало окисление как фосфита, так и ги-

пофосфита. При этом микроорганизмы не выделяли его в среду. Поскольку фосфит и гипофосфит не найдены в окружающей среде в определенных количествах, предполагается, что микробная способность утилизировать эти соединения, особенно в анаэробных условиях, является рудиментарным явлением, которое возникло в то время, когда на Земле была восстановительная атмосфера, способствующая возникновению последних.

Следовательно, микроорганизмы играют важную роль в переходах фосфора из органической формы в неорганическую, свободную или связанную, растворимую или осажденную.

Учитывая актуальность проблемы, разработаны микробиологические и биотехнологические основы для использования процессов прямой микробной фосфат-сольюбилизации (ФС) в сельском хозяйстве и экологии. Из разнообразных экологических ниш и климатических регионов выделены культуры, способные к прямой микробной ФС из нерастворимого рудного сырья. Также модифицирована методология селекции активных ФС культур, перспективных для использования в промышленности и сельском хозяйстве, за счет использования контроля ФС в жидких средах, что позволило дополнительно селекционировать на 25–50% больше высокоактивных фосфатсольюбилизирующих микроорганизмов [10].

Предложены две гранулированные формы фосфорных биоудобрений с использованием высокоактивных фосфатрастворяющих штаммов: *Acinetobacter* sp. 305 и *Pseudomonas* sp. 181a [11]. В лабораторных опытах экспериментально установлено, что в составе гранулированных форм культуры бактерий растворяли минеральные фосфаты и стабильнее высвобождали фосфор, повышая его биодоступность путем перевода фосфатов из руд в растворимую форму для растений, конкурируя по эффективности с эталоном — двойным суперфосфатом.

Производство химических фосфорных удобрений — энергоемкий и дорогостоящий процесс, и только 10–25% вносимого с

химическими удобрениями фосфора усваивается растениями. Остальной фосфор связывается в почве и вымывается грунтовыми водами, становясь недоступным для растений. Поэтому во всем мире ведутся работы по преобразованию, с помощью микроорганизмов, нерастворимых в воде минеральных фосфатов в доступные для растений формы. К сожалению, биофосфорные удобрения до сих пор не нашли широкого применения во многом из-за отсутствия эффективных готовых форм препаратов [12]. В настоящее время фосфатрастворяющие микроорганизмы (ФРМ) используют в трех направлениях: в виде жидкой или высушенной биомассы ФРМ; для обработки агропромышленных отходов перед их использованием в условиях твердофазной ферментации; приготовление компостов. Однако задача создания дешевых и эффективных препаративных форм биофосфорных удобрений остается актуальной. Научно обоснованное применение элементов технологий с использованием новых видов микроорганизмов и их метаболитов позволит не только увеличить урожайность культур, улучшить ка-

чество выращиваемой продукции, но и существенно повысить иммунный статус растений и их устойчивость к стрессовым факторам [13].

ВЫВОДЫ

Проанализированы основные факторы, обуславливающие мобилизацию фосфора из фосфорсодержащего сырья:

- бактерии высвобождают фосфор из руд вследствие синтеза группы глюконовых кислот, моно-, ди- и трикарбоновых кислот, а также фосфатаз;
- микроскопические грибы образуют полифосфатные гранулы в процессе временной иммобилизации фосфата с последующей его минерализацией.

Показана роль специальной ферментной системы, участвующей в окислении и восстановлении соединений фосфора в аэробных и анаэробных условиях.

Дальнейшее развитие научного и промышленного интереса в данной области связано с созданием нового поколения биоудобрений, которые являются альтернативой химическим фосфорным удобрениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options / D. Cordell, A. Rosemarin, J.J. Schröder, A.L. Smit // *Chemosphere*. — 2011. — Vol. 84. — P. 747–775.
2. Sample E.C. Reactions of phosphate fertilizers in soils / E.C. Sample, R.J. Soper, G.J. Racz // *The role of phosphorus in agriculture*. — Madison, WI: American Society of Agronomy, 1980. — P. 263–310.
3. Иванов М.В. Геологическая микробиология / М.В. Иванов, Г.И. Каравайко // *Микробиология*. — 2004. — Т. 73, № 5. — С. 581–597.
4. Черняк А.С. Основы биотехнологии металлов / А.С. Черняк. — Иркутск, 2002. — 102 с.
5. Блайда И.А. Извлечение ценных металлов при переработке промышленных отходов биотехнологическими методами / И.А. Блайда // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. — 2010. — № 6. — С. 39–45.
6. Saghir Khan M. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture — A review / M. Saghir Khan, A. Zaidi, P.A. Wani // *Agron. Sustain. Dev.* — 2007. — Vol. 27 (1). — P. 29–43.
7. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications / M.D. Figueiredo, L. Seldin, F.F. de Araujo, R.D.L.R. Mariano // *Plant growth and health promoting bacteria*. — 2010. — Vol. 18. — P. 21–43.
8. Клыкова М.В. Биологическое обоснование использования штамма *Pseudomonas chlororaphis* Vsk-26a3 в качестве продуцента антимикробных препаратов: Авт. дисс. ... канд. биол. наук / М.В. Клыкова. — Оболенск, 2016. — 27 с.
9. Павлова Г.Г. Поширення фосфатрозчинюючих бактерій у воді та донних відкладеннях північно-західної частини Чорного моря / Г.Г. Павлова // *Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу: 36. наук. пр.* — Вип. 25, Т. 1. — Севастополь, 2011. — С. 340–346.
10. Эффективность использования фосфатрастворяющих микроорганизмов в составе гранулированных биоудобрений с фосфатной рудой / И.А. Дунайцев, А.Н. Сомов, С.Н. Вирясов и др. // *Науч. журн. КУБГАУ*. — 2016. — № 117 (03). — С. 48–55.
11. Пат. 2451068. Российская Федерация. Фосфатрастворяющий штамм *Acinetobacter species* 305 с фунгицидными свойствами. Фосфатрастворяющий штамм *Pseudomonas species* 181a

- с фунгицидными свойствами / И.А. Дунайцев, М.В. Клыкова, Т.Н. Кондрашенко, А.А. Старшов. — Бюл. № 14.
12. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013) / Y. Bashan, L.E. de-Bashan, S.R. Prabhu, J.-P. Hernandez // *Plant Soil*. — 2014. — Vol. 278. — P. 1–33.
 13. Василенко М.Г. Перспективи застосування органічно-мінеральних добрив і регуляторів росту рослин / М.Г. Василенко, А.П. Стадник, П.М. Душко // *Агроекологічний журнал*. — 2017. — № 3. — С. 96–102.
- ## REFERENCES
1. Cordell, D., Rosemarin, A., Schröder, J.J., & Smit, A.L. (2011). Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere*, 84, 747–775 [in English].
 2. Sample, E.C., Soper, R.J., & Racz, G.J. (1980). *Reactions of phosphate fertilizers in soils. The role of phosphorus in agriculture*. F.E. Khasawneh, E.C. Sample, E.J. Kamprath (Eds.). Madison, WI: American Society of Agronomy [in English].
 3. Ivanov, M.V., & Karavayko, G.I. (2004). Geological-mikrobiologiya [Geological microbiology]. *Mikrobiologiya — Microbiology*, 73, 5, 581–597 [in Russian].
 4. Chernyak, A.S. (2002). *Osnovy biotekhnologii metallov [Fundamentals of biotechnology of metals]*. Irkutsk: publishing house Irkut. un-ta [in Russian].
 5. Blayda, I.A. (2010). Izvlecheniye tsennyykh metallov pri pererabotke promyshlennykh otkhodov biotekhnologicheskimi metodami [Extraction of valuable metals in the processing of industrial waste by biotechnological methods]. *Energotekhnologii i resursoberezhniye — Energy Technology and Resource Saving*, 6, 39–45 [in Russian].
 6. Saghir Khan, M., Zaidi, A., & Wani P.A. (2007). Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agri-culture. *Agron. Sustain. Dev.*, 27, 1, 29–43 [in English].
 7. Figueiredo, M.D.V.B., Seldin, L., de Araujo, F.F., & Mariano, R.D.L.R. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. *Plant growth and health promoting bacteria*, 18, 21–43 [in English].
 8. Klykova, M.V. (2016). Biologicheskoye obosnovaniye ispol'zovaniya shtamma *Pseudomonas chlororaphis* Vsk-26a3 v kachestve produktsenta antimikrobnyykh preparatov [Biological substantiation of the use of the strain *Pseudomonas chlororaphis* Vsk-26a3 as a producer of antimicrobial preparations] *Candidate's thesis*. Obolensk [in Russian].
 9. Pavlova, H.H. (2011). Poshyrennya fosfatrozchynyuyuchykh bakteriy u vodi ta donnykh vidkladennyakh pivnichno-zakhidnoyi chastyni Chornoho morya [Distribution of phosphate-soluble bacteria in water and bottom sediments of the north-western part of the Black Sea]. *Ekolohichna bezpeka pryberezhnoi ta shelfovoi zon ta kompleksne vykorystannia resursiv shelfu — Ecological security of coastal and offshore areas and integrated use of shelf resources*, 25, 1, 340–346 [in Ukrainian].
 10. Dunajtsev, I.A., Somov, A.N., & Viryasov, S.N. (2016). Effektivnost' ispol'zovaniya fosfatrastvoryayushchikh mikroorganizmov v sostave granulirovannykh bioudobreniy s fosfatnoy rudoy [Efficiency of the use of phosphate-sequestering microorganisms in the composition of granulated biofertilizers with phosphate ore]. *Nauch. zhurn. KUBGAU*, 117, 03, 48–55 [in Russian].
 11. Dunajtsev, I.A., Klykova, M.V., Kondrashenko, T.N., & Starshov, A.A. (2012). Fosfatrastvoryayushchiy shtamm *Acinetobacter* species 305 s fungitsidnymi svoystvami [Phosphatransaturating strain *Acinetobacter* species 305 with fungicidal properties]. *Patent of the Russian Federation № 2451068*. Fosfatrastvoryayushchiy shtamm *Pseudomonas* species 181a s fungitsidnymi svoystvami [Phosphatransaturating strain *Pseudomonas* species 181a with fungicidal properties]. *Patent of the Russian Federation № 2451069*. Bul. 14 [in Russian].
 12. Bashan, Y., de-Bashan, L.E., Prabhu, S.R., & Hernandez, J.-P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant Soil*, 278, 1–33 [in English].
 13. Vasylenko, M.H., Stadnyk, A.P., & Dushko, P.M. (2017). Perspektyvy zastosuvannya orhano-mineralnykh dobryv i rehulyatoriv rostu roslyn [Prospects for application of organo-mineral fertilizers and plant growth regulators]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 96–102 [in Ukrainian].

УДК 58:502,5:63 (477)

СЕГЕТАЛЬНА ФІТОБІОТА ОСНОВНИХ АГРОЦЕНОЗІВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ*

В.І. Шавріна

Інститут агроекології і природокористування НААН

Дослідженнями сегетальної фітобіоти встановлено, що в агроценозах зафіксовано 152 види судинних рослин, які належать до 89 родів та 26 родин. Здійснено оцінювання фітобіоти за трьома показниками — видовим багатством, частотою трапляння та рясністю. Встановлено, що основна частина видів належить переважно до 3–5 класів трапляння та 1–4 класів рясності. За оцінкою енергетичної ефективності популяцій сегетальних видів визначено, що на врожайність зернових культур фітобіота має незначний вплив, а на просапні культури впливала негативно. Проведено типологічний аналіз фітобіоти за показниками екобіоморфи, ценоморфи та генезисом.

Ключові слова: сегетальна фітобіота, біорізноманіття, екологічні показники.

Агроєкосистеми, зокрема сегетальні їх типи, виникли і функціонують як основні осередки забезпечення сировиною виробництв продукції рослинництва і тваринництва, без якої неможливі життя і добробут людини. Культурні рослини ніколи не утворюють чистих або одновидових посівів чи насаджень, вони завжди зростають в оточенні диких рослин, що розмножуються в посівах спонтанно і отримали назву в землеробстві та рослинництві «бур'яни». Останні екологічно, хронологічно, еволюційно, часто таксономічно і генетично, є близькими до культурних рослин, а отже, чинять постійний вплив на їх ріст, розвиток та продуктивність. Нині у світі зростає понад 30 тис. видів, що вважаються сегетальними або польовими бур'янами [1] — до того ж лише 1800 з них спричиняють щорічні втрати продукції в обсязі 9–10% урожаю. В Україні ці втрати оцінюються в 11%. За результатами вибіркової оцінки забур'яненості посівів, проведеної науковцями, вона виросла за 15 останніх років з 60 до 85%.

Проте тисячолітній досвід світового землеробства свідчить, що польові бур'яни спричиняють не лише шкоду, але й приносять значну користь [2]. Багато з них є пращурами культурних рослин. Ціла низка польових бур'янів — це цінні лікарські рослини. Але основною є їх екологічна роль, яку відіграють бур'яни в сегетальних екосистемах. Дикі рослини в посівах збільшують потужність ґрунтового горизонту, в якому відбувається обмін мінерального живлення, підвищується активність мікроорганізмів, часто вони є мікоризними, зменшують ерозійний змив і розмив ґрунту, вступають у «позитивні зв'язки з культурними рослинами» [3, 4]. Це спонукає екологів розглядати дикоростучі рослини як важливий компонент агроєкосистем, охорона генофонду якого є істотною ланкою збереження біологічного різноманіття на Землі.

Розвиток екології, зокрема її прикладної частини — агроекології, змінили наші уявлення про сегетальні рослини. Значні перетворення відбулися у складі, частоті трапляння, поширенні, рясності польових бур'янів. Зникли з посівів одні види, значно поширилися інші, особливо деякі адвентивні види [5]. Вчені та аграрії наголошують на тому, що комплекс агротехнічних та хімічних заходів захисту посівів

* Науковий керівник — канд. біол. наук Є.Д. Ткач.

від бур'янів поступово деградує в Україні не лише через зниження матеріального забезпечення технологій, але багато в чому через відсутність наукового опрацювання проблеми.

Мета досліджень — оцінка поширеної фітобіоти агроценозів основних культур, яка є джерелом біологічного різноманіття як самого агроценозу, так і агроландшафту загалом.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження стану сегетальної фітобіоти проводили в посівах зернових (пшениця озима, ячмінь ярий, кукурудза), олійних (соняшник, ріпак озимий), технічних (буряк цукровий) та бобових (горох) агроценозів у Центральному Лісостепі України (Київська, Вінницька, Одеська, Черкаська, Кіровоградська області). У кожній з указаних областей проводили моніторингові дослідження близько 20 агроценозів.

Виявлення видового складу фітобіоти здійснювали експедиційно-маршрутним методом. Оцінку фітобіоти агроценозів проводили за такими показниками: видовим багатством, частотою трапляння, рясністю (за Уїттекером) [6, 7]. Крім того, нами було проведено таксономічний та типологічний аналіз фітобіоти [8]. Під час камерального опрацювання результатів використовували комп'ютерні програми MS Excel, MS Access.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під час дослідження видового різноманіття фітобіоти агроландшафтів Центрального Лісостепу України нами зафіксовано поширення 827 видів вищих судинних рослин. З них 152 види належать до 89 родів та 26 родин. Тобто 18,4% від загальної кількості видів зосереджено в агроценозах.

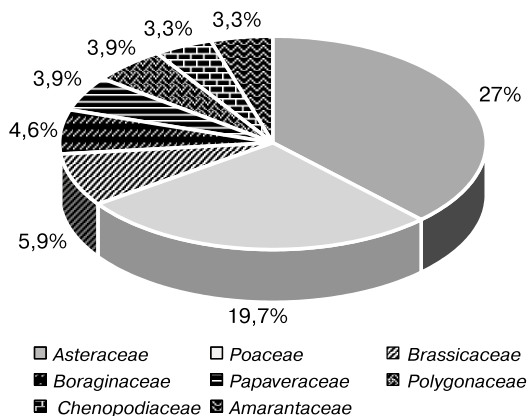
Переважаючими за кількістю видів на досліджуваних ділянках є родини *Asteraceae* (41 вид, 27%), *Poaceae* (30; 19,7%), *Brassicaceae* (9; 5,9%), *Boraginaceae* (16; 4,6%), *Papaveraceae* та *Polygonaceae* (6; 3,9% кожен) *Chenopodiaceae* та *Amarantaceae* (5 видів, 3,3% кожен) (рис.).

Переважання в родинному спектрі таких родин, як *Papaveraceae*, *Polygonaceae*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae* та *Amarantaceae*, де видове різноманіття представлено, в основному, сегетальною фітобіотою, свідчить про високий сегетальний потенціал агроценозів.

У родовому спектрі в агроценозах домінують роди *Artemisia* L. (6 видів, 6,7%), *Papaver* L. (5; 5,5), *Amarantus* L., *Euphorbia* L. (4; 4,5 кожен), *Chenopodium* L., *Cirsium* L. та *Setaria* L. (3 види, 3,4% кожен). Також відзначено поширення 15 моновидових родів.

Чисельність видів фітобіоти в агроценозах варіює від 39 видів (у пшениці озимій), що становить 25,7% від загальної їх чисельності, до 58 видів, 38,2% (у посівах кукурудзи). За період дослідження чисельність фітобіоти в агроценозах змінювалася, також змінювався і видовий склад. Насамперед, це визначено ґрунтово-кліматичними умовами, а по друге, агротехнічними умовами. У посівах просапних культур, таких як кукурудза, соняшник та буряк цукровий, видове різноманіття було в рази вищим — 53–58 видів, ніж у посівах зернових культур, де чисельність видів становила 19–25 видів.

Порівняльний аналіз частоти трапляння видів у агроценозах свідчить, що фітобіота у певних типах агроценозів нале-



Родинний спектр сегетальної фітобіоти агроценозів Центрального Лісостепу

жить до різних класів трапляння. У 2015 р. найпоширенішими були види 3–6 класів трапляння.

У посівах пшениці озимої та ячменю ярого за класами трапляння найбільше видів відносяться до 3 класу (частота трапляння 21–40%) та 5 (61–80%) і становить 14 та 18 видів у пшениці та 13–15 видів — у ячмені.

Основна частина вказаних видів у посівах просапних культур відноситься до 3 та 6 класів (81–100%) трапляння. У посівах кукурудзи, соняшнику та буряку цукрового до 3 класу належить 13–15 видів, до 6 класу — 19–23 види.

До видів, частота трапляння яких є найбільшою, належать *Setaria glauca* (L.) P. Beauv., *Xanthium strumarium* L., *Amaranthus albus* L., *Papaver rhoeas* L., *Chenopodium album* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Convolvulus arvensis* L., *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv., *Galium aparine* L. Ці представники сегетальної фітобіоти є поширеними в усіх типах агроценозів.

Частота трапляння видів 4–5 класів (41%–80%) розподіляється нерівномірно. У просапних культурах види трапляються частіше, ніж у культурах суцільного посіву. Найпоширенішими є *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., *Avena sativa* L., *Conyza canadensis* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love, *Raphanus raphanistrum* L., *Sinapis arvensis* L., *Taraxacum officinale* Wigg. aggr.

До видів, які відносяться до 1 класу трапляння (<5%), належать *Artemisia tinctoria* L., *Phalocroloma annuum* (L.) Dumurt., *Agri-monia grandis* Andr. ex C.A. Mey., *Campanula rapunculoides* L., *Crepis biennis* L., *Lactuca serriola* L. та ін.

Для подальшого аналізу фітобіоти було використано показник рясності. В агроценозах основна частина видів належить до 1–4 класів рясності (1–16 рослин на 1 м²). Чисельність видів у них варіює у межах 9,8–16,8 од. — у посівах ячменю ярого, 6,3–12,8 — пшениці озимої, 4,5–16,5 — кукурудзи, 4,5–17,8 — соняшнику, 3,8–22,3 — буряку цукрового, 5,5–12,8 од. — у посівах ріпаку озимого.

Рясність 6 класу (>32 рослин на 1 м²) в агроценозах було зафіксовано в посівах просапних культур. Чисельність видів у цьому класі становить 2,6–6,5 од. — у посівах кукурудзи, 3,5–7,9 — соняшнику та 5,8–10,4 од. — у посівах буряку цукрового.

Показники видового багатства, рясності та частоти трапляння не завжди дають змогу встановити вплив сегетальної фітобіоти на культуру. Натомість показник середньої енергетичної ефективності популяції надає можливість детальніше виявити вплив спонтанної фітобіоти на формування врожайності культури. Під час досліджень встановлено, що найменше навантаження фітобіота спричиняє в агроценопопуляціях пшениці озимої та ячменю ярого, де цей показник не перевищує значень 6 та 42, за енергетичного навантаження цих культур 65,8–95,6 та 129,5–243,2 відповідно. Тобто сегетальна фітобіота мало впливає на культуру, а отже, на формування врожайності культури майже не впливатиме. Однак щодо просапних культур, ситуація зовсім інша: енергетичне навантаження сегетальної фітобіоти в посівах кукурудзи становить 22,5–39,4, соняшнику — 29,6–48,2, буряку цукрового — 9,6–12,4, тоді як енергетичне навантаження культур є на порядок нижчим: кукурудзи — 2,3, соняшнику — 3,9, буряку цукрового — 2,1. Вплив сегетальної фітобіоти є значним, і без використання засобів захисту або агротехнічних засобів втрати врожайності будуть значними, що своєю чергою знизить і якість продукції.

У посівах ріпаку озимого та гречки енергетичне навантаження фітобіоти мало впливає на культури, а енергетичне навантаження культур є значно вищим, ніж сегетальної фітобіоти.

Результати біоморфологічної структури свідчать, що в агроценозах переважають малорічніки — 102 види (67,1%) та багаторічні трави — 50 видів (32,9%) .

В екологічному спектрі фітобіота досліджуваних агроценозів складається з мезофітів — 68 видів (44,7%) та ксерофітів — 41 вид (27%). Також зафіксовано поширення ксеромезофітів, мезоксерофітів, які становлять 28,3% від загальної чисельності.

За ценоморфою, в агроценозах переважна більшість видів відноситься до синантропних. Але трапляються поодинокі випадки поширення пратантів, степантів та сільвантів. Ймовірно, це пояснюється тим, що поля межують з лісосмугами, луками та перелогами, і тому можливе потрапляння видів з цих ділянок або шляхом перенесення вітром, або внаслідок виконання агротехнічних робіт.

Також встановлено, що в агроценозах налічується 59 адвентивних видів, або 38,8%: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia vulgaris* L., *Chenopodium album* L., *Conium maculatum* L., *Conyza canadensis* L. та ін.

Найбільшу небезпеку для посівів становлять *Ambrosia artemisiifolia* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Iva xanthiifolia* Nutt., *Phalacrologium annuum* (L.) Dumurt., *Xanthium strumarium* L., які дуже швидко розповсюджуються. Відсутність агротехнічних заходів та використання засобів захисту на

деяких полях спричиняє масове поширення цих видів, що своєю чергою призводить до значної втрати врожаю.

ВИСНОВКИ

Оцінка фітобіоти агроценозів основних сільськогосподарських культур за екологічними показниками свідчить про високий потенціал агроценозів як частини агроландшафту. Крім того, види є джерелом різноманіття агроценозів, також вони беруть участь в ґрунтоутворенні, підвищують активність мікроорганізмів, зменшують ерозійний змив і розмив ґрунту. Насамкінець, взаємозв'язки досліджуваних видів забезпечують збалансований розвиток агроландшафту.

Вивчення видового складу, частоти трапляння, рясності та енергетичного навантаження видів фітобіоти дає змогу прогнозувати зміни в агроценозі та пропонувати необхідні заходи з їх контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шоу У.К. Стратегия борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками в будущем / У.К. Шоу, Л.Л. Дженсен. — М. Колос, 1977. — 381 с.
2. Миркин Б.М. Управление функцией агроэкосистемы: стратегия, тактика, ограничения, роль самоорганизации / Б.М. Миркин // Известия Самарского научного центра РАН. — Вып. 2, № 2. — С. 300–305.
3. Одум Ю. Сельскохозяйств. экосист. / Ю. Одум. — М.: Агропромиздат, 1987. — 208 с.
4. Фітобіотичне різноманіття природних фітоценозів агроландшафтів України: монографія / Є.Д. Ткач, О.В. Шерстобоева, В.І. Стародуб, та ін. — К., 2015. — 234 с.
5. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры / Р.И. Бурда. — К.: Наук. думка, 1991. — 169 с.
6. Оцінка стану напівприродних фітоценозів агроландшафтів України: Методичні рекомендації / Є.Д. Ткач, О.В. Шерстобоева, В.І. Стародуб та ін. — К., 2012. — 24 с.
7. Науково-методичні основи оцінки агрофітоценозів в умовах змін клімату: Методичні рекомендації / Є.Д. Ткач, О.В. Шерстобоева, А.Б. Крижанівський та ін. — К., 2017. — 50 с.
8. Shmida A. Whittaker's plant diversity sampling method / A. Shmida // Isr. Jour. Bot. — 1984. — Vol. 33, No. 1. — P. 44 — 46.

REFERENCES

1. Shou, U.K., Dzhensen, L.L. (1977). *Strategiya borbyi s vreditelyami, boleznyami rasteniy i sornyakami v budushchem* [The strategy of chemical control of weeds for the future]. Moskva: Kolos [in Russian].
2. Mirkin, B.M. (2000). *Upravlenie funktsiei agroekosistemy: strategiya, taktika, ogranicheniya, rol samoorganizatsii* [Management of the agroecosystem function: strategy, tactics, limitations, the role of self-organization]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2, 2, 300–305 [in Russian].
3. Odum, Yu. (1987). *Sel'skokhozyaystvennyye ekosistemy* [Agricultural ecosystems]. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
4. Tkach, Ye.D., Sherstoboieva, O.V., Starodub, V.I., Dovhych, K.I., Honcharenko, H.Ie., Sovhira, S.V., Shavrina, V.I., Kichihina, O.O., Riabushenko, O.M., Kryzhanivskiy, A.B., Bohoslovska, M.B. (2015). *Fitobiotichne riznomanittia pryrodnykh fitotsenoziv ahrolandshaftiv Ukrainy: monohrafiia* [Phytobiotic diversity of natural phytocoenoses of Ukraine's agricultural landscapes]. Kyiv [In Ukrainian].

5. Bourda, R.I. (1991). *Antropogennaya transformatsiya floryi [Anthropogenic transformation of flora]*. Kyiv: Naukova Dumka [In Russian].
 6. Sherstoboieva, O.V., Tkach, E.D., Starodub, V.I., Dovgich, K.I., Shavrina, V.I. (2012). *Otsinka stanu napytprirodnyh fitotsenoziv agrolandshaftiv Ukraini. Metodichni rekomendatsiyi [Assessment of anthropogenically transformed phytocoenoses of agrolandscapes in Ukraine. Guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
 7. Tkach, E.D., Sherstoboieva, O.V., Kryzhanivskyi, A.B., Starodub, V.I., Shavrina, V.I., Lobova, O.V. (2017). *Naukovo-metodychni osnovy otsinky ahrofitotsenoziv v umovakh zmin klimatu [Scientific and methodological bases of estimation of agrophytocoenoses in conditions of climate change]*. Kyiv [in Ukrainian].
 8. Shmida, A. (1984). Whittaker's plant diversity sampling method. *Isr. Jour. Bot.*, 33, 1, 44–46 [in English].
-

ЮВІЛЕЇ І ДАТИ

А.Л. БОЙКУ — 80



1 березня 2018 р. виповнилося 80 років доктору біологічних наук, академіку Національної академії аграрних наук України і Академії наук вищої школи України, заслуженому діячеві науки і техніки України, лауреату Державної премії України у галузі науки і техніки та премії імені Д.К. Заболотного НАН України, професору кафедри вірусології і заслуженому професору Київського Національного університету імені Тараса Шевченка, Почесному професору екології Інституту агроекології і природокористування НААН Анатолію Леонідовичу Бойку.

Доля Анатолія Леонідовича Бойка — це доля тисяч українців, дитинство і юність яких були обпалені страшною війною 1941–1945 рр. Роки війни зруйнували налагоджений побут сім'ї його батьків — молодих робітників м. Корнина на Житомирщині, де 11 березня 1938 р. з'явився на світ Анатолій. Добре вкарбувалися в його дитячій пам'яті війна і гестапівські катівні, куди потрапив разом з матір'ю, звідки дивом врятувалися.

Після закінчення школи Анатолій Леонідович розпочав свою трудову діяльність у рідному Корнині, однак відчував потяг до науки, згодом вступив до Житомирського сільськогосподарського інституту на агрономічний факультет. У 1962 р. після закінчення інституту він влаштувався на роботу помічником завідувача Держсортдільниці Черняхівського р-ну Житомирської обл. Тоді ж публікує свої перші наукові праці з вірусології рослин і продовжує захоплюватися «таємницями» вірусів, зокрема його цікавили віруси людини та розмаїтого тваринного і рослинного світу.

Наполегливість — та риса характеру, що допомогла А.Л. Бойку подолати усі перепони і, продемонструвавши приймальній комісії глибокі знання з мікробіології та вірусології, блискуче скласти іспити і стати у 1963 р. аспірантом Інституту мікробіології і вірусології АН УРСР, очолюваний на той час видатним українським ученим-вірусологом, доктором біологічних наук, членом-кореспондентом АН УРСР, професором С.М. Московцем.

Навчання в аспірантурі у 60-70-ті рр. було престижним, почесним і навіть вдячним, проте вимагало щоденної наполегливої праці в лабораторії, у полі, в бібліотеках. Робочий день аспіранта Анатолія Бойка тривав 12–18 годин, вихідний — не частіше, ніж раз на місяць, і той з дуже поважних причин — сімейне свято чи весілля товариша, відпустка — не більше тижня.

У 1967 р. А.Л. Бойко під науковим керівництвом професора С.М. Московця, який вчасно розгледів природні здібності й потяг до науки колишнього студента із Полісся, успішно захищає дисертацію на тему: «Вирусный хлороз хмеля на Украине» і здобуває науковий ступінь кандидата біологічних наук за спеціальністю «загальна вірусологія». Під час навчання в

аспірантурі молодий вчений з'ясував природу вірусних захворювань рослин хмелю звичайного і розробив практичні заходи боротьби з ними, описав низку ізолятів вірусів культури, запропонував нові технології вирощування та розмноження безвірусних сортів.

Упродовж 1963–1978 рр. Анатолій Леонідович працював в Інституті мікробіології і вірусології АН УРСР — спочатку молодшим, а потім старшим науковим співробітником, проводив важливі дослідження вірусів рослин у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Уже маючи вагомий теоретичний і практичний досвід наукової роботи, у 1978 р. він отримує запрошення очолити кафедру вірусології біологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка.

В Академії наук УРСР і Інституті мікробіології і вірусології у 1983 р. Анатолій Леонідович Бойко блискуче захищає докторську дисертацію на тему: «Биологические свойства вирусов и вирусные болезни хмеля и розы эфиромасличной» і отримує науковий ступінь доктора біологічних наук за спеціальністю «загальна вірусологія». Саме в цей період за його ініціативою і безпосередньою участю було створено лабораторію фітовірусології, бактеріофагії та космічної вірусології.

У 1984–1995 рр. А.Л. Бойко був науковим керівником лабораторії екології і токсикології біологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка; упродовж 26 років (1978–2004) завідував кафедрою вірусології біологічного факультету вишу. У 1984 р. йому присвоєно вчене звання професора кафедри вірусології, 1991 р. обрано членом-кореспондентом, 1993 р. — академіком Української академії аграрних наук. У 1995 р. Анатолія Леонідовича Бойка обрано академіком Академії наук вищої школи України; у 2006 р. — заслуженим професором Київського національного університету імені Тараса Шевченка; у 2007 р. — Почесним доктором наук Інституту агроєкології УААН. Професор А.Л. Бойко є одним із ідеологів і організаторів Міжнародної конференції «Біоресур-

си та віруси». Разом зі своїми учнями Анатолій Леонідович проводить дослідження космічної біології (НАН України, НАСА — США), екологічного стану довкілля.

Академік А.Л. Бойко — фундатор вітчизняної школи фітовірусології нового покоління, вчений зі світовим ім'ям. Науковій спільноті широко відомі його фундаментальні й прикладні дослідження з етіології та розповсюдження вірусних захворювань культурних рослин на різних системних рівнях їхньої організації. Завдяки його розробкам уперше ґрунтовно вивчено структурно-функціональні особливості вірусів рослин у різних екологічних умовах; одержано нові експериментальні результати, які розкривають седиментаційні властивості, морфологічну й анатомічну будову, локалізацію вірусів у клітинах, бактеріях, грибах та рибах, що покладено в основу створення новітніх біотехнологій; сформульовано концептуальні основи поведінки вірусів у біологічних об'єктах за дії на них радіації, геліокосмофізичних чинників. Електронно-мікроскопічними дослідженнями уперше виявлено нові віруси і їхні штами в рослинах хмелю, соняшнику, цукрового буряку, пшениці та інших культур.

Анатолій Леонідович Бойко зробив вагомий внесок у розвиток науки, зокрема вперше здійснив перенесення генів рослинних вірусів у клітини пухлин деяких ссавців (*Mammalia*). Виявив явище чутливості фітовірусів та їхніх РНК до постійного магнітного поля, що розширює уявлення про їх еволюцію. Основним науковим здобутком ученого є створення новітніх біотехнологій оздоровлення від вірусів понад 500 сортів, клонів і форм рослин, які впроваджено в АПК України.

Академік А.Л. Бойко збагатив світову біологічну науку фундаментальними працями, самостійно й у співавторстві опублікував понад 400 наукових творів, серед яких 12 монографій і підручників, 27 брошур, 11 авторських свідоцтв та 4 патенти на винаходи. Водночас він є фундатором вітчизняної наукової школи вірусологів та біотехнологів рослин в Україні. Серед його

учнів — відомі вчені: член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, 5 докторів і 25 кандидатів біологічних наук. Наукові інтереси вченого формувалися десятиліттями тернистих сходжень і випробувань ідей і узагальнень власних здобутків, які дістали високу оцінку та заслужене визнання. Його нагороджено медалями: «В пам'ять 1500-ліття Києва», «Ветерана труда», «За трудовую доблесть», бронзовою медаллю ВДНГ СРСР, срібною й бронзовими медалями ВДНГ УРСР, почесними грамотами Президії АН УРСР, УААН, Міністерства освіти і науки України. Анатолій Леонідович — блискучий педагог з яскравим хистом лектора, який упродовж багатьох років на високому професійному рівні викладає загальний курс вірусології й екології студентам та аспірантам. У 2004 р. А.Л. Бойко удостоєно почесного звання «Заслужений діяч науки і техніки України» та нагороджено орденом Ярослава Мудрого в галузі науки і техніки Академії наук вищої школи України. У 2005 р. за цикл наукових праць «Моніторинг вірусних інфекцій: діагностика, профілактика» Анатолію Леонідовичу присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки.

Анатолій Леонідович Бойко здійснює вагому науково-організаційну і громадську роботу, неодноразово репрезентував українську вірусологічну науку на міжнародних форумах «Біоресурси і віруси» у Росії, США, Польщі, Бельгії, Шотландії, Обирався членом Об'єднаного комітету

профспілки АН УРСР, головою спеціалізованої вченої ради біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка із захисту докторських (кандидатських) дисертацій за спеціальностями «вірусологія», «імунологія», «ботаніка», членом експертної ради з біологічних наук ВАК України. Нині А.Л. Бойко є членом спеціалізованої ради в Інституті агроєкології і природокористування НААН.

Досягненню таких висот вчений завдячує величезній працездатності, вірності служінню науці й Україні, творчій активності, твердій громадянській позиції. З належною повагою ставиться він до минулого і водночас сповнений надій на майбутнє, справжній патріот України і науки Анатолій Леонідович Бойко — винятково приємна, чуйна й доброзичлива людина, захоплюється спортом, поезією, історією, любить природу, чарівні українські пісні, а ще — мандрувати історичними й заповідними місцями рідної землі.

Колектив співробітників Інституту агроєкології і природокористування НААН,

Редколегія та редакція «Агроєкологічного журналу»

щиро вітають Анатолія Леонідовича, бажають міцного здоров'я, оптимізму, творчого натхнення та плідної праці на поприщі подальшого розвитку вітчизняної вірусології і агроєкології.

Б.С. ПРИСТЕРУ — 80



3 марта исполнилось 80 лет доктору биологических наук, профессору, академику Национальной академии аграрных наук Украины Борису Самуиловичу Пристеру.

Родился Б.С. Пристер 3 марта 1938 г. в г. Кременчуг Полтавской обл. После окончания школы в 1956 г. поступил на факультет агрохимии и почвоведения Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (ТСХА). В 1958 г. он занимается исследованиями в Биофизической лаборатории (БФЛ) ТСХА, научное руководство которой осуществлял академик ВАСХНИЛ В.М. Ключковский, ставший в последствии руководителем его дипломной, кандидатской и докторской работ. С тех пор его жизнь неразрывно связана с проблемами безопасного использования атомной энергии и радиоактивного загрязнения окружающей среды.

С 1959 г. Б.С. Пристер начал заниматься проблемами, связанными с аварией на хи-

мическом комбинате ПО «Маяк». Здесь он проходит практику, защищает дипломную работу и в 1962 г. приезжает с женой Светланой Сергеевной на постоянную работу в качестве сотрудника Опытной научно-исследовательской станции (ОНИС), созданной для решения радиоэкологических проблем в районе аварии. Светлана Сергеевна стала постоянным его соратником, с поддержкой и помощью которой Борис Самуилович связывает все свои успехи и достижения.

В начале 60-х гг. прошлого столетия резко возросли темпы добычи и переработки урана, и молодому сотруднику поручают провести оценку интенсивности миграции элемента по цепи «почва — растения — животные — человек». Борис Самуилович показал, что в биологических цепях уран мигрирует в форме двухвалентного катиона уранила, коэффициент всасывания его в кровь и переход в молоко на два порядка выше по сравнению с 4-валентной формой элемента, для которой проводили гигиеническое нормирование. По итогам работы в 1967 г. в Институте биофизики МЗ СССР была успешно защищена кандидатская диссертация по специальности «радиобиология».

Благодаря своей эрудиции и коммунибельности Б.С. Пристер получает разрешение начальника 4-го Главного управления Министерства среднего машиностроения СССР А.Д. Зверева на облучение высокообогащенного ^{235}U в промышленном реакторе с высокой плотностью нейтронного потока. При поддержке руководителей ПО «Маяк» (Н.А. Семенова, А.С. Никифорова, И.А. Терновского) и ОНИС (Е.А. Федорова) он промоделировал в серии натурных экспериментов влияние загрязнения окружающей среды продуктами ядерного взрыва на объекты агрофлоры.

В полевых опытах были исследованы задерживание и перераспределение нуклидов в объеме посевов, динамика накоп-

ления радионуклидов в вегетативных и продуктивных органах при загрязнении в разные фазы развития растений. Разработана модель аэрального загрязнения растений, которая использована для прогнозирования радиационной обстановки в ходе ликвидации последствий аварий на ЧАЭС и АЭС «Фукусима-1».

Ученым разработаны дозиметрические модели процессов формирования поглощенных доз β - и γ -излучения критических органов растений. Оригинальным является подход, при котором объем загрязненного посева рассматривается одновременно в качестве излучающей, поглощающей, рассеивающей и экранирующей сред. Для измерения доз им впервые были применены ТЛД-фантомы критических органов растений. Показана ведущая роль β -излучения в формировании дозы облучения критических органов растений и большие 100-кратные различия в величине полной дозы при равной плотности загрязнения посевов. При загрязнении посевов в разные фазы онтогенеза эффекты могут варьировать в пределах двух порядков величины из-за различий в радиочувствительности и величинах, поглощенных органами растений критических доз.

Секция 8-го научно-технического совета Министерства среднего машиностроения СССР (председатель В.М. Ключковский) отметила важность полученных результатов и указала на необходимость их продолжения. Совместно с сотрудниками комбината ПО «Маяк» был разработан метод получения больших количеств ^{90}Y , который хорошо моделирует молодую смесь продуктов ядерного деления (ПЯД), практически свободного от содержания материнского ^{90}Sr . Для прогнозирования возможных потерь урожая зерновых при загрязнении вегетирующих растений проведен полевой эксперимент с участием Института генетики АН СССР по загрязнению посевов ячменя ^{90}Y в восьми фазах развития.

С целью прогнозирования последствий аварий или военных инцидентов Б.С. Пристер разработал конструкцию мобильного источника с активностью радионукли-

да ^{137}Cs более 40 тыс. кюри. Технология облучения обеспечивала практически изодозное облучение участка площадью до 1 га и позволяла за один сезон облучать сообщества различных видов растений, проходящих разные фазы развития. Выполнение программы работ, получившей название «Экос» (ведущие исполнители Б.С. Пристер, Р.М. Алексахин, Ф.А. Тихомиров, Р.Т. Карабань, Е.Г. Смирнов, Д.А. Спирин), позволило получить уникальные данные о радиочувствительности травянистых и древесных сообществ в зависимости от экологических условий, состава растительности, сезона года, оценить репарационный потенциал их сообществ. Результаты данных работ широко опубликованы и получили высокую оценку на многих научных конгрессах и конференциях.

Для оценки гигиенических и биологических последствий поступления смеси ПЯД в организм крупного рогатого скота (КРС) была разработана программа эксперимента, которую утвердили первые заместители министров здравоохранения и среднего машиностроения СССР. Таким образом, Б.С. Пристер был назначен руководителем данных работ. В выполнении программы приняли участие более 50 научных сотрудников ряда медицинских и ветеринарных институтов, в т.ч. шесть докторов наук. Эксперимент включал три крупных раздела: метаболизм ПЯД в организме КРС и выведение с молоком (руководитель Б.С. Пристер); распределение и динамика формирования поглощенных доз в организме КРС (руководитель Д.П. Осанов); биологические эффекты действия ПЯД у КРС (руководитель Л.А. Булдаков). В разработке дозиметрического раздела приняли участие ведущие дозиметристы страны, где использованы современные методы ТЛД дозиметрии. К исследованию биологических эффектов привлекли ведущих медицинских и ветеринарных физиологов, патологоанатомов, биохимиков, радиобиологов.

Совместно с дозиметристами Б.С. Пристер разработал дозиметрическую модель

желудочно-кишечного тракта КРС, модели формирования доз облучения щитовидной железы и γ -облучения тела животных. Экспериментально был подтвержден вывод о том, что в случае загрязнения территории выпадениями молодой смеси ПЯД потребление молока коров представляет опасность для человека практически на всей территории официального радиоактивного следа. Так же создана основа прогнозирования радиационной обстановки при загрязнении посевов сельскохозяйственных культур молодыми смесями ПЯД при авариях атомных реакторов или применении ядерного оружия. Она широко использована при разработке «Рекомендаций по ведению сельского и лесного хозяйства при радиоактивном загрязнении окружающей среды» коллективом ученых под руководством В.М. Ключковского, изданных в 1973 г. Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР, Министерством сельского хозяйства СССР и Штабом гражданской обороны СССР.

В 1978 г. Борис Самуилович в Институте биофизики МЗ СССР защитил диссертацию «Проблемы сельскохозяйственной радиологии и радиоэкологии при загрязнении окружающей среды молодой смесью продуктов ядерного деления» и получил степень доктора биологических наук по специальности «радиобиология». Методология и результаты этих исследований системно изложены в монографии с тем же названием, опубликованной в 2008 г. Монография отмечена Первой премией проводимого ВНИИСХРАЭ Международного конкурса работ по радиоэкологии им. В.М. Ключковского. Полученные под руководством Б.С. Пристера материалы способствовали быстрой оценке и правильному прогнозу развития радиационной обстановки после аварии на ЧАЭС.

Развитие мощностей по регенерации ядерного топлива обусловило необходимость нормирования выбросов ^{129}I и изучения его миграции в окружающей среде. Под руководством Бориса Самуиловича разработаны методы прямого измерения содержания ^{129}I в золе щитовидной железы

КРС и высокочувствительный нейтронно-активационный метод. Это позволило нормировать и контролировать выбросы ^{129}I .

В 1979 г. молодой доктор наук (ему в то время исполнилось 40 лет) получает приглашение в Одесский государственный университет им. Мечникова на должность профессора кафедры генетики и молекулярной биологии. Он читает общий курс «Радиоэкология» и специальные курсы, развернул работы по мониторингу окружающей среды в зоне строящейся Одесской атомной ТЭЦ. В 1982 г. по инициативе Минэнерго Украины его переводят профессором кафедры АЭС Одесского политехнического института. Пристер Б.С. разработал и читал курсы «Радиационная безопасность», «Радиационный контроль на АЭС», «Дозиметрия». Сегодня выпускники Бориса Самуиловича работают на АЭС многих стран. В сотрудничестве с ВНИИАЭС (отдел А.П. Хомьянова) и УкрНИИ Гидрометеорологии Б.С. Пристер разрабатывает методологию мониторинга АЭС и систему мониторинга окружающей среды для Чернобыльской АЭС, в последствии ему присваивают ученое звание профессора кафедры радиобиологии.

Взрыв реактора четвертого энергоблока ЧАЭС 26 апреля 1986 г. перечеркнул все планы ученого — 27 апреля Б.С. Пристер переезжает в г. Киев и принимает участие в организации работ по мониторингу зоны катастрофы, территорию которой он детально изучил до аварии, консультирует руководство Минсельхозпрода УССР. Кабинет Министров УССР направляет Б.С. Пристера консультантом группы «Прогноз» в распоряжение министра охраны здоровья Украины. Совместно с профессорами И.А. Шамовым и И.А. Лихтаревым он готовит дозиметрическое обоснование крупномасштабных контрмер — отселения, вывоза детей на оздоровление, организует мониторинг доз облучения щитовидной железы населения, оценивает эффективность проводимых контрмер, тесно сотрудничает с президентом Южного отделения ВАСХНИЛ академиком Г.А. Богдановым, консультирует ведом-

ственные научные учреждения. В октябре 1986 г. Б.С. Пристера переводят на работу в г. Киев в должности зав. отделом радиобиологии УНИВИ ВАСХНИЛ. В академии ученый организовал и возглавил Научный совет по проблеме «Сельхозрадиология» ЮО ВАСХНИЛ, который координировал работу более 50 научных учреждений. В 1988 г. переходит в Украинский филиал ВНИИСХР (директор Н.А. Лоцилов) на должность зам. директора по науке. Он разрабатывает методологию и организует проведение научного радиоэкологического мониторинга загрязненных после аварии на ЧАЭС территорий.

В 1990 г. Б.С. Пристера избирают действительным членом Украинской академии аграрных наук, членом президиума УААН, академиком-секретарем отделения Агроэкологии и природопользования; назначают первым заместителем только что созданного Министерства по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы, которое возглавил Г.А. Готовиц. Академик Б.С. Пристер организует и курирует работу управлений радиационной безопасности, научно-технического, медико-санитарного обеспечения, сельскохозяйственной и лесной радиологии, дезактивации, международных связей. Устанавливает тесные контакты с руководством НАН Украины (академики Б.Е. Патон, В.Г. Барьяхтар) и обеспечивает тесное сотрудничество академии с министерством. Опыт и знания позволили ему много сделать для усовершенствования программы ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. На протяжении всего послеаварийного периода каждые два года в Украине издавались новые редакции рекомендаций — научным руководителем, редактором и составителем большинства из них был академик Б.С. Пристер.

В продолжение 1992–1996 гг. Борис Самуилович Пристер представляет Украину в координационном совете программы сотрудничества стран КЕС — СНГ в области оценки и минимизации последствий Чернобыльской катастрофы. Он был куратором и исполнителем трех из 16 про-

ектов, выполняет проекты ФАО-МАГАТЭ, Франко-Немецкой Инициативы (FGI), Международного научно-технического центра (МНТЦ). Его главный научный интерес — прогнозирование поведения долгоживущих радионуклидов в системе «почва — растение». Ученый показал, что влияние свойств почвы проявляется комплексно, и запатентовал метод их учета через комплексную оценку свойств почвы. Совместно с коллегами разработал модель, аналитически описывающую зависимость коэффициента перехода от свойств почвы, растений и времени взаимодействия нуклида с почвенно-поглощающим комплексом.

Авария на ЧАЭС оголила не только дефекты общей экологической подготовки специалистов различных профилей, в т.ч. и сельского хозяйства, но и продемонстрировала отсутствие у большинства из них элементарных знаний в системе радиационной экологии. Стало вполне очевидным, что в современном обществе радиоэкологические знания необходимы всем.

Широкомасштабное загрязнение природных и сельскохозяйственных угодий требует применения научно обоснованных методов ведения сельскохозяйственного производства, системного оперативного контроля радиационной ситуации и радиоактивного загрязнения продукции. В таких условиях необходимы кадры высокой квалификации, профессионалы с высшим радиологическим образованием. В аграрных вузах Украины таких специалистов не готовили, да и преподавателей такого профиля не хватало. Вот тогда остро встал вопрос об оперативной подготовке кадров соответствующей радиоэкологической квалификации и, одновременно, научно-педагогических кадров высшей квалификации.

Парадигма устойчивого развития агро-сферы требовала коренных изменений программ курсов общей экологии. В этот период было определено современное место агроэкологии как фундаментального направления, что исследует агросферу. В этом процессе Б.С. Пристер, как первый

замминистра Министерства по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы, принимает активное участие. Он погружен в разработку новых учебных планов и программ дисциплин общей экологии, биологического и экологического мониторинга, агроэкологии, экотоксикологии, экологической экспертизы, основ химической экологии, радиоэкологии и др. С его участием был создан Украинский радиологический центр (УРУЦ), где повысили квалификацию более 5 тыс. специалистов агропромышленного комплекса, лесного хозяйства, пищевой промышленности и других отраслей народного хозяйства Украины, получили второе высшее образование около 70 специалистов. В 1987 г. создана кафедра радиобиологии в Сельхозакадемии (сейчас Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины — НУБиП).

В 1994 г. на базе Житомирского сельхозинститута создается Государственная агроэкологическая академия Украины. О необходимости и целесообразности создания вуза данного направления Б.С. Пристер подчеркивал в письме Министру образования Украины П.М. Таланчуку. Он пишет: «...В системі освіти України підготовка таких фахівців тільки розпочинається. У той же час Житомирський сільськогосподарський інститут на замовлення Мінчорнобилю України вже четвертий рік готує спеціалістів для роботи в складних екологічних умовах Полісся України. З 1991 р. у цьому закладі здійснюється навчання студентів за програмами спеціалізацій «Радіоекологія», «Радіобіологія», «Радіологія» ...». При активном участии и огромной помощи лично Бориса Самуиловича создавалась учебная база подготовки специалистов и научная база глубоких радиоэкологических исследований.

В 2005 г. академик Б.С. Пристер переходит во вновь созданный Институт проблем безопасности атомных электростанций НАН Украины на должность главного научного сотрудника отдела радиационной экологии. Он проанализировал и обобщил большой массив информации об аварии

на атомных энергетических реакторах. Сделан четкий вывод — для успешного развития атомной энергетики необходим абсолютный приоритет безопасности. Эти положения обоснованы в монографии «Проблемы безопасности атомной энергетики. Уроки Чернобыля», изданной в 2013 г. под его редакцией в соавторстве с академиками НАН Украины А.А. Ключниковым, В.Г. Барьяхтаром, В.П. Кухарем и В.М. Шестопаловым. Второе издание монографии (2016 г.) Борис Самуилович дополнил анализом радиоэкологических и социальных последствий тяжелых аварий на АЭС — Кыштымской, Чернобыльской и Фукусимской. Важный урок этих аварий — низкая готовность к реагированию на аварии существенно утяжеляет их последствия. Ученый с сотрудниками разработал методологию радиоэкологического районирования территории с использованием ландшафтно-бассейнового принципа и оценкой критичности районов. Эти идеи нашли свое воплощение и опубликованы в проекте длительного радиоэкологического мониторинга на примере АЭС «Фукусима-1», разработанного по заданию УНТЦ в 2013–2015 гг. Он многократно посещал Японию, читал лекции и проводил консультации.

Академик Б.С. Пристер создал большую научную школу: во многих ведущих учреждениях НААН при поддержке президента академика А.А. Созина созданы радиологические подразделения; подготовил 6 докторов и 7 кандидатов наук. Им опубликовано более 550 научных трудов, более 20 книг. Борис Самуилович — член Национальной комиссии по радиационной защите населения Украины (НКРЗУ), член редколлегии пяти научных журналов.

Ученый удостоен звания «Лауреат Государственной премии СССР» в 1974 г. за разработку «Рекомендаций по ведению сельского и лесного хозяйства при радиоактивном загрязнении окружающей среды». За цикл работ по биогеохимии и радиоэкологии йода ему в составе группы ученых присуждена Премия Высшей школы СССР за науку (1985 г.). За активное участие в

работах по ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы в 1986 г. Б.С. Пристер награжден Грамотой Верховного Совета СССР. В 1998 г. ему присвоено звание «Заслуженный деятель науки и техники Украины». За проведение оригинальных исследований в 1998 г. Европейской академией естественных наук награжден медалью Вильгельма Конрада Рентгена «За достижения в науке, технике, медицине».

За цикл работ по комплексному изучению последствий Чернобыльской катастрофы и разработке мер по их смягчению Б.С. Пристеру в составе группы ученых в 2004 г. присуждена Государственная премия Украины в области науки и техники.

Его работа отмечена орденами: «За заслуги» III (2007 г.) и II (2011 г.) степени, «Знак почета» Минагрополитики Украины, Знаком Национальной академии наук Украины «За научные достижения», Почетной наградой Международного академического рейтинга «Золотая фортуна» в 2012 г.

С позиции современности мы имеем возможность вспомнить прошедшее, всмотреться в настоящее, увидеть будущее. Вполне закономерно, что академик Б.С. Пристер, воспитанник и последователь научной школы академика В.М. Кличковского, вносит огромный вклад в развитие и становление радиэкологической науки не только в Украине, но и в мире.

В.П. Славов — доктор с.-х. наук, проф., чл.-кор. НААН, заслуженный деятель науки и техники Украины

М.И. Дедух — кандидат с.-х. наук, доцент Житомирского национального агроэкологического университета

В.П. Ландин — доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом радиэкологии в агро сфере Института агроэкологии и природопользования НААН.

Ви — світоч життя

І легенда науки.

І вчений Ви справжній з великої букви.

Загнуданий атом у Ваших руках,

Тримаєте міцно — не станеться крах.

І птаха народна нехай Вам кує,

Життя і наснагу та радість дає.

А.Л. Бойко — доктор біол. наук, проф., академік НААН

Коллектив сотрудников Института агроэкологии и природопользования НААН, редколлегия «Агроэкологического журнала» искренне поздравляют Бориса Самуиловича с юбилеем, желают крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов в созидании радиэкологической науки.

ПАМ'ЯТІ ВЧИТЕЛЯ (до 80-річчя від дня народження М.В. Зубця)



7 квітня 2018 року виповнилось би 80 років Герою України, відомому вченому, талановитому організатору вітчизняної аграрної науки академіку НААН Зубцю Михайлу Васильовичу. Він передчасно пішов із життя на 76 році.

Та в серцях тих, хто знав Михайла Васильовича, залишилась жива пам'ять про нього. Для мене Михайло Васильович — це наставник і ВЧИТЕЛЬ. Я вперше потрапив у поле його зору доволі неочікувано і прозаїчно. Було це так.

На зламі століть (1998–2002 рр.) я, як народний депутат України III скликання, був першим заступником голови Комітету Верховної Ради України з питань екологічної політики, природокористування і ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. Наш Комітет доволі плідно співпрацював із Українською академією аграрних наук, президентом якої був Михайло Васильович Зубець, і його участь у роботі Комітету була активною. Так, після однієї з робочих нарад у Комітеті уже в приватній розмові він запропонував мені

подумати над доцільністю мого переходу від фундаментальних проблем природокористування (я до того займався науковими дослідженнями в системі Національної академії наук України) до екологічних проблем в аграрному секторі економіки України. Як перший крок до цього — порадив взяти участь у конкурсі на чергових виборах членів Української академії аграрних наук. На мою відповідь він не залишав часу — попрямував до виходу. Однак у коридорі уточнив, що його пропозиція не експромт, він обговорював її з відомим радіобіологом і екологом академіком УААН Прістером Борисом Самуїловичем.

Після цієї розмови наше спілкування з Михайлом Васильовичем почастишало, але з кожним разом чомусь його формат ставав більш офіційним. Він особисто запрошував мене на засідання Президії Академії, на яких розглядалися питання рослинництва, тваринництва, ветеринарії і радіології, але жодного разу я не був запрошений до розгляду тих питань з економіки, де моя компетенція як доктора економічних наук була б найбільш доречною.

З часом все з'ясувалось, коли Михайло Васильович запропонував мені посаду директора Інституту агроєкології і біотехнології УААН. Тоді він доволі стримано і офіційно наголосив, що йдеться не про «відпочинок на лаврах», а про архівідацьке доручення — інститут на стадії становлення! І змінивши тон розмови, поділився спогадами і досвідом створення Інституту розведення і генетики тварин, заснованого за його участю і який з часом йому довелося очолювати. Тепер ця наукова установа носить його ім'я — Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН.

З цієї розмови я зробив висновок не лише щодо «лаврів» і важливості доручення, головне — я можу розраховувати не тільки на вигоди, поради і допомогу, а й на наставництво досвідченого організатора науки.

Михайлу Васильовичу були притаманні такі риси характеру, як сміливість наукового передбачення та підтримка ініціативних починань підлеглих, у т.ч. і таких, що на перший погляд сприймалися як ризиковані. Так, під час одного із відвідувань інституту він висловив переконливе припущення про те, що відродження виробництва продукції тваринництва на промисловій основі в Україні розпочнеться з птахівництва. А практика свідчить, що лише на стадії досягнення підприємствами проектних потужностей проявляються істотні екологічні проблеми, які на момент проектування не завжди можна передбачити, а в процесі становлення підприємства перевага надається не екологічним показникам, а економічним. Він навів переконливі факти на прикладі двох підприємств ще Української РСР — свиногом'ясного у с. Калита (Київська обл.) і птахофабрики «Україна» (АР Крим); ними є три конкретні проблеми: ветеринарне забезпечення тварин з огляду на високу концентрацію поголів'я комплексів; якість продукції, як наслідок інтенсифікації технології годівлі; вплив тваринницьких комплексів на навколишнє природне середовище внаслідок нагромадження відходів виробництва.

У такий переконливий спосіб Михайло Васильович порадив колективу інституту працювати на випередження. Врахувавши пропозиції вченого, колектив інституту з часом посів провідне місце в науковому забезпеченні розв'язання екологічних проблем розвитку птахівництва на промисловій основі як в Україні, так і на міжнародній арені. Інститут володіє інформацією про кількість, структуру та склад відходів птахівничих підприємств України. Фахівцями розроблено методи оцінки впливу підприємств на стан атмосферного повітря; оцінки стічних вод підприємств за мікробіологічними показниками; з'ясовано недоліки традиційних технологій очищення стоків; запатентовано спосіб очищення стічних вод та отримано три патенти з утилізації осадів стічних вод птахівничих

підприємств. З цих питань захищено шість кандидатських і одну докторську дисертацію. В інституті також започатковано розв'язання екологічних проблем на підприємствах з промислового виробництва молока та м'яса (свинини та яловичини). Співробітник інституту професор Моклячук Лідія Іванівна працює у складі експертів ООН із обмеження емісії активного азоту з сільськогосподарських джерел.

І ще про один епізод із творчої уваги Михайла Васильовича до тематики нашого інституту. У листопаді 2010 р. мені як директору установи довелося доповідати на засіданні Президії Академії питання про проблеми агролісомеліорації в Україні. Йшлося, переважно, про стан полезахисних лісових насаджень в Україні. У цьому форматі було підготовлено проект постанови. І вже підводячи підсумки розгляду питання, Михайло Васильович експромтом доповнює проект постанови дорученням із з'ясування стану полезахисних лісових смуг у господарствах мережі академії — а це захист 500 тис. га земель у 140 дослідних господарствах. До того ніхто не звертав уваги на наявність та стан полезахисних лісових насаджень у мережі академії.

Особливо запам'яталась зустріч із Михайлом Васильовичем, коли з огляду на його стан варто було б говорити не про наукові справи, а про здоров'я. Та він, перехопивши ініціативу, розпочав розмову з того, що є необхідність узагальнити наукові досягнення з агроекології. Тоді ми обговорили орієнтовний проспект такої праці. Як результат, з часом вийшла в світ моя монографія «Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України», в якій житимуть спогади про Михайла Васильовича Зубця і пам'ять про нього. Вічна пам'ять...

«Дякую Вам, Вчителю, за довіру, за підтримку, за науку...»

ОРЕСТ ФУРДИЧКО,
академік НААН

АННОТАЦИИ

Зборовская О.В.¹, Краснов В.П.², Ландин В.П.³, Захарчук В.А.³ Радиальный прирост сосны обыкновенной на моренных отложениях Житомирского Полесья // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 7–13.

¹ *Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого*

² *Житомирский государственный технологический университет*

³ *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: vlad_land@ukr.net

Приведены материалы исследования радиального прироста сосны обыкновенной на дерновых слабо- и среднеподзолистых связно-песчаных почвах на песчаной морене в различных типах лесорастительных условий. Исследование проведено в сухих, свежих, влажных борах и свежих суборах. Установлено, что абсолютные значения величин годовых колец деревьев уменьшаются с увеличением возраста сосны. Выявлено, что узкие годовые кольца характерны для насаждений сухих боров, а крупные — для свежих суборов. По значению стандартного отклонения определено, что единую устойчивую систему на моренных отложениях в борах создают приспевающие насаждения, а в суборах — средневековые. Имеет место сходство коэффициентов вариации, свидетельствующее о структурной устойчивости насаждений сосновых древостоев разных возрастных групп свежих боров и суборов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: радиальный прирост, сосновые насаждения, моренные отложения, дерново-подзолистые почвы, лесорастительные условия.

Чоботько Г.М., Райчук Л.А. Идентификация параметров при моделировании биологических систем на примере лесной экосистемы // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 14–20.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: chobotko@ukr.net

Приведены результаты одного из самых эффективных способов изучения и прогнозирования последствий радиационного загрязнения территорий, который заключается в применении математического моделирования процессов миграции радионуклидов в радиационно критических экосистемах. Рассмотрен теоретический расчетный способ идентификации неизвестных числовых значений параметров моделей миграции элементов в биологических системах на примере лесной экосистемы. Доказано, что процесс накопления радионуклидов

биологическими системами происходит гораздо быстрее, чем их выведение.

К л ю ч е в ы е с л о в а: радиоэкология, модели миграции радионуклидов, лесные экосистемы, неизвестные параметры.

Рыбалко Ю.В., Бабка Р.В. Экологическая оценка стабильности и антропогенной нагрузки агроландшафтов Черниговской области // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 21–27.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

e-mail: y_trygub@i.ua

Рассмотрена проблема комплексного развития сельских территорий по показателям экологической стабильности агроландшафтов и антропогенной нагрузки на них. Осуществлен подробный анализ земельного фонда и рассчитан коэффициент антропогенной нагрузки, уровень распаханности и коэффициент экологической стабильности территории Черниговской обл., которые позволяют комплексно оценить, насколько рациональна структура земельного фонда. Оценено экологическое состояние земель и определены направления оптимизации угодий в соответствии с полученными результатами исследования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: агроландшафт, коэффициент антропогенной нагрузки, коэффициент экологической стабильности, пахотные земли, сельскохозяйственные угодья.

Шумигай И.В. Снижение концентрации железа в подземных водах Житомирской области // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 27–32.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: innashum27@gmail.com

Доказано, что из всех видов водных ресурсов ценными для водоснабжения являются подземные пресные воды, потому что в общем аспекте они намного чище поверхностных, их сток — стабильный, а качество (за исключением инфильтрационных), практически не зависит от погодных (сезонных) изменений. Установлено, что все подземные водоносные горизонты в Украине имеют повышенное содержание ионов железа, уровень которого варьирует в пределах 0,5–30 мг/л и более. Анализируя известные методы обезжелезивания воды, можно сделать вывод, что при незначительной концентрации ионов железа в исходной воде они довольно хорошо себя зарекомендовали. Самым распространенным методом обезжелезивания воды является фильтрование через зернистые загрузки из природных или искусственных материалов при скорости фильтрования до 10 м/ч.

К л ю ч е в ы е с л о в а: подземная вода, железо, процесс очистки.

Кацевич В.В.¹, Стрижак О.В.² Эдафическая характеристика литогенных почв на лессовидных суглинках // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 33–39.

¹ *Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет*

² *Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

e-mail: agrovikka@gmail.com

Приведено агроэкологическое обоснование процесса почвообразования и результаты микроморфологического исследования литогенных почв на лессовидных суглинках научно-исследовательского стационара по сельскохозяйственной рекультивации земель Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета. Выявлены особенности микроморфологического строения техноземов пробного участка сельскохозяйственной рекультивации. Установлены характерные новообразования исследуемого профиля — мелкозернистый кальцит, который насыщает материал основы, и его выпчеты в порах.

К л ю ч е в ы е с л о в а: эдафотоп, литогенные почвы на лессовидных суглинках, микроморфология почв, грунтогенез, структурообразование.

Демиденко А.В.¹, Приблуда В.В.¹, Кривда Ю.И.², Василенко А.Н.², Мелешко Ю.В.² Энергоконверсия органических ресурсов для воспроизводства плодородия почв и производства биотоплива // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 40–49.

¹ *Черкасская государственная сельскохозяйственная опытная станция ННЦ «Институт земледелия НААН»*

² *Черкасский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»*

e-mail: agrogumys@ukr.net

Установлено, что в результате изъятия побочной продукции на энергетические цели (солома зерновых, зернобобовых, сои и рапса), что составляет около 20% от ее общего выхода, баланс органического вещества гумуса будет недостаточным — на уровне $-0,19$ т/га, что превышает соответствующий показатель без изъятия указанной продукции в 190 раз. Также на 125% увеличится недостаточность элементов питания. Доказано, что поддержание баланса гумуса в почвах аграрных формирований Черкасской обл. является определяющим фактором использования побочной продукции растениеводства на энергетические нужды. Количество побочной продукции, которую можно использовать на энергетические нужды, является обратно пропорциональным дефициту гумуса и питательных веществ в почвах севооборота.

К л ю ч е в ы е с л о в а: баланс гумуса, побочная продукция, биотопливо, гумус, питательные элементы.

Корсун С.Г.¹, Давидюк А.В.¹, Шкариковская Л.И.¹, Болоховский В.В.², Болоховская В.А.² Изменение потенциального плодородия почв оподзоленного ряда при применении биологических препаратов // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 50–56.

¹ *ННЦ «Институт земледелия НААН»*

² *ЧП «БТУ-Центр»*

e-mail: korsuns@i.ua

Проведено исследование изменения свойств почв оподзоленного ряда при применении биологических препаратов. Выявлено улучшение потенциального плодородия почв при контакте с биоудобрением Граундфикс® и прилепителем Липосам®. Экспериментально доказано и статистически обосновано, что биологические препараты при различных композициях их применения усиливали целлюлозолитическую активность почвы, интенсивность респирации и улучшали показатели агрохимического их состояния. Подтверждено преимущество совместного внесения препаратов Граундфикс® и Липосам®, независимо от способа использования и исходного уровня агрохимических показателей плодородия почв.

К л ю ч е в ы е с л о в а: почвы, биологические препараты, целлюлозолитическая активность, интенсивность респирации, агрохимические показатели плодородия почв.

Кашковский В.И., Аксilenко М.Д., Евдокименко В.А., Каменских Д.С. Эффективность использования зольных компонентов в составе органо-минеральной композиции при выращивании пшеницы озимой // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 57–65.

Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины

e-mail: kash54vik@gmail.com

Рассмотрена проблема оптимизации фосфорного питания при использовании органо-минеральной композиции с содержанием зольного кремния и золы осадков сточных вод (ОСВ). Указано на перспективы применения зольных компонентов в составе удобрительной смеси с целью мобилизации фосфатов низкой растворимости. Приведенные результаты исследований по определению эффективности использования композиций при выращивании пшеницы озимой подтверждают положительное влияние на корнеобразование, поглощающую способность к использованию растениями труднорастворимых фосфатов золы ОСВ.

К л ю ч е в ы е с л о в а: зольный кремний, зола осадков, труднорастворимые фосфаты, органо-минеральная композиция.

Гаврилюк В.А., Бортник А.Н., Августинович М.Б. Эффективность использования осадков сточных вод в качестве удобрений на дерново-подзолистых почвах // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 65–71.

Полесская опытная станция ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского»

e-mail: ds-iga@ukr.net

Приведены результаты исследований эффективности использования осадков сточных вод (ОСВ) при выращивании овса на зеленую массу. Определены основные нормы внесения ОСВ. Установлено, что внесение ОСВ способствует положительной тенденции к увеличению основных питательных элементов в дерново-подзолистой супесчаной почве, улучшению урожайности культуры, снижению накопления тяжелых металлов в почве и выращенной продукции. Обоснована целесообразность применения ОСВ для использования в качестве удобрений с учетом практичности, экономичности и экологичности указанного сырьевого ресурса.

К л ю ч е в ы е с л о в а: осадки сточных вод, овес, почвенные условия, питательные элементы, тяжелые металлы, урожайность.

Дубовой В.И., Табакаева М.Г. Производительность пшеницы озимой в условиях Полесья при воздействии осадка сточных вод // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 71–74.

Житомирский национальный агроэкологический университет

e-mail: vidubovy@gmail.com

Обобщены результаты исследований эффективности использования альтернативного вида удобрения — осадка сточных вод (ОСВ) коммунальных очистных предприятий. Установлено, что ОСВ имеет высокие агрохимические свойства и может использоваться как органо-минеральное удобрение с целью повышения урожайности растений пшеницы озимой в полевых условиях. Доказано, что внесение аммиачной селитры в дозе 100 кг/га по сравнению с самой высокой в опыте дозой внесения ОСВ — 10 т/га способствует получению практически одинакового уровня урожайности пшеницы озимой. Обосновано, что ОСВ может рассматриваться как альтернатива минеральным удобрениям, особенно аммиачной селитре, производство которой представляет угрозу экологии окружающей среды.

К л ю ч е в ы е с л о в а: осадок сточных вод, пшеница озимая, урожайность, полевые условия.

Демидов А.А., Сироштан А.А. Влияние погодных условий и агротехнических мероприятий на посевные качества семян и урожайность пшеницы озимой // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 74–80.

Мироновский институт пшеницы имени В.Н. Ремесло НААН

e-mail: mwheats@ukr.net

Представлены результаты исследований влияния погодных условий и предшественников на урожайность и посевные качества семян пшеницы озимой. Анализ данных сбора зерна с единицы посевной площади в годы самой высокой и самой низкой урожайности культуры свидетельствует, что, несмотря на различные условия увлажнения, установленная закономерность влияния предшественников практически сохраняется. Выявлено, что в годы исследований (2015–2017) самой высокой (5,99 т/га) урожайность пшеницы озимой была по сидеральному пару; посевные качества семян пшеницы озимой также были самыми высокими по сидеральному пару (76,4% и 43,2 г), а самыми низкими — после предшественника кукурузы на силос (71,7% и 40,4 г). Доказано, что в зоне Правобережной Лесостепи лучшим предшественником для семенных посевов, особенно для выращивания высоких генераций семян, является сидеральный пар.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пшеница озимая, урожайность, предшественники, посевные качества семян.

Гудзенко В.Н.¹, Демьянюк Е.С.² Генетическое улучшение ячменя двухрядного ярового по количественным признакам в Лесостепи Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2018. — № 1. — С. 81–86.

¹ *Мироновский институт пшеницы имени В.Н. Ремесло НААН*

² *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: barley22@ukr.net

Приведены результаты исследований (2012–2014 гг.) коллекционных образцов ячменя двухрядного ярового разного экологического происхождения по статистическим генетическим параметрам основных хозяйственно-ценных количественных признаков. Фенотипический (PCV) и генотипический (GCV) коэффициенты вариации имели значения от низкого до среднего уровня в зависимости от признака и года исследований: PCV = 3,69–17,22%, GCV = 3,66–14,73%. Самые высокие значения во все годы зафиксированы для массы зерна с растения (PCV = 14,32–17,22%, GCV = 12,01–14,73%), самые низкие — для массы 1000 зерен (PCV = 3,69–5,96 %, GCV = 3,66–5,93%). Коэффициент наследуемости в широком смысле варьировал от $H^2 = 70,34\%$ для массы зерна с растения до $H^2 = 98,94\%$ для массы 1000 зерен. Самые высокие показатели ожидаемого генетического улучшения в процентах к среднему значению признака зафиксированы для длины главного колоса (GAM = 24,82–26,92%), массы зерна с растения

(GAM = 20,74–25,95), массы зерна с главного колоса (GAM = 18,87–23,81%). Выявленные особенности свидетельствуют, что при обоснованном отборе компонентов скрещивания с исследованной выборки образцов по большинству признаков можно получить селекционное улучшение — от среднего до высокого уровня.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ячмень, коллекционный образец, количественный признак, коэффициент фенотипической вариации, коэффициент генотипической вариации, наследуемость, генетическое улучшение.

Романенко А.Л.¹, Куц И.С.¹, Заец С.А.², Солодушко Н.Н.³ Влияние засушливых условий Степи на жизнеспособность семян и проростков озимых зерновых культур // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 87–95.

¹ Запорожский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»

² Институт орошаемого земледелия НААН

³ Институт зерновых культур НААН

e-mail: zpgrunt@ukr.net

Установлено, что за последние 25 лет в условиях Южной Степи Украины произошли существенные изменения гидротермических показателей, которые привели к смещению оптимальных сроков сева в сторону более позднего периода. Приведены результаты экспериментальных исследований жизнеспособности семян и проростков озимых культур (пшеница, ячмень, тритикале) в условиях экстремально засушливого летне-осеннего периода 2011 г., что имеет важное научно-практическое значение для разработки стратегии посевной кампании. Обосновано, что в условиях резкой засухи в предпосевной период, а также при отсутствии гарантированной продуктивной влаги в пахотном слое почвы на момент оптимальных сроков сева, посев озимых следует провести в конце допустимых поздних сроков с повышенной нормой высева (на 15–20%), на глубину 5–7 см, в пределах 75% от плановой площади.

К л ю ч е в ы е с л о в а: жизнеспособность семян и проростков, озимые культуры (пшеница, ячмень, тритикале), урожайность, засушливые условия.

Василенко М.Г.¹, Стадник А.П.¹, Душко П.Н.¹, Драга М.В.¹, Кичигина О.А.¹, Зацаринная Ю.А.¹, Перец С.В.² Урожайность и качество семян сельскохозяйственных культур при воздействии стимуляторов роста растений // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 96–101.

¹ Институт агроэкологии и природопользования НААН

² Панфильская исследовательская станция ННЦ «Институт земледелия НААН

e-mail: m_draga@hotmail.com

В течение длительного (2005–2012 гг.) опыта изучали влияние регуляторов роста растений (РРР) отечественного производства на урожайность сельскохозяйственных культур и качество семян. Установлено, что применение экологически безопасных РРР Эмистим, Эндифит, Неофит, Гарт, Ноостим, Вегестим, Агростим и Экостим является эффективным агротехническим приемом, позволяющим увеличить урожайность культур и улучшить качественные характеристики семян. Многолетними исследованиями доказана целесообразность и безопасность применения РРР при выращивании основных сельскохозяйственных культур, а именно — зерновых и зернобобовых.

К л ю ч е в ы е с л о в а: урожайность, качество семян, регуляторы роста растений, зерновые и зернобобовые культуры.

Кабанец В.М. Динамика формирования пигментов в листьях растений *Cannabis sativa* L. по фазам развития // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 102–107.

Институт сельского хозяйства Северо-Востока НААН

e-mail: kabanetsv@ukr.net

Освещена актуальность исследований по оценке воздействия индукции хлорофилла на функциональное состояние сортов конопли посевной в разных фазах развития. Определено функциональное состояние фотосинтетического аппарата растений восьми сортов культуры по изменению содержания хлорофилла *a* и *b* в листовых пластинках. Проанализированы изменения фотосинтетических процессов в листьях, которые показали, что все растения конопли посевной в фазу биологической спелости имеют самый низкий показатель хлорофилла в листьях растений, за исключением индекса накопления хлорофилла *b*, значение которого намного выше по сравнению с ранними фазами развития *Cannabis sativa* L. Установлено, что наибольшее суммарное количество хлорофилла *a* и *b* формируется в листьях конопли сорта Гляна — 4,86 мг/г, наименьшее — у сорта Глуховские 85 — 2,62 мг/г в фазу цветения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: конопля посевная, хлорофилл, сорта, органогенез, листовые пластинки.

Волкогон В.В.¹, Деркач С.Н.¹, Димова С.Б.¹, Мягкая М.В.¹, Луценко Н.В.¹, Шганько Н.П.¹, Наконечная Л.Т.² Биокомпостирование органического субстрата на основе птичьего помета при интродукции ассоциации грибов *Trichoderma harzianum* 128 // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 108–114.

¹ Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН

² Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного

НАН Украины

e-mail: volkogan@ukr.net

Установлена зависимость динамики развития микроорганизмов в компостированных субстратах на основе куриного помета от соотношения — углерод/азот. Учет особенностей сукцессий микроорганизмов в ходе компостирования позволяет обосновать оптимальные периоды для интродукции в компосты ценных агрономических микроорганизмов. Инокуляция субстрата спорово-мицелиальной суспензией *Trichoderma harzianum* 128 на 2-й месяц компостирования способствует стремительному росту численности интродуцированных микромицетов, достигающей на 7-й месяц 9744 тыс. КОЕ/г сухого компоста. Доказано, что компостирование субстрата на основе птичьего помета с привлечением ассоциации *T. harzianum* 128 обеспечивает интенсификацию минерализационных процессов и накопления микроорганизмов — активных деструкторов органического вещества, продуцентов физиологически активных веществ, а также уменьшает потери углерода и азота. Обосновано, что полученный таким образом биокомпост является перспективным для использования в сельскохозяйственном производстве.

К л ю ч е в ы е с л о в а: компостирование, сукцессии микроорганизмов, птичий помет, *Trichoderma harzianum*.

Чабанюк Я.В., Бровко И.С., Мазур С.А., Тимошенко В.В., Никифороенко В.М. Биологические свойства почв при действии агротехнических факторов // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 115–123.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: nauka25@ukr.net

Приведены результаты сравнения корреляционных матриц, полученных для исследуемых почв природных экосистем, которые продемонстрировали формирование их специфических свойств при действии абиотических и биотических факторов. Подтверждена уникальность каждой экосистемы. Математически доказано, что черноземы являются более устойчивыми по сравнению с серыми лесными почвами, которые довольно легко теряют плодородие вследствие антропогенного воздействия, поэтому требуют экологически стабилизирующих мер и охраны в процессе сельскохозяйственного использования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: антропогенные факторы, оценка почв агроэкосистем, репрезентативные биодиагностические показатели, микробиота, биологическая активность почвы.

Холодная А.С. Влияние культивирования мискантуса гигантского на численность орибатид и

колембол в урбаноземах Харьковской области // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 123–126.

ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского»

e-mail: lonakalt@gmail.com

Установлено значительное повышение активности почвенных микроартропод, а именно — орибатид и колембол при выращивании мискантуса гигантского (*Miscanthus x giganteus*) на различных типах урбаноземов. Обоснована перспективность выращивания этой культуры на маргинальных антропогенно-деградированных почвах городских массивов с их одновременной рекультивацией и введением в хозяйственный оборот, в том числе для нужд биоэнергетической отрасли страны.

К л ю ч е в ы е с л о в а: мискантус гигантский, маргинальные земли, урбаноземы, микроартроподы, биологическая рекультивация, фитомелиоранты.

Бровко И.С.¹, Подгурская И.А.^{1,2}, Чабанюк Я.В.¹, Кордунян А.О.¹ Скрининг микроорганизмов — потенциальных деструкторов гербицидов // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 127–132.

¹ Институт агроэкологии и природопользования НААН² Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

e-mail: nauka25@ukr.net

Осуществлен скрининг микроорганизмов — потенциальных деструкторов гербицидов на основе имазамокса, кломазона, глифосата, 2,4-дихлорфеноксиоцтовой кислоты. Исследована способность выделенных изолятов произрастать на средах с рабочими концентрациями указанных гербицидов и концентрациями, в несколько раз превышающими рекомендуемые производителем дозы. Зафиксировано заметное увеличение численности микроорганизмов при добавлении рабочих концентраций гербицидов, что свидетельствует о существовании толерантных к гербицидам форм. Проведен анализ численности микроорганизмов на средах с 2-, 5-, 10-, 15- и 20-кратным избытком указанных гербицидов и установлен факт снижения количества жизнеспособных микробных клеток, начиная уже с 2-кратного избытка соответствующего препарата, что объясняется отрицательной селекцией не резистентных к гербицидам форм. Выделены штаммы, толерантные к указанным гербицидам, и осуществлена их идентификация, указывающая на принадлежность данных штаммов к родам *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp., *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. и *Arthrobacter* sp.

Ключевые слова: гербициды, микроорганизмы-деструкторы, имазамокс, кломазон, глифосат, 2,4-дихлорфеноксиоцтовая кислота.

Савчук Н.В., Стародуб М.Ф. Эколого-токсикологическая оценка влияния Nb-содержащих нанокомпозитов на основе сапонита на *Daphnia magna* // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 132–137.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

e-mail: TaranMaruna@gmail.com

Исследована морфология новосинтезированных Nb-содержащих нанокомпозитов на основе сапонита и их влияние, в т.ч. основного составляющего наноразмерного SiO₂, на развитие *Daphnia magna*. Освещено, что нанокомпозиты являются пористыми, в условиях растворения они агломерируют в более крупные структуры с размером 40–100 нм. Установлено, что при действии нанокомпозитов в диапазоне концентраций 150–300 мг/л летальных и морфологических изменений *D. magna* не было зафиксировано, а их репродуктивная функция оставалась на уровне контроля. В диапазоне концентраций 150–600 мг/л наноматериал SiO₂ предопределял рост смертности ракообразных до 57%, а их репродуктивная функция в данных условиях снижалась.

Ключевые слова: нанокомпозиты, сапонит, наночастицы, *Daphnia magna*, токсичность.

Гуменюк И.И., Грузинский С.Ю., Бровко И.С., Чабанюк Я.В. Корневая система сои при воздействии *Bradyrhizobium japonicum* // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 138–143.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: gumenyuk.ir@gmail.com

Проанализирована корневая система растений сои, обработанных инокулянтом Ризоактив Р, и тех, на которых имело место образование пузырьков аборигенными расами азотфиксирующих бактерий симбионтов сои. Установлено, что предпосевная инокуляция положительно влияет на развитие растений при различных погодных условиях. Вариант с предпосевной бактериализацией характеризовался вдвое большим количеством пузырьков в течение первого года исследований и в 1,5 раза — в течение следующего года. Доказано положительное влияние препарата на формирование и развитие нодуляционного аппарата растений, а также увеличение адсорбирующей поверхности корней на 43% по сравнению с вариантом без бактериализации.

Ключевые слова: *Glycine max* (L.) Merrill, *Bradyrhizobium japonicum*, соя, клубеньковые бактерии, нодуляционный аппарат, адсорбирующая поверхность корня.

Мусич А.Г.¹, Дульнев П.Г.², Ландин В.П.³ Роль микроорганизмов в извлечении фосфора с агрохимического сырья // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 144–149.

¹ *ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»*

² *Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины*

³ *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: igns_musych@nas.gov.ua

Рассмотрены вопросы биодоступности фосфора в качестве ключевого элемента питания растений. Освещено геохимическое действие микроорганизмов по переработке природных ископаемых с целью извлечения определенных продуктов, в частности агрохимического назначения. Доказано, что отдельные виды микроорганизмов участвуют в трансформации нерастворимых фосфатных соединений различного происхождения. Установлено, что главным фактором мобилизации фосфата из руд является хелатообразование. Фосфатазы микроорганизмов участвуют в минерализации остатков веществ животного и растительного происхождения. Обоснованы микробиологические и биотехнологические методы прямой микробной фосфатсольюбилизации труднорастворимых фосфатов с целью использования в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: фосфор, фосфатсольюбилизирующие микроорганизмы, биоудобрение.

Шаврина В.И. Сегетальная фитобиота основных агроценозов Центральной Лесостепи Украины // Агроэкологический журнал. — 2018. — № 1. — С. 150–154.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: vira.shavrina@gmail.com

Исследованиями сегетальной фитобиоты установлено, что в агроценозах зафиксировано 152 вида сосудистых растений, относящихся к 89 родам и 26 семействам. Осуществлена оценка фитобиоты по трем показателям — видовое богатство, частота встречаемости и обильность. Установлено, что основная часть видов относится преимущественно к 3–5 классам встречаемости и 1–4 классам обильности. По оценке энергетической эффективности популяций сегетальных видов определено, что на урожайность зерновых культур фитобиота имеет незначительное влияние, а на пропашные культуры влияет отрицательно. Проведен типологический анализ фитобиоты по показателям экобиоморфы, ценоморфы и генезиса.

Ключевые слова: сегетальная фитобиота, биоразнообразие, экологические показатели.

ABSTRACT

Zborovskaya O.¹, Krasnov V.², Landin V.³, Zakhar-chuk V.³ Radial growth of a pine forest on moraine deposits of Zhytomyr Polissya // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 7–13.

¹ Polissky branch of the Ukrainian Research Institute of Forestry and Agroforestry, G. M. Vysotsky

² Zhytomyr State Technological University

³ Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: vlad_land@ukr.net

The materials of the study of the *Pinus silvestris* radial growth on soddy-weakly and sod-medium podzolic binder-sandy soils on sand moraine in different types of forest vegetation conditions are given. The research was carried out in dry, fresh, moist coniferous forests and fresh semi-coniferous forest. It was established that the absolute value of the annual tree rings values decreases with pine age increasing. It was revealed that the tallest annual rings are characteristic for dry coniferous forest, and the largest ones are for fresh semi-coniferous forest. By the value of the standard deviation, it is determined that the adjoining plantations is the only stable system on the moraine sediments in the coniferous forest, and the medieval in the semi-coniferous ones. There is a similarity of coefficients of variation, indicating the structural stability of pine plantations of different age groups in fresh coniferous forest and semi-coniferous forest.

K e y w o r d s: radial growth, pine plantations, moraine deposits, sod-podzolic soils, forest vegetation conditions.

Chobotko G., Raychuk L. Identification of unknown parameters in biological systems modeling by the example of the forest ecosystem // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 14–20.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: chobotko@ukr.net

The results of one of the most effective ways of studying and forecasting the consequences of territories radiation pollution are presented. It consists applying mathematical modeling of radionuclide migration processes in radiation-critical ecosystems. A theoretical calculation method for identifying unknown numerical values of elements migration models parameters for biological systems is considered using the example of a forest ecosystem. It is proved that the process of accumulation of radionuclides by biological systems proceeds is much faster than those for their removal.

K e y w o r d s: radioecology, radionuclides migration models, forest ecosystems, unknown parameters.

Rybalko Y., Babka R. Ecological assessment of stability and anthropogenic loading on agricultural landscapes of Chernihiv region // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 21–27.

National university of life and environmental sciences of Ukraine

e-mail: y_trygub@i.ua

The article is devoted to the actual problem of the nowadays — the integrated development of rural areas by indicators of ecological stability and anthropogenic loading of agrolandscapes. The basic qualitative indicators that indicate the ecological balance of agricultural landscapes, their stability and the degree of transformation under the influence of economic activity, are the coefficients of anthropogenic load and environmental sustainability. These coefficients provide an opportunity to comprehensively assess the rational structure of the land fund. A detailed analysis of the land fund has been carried out and the coefficient of anthropogenic loading, the level of cultivation and the ecological stability coefficient of the territory of the Chernihiv region have been calculated. However, the conducted analysis of the assessment of ecological stability and anthropogenic loading of the territory usually does not give a general idea of the performance of specific objects, but allows exploring the territorial differentiation of land in the Chernihiv region. The results of the studies show the ecological state of the land and provide an opportunity to determine the areas of optimization of the land. Therefore, one of the promising measures will be the introduction and organization of agritourism activities in the region.

K e y w o r d s: agrolandscape, coefficient of anthropogenic loading, coefficient of ecological stability, arable, agricultural land.

Shumyhai I. Purification of subsoil water from iron compounds in Zhytomyr region // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 27–32.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: innashum27@gmail.com

The most valuable type of water resources are fresh water supply. These resources are, in general, much cleaner than surface water. Its runoff is stable and its quality (excl. infiltration waters) is almost independent from the weather (seasonal) changes. Almost all Ukrainian subsoil water-bearing horizons have a high concentration of iron ions, ranging from 0.5 mg/l to 50 mg/l and more. By analyzing known methods of water neutralization, we can conclude that at low concentrations of activated earth ions in the initial water proved to be quite well established.

The most common method of water deironing is the process of filtering, using natural or artificial granular loads, with up to 10 m/h water filtration rate.

Key words: subsoil water, iron, deironing process.

Katsevych V.¹, Strizhak O.² Edaphic characteristics of lithogenetic soils in loess-like loams // *Agroecological journal*. — 2018. — No. 1. — P. 33–39.

¹ *Dnipro State Agrarian and Economic University*

² *Oles Honchar Dnipro National University*

e-mail: agrovikka@gmail.com

The formation of a genetic type of soil depends on the combination and degree of influence of basic soil formation processes that result from the interaction of soil factors (climate, topography, biota, soil duration etc.). Agroecological substantiation of soil formation process and results of micromorphological investigation of sod-lithogenic soils on loess-like loams of DGAEU scientific research station of agricultural land reclamation are presented. Micromorphological soil research allowed to decide issues of diagnosis of reclamation soil engineered two artificial bodies under the influence of agricultural cultures, as well as the already available data from macromorphological profile structure, mechanical and chemical composition of the soil to provide more information on the process of soil formation rate on the sod lithogenic soil on the loam. The features of the micromorphological structure of technozems of the test site of agricultural reclamation are revealed. The most characteristic of the new formation of the profile being investigated is the dense-grained calcite, which saturates the base material, and its efflorescence in the pores. Behind the guidance of the characteristics of the lithologic soils on the loess-like loams, it is possible to add up to the carbonate type in the roughened zone of mograds.

Key words: edaphotopes, micromorphology of soil, humification, structure formation.

Demidenko A.¹, Prybluda V.¹, Krivda Y.², Vasylenko A.², Meleshko Y.² Energy conversion of organic resources for fertility reproduction and biofuel production // *Agroecological journal*. — 2018. — No. 1. — P. 40–49.

¹ *Cherkasy state the agricultural research station NSC «Institute of agriculture NAAS»*

² *Cherkasy Branch of State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»*

e-mail: agrogumys@ukr.net

Results in the removal of sideline products for energy purposes (cereal straw, legume, soybean and canola), which is about 20% of the total output of sideline products, the balance of organic matter of humus reaches the level of the scarcity – 0.19 t/ha, which defiles 190 times. The scarcity of batteries increases by 125%. The increase in the deficit of humus and nut-

rition elements when removing sideline products for energy purposes determines the exception is the use of sideline products for energy purposes in connection with the decreasing fertility of agricultural land. The special value of the sideline products is to protect the soil from wind and water erosion. Monitoring of soil erosion of agrarian formations in Cherkasy region terminated in 1983, when the area of eroded lands was officially 310 thousand hectares, or 26% of plowing land. From 1961 to 1983, the growth rate of erosion processes amounted to about 2.05 thousand hectares per year. Given these pace of erosion, the area of eroded lands is forecasted to be estimated – about 390 thousand hectares, or 35%. Therefore, the use of sideline products of crop production for energy purposes is unacceptable. Maintenance of humus balance in soils of agrarian formations of Cherkasy region is a determining factor in the use of crop production sideline products for energy needs. The quantity of sideline products that can be used for energy needs is inversely proportional to the deficit of humus and nutrients in crop rotation soils, while the growth of the deficit as humus and nutrients as a result of the removal of sideline products for energy needs makes it impossible to use it due to the negative dynamics of the fertility of agricultural land.

Key words: humus balance, by-product, bio-fuels, humus, nutrients.

Korsun S.¹, Davydiuk G.¹, Shkarivska L.¹, Bolokhovskiy V.², Bolokhovska V.² Changing the potential fertility of podzolized soils under the using biological preparations // *Agroecological journal*. — 2018. — No. 1. — P. 50–56.

¹ *National Scientific Center Institute of Agriculture National Academy of Agricultural Sciences*

² *PE «BTU-Center»*

e-mail: korsuns@i.ua

The study of the changes in the properties of podzolic soils during the application of biological preparations has been carried out. Improvements of the potential fertility of soils in contact with biofertilizer Graundfix[®] and Liposam[®] are found. It has been experimentally proved and statistically substantiated that biological preparations at different compositions of their application, enhanced soil cellulolytic activity, the intensity of respiration and improved the agrochemical state of soils. The advantage of compatibility the application of the Grayndfix[®] + Liposam[®] has been confirmed, regardless of the method of use and the initial level of agrochemical soil fertility indices.

Key words: soils, biological preparations, cellulolytic activity, intensity of respiration, agrochemical indices of soil fertility.

Kashkovsky V., Aksilenko M., Yevdokimenko V., Kamensky D. Efficiency of ash components using in organo-mineral composition under the cultivation

of winter wheat // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 57–65.

Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry National Academy of Sciences of Ukraine

e-mail: kash54vik@gmail.com

The problem of optimization of phosphorus nutrition under the use of organo-mineral composition containing ash silicon and ash of sewage sludge is considered. It is indicated on the prospects of application of the ash components in the composition of the fertilizer mixture in order to mobilize phosphates of low solubility. The results of researches with determination of efficiency of use of compositions for cultivating winter wheat, the positive influence on root formation, absorption capacity for use of plants of hard soluble phosphate of sediment ash are proved. The using ash silicon together with phosphates of low solubility in the organo-mineral composition caused an increase in the total length of the root system, the total adsorption and working absorption surface of the roots, which contributed to an increase in phosphorus removal rates compared with tricalcium phosphate. The growth of phosphorus removal rates under the use of organo-mineral composition with Si component can be explained by additional absorption of phosphorus by the root system with increased surface and absorbing activity.

K e y w o r d s: ash silicon, sediment ash, difficult soluble phosphates, organo-mineral composition.

Gavrilyuk V., Bortnik A., Avhustynovych M. Efficiency of the wastewater applying on soddy-podzolic soils // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 65–71.

Poliiska experimental station of National scientific center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»

e-mail: ds-iga@ukr.net

The research results of efficiency of the wastewater sludge applying (WSA) for growing oat for green mass are shown. The main WSA applying rates are defined. It was established that the WSA applying contributes to the positive tendency to increase the main nutrient elements in sod-podzolic sandy soils, to improve the crop yield and to reduce the heavy metals accumulation in the soil and cultivated products. The expediency of WSA applying as fertilizers for the local raw material resource is grounded, taking into account practicality, efficiency and environmental friendliness.

K e y w o r d s: sewage sludge, oats, soil conditions, nutrient elements, heavy metals, crop.

Dubovy V., Tabakaieva M. Effect of sewage sludge on productivity of winter wheat under field conditions of Polissya // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 71–74.

Zhytomyr National Agroecological University

e-mail: vidubovy@gmail.com

The paper shows the results of research concerning the study of effectiveness of usage alternative type of fertilizer - sewage sludge of treatment plants. It is established that sewage sludge has high agrochemical properties and it can be used as a separate organic and mineral fertilizer. We studied the influence of different doses of sewage sludge on the harvest of winter wheat in the field experiments of 2012–2014. It is proved that this sewage sludge significantly affects the yield of winter wheat plants. Thus previous researches enable to conclude, that the use of sewage sludge as an alternative type of organic and mineral fertilizers at land application of winter wheat plants significantly increases their crop capacity due to the use of 10 tons per hectare of sewage sludge. Thus, the yield of winter wheat was the largest in 2014, with the application of sewage sludge at a dose of 10 t/ha, and it was the smallest in the version of 1 t/ha of sewage sludge, but even under such conditions it is by 2.0 hwt/ha (autumn feeding) and by 4.0 hwt/ha (spring feeding) more than the control one. At the same time, under arid conditions, when grain was ripening in 2013, the highest yield was obtained also in the version with the highest dose of fertilizers, both during autumn and spring application, respectively, 29.7 hwt/ha and 28.5 hwt/ha. In addition, for the comparative assessment, ammonium nitrate was added in a dose of 100 kg/ha. Analysis of the research data shows that the difference between the variants with the largest dose of sewage sludge and the option where ammonium nitrate was applied is insignificant, which suggests that sewage sludge can serve as an alternative to mineral fertilizers. The obtained experimental data shows that the investigated factors significantly influenced the formation of yield of winter wheat.

K e y w o r d s: sewage sludge of treatment plants, winter wheat, crop capacity, field conditions.

Demydov O., Siroshstan A. Influence of ecological and agrotechnical conditions on yield and sowing quality of winter wheat seeds // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 74–80.

The V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS

e-mail: mweats@ukr.net

The research results of the influence of weather conditions and preceding crops on yield and sowing quality of winter wheat seeds are presented. Analysis of grain yielding capacity during the years of the highest and lowest yield shows that despite the different humidity conditions, the pattern of influence of predecessors has been practically remained. In the years of the research (2015–2017), the highest yield of winter wheat (5.99 t/ha) was resulted from the green-manured fallow as predecessor. The study of sowing qualities of winter wheat seeds showed that among the predecessors (soybean, green fallow, maize for silage), seed yields and mass of 1000 seeds on

average during three years (2015–2017) were the highest after green fallow (76.4% and 43.2 g), while the lowest after corn for silage (71.7% and 40.4 g). As for the indices of seed vigor and laboratory germination depending on the predecessors no significant difference was found, but it was noted that their lower ones were in 2017 being unfavorable in growing conditions. It was proved that in the Right Bank Forest-Steppe zone green fallow is the best preceding crop for seed production, especially when growing high generation of seeds.

Key words: winter wheat, yield, predecessors, seed quality.

Hudzenko V.¹, Demyanyuk O.² Phenotypic and genetic variability, heritability and genetic advance for quantitative traits of two-rowed spring barley in Forest-steppe of Ukraine // *Agroecological journal*. — 2018. — No. 1. — P. — No 1. — P. 81–86.

¹ *The V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: barley22@ukr.net

The paper covers the results of three-year (2012–2014) studies by statistical genetic parameters of the main economically important quantitative traits in two-rowed spring barley accessions of different ecological origin under environments of the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS. Phenotypic (PCV) and genotypic (GCV) coefficients of variation were from low to moderate level depending on the trait and year of the study: PCV = 3.69–17.22%, GCV = 3.66–14.73%. The highest values for all years were noted for the grain weight per plant: PCV = 14.32–17.22%, GCV = 12.01–14.73%, the lowest values were noted for 1000 grain weight: PCV = 3.69–5.96%, GCV = 3.66–5.93%. Heritability coefficient in the broad sense varied from $H^2 = 70.34\%$ for the grain weight per plant to $H^2 = 98.94\%$ for 1000 grain weight. The highest indices of expected genetic advance as percent of mean (GAM) was noted for the main spike length: GAM = 24.82–26.92%, for grain weight per plant: GAM = 20.74–25.95%, for grain weight per main spike: GAM = 18.87–23.81%. The peculiarity revealed indicated that when reasonable selecting the components of crosses, it is possible to obtain breeding advance of moderate to high level for most traits.

Key words: spring barley, collection accession, quantitative trait, phenotypic coefficient of variation, genotypic coefficient of variation, heritability, genetic advance.

Romanenko O.¹, Kushch I.¹, Zayets S.², Solodushko M.³ Viability of seeds and sprouts of winter crop varieties under drought conditions of Steppe // *Agroecological journal*. — 2018. — No. 1. — P. 87–95.

¹ *Zaporizhzhya Branch of State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»*

² *Institute of Irrigated Agriculture NAAS*

³ *Institute of grain crops NAAS*

e-mail: zpgrunt@ukr.net

It is well known, that considerable variations of the hydrometric figures have occurred in the southern steppes for the last 25 years. They have led to shift from optimal seeding time into later one. It was determined optimal and acceptable period of the seeding for Zaporizhzhia region, it is in the interval from 10th September to 15th October. This period was from 1st to 30th September in the mid-1980s. Period of forming maximum productivity has been changed too (from 25th September to 5th October). There had been studied the viability of the seeds and the sprouts of the winter variety crops (wheat, barley, triticale) in sharp drought conditions of summer-autumn period for 2011. This research has an important scientific and practical value for the development of the strategy of the soil company. On the 3rd October 2011 seeding of winter crops on a black pair constituted as a result 43% of germination of the wheat of Kuyalnik variety (option 1), 21% — Barley varieties Dostonuy (option 2), 41% — Triticale varieties Raritet (option 3), winter wheat varieties Siren of Odessa (option 4), after winter wheat (seeding 10th September) — 0. After the seeds had been staying for a long time in the soil (from 1–3 to 51 days), and then the living samples were sown in the vessels with sand and they were sprouting for 20 days as a result wheat of Kuyalnik variety increased germination by 27% (from 43 to 70%), Barley varieties Dostonuy — by 63% (from 21 to 84%), Triticale varieties Raritet — by 25.5% (from 41 to 66.5%), winter wheat varieties Siren of Odessa — by 55% (from 0 to 55%). Productivity of land was: option 1 — 2.03 t/ha, option 2 — 1.56; option 3 — 3.66; option 4 — 1.26 t/ha. Consequently, in the presence of such conditions as the conditions of severe drought during the pre-seeding period, absence of guaranteed productive moisture in the tillage layer of the soil at the time of optimum planting times, sowing of winter crops will be better organizing at the end of the permissible late period of sowing with an increased seeding norm.

Key words: viability of the seeds and the sprouts, the winter variety crops (wheat, barley, triticale), productivity of land, drought conditions.

Vasylenko M.¹, Stadnyk A.¹, Dushko P.¹, Draga M.¹, Kichigina O.¹, Zatsarinna Yu.¹, Perets S.² Crop yield and seed quality of agricultural crops under using plants growth regulators // *Agroecological journal*. — 2018. — No. 1. — P. 96–101.

¹ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

² *Panfyl'ska research station of the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine»*

e-mail: m_draga@hotmail.com

During 2005–2012 years, the influence of plant growth regulators (PGRs) of domestic production on the yield, quality and seed productivity of agricultural crops was studied. The application of PGR (Endophyt, Ecostym, Neofit, Vegetestim, Noostim, Gart, Agrostim and Ecostim) meets environmental requirements, provides environmental protection, creates the right conditions for the growth and development of crops and improves their seed productivity. Long-term studies have proved the expediency and safety of PGR use in growing the main agricultural crops.

Key words: crop, quality, crop yield, production, PRG, seed productivity.

Kabanets V. Dynamics of pigment substances formation in *Cannabis sativa* L. plants according to phases of development // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 102–107.

Institute of Agriculture of the Northeast NAAS
e-mail: kabanetsv@ukr.net

The relevance of chlorophyll induction studies to assess the impact on the functional condition of the hemp varieties in different phases of development is discussed. The determination of the functional state of the photosynthetic apparatus of plants of 8 varieties of culture has been determined by changes in the amount of chlorophyll a and b the leaflets. The changes of photosynthetic processes in leaves, which showed that all planting hemp seedlings in the phase of biological ripeness, have the lowest index of chlorophylls in plant leaves, but the index of accumulation of chlorophyll is considerably higher in comparison with the early phases of development of hemp seedlings. It was established that the largest total chlorophyll a and b are formed in the leaves of the Glyana variety — 4.86, the smallest — in the Glukhivskiy 85 — 2.62 mg / g in the flowering phase.

Key words: hemp seedlings, chlorophylls, varieties, organogenesis, leaf blades.

Volkogon V.¹, Derkach S.¹, Dimova S.¹, Myagka M.¹, Lutsenko N.¹, Shtanko N.¹, Nakonechna L.² Bio-composting of organic substrate based on poultry manure under introducing of association of fungi *Trichoderma harzianum* 128 // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 108–114.

¹ *Institute of Agricultural Microbiology and Agricultural Production NAAS*

² *Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine*
e-mail: volkogon@ukr.net

Dependence of microorganisms development dynamics in composted substrates based on chicken manure upon the carbon / nitrogen ratio was identified. Taking into account the peculiarities of successions of microorganisms during composting allows finding the optimal periods for introduction the agronomically valuable microorganisms into compost. Substrate

inoculation with the sporemycelial suspension of *Trichoderma harzianum* 128 provides a rapid increase in the number of introduced micromycete to the 2nd month of composting, which reaches 9744 thous. of CFU/g of dry compost to the 7th month. The substrate composting based on poultry manure with the usage of the association *T. harzianum* 128 provides an intensification of mineralization processes, the accumulation of agronomically valuable microorganisms which are active destructors of organic matter and producers of physiologically active compounds, and also reduces losses of carbon and nitrogen. The biocompost obtained with the usage of the selected micromycetes has high potential in agricultural production.

Key words: composting, succession of microorganisms, poultry manure, *Trichoderma harzianum*.

Chabanyuk Y., Brovko I., Mazur S., Timoshenko V., Nikiforenko V. Biological properties of soils under the influence of agrotechnical factors // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 115–123.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
e-mail: nauka25@ukr.net

The results of comparison of the correlation matrices obtained for the investigated soils of natural ecosystems are presented, which showed the formation of their specific properties under the influence of abiotic and biotic factors. Uniqueness of each ecosystem has been confirmed. It has been mathematically proved that chernozems are more stable than gray forest soils, which are relatively easy to lose fertility due to anthropogenic impact, and also require ecologically stabilizing measures and protection for agricultural use.

Key words: anthropogenic factors, estimation of soils of agroecosystems, representative biodiversity indices, microbiota, biological activity of soil.

Kholodna A. Influence of *Miscanthus giganteus* cultivation on the oribatid and collembol quantities in urbanozem of Kharkiv region // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 123–126.

National Scientific Center «Institute of Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»
e-mail: lonakalt@gmail.com

It has been determined that giant miscanthus cultivating on various types of urban soils provokes a significant increase in the activity of soil microarthropods, namely, oribatida and collembola. It is emphasized on the prospect of cultivating this culture on marginal anthropogenic degraded soils of urban arrays with their simultaneous reclamation and introduction into the economic circle, in particular for the needs of the country's bioenergy industry.

Key words: giant miscanthus, marginal lands, urban areas, microarthropods, biological reclamation, phytoameliorants.

Brovko I.¹, Podgurskaia I.^{1,2}, Chabanyuk Y.¹, Kordunyan O.¹ Screening of potential microorganisms as herbicide degraders // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 127–132.

¹ Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

² National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

e-mail: nauka25@ukr.net

The screening of microorganisms which are potential destructors of herbicides based on imazamox, clomazone, glyphosate and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid was carried out. The capacity of separated isolates to grow on the media with use rates of investigational herbicides and on the media with rates that are on the some excess over proposed concentrations was investigated. A marked increase in microorganisms count in case of addition use rates of herbicides was established. This fact provides evidences of existence herbicide tolerant forms. The analysis of microorganisms count on the media with 2, 5, 10, 15, and 20 times excess of herbicides was conducted and the reduction of viable microbial cell count starting with 2 times excess of corresponding preparation was established. This fact is accounted for negative selection herbicide non-resistant forms. Strains which have tolerance to the investigational herbicides were isolated and identified as *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp., *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. та *Arthrobacter* sp.

Key words: herbicides, microorganisms-destructors, imazamox, clomazone, glyphosate, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid.

Savchuk M., Starodub M. Evaluation of influence of Nb-containing nanocomposites based on saponites on *Daphnia magna* development // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 132–137.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

e-mail: TaranMaruna@gmail.com

The microstructure of Nb-containing nanocomposites based on saponites was researched and their biological effect on the *D. magna* was studied. A special attention was given to nanoparticles SiO₂ as one of the important part of their constituents. It is shown that nanocomposites are porous and able to agglomerate into large structures under dissolution conditions, their size is in the range of 40–100 nm. The results of studies on the survival of *D. magna* under the action of nanocomposites showed that in the concentration range of 150–300 mg/L there were no reveal of lethal and morphological changes, and the reproductive function of daphnia remained on the control level. In the range of 150–600 mg/L, the SiO₂

nanomaterial contributed to an increase in the mortality of *D. magna* up to 57%, and their reproductive function decreased in the proportion to the increase in its concentration.

Key words: nanocomposites, saponite, nanoparticles, daphnia, toxicity.

Gumeniuk I., Gruzinskii S., Brovko I., Chabanyuk Ya. Soybean root system under the effect of *Bradyrhizobium japonicum* // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 138–143.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: gumenyuk.ir@gmail.com

The root system of soybean plants treated with Rizoaktiv R inoculant and those on which nodules were formed native root-nodule bacteria of soybean symbionts was analyzed. It is established that seed pre-treatment before sowing cause a positive effect on the development of plants under different weather conditions. The variant with seeds presowing bacterisation was characterized by double number of nodules during the first year of studies and 1.5 times in the next year. The positive effect of the biological substance on the formation and development of the plant nodulation apparatus as well as the increase in the adsorbing root surface by 43% compared with the control variant without bacterisation was proved.

Key words: Glycine max, soybean, *Bradyrhizobium japonicum*, nodule bacteria, nodulation apparatus, adsorbing root surface.

Musich O.¹, Dulnev P.², Landin V.³ Role of microorganisms in phosphorus extraction from agrochemical raw materials // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 144–149.

¹ GU «Institute of Environmental Geochemistry NAN Ukraine»

² Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry NAN Ukraine

³ Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: igns_musych@nas.gov.ua

The questions of bioavailability of phosphorus as a key nutrient of plants are considered. The geochemical activity of microorganisms has become the impetus for the processing of natural minerals in order to extract individual products, in particular, agrochemical applications. Certain types of microorganisms are involved in the transformation of insoluble phosphate compounds of various origins. The main factor in the mobilization of phosphate from ores is chelation. Phosphatases of microorganisms are involved in the mineralization of animal and plant matter residues. Microbiological and biotechnological methods of direct microbial phosphate-solubilization of sparingly

soluble phosphates for their use in agriculture are substantiated. The main factors determining the mobilization of phosphorus from phosphorus-containing raw materials are analyzed:

- bacteria release phosphorus from ores by synthesis of a group of gluconic acids;
- microscopic fungi form polyphosphate granules as a process of temporary immobilization of phosphate with subsequent mineralization of it. The role of a special enzyme system involved in the oxidation and reduction of phosphorus compounds under aerobic and anaerobic conditions is shown. Further development of scientific and industrial interest in this field is associated with the creation of a new generation of biofertilizers, which are an alternative to chemical phosphorus fertilizers. Direct microbial mobilization of phosphates can be applied more widely than in agrotechnology;
- green technologies for the use of a new generation of microbial fertilizers, supplementing or replacing existing chemical;
- more effective use of exhaustible phosphorus raw materials and reduced eutrophication of the environment (soils, groundwater);
- possibility of utilization of phosphate-containing waste;
- relative simplicity and low energy consumption of the technological process of manufacturing biologics and ecological biotechnologies, which will ensure the economic feasibility of introducing new processes.

Key words: phosphorus, phosphate solubilizing microorganisms, biofertilizer.

Shavrina V. Segetal phytobiota of the agrocnoses of the central forest-steppe of Ukraine // Agroecological journal. — 2018. — No. 1. — P. 150–154.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: vira.shavrina@gmail.com

We have specified that the spread agrocnoses 152 species of vascular plants belonging to 89 genera and 26 families. The author has evaluated segetal vegetation according to three environmental indicators — species richness, abundance and frequency of occurrence. We have established that fitobiotaagrocnozov belongs mainly to the occurrence of classes 3–5 and 1–4 classes of abundance. Evaluation segetal vegetation in terms of the average energy efficiency of populations has showed that crops fitobiota has little impact, and row crops — affects negatively. The author has performed the typological analysis fitobioty bimorph, ecomorph genesis. As a result, we specified that the majority of species in agrocnoses applies to annual and perennial grasses, among them prevail mesophytes and xerophytes. For tsenomorfy agrocnoses most species are synanthropic, of which 38.8% are adventitious. The study and evaluation phyto-diversity agrocnoses predicts changes in agrocnoses and offer the necessary security precautions.

Key words: segetal phytobiota, biodiversity, environmental performanc.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Августинівич Марія Богданівна, кандидат сільськогосподарських наук, Поліська дослідна станція ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Луцьк, e-mail: avgustunovuch@ukr.net

Аксиленко Марина Дмитрівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, м. Київ, e-mail: seren10@ukr.net

Бабка Роман Володимирович, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: romababka@ukr.net

Болоховський Владислав Вікторович, кандидат сільськогосподарських наук, ПП «БТУ-Центр», м. Ладижин, Вінницька обл., e-mail: info@btu-center.com

Болоховська Валентина Антонівна, кандидат технічних наук, ПП «БТУ-Центр», м. Ладижин, Вінницька обл., e-mail: info@btu-center.com

Бортнік Андрій Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, Поліська дослідна станція ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Луцьк, e-mail: ds-iga@ukr.net

Бровко Ірина Степанівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: irinkacv26@gmail.com

Василенко Андрій Миколайович, Черкаська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», с. Холодніянське, Смілянський р-н, Черкаська обл., e-mail: krivda61@ukr.net

Василенко Михайло Григорович, доктор сільськогосподарських наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Волкогон Віталій Васильович, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: volkogon@ukr.net

Гаврилюк Володимир Андрійович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Поліська дослідна станція ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Луцьк, e-mail: ds-iga@ukr.net

Грузинський Сергій Юрійович, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: gruzinskiy@meta.ua

Гудзенко Володимир Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., e-mail: barley22@ukr.net

Гуменюк Ірина Ігорівна, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: gumenyuk.ir@gmail.com

Давидюк Ганна Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., e-mail: annadvaydiuk@gmail.com

Демиденко Олександр Васильович, доктор сільськогосподарських наук, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН», с. Холодніянське, Смілянський р-н, Черкаська обл., e-mail: agrogumys@ukr.net

Демидов Олександр Анатолійович, доктор сільськогосподарських наук, доцент, член-кореспондент НААН, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., e-mail: mwheats@ukr.net

Дем'янюк Олена Сергіївна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: demolena@ukr.net

Деркач Сергій Миколайович, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: derkachsergiy888@gmail.com

Дімова Світлана Борисівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: dimova13@ukr.net

Драга Мар'яна Василівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: m_draga@hotmail.com

Дубовий Володимир Іванович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, e-mail: vidubovy@gmail.com

Дульнев Петро Георгійович, кандидат хімічних наук, Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, м. Київ, e-mail: IGNS_Musych@nas.gov.ua

Душко Павло Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Євдокименко Віталій Олександрович, кандидат хімічних наук, Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, м. Київ, e-mail: vay.77@ukr.net

Заєць Сергій Олександрович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут зрошуваного землеробства НААН, смт Наддніпрянське, Херсонська обл., e-mail: izpz_ua@mail.ru

Захарчук Володимир Андрійович, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Зацарінна Юлія Олександрівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроекології 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

Кабанець Віктор Михайлович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН, с. Сад, Сумська обл., e-mail: kabanetsv@ukr.net

Каменських Дмитро Сергійович, кандидат хімічних наук, Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, м. Київ, e-mail: kam04@ukr.net

Кашковський Володимир Ілліч, кандидат хімічних наук, Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, м. Київ, e-mail: kash54vik@gmail.com

Кацевич Вікторія Валеріївна, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, e-mail: agrovikka@gmail.com

Кічігіна Ольга Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Кордуян Олександр Олегович, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: nauka25@ukr.net

Корсун Світлана Георгіївна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., e-mail: korsuns@i.ua

Краснов Володимир Павлович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, e-mail: volodkrasnov@gmail.com

Кривда Юрій Іванович, Черкаська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», с. Холодніанське, Смілянський р-н, Черкаська обл., e-mail: krivda61@ukr.net

Куш Ірина Станіславівна, Запорізька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Запоріжжя, e-mail: zpggrunt@ukr.net

Ландін Володимир Петрович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: vlad_land@ukr.net

Луденко Надія Василівна, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: mgatsenko@ukr.net

Мазур Світлана Олександрівна, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: mazurlana@i.ua

Мелешко Юрій Васильович, Черкаська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», с. Холодніанське, Смілянський р-н, Черкаська обл., e-mail: krivda61@ukr.net

Мусич Олена Григорівна, кандидат біологічних наук, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, e-mail: IGNS_Musych@nas.gov.ua

М'ягка Мирослава Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: mgatsenko@ukr.net

Наконечна Лідія Теодорівна, кандидат біологічних наук, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, e-mail: volkogon@ukr.net

Никифорова Віктор Михайлович, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: Nikiforenko.v@meta.net

Перець Сергій Васильович, Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН», с. Панфили, Яготинський р-н, Київська обл., e-mail: m_draga@hotmail.com

Приблуда Ірина Олександрівна, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: nauka25@ukr.net

Приблуда Віталій Вікторович, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН», с. Холодніанське, Смілянський р-н, Черкаська обл., e-mail: smilachiapv@ukr.net

Райчук Людмила Анатоліївна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: edelvice@ukr.net

Рибалко Юлія Володимирівна, кандидат педагогічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: y_trygub@i.ua

Романенко Олександр Леонідович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Запорізька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Запоріжжя, e-mail: zpggrunt@ukr.net

Савчук Марина Вікторівна, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: TaranMaruna@gmail.com

Сіроштан Андрій Анатолійович, кандидат сільськогосподарських наук, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., e-mail: siroshthanandriy@gmail.com

Солодушко Микола Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Запорізька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Запоріжжя, e-mail: instzerna@mail.ru

Стадник Анатолій Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік ЛАН України, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: stadnikap@ukr.net

Стародуб Микола Федорович, доктор біологічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: nfstarodub@gmail.com

Стрижак Олег Володимирович, кандидат біологічних наук, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, e-mail: agrovikka@gmail.com

Табакаєва Марьяна Германівна, Житомирський національний агроєкологічний університет, м. Житомир, e-mail: vidubovy@gmail.com

Тимошенко Вікторія Валеріївна, Міністерство екології і природних ресурсів України, м. Київ, e-mail: superexpert@ukr.net

Холодна Альона Сергіївна, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Харків, e-mail: lonakalt@gmail.com

Чабанюк Ярослав Васильович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: nauka25@ukr.net

Чоботко Григорій Михайлович, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: chobotko@ukr.net

Шаврина Віра Ігорівна, Інститут агроєкології і природокористування НААН, e-mail: vira.shavrina@gmail.com

Шкарівська Людмила Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., e-mail: luda_shkarivska@i.ua

Штанько Надія Петрівна, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: mgatsenko@ukr.net

Шумигай Інна Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: innashum27@gmail.com

ДО УВАГИ ПЕРЕДПЛАТНИКІВ!

Триває передплата

«АГРОЕКОЛОГІЧНОГО ЖУРНАЛУ»

на 2018 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), РИНЦ (Російська Федерація), Index Copernicus (Республіка Польща), Google Scholar (США), Ulrich's Periodicals Directory (США).

Передплатити «Агроекологічний журнал» можна в усіх пунктах передплати та відділеннях зв'язку

Передплатний індекс журналу 23828