

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ГО "УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО ҐРУНТОЗНАВЦІВ ТА АГРОХІМІКІВ"

Кафедра агрохімії і ґрунтознавства



# МАТЕРІАЛИ

Міжнародної наукової конференції

"ҐРУНТИ, СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА УКРАЇНСЬКЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО",

*присвяченої 120-річчю від дня народження*

## **ГРИГОРІЯ АНДРУЩЕНКА**

**24-26 квітня 2023**



Дубляни-Львів – 2023

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

**Снітинський Володимир** – академік НААН України, ректор ЛНУП – голова.  
(Україна).

**Гнатів Петро** – д.б.н., професор, зав. каф. агрохімії та ґрунтознавства ЛНУП – заступник (Україна).

**Мірошниченко Микола** – д.б.н, старший дослідник, член-кор. НААН, заступник директора з наукової роботи ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського" (Україна).

**Дмитрук Юрій** – д.б.н., проф., президент Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків, проф. кафедри екології та загальнобіологічних дисциплін Подільського державного університету (Україна).

**Dent David** – Independent scientist (United Kingdom).

**Kremer Robert J.** – Prof. of Soil Microbiology School of Natural Resources Division of Plant Sciences & Technology in University of Missouri (USA).

**Jonczak Jerzy** – dr hab., profesor, katedra gleboznawstwa Instytutu rolnictwa SGGW (Rzeczpospolita Polska).

**Chojnicki Józef** – dr hab., profesor, katedra gleboznawstwa Instytutu rolnictwa SGGW, główny redaktor SOIL SCIENCE ANNUAL (Rzeczpospolita Polska).

**Cacovean Horea** – Oficiul pentru Studii Pedologice si Agrochimice Cluj (Romania).

**Cherlinka Vasyl** – Dr Sc., Associate Professor, Research Scientist in Pavol Jozef Šafárik University in Košice, Faculty of Science, Institute of Geography (Slovak Republic).

**Cimermanis Mārtiņš** – Board Chairman in Latvian Rural Advisory and Training Centre. Latvian Farmer Federation (Latvijas Republika).

**Паньків Зіновій** – д.геогр.н., проф., завідувач кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів ЛНУ імені Івана Франка (Україна).

**Вовк Оксана** – к.б.н., с.н.с., заступник директора Державного природознавчого музею НАН (Україна).

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
LVIV NATIONAL ENVIRONMENTAL UNIVERSITY**

**PO "UKRAINIAN SOCIETY OF SOIL SCIENTISTS AND AGROCHEMISTS"  
UNIVERSITY OF MISSOURI (USA)**

**SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W WARSZAWIE (Rzeczpospolita Polska)**

**OFFICE FOR PEDOLOGICAL AND AGROCHEMICAL STUDIES CLUJ (Romania)**

**PAVOL JOZEF ŠAFÁRIK UNIVERSITY IN KOŠICE (Slovak Republic)**

**LATVIAN RURAL ADVISORY AND TRAINING CENTRE (Latvijas Republika)**

**IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV**

**NSC "INSTITUTE FOR SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY RESEARCH NAMED**

**AFTER O. N. SOKOLOVSKY" OF THE NAAS**

**STATE NATURAL HISTORY MUSEUM OF THE NAS**

**Department of agrochemistry and soil science LNEU**



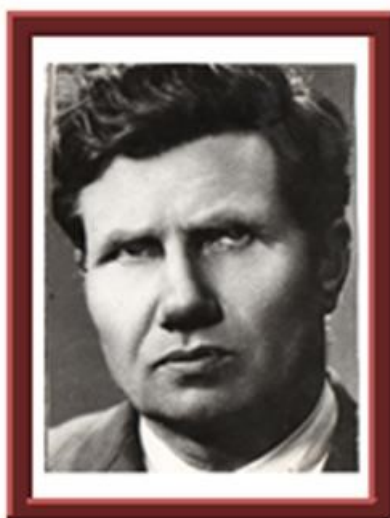
# **M A T E R I A L S**

**of International Scientific Conference**

**"SOILS, SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND UKRAINIAN SOIL SCIENCE"**

*Dedicated to the 120th anniversary of the Birth  
HRYHORIY ANDRUSCHENKO*

**24-26 April 2023**



**Dubliany-Lviv – 2023**

## **International Scientific Committee**

**Snitynskyi Volodymyr** – Academician of the National Academy of Sciences, rector of the Lviv NEU – Chairman (Ukraine).

**Hnativ Petro** – Dr, Professor, Head of the department of Agrochemistry and Soil Science of LNEU. – deputy (Ukraine).

**Dmytruk Yuriy** – Dr, Professor, President of Ukrainian Society of Soil Scientists and Agrochemists, Professor of the Department of Ecology and General Biology of Higher educational institution «Podillia State University», (Ukraine).

**Miroshnychenko Mykola** – Dr, member-cor. NAAS, deputy from the scientific work of the NSC "Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovsky" (Ukraine).

**Dent David** – Dr, Independent scientist (United Kingdom).

**Kremer Robert J.** – Prof. of Soil Microbiology School of Natural Resources Division of Plant Sciences & Technology in University of Missouri (USA).

**Jonczak Jerzy** – Dr hab., profesor, katedra gleboznawstwa Instytutu rolnictwa SGGW (Rzeczpospolita Polska).

**Chojnicki Józef** – Dr hab., profesor, katedra gleboznawstwa Instytutu rolnictwa SGGW, główny redaktor SOIL SCIENCE ANNUAL (Rzeczpospolita Polska).

**Cacovean Horea** – Office for Pedological and Agrochemical Studies Cluj. (Romania).

**Cherlinka Vasyl** – Dr, Associate Professor, Research Scientist in Pavol Jozef Šafárik University in Košice, Faculty of Science, Institute of Geography (Slovak Republic).

**Cimermanis Mārtiņš** – Board Chairman in Latvian Rural Advisory and Training Centre. Latvian Farmer Federation (Latvijas Republika).

**Pankiv Zinovi**y – Dr, prof., Head Department of Soil Science and Soil Geography of the Lviv National University named after I. Franko (Ukraine).

**Vovk Oksana** – PhD, Senior Researcher, Deputy Director of the State Natural History Museum of the National Academy of Sciences (Ukraine).

## УДК 631.4

Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство. Матеріали. Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка. 24-26 квітня 2023. Укладачі і редактори: Петро Гнатів, Богдан Пархуць. Львів-Дубляни: ЛНУП. 204 с.

Soils, sustainable development and Ukrainian soil science. Materials. International scientific conference dedicated to the 120th anniversary of the birth of Hryhoriy Andrushchenko. April 24-26, 2023. Compilers and editors: Petro Hnativ, Bohdan Parkhuts. Lviv-Dubliany: LNEU. 204 p.

*Висвітлено історичне значення доробку Григорія Андрущенка для українського ґрунтознавства, окреслено прогрес ґрунтознавства у Європі, Україні та Світі, обговорені сучасні загрози, тенденції та перспективи охорони ґрунтів і поліпшення їх родючості для сталого розвитку, представлені технології охорони й керування якістю ґрунтів, відображено аспекти органічного землеробства та роль мікробіоти і сільськогосподарських культур у підтримці здоров'я ґрунту.*

*Для наукових працівників, фахівців аграрного виробництва, докторантів, аспірантів і студентів аграрних вищих навчальних закладів.*

Тексти - в редакції авторів.

© Львівський національний університет природокористування, 2023

## Привітання ректора ЛНУП, академіка НААН В. В. Снітинського



*Шановні учасники конференції, дорогі гості!*

*Ми скликали цей науковий захід наперекір складним обставинам і небезпеці, яка не зникла для нашої країни, бо освіта і наука не може зупинитися і повинна відповідати запитам українського суспільства.*

*На наш заклик відгукнулися колеги зі США, Сполученого Королівства, Республіки Польща, Словацької Республіки, Румунії, Італії, Алжиру, численні українські колеги.*

*Наш Університет має дуже давню і колоритну історію становлення, як і наука ґрунтознавство у його стінах.*

*Наш перший завідувач кафедри ґрунтознавства, професор Григорій Андрущенко народився 121 рік тому і по другій світовій війні почав працювати в Дублянах. Переїхав він з Полтавщини виключеним з більшовицької партії з тавром «неблагонадійний» за якого московський ВАК не підтвердив його успішний захист докторської дисертації у Харківському с.-г інституті.*

*Проте, вчений отримав світове визнання завдяки титанічній праці з вивчення ґрунтового покриву і виданні фундаментальних ґрунтознавчих праць і карт ґрунтів. Його підготовлені учні описували ґрунтові покриви В'єтнаму, Куби, Казахстану.*

*Ми маємо надію, що наше зібрання внесе вагомий доробок в освітню і наукову складові ґрунтознавства. Адже на ньому зібралися 24 учасники з одинадцяти країн і понад 100 - з України.*

*Піперішні перетворені і місцями виснажені великим винесенням елементів живлення різними культурами, недостатньо удобрени та зруйновані загарбницькою війною ґрунти, потребують нашої уваги, охорони і відновлення. Величезною помилкою держави, яка має левову часту найродючіших ґрунтів Світу, є ліквідація спеціальності «Агрохімія і ґрунтознавство». Фактичне знищена зальнодержавна мережа моніторингу ґрунтів, яка поступово занепадає у вигляді установи «Держґрунтохорона» та її філій у кожній області України, але з єдиним банківським рахунком та однією гербовою печаткою у Києві.*

*Щиро бажаю усім наукових зв'язяг і закликаю активніше співпрацювати в подальшому з нашими науковими колективами.*

*Володимир Снітинський*

## *Greetings*

*from the rector of LNUU, academician of NAAS V. V. Snitinsky*

*Dear conference participants, dear guests!*

*We convened this scientific event in spite of difficult circumstances and a danger that has not disappeared. Education and science cannot stop and must meet the demands of Ukrainian society.*

*Colleagues from the USA, the United Kingdom, the Republic of Poland, the Slovak Republic, Romania, the Republic of Latvia, numerous Ukrainian participants responded to our call.*

*Our University has a very ancient and colorful history of formation, as does the science of soil science within its walls.*

*Our first Ukrainian - the head of the Department of Soil Science, Professor Hryhoriy Andrushchenko was born 121 years ago. He started working in Dublyany after the Second World War. Hryhoriy Andrushchenko moved from Poltava Oblast because he was expelled from the Bolshevik Party with the label "unreliable". It motivated the Moscow Supreme Court not to approve the successful defense of a doctoral dissertation at the Kharkiv Rural Institute.*

*However, the scientist received world recognition thanks to his titanic work on the study of soil cover and the publication of fundamental soil science works and soil maps. Trained students of Hryhoriy Andrushchenko described the soil covers of Vietnam, Cuba, and Kazakhstan.*

*We hope that our meeting will make a significant addition to the educational and scientific component of soil science. After all, 24 participants from eleven countries and more than 100 - from Ukraine gathered at it. The current transformed and in some places exhausted and destroyed by the war of aggression soils need our attention, protection and restoration.*

*I sincerely wish everyone scientific achievements and encourage more active cooperation with our scientific teams.*

*Volodymyr Snitynskyi*

**РЕЗОЛЮЦІЯ**  
Міжнародної наукової конференції  
**"ГРУНТИ, СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА УКРАЇНСЬКЕ**  
**ГРУНТОЗНАВСТВО",**  
присвяченої 120-річчю від Дня Народження ГРИГОРІЯ АНДРУЩЕНКА  
(МНК-120)  
24-26 квітня 2023

Усвідомлюючи базову функцію ґрунтів для продукційних агроєкосистем усіх рівнів, біогеосфери загалом та їх значущість для розвитку людського соціуму на Землі, учасники МНК-120, присвяченої 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенко, обмінялися найновішою інформацією у формі наукових презентації, провели дискусії.

Проведення МНК-120 організували 11 установ та організацій: ЛНУП (Україна), ГО "УТГіА" (Україна), University of Missouri (USA), SGGW (Rzeczpospolita Polska), IJES (United Kingdom), OPASC (Romania), University in Košice (Slovak Republic), Latvian RATC (Latvijas Republika), ЛНУ ім. Івана Франка (Україна), ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського" НААН (Україна), Державний природознавчий музей НАН (Україна) на базі кафедри агрохімії і ґрунтознавства ЛНУП (Україна). Підсумкова кількість учасників – понад 100 осіб, зокрема закордонних – 24 учасники з 10 країн.

За 104-річний період функціонування, починаючи з довоєнного часу праці визначних польських вчених (М. Гурського, Б. Добжанського, А. Мусіровича, Я. Жульцікого), кафедра агрохімії та ґрунтознавства ЛНУП досягла значних успіхів у вивченні ґрунтових ресурсів України і Євразії, підготувала велику кількість фахівців різного рівня, аж до рангу докторів наук (підготували дисертації Г. Андрущенко, Б. Гіліс, Г. Крилова, Р. Панас, М. Шевчук, В. Лопушняк, працювали доктори наук А. Дзюбайло, З. Томашівський, С. Позняк, П. Гнатів). Випускники кафедри брали участь у обстеженні та картуванні ґрунтів інших країн: Казахстану, Куби і В'єтнаму. Особливо потужним є внесок у ґрунтознавчу науку України та Європи професора Григорія Андрущенко.

Програма доповідей МНК-120 засвідчує, що науковці бачать ґрунт як у часі, так і в просторі, а сьогодні і в цифровому вигляді, де простежуються деградаційні тенденції зі зменшенням площ придатних для агровиробництва земель у всіх країнах світу, постають методичні проблеми діагностики та оцінки ґрунтових процесів, органічної речовини та органічного вуглецю, загострилися питання охорони та збереження ґрунтів. Агровиробники зіткнулися з проблемою агрохімічної деградації ґрунтів як результатом практики традиційних агротехнологій, впливу змін клімату. Наслідки ці пов'язані з парниковим ефектом та порушенням глобального циклу води для ґрунтових процесів, що посилює негативні тенденції. Вони проявляються в зниженні якості ґрунтів і є причиною погіршення здоров'я ґрунтів.

Ґрунтознавці бачать шляхи вирішення вказаних проблем через розвиток та впровадження інноваційних рішень з використанням сучасних методів, зокрема аналітичних визначень, дигіталізації в ґрунтознавстві, моделювання з машинним навчанням, прогнозування.



Акцентуючи на досягненнях у науковій діяльності ґрунтознавців та агрохіміків, МНК-120 також звертає увагу на необхідності зміни парадигми в ґрунтознавчій освіті та посилення просвітницької діяльності. Хибна практика обмеження обсягів навчальних планів із викладання ґрунтознавства та агрохімії у ЗВО, зменшення часу польової практики студентів призвело до непоправних наслідків. Ще 2005 року спеціальність «Агрохімія і ґрунтознавство» була вилучена з переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти, а 2016 року був закритий останній і єдиний в Україні факультет агрохімії і ґрунтознавства (ХНУ ім. В. В. Докучаєва, де 1894 року було створено першу в світі кафедру ґрунтознавства). На сьогодні практично зруйновано мережу установ, які займалися дослідженням і моніторингом родючості ґрунтів України, а тепер формально існують практично на папері як ДУ «Держґрунтохорона» та її філії у кожній області України.

З урахуванням викладеного учасники МНК-120 УХВАЛИЛИ:

1. Роботу наукового та організаційного комітетів вважати корисною та результативною.
2. Запропонувати пріоритетні напрями діяльності викладачів та науковців ґрунтознавців під егідою ГО «Українське товариство ґрунтознавців та агрохіміків»:
  - науково-методичне, інформаційне та технологічне забезпечення збалансованого використання і охорони ґрунтів та їх продуктивності з акцентом на збереження їх біогеосферної функціональності;
  - поширення знань про ґрунти, їхню роль та функції в біогеосфері серед широкого загалу, найперше – учнів та молоді з використанням всіх інформаційних можливостей (соціальні мережі, ютуб, електронні видання тощо);
  - формування нормативно-методичного забезпечення ефективним управлінням ґрунтовими ресурсами на всіх рівнях і пропозицій кращих практик ґрунтозахисних технологій в агровиробництві й інших видах землекористування;
  - планування заходів з дослідження стану ґрунтового покриву в ареалах військових дій на території України;
  - забезпечення моніторингу стану ґрунтового покриву на сучасних засадах та оновлення ґрунтово-картографічних матеріалів включно з використанням доступних засобів дистанційного зондування та створення ґрунтово-інформаційних систем;
  - наукові розробки для забезпечення реальної оцінки та прогнозу деградації ґрунтів, з метою своєчасного запобігання розвитку негативних тенденцій;
  - поглиблене дослідження різноманіття ґрунтової біоти з врахуванням сучасних підходів і трендів розвитку;
  - апробація інноваційних агротехнологій відповідно до ґрунтово-кліматичних умов України з метою припинення деградації ґрунтів;
  - кооперація та інтеграція вчених України у міжнародні програми з дослідження у галузі ґрунтових ресурсів, активізація публікацій у міжнародних виданнях;
  - збалансування обсягів викладання ґрунтознавства та агрохімії у середній та вищій школах, висвітлення новітніх наукових розробок у навчальному матеріалі, подальше інтегрування наукової та освітянської сфер.

Науковий комітет МНК-120 висловлює організаційному комітету та адміністрації ЛНУП щиро подяку за створення сприятливих умов для проведення засідань, наукових дискусій та культурної програми.

26 квітня 2023 р

**RESOLUTION**

International scientific conference

**"SOILS, SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND UKRAINIAN SOIL SCIENCE",  
dedicated to the 120th anniversary of the birth of HRYHORY ANDRUSCHENK****(ISC-120)****April 24-26, 2023**

The participants of ISC-120, dedicated to the 120th anniversary of the birth of Hryhoriy Andrushchenko, exchanged the latest information in the form of scientific presentations, held discussions, realizing the basic function of soils for productive agroecosystems of all levels, the biogeosphere in general and their significance for the development of human society on Earth.

Eleven institutions and organizations organized ISC-120: LNEU (Ukraine), GO "UTGiA" (Ukraine), University of Missouri (USA), SGGW (Rzeczpospolita Polska), IJES (United Kingdom), OPASC (Romania), University in Košice (Slovak Republic), Latvian RATC (Latvijas Republika), LNU named after Ivan Franko (Ukraine), NSC "Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O. N. Sokolovsky" of the National Academy of Sciences (Ukraine), State Museum of Natural History of the National Academy of Sciences (Ukraine). The event was held on the basis of the department of agrochemistry and soil science of LNEU (Ukraine). The total number of participants is more than 100 authors were 24 participants from ten countries.

The work of prominent Polish scientists - M. Gursky, B. Dobzhansky, A. Musirovych, Ya. Zhultsyky was in the foundation of the department of soil science and agrochemistry during the 104-year period of its operation, starting from the pre-war period. The department of soil science and agrochemistry of LNEU has achieved significant success in the study of soil resources of Ukraine and Eurasia, trained a large number of specialists of various levels, up to the rank of doctors of science. G. Andrushchenko, B. Gilis, G. Krylova, R. Panas, M. Shevchuk, V. Lopushnyak prepared theses. A. Dzyubaylo, Z. Tomashivskyi, S. Pozniak, P. Hnativ worked - doctors of sciences, worked as professors and its heads. Graduates of the department took part in surveying and mapping the soils of other countries: Kazakhstan, Cuba and Vietnam. Professor Hryhoriy Andrushchenko made a particularly powerful contribution to soil science in Ukraine and Europe.

The MNK-120 report program testifies that scientists see the soil both in time and in space, and today also in digital form. In such a vision, degradation trends with a decrease in the area of lands suitable for agricultural production can be traced in all countries of the world. There are methodological problems of diagnosis and assessment of soil processes, organic matter and organic carbon. The issues of soil protection and preservation have become even more acute. Agricultural producers faced the problem of agrochemical degradation of soils, as a result of the practice of traditional agricultural technologies, as a result of the impact of climate change. Such changes are associated with the greenhouse effect and disruption of the global water cycle for soil processes, which exacerbates negative trends. They are manifested in a decrease in the quality of soils and are the cause of deterioration of soil health.

Soil scientists see ways to solve these problems through the development and implementation of innovative solutions using modern methods, in particular analytical definitions, digitalization in soil science, modeling with machine learning, forecasting.

ISC-120 also draws attention to the need to change the paradigm in soil science education and strengthen educational activities, focusing on achievements in the scientific activity of soil scientists and agrochemists. The incorrect practice of limiting the scope of curricula for teaching soil science and agrochemistry in higher education institutions, reducing the time of students' field practice led to irreparable consequences. The specialty "Agrochemistry and soil science" was removed from the list of fields of knowledge and specialties for which higher education students are trained as early as 2005. The last and only faculty of agrochemistry and soil science in Ukraine at KHNU was liquidated. V. V. Dokuchaev, where the world's first Department of Soil Science was established in 2016 in 1894. The network of institutions is practically destroyed and is no longer engaged in research and monitoring of soil fertility in Ukraine. It formally exists on paper, as the ancient institution "Derzhzhruntokhorona" and its branches are not legal entities in every region of Ukraine today.

We, the participants, took into account all opinions and ISC-120 ADOPTED:

1. Consider useful and effective work of scientific and organizational committees.
2. To propose priority areas of activity of teachers and scientists of soil scientists under the auspices of the Public Association "Ukrainian Society of Soil Scientists and Agrochemists":
  - scientific-methodical, informational and technological provision of balanced use and protection of soils and their productivity with an emphasis on preserving their biogeospheric functionality;
  - dissemination of knowledge about soils, their role and functions in the biogeosphere among the general public, first of all - students and young people using all informational possibilities (social networks, YouTube, electronic publications, etc.);
  - formation of regulatory and methodological support for effective management of soil resources at all levels and proposals for best practices of soil protection technologies in agricultural production and other types of land use;
  - planning activities for the study of the state of the soil cover in the areas of military operations on the territory of Ukraine;
  - ensuring monitoring of the state of the soil cover on a modern basis and updating of soil-cartographic materials, including the use of available means of remote sensing and the creation of soil information systems;
  - scientific developments to ensure a real assessment and forecast of soil degradation, with the aim of timely preventing the development of negative trends;
  - an in-depth study of the diversity of soil biota, taking into account modern approaches and development trends;
  - approval of innovative agricultural technologies in accordance with the soil and climatic conditions of Ukraine in order to stop soil degradation;
  - cooperation and integration of Ukrainian scientists into international research programs in the field of soil resources, activation of publications in international publications;
  - balancing the scope of teaching soil science and agrochemistry in secondary and higher schools, highlighting the latest scientific developments in educational material, further integration of scientific and educational spheres.

The scientific committee of ISC-120 expresses its sincere thanks to the organizing committee and the administration of LNEU for creating favorable conditions for holding meetings, scientific discussions and a cultural program.

April 26, 2023

## З М І С Т

Hnativ P. S., Polukhovych M. M., Haskevych O. V., Ivaniuk V. Ja. <b>HRYPHORIY ANDRUSHCHENKO – THE FIRST HEAD OF THE DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE</b>	<b>16</b>
Attafi I., Idres A. <b>MINERALOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION ANALYSIS OF PHOSPHATE ORE CASE OF THE KEF ESSENNOUN DEPOSIT (TEBESSA, ALGERIA)</b>	<b>18</b>
Bahous R., Idres A. <b>CHARACTERIZATION OF LOW-GRADE PHOSPHATE ORE FROM THE DJEBEL ONK (KEF ES-SENNOUN)</b>	<b>19</b>
Benselhoub A., Tahri T., Boutemedjet A., Mekti Z., Boustila A., Rouaiguia I., Dovbash N. <b>PHOSPHATE PRODUCTION IN ALGERIA: FREQUENT NEEDS AND MULTIPLE ENVIRONMENTAL THREATS</b>	<b>21</b>
Dent D. <b>HIDDEN IN PLAIN SIGHT. GLOBAL HEATING AND THE SMALL WATER CYCLE</b>	<b>23</b>
Hulko B.I. <b>INFLUENCE OF WATER-RETAINING AGENTS ON BIOMETRIC INDICATORS OF APPLE TREES IN A NURSERY</b>	<b>29</b>
Jonczak J., Barbarino V., Chojnacka A., Kruczkowska B., Szewczyk K., Gmińska-Nowak B., Kołaczkowska E., Łuców D., Halaś A., Mroczkowska A., Słowińska S., Kramkowski M., Kowalska A., Słowiński M. <b>IN SITU CHARCOAL PRODUCTION IN HISTORIC TIMES AS A FACTOR OF SOIL HETEROGENEITY IN FLUVIOGLACIAL LANDSCAPE</b>	<b>32</b>
Kremer Robert J. <b>SOIL HEALTH ASSESSMENT FOR GUIDING SOIL AND CROP MANAGEMENT</b>	<b>37</b>
Leah T. <b>PRINCIPLES REGARDING THE IMPROVEMENT OF THE SOIL CLASSIFICATION OF MOLDOVA – CHERNOZEMS</b>	<b>42</b>
Parkhuts B. I. <b>DYNAMICS OF ALKALINE HYDROLYSED NITROGEN, MOBILE PHOSPHORUS AND EXCHANGEABLE POTASSIUM IN RELATION TO FERTILISATION LEVELS IN POTATO CULTIVATION</b>	<b>48</b>
Piatkova A.V. <b>GIS SOIL EROSION MODELING AS A BASE FOR LAND PLANNING</b>	<b>51</b>
Августинович М. Б., Зінчук М. І. <b>ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ</b>	<b>55</b>
Баранський Д. В. <b>ЗДОРОВ'Я ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ: УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД БІОЛОГІЗАЦІЇ АГРОЕКОСИСТЕМИ</b>	<b>58</b>
Буяновський А. О., Красеха Є. Н., Тортик М. Й., Тригуб М. Й., Цуркан О. І. <b>СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА В СТЕПОВІЙ ЗОНІ ОДЕЩИНИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ</b>	<b>62</b>

Вега Н. І. <b>ДИНАМІКА ВМІСТУ ЛУЖНОГІДРОЛІЗОВАНОГО АЗОТУ В ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО</b>	68
Вовк О. Б. <b>ПИТАННЯ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ В ЗАПЛАВАХ ПРИКАРПАТСЬКИХ НИЗИН В НАУКОВИХ ПРАЦЯХ Г. О. АНДРУЩЕНКА</b>	70
Ворон В. П., Мазепа В. Г., Івашинюта С. В., Грицюк І. І. <b>АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ СОСНЯКІВ ПОЛІССЯ</b>	74
Гамаюнова В. В., Бакланова Т. В. <b>РОДЮЧІСТЬ ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТІВ ЗОНИ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ, СТАН ТА МОЖЛИВОСТІ ПОЛПШЕННЯ</b>	78
Гамкало З. Г., Шпаківська І. М., Марискевич О. Г., Партика Т. В. <b>СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ҐРУНТУ ЗА ДИСПЕРСІЄЮ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ХІМІЧНОМУ ФРАКЦІОНУВАННЮ</b>	82
Грошева О. О. <b>СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАРУБІЖНИХ ВЧЕНИХ ЩОДО МІКРОБНИХ УГРУПУВАНЬ В СТРУКТУРНИХ АГРЕГАТАХ ҐРУНТІВ</b>	88
Дегтярьов В. В. <b>ДОКУЧАЄВСЬКА КАФЕДРА ҐРУНТОЗНАВСТВА: ІСТОРІЯ І СУЧАСНІСТЬ</b>	92
Дегтярьов Ю. В. <b>ДИНАМІКА СПІВВІДНОШЕННЯ ВОДОРОЗЧИННИХ СОЛЕЙ КАЛЬЦІУ ДО НАТРІУ У ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ ПІД ЧАС КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ</b>	100
Дегтярьова З. О. <b>ВПЛИВ ЧАСТКИ СОНЯШНИКУ НА ЦЕЛЮЛОЗОЛІТИЧНУ АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО</b>	104
Дидів А. І., Дидів О. Й., Дидів І. В. <b>ЗАСТОСУВАННЯ КАЛЬЦІЄВИХ МЕЛІОРАНТІВ У ПІДВИЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ, СТІЙКОСТІ ЙОГО ДО ЗАБРУДНЕННЯ ТА ОДЕРЖАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ РОСЛИННОЇ ПРОДУКЦІЇ</b>	107
Дидів І. В., Дидів О. Й., Дидів А. І., Лісевич-Залуцька М. Є. <b>ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА НІТРОФОСКИ -М НА УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ПАСТЕРНАКУ</b>	112
Дидів О. Й., Дидів І. В., Дидів А. І., Лісевич-Залуцька М. Є. <b>ІННОВАЦІЙНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ СЕЛЕРИ КОРЕНЕПЛІДНОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ НАНОДОБРИВА «5 ELEMENT»</b>	115
Дидів О. Й., Дидів І. В., Дидів А. І., Станішевський А. В. <b>ВПЛИВ РІДКИХ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ПРИДАТНІСТЬ ДО ЗБЕРІГАННЯ КАПУСТИ ПЕКІНСЬКОЇ НА ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ</b>	117
Дмитрук Ю. М. <b>ЧИ ДОПОМОЖУТЬ УКРАЇНІ ЄВРОПЕЙСЬКІ ҐРУНТОВІ ІНІЦІАТИВИ?</b>	120
Качмар О. Й., Щерба М. М., Саверин І. В. <b>ДИНАМІКА РУХОМОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ҐРУНТУ В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ ПІД ВПЛИВОМ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ</b>	122

Ключка С. І., Сорока М. І., Чемерис І. А. <b>ҐРУНТОВЕ ВКРИТТЯ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ЖИТТЄЗДАТНОСТІ СОСНОВИХ БОРІВ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ВИСОЧИНИ</b>	127
Ключка С. І., Сорока М. І., Чемерис І. А. <b>СТРУКТУРА ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ В УМОВАХ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ВИСОЧИНИ</b>	130
Кнігніцька Л. П. <b>БІОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ</b>	134
Колесник Т. М., Швець М. М. <b>ФОРМУВАННЯ БАЛАНСУ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ҐРУНТІ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО</b>	136
Малиновська І. М. <b>МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ ЗА МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ, ВАПНУВАННЯ ТА ЗАОРЮВАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА</b>	138
Оліфір Ю. М., Габриель А. Й., Гавришко О. С., Партика Т. В., Козак Н. І. <b>ФОРМУВАННЯ ҐУМУСНОГО СТАНУ ЯСНО-СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ В СІВОЗМІНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛИХ АГРОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ</b>	142
Орлов О. Л. <b>ҐРУНТОВІ ЕТАЛОНИ В СИСТЕМІ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ</b>	145
Погромська Я. А., Смірнова К. Б. <b>ГЕТЕРОГЕННІСТЬ АГРОХІМІЧНИХ, ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА АГРОФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ҐРУНТУ ЕРОЗІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗЕМЕЛЬ ДОНЕЧЧИНИ</b>	149
Польовий В. М., Яценко Л. А. <b>ФОРМУВАННЯ ФОСФАТНОГО РЕЖИМУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ ЗА ТРИВАЛОЇ ПІСЛЯДІЇ ВАПНЯКОВИХ МАТЕРІАЛІВ</b>	153
Полюхович М. М., Клочко Р. М., Василюшин Г. П. <b>ПІДВИЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СІДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР</b>	156
Радомський С. С. <b>ОСНОВНІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ВАРТІСТЬ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ЗАКАРПАТТІ</b>	158
Семенцова К. О. <b>ВИГОТОВЛЕННЯ СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ З ВІДОМИМ ВМІСТОМ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ-МЕТАЛІВ В УКРАЇНІ</b>	161
Стефанюк С. В., Кремінець О. І. <b>ОГІРКИ: СОРТИ, ГІБРИДИ І ЯКІСТЬ</b>	164
Тирус М. Л. <b>ЗЕЛЕНІ ДОБРИВА, ЯК ОСНОВА ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ</b>	166
Топольний Ф. П. <b>БУРОЗЕМИ ПОДІЛЛЯ, ЯКІ ОПИСАВ, АЛЕ НЕ НАЗВАВ Г. АНДРУЩЕНКО</b>	170

---

Тригуб В. І. <b>ПРОФЕСОР ІВАН ГОГОЛЄВ ТА УКРАЇНСЬКЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО: ОДЕСЬКА НАУКОВА ШКОЛА</b>	<b>173</b>
Трускавецький Р. С. <b>ДІАГНОСТИКО-ОПТИМІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ</b>	<b>178</b>
Чернобай Ю. <b>ГЕОСИСТЕМНА ПАРАДИГМА У ЛЬВІВСЬКІЙ ҐРУНТОЗНАВЧІЙ ШКОЛІ</b>	<b>181</b>
Чорний С. Ґ., Письменний О. В. <b>ОЦІНКА ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СТЕПОВИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ WIND EROSION EQUATION</b>	<b>187</b>
Шевчук М. Й. <b>СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОСУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ШАЦЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ</b>	<b>191</b>
Шестак В. Ґ., Коцюба Б. І., Гнатів П. С. <b>ЗНАЧЕННЯ НІТРАПРИНУ У ПІДВИЩЕННІ ВІДДАЧІ АЗОТНИХ І ФОСФОРНО-КАЛІЙНИХ ДОБРІВ</b>	<b>195</b>
Ювчик Н. О. <b>ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ</b>	<b>201</b>

---

## **HRYHORIY ANDRUSHCHENKO – THE FIRST HEAD OF THE DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE**

*P. S. Hnativ, prof., M. M. Polukhovych, PhD, O. V. Haskevych, PhD, V. Ja. Ivaniuk, PhD  
Lviv national Environmental University*

The one hundred and sixty–seven–year history of our institution is very rich. Lviv National Environmental University was formed in 2022. Many famous scientists were the founders of scientific schools and specialties in Dubliany. They made an invaluable contribution to the development of science and higher education in the revived Polish state after the World War One [1, p. 9; 4].

Prof. Maryan Gurskyi was the first head of the department of soil science and agrochemistry as an autonomous unit from 1919. Prof. Bogdan Dobrzański worked until 1941. These outstanding scientists were later rectors of the main higher agrarian schools in Poland. Associate professor Arkadiy Musirovych and Bronislav Haupt, engineer Bronislav Novak were students of Yan Zhulcinsky and active employees of the then school of soil science and agrochemists. Adam Vondraush studied the soils of Dubliany and published a map of the local soil cover [3].



Hryhorii Andrushchenko  
(1902-1985 pp.)

Hryhorii Andrushchenko was born on March 16, 1902 in Poltava region. His father – Avksentiy Andrushchenko – was the headman of the Zaichensky volost during 1913–1915. This social status of the father was taken into account by the Bolsheviks throughout the life of the scientist. The student Hryhorii Andrushchenko studied at the Kharkiv Institute of Agriculture and Forestry at the Faculty of Agriculture Organization with a specialty agronomist–organizer during 1926–1930 [2, 5].

Hryhorii Andrushchenko became a member of the All–Union communist party (Bolsheviks) in 1926. However, he became a non–party member in 1933, as he was "... excluded during the purge..." – according to an entry in his autobiography in 1948. and "... excluded due to social origin..." – according to the record of 1954 [5].

Postgraduate student Hryhorii Andrushchenko defended his dissertation on the topic “To the question of changing the physical and mechanical properties of saline soils in hydraulic structures under the influence of loading and filtration” and received a degree of Candidate of Agricultural Sciences at the Kharkiv Agricultural Institute on May 9<sup>th</sup>, 1946.

The scientist was the Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science of the Lviv Agricultural Institute since February 1947. He was certified for the title of Associate Professor on the Department of Soil Science on June 18<sup>th</sup>, 1949.

Associate Professor Hryhorii Andrushchenko was the head of the Department of Soil Science and Agrochemistry and a separate Department of Soil Science from September 1954 to 1972. As a prominent and respectable scientist, during 1957–1961 he headed an expedition created at the department for surveying of soils in different regions of Ukraine and in Kazakhstan

To professor Andrushchenko’s Scientific School belonged Bilan A., Voroniy V., Jacobenchuk V., Dyaman–Svidka T., Prikhodko. They participated in field surveys of large territories of Ukraine



and Kazakhstan. Soil scholars M. Bilan A., Ponomarenko Zh. and Yakobenchuk V. researched a soil cover of Vietnam and Cuba.

Hryhorii Andrushchenko defended his doctoral thesis on the topic: "Issues of genesis, patterns of their spread and increase of soil fertility in the western regions of the USSR" in 1973. The scientific fate of the head of our department, who was first Ukrainian in one-hundred-long history, a native of Poltava region, son of a wealthy peasant, the headman of the community and the class enemy of the Bolsheviks, did not turn out in the best way. A Ukrainian, a native of Poltava region, the son of a wealthy kurkul peasant, the head of the community, he wore the Bolshevik brand of "hostile class element" all his life. Moscow mentioned him to Hryhorii Andruschenko even in 1973.

Hryhorii Andrushchenko was a scientist fundamental, a man moral and selfless. The fact of not belonging to the Communist Party due to unreliability was the hidden reason for the official nonrecognition of the Higher certification commission of the USSR of successful defense of the doctoral dissertation. But Hryhorii Andrushchenko's scientific heritage was recognized, as the specialized doctoral council of the V. Dokuchaev Agrarian Institute awarded him the degree of Doctor of Sciences. His dissertation, now a two-part book "Soils of the Western Regions of the USSR" (1970) is still relevant, indispensable and cited in Ukraine and abroad. Hryhorii Andrushchenko also co-authored soil map of the western regions of the USSR at a scale of 1: 7 500 000. It was at the time of Hryhorii Andrushchenko's work that the most fruitful – the "golden period" of soil science in Ukraine.

Based on many years of research, professor Hryhorii Andrushchenko developed a scheme of genetic-production classification of soils of the western regions of Ukraine. This classification is based on the ratio of chemical elements in soils. The proportions of chemical elements reflect the degree of natural drainage of soils, the presence or absence of waterlogging, etc.

Hryhorii Andrushchenko studied and researched Ukrainian and Eurasian soils from 1926 to 1972. During this period, the population of earthlings increased from 2 billion to 4 billion.

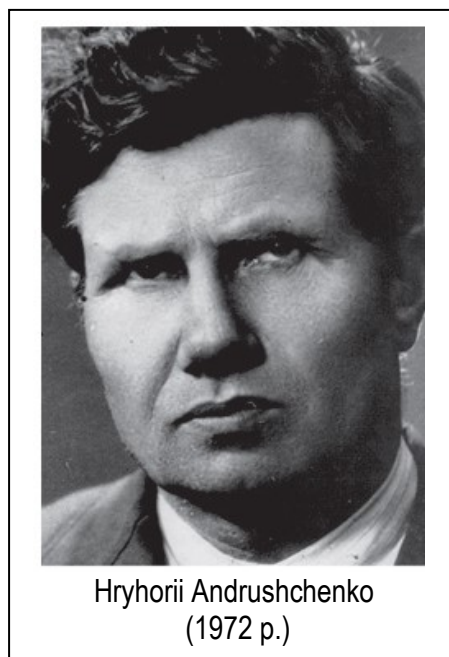
Today, 5 candidates of sciences are continuing the work of Hryhorii Andrushchenko at the department, 3 of them have the title of associate professor (M. Poliukhovych, V. Ivaniuk, O. Haskevych), 2 are teachers (B. Parkhuts, N. Veba) associate professor, senior laboratory assistant (O. Sudova) and head of the research agrochemical laboratory (R. Kunynets).

The department's research topic is – "To develop environmentally friendly methods of improving crop cultivation technologies that ensure optimal harvest and restoration of soil fertility in the conditions of local climate change in western Ukraine."

The human population on the planet is approaching 8 billion today. This means that the relevance of the development of modern soil science and agronomic chemistry will not decrease in the future.

In Ukraine, with its fertile soil, there is no food problem, as it was not, even in the terrible times of the famine organized by the Bolsheviks. However, the problem of preserving the fertility of Ukrainian lands has become acute.

The Museum of soil science is named after Hryhorii Andrushchenko. His name and scientific property is the national pride of Ukrainians and Ukrainian soil science.



Hryhorii Andrushchenko  
(1972 p.)

## References

1. Barabash H. Biographical and bibliographic directory: Lviv State Agrarian University in names: scientific and pedagogical staff in 1946–2006. Lviv: Novy svit, 2006.390 p.
2. Hnativ P.S., Snitynskyi V.V. Soil science and agrochemistry at the Lviv National Agrarian University through the prism of the centuries. *Bulletin of LNAU: Agronomy*. 2019. No. 23. 177–183.
3. Lviv National Environmental University. Department of Agrochemistry and Soil Science. 2023. URL: <http://lnau.lviv.ua/lnau/index.php/uk/f-s/agro/kgza.html>
4. Tokarsky Yu. M. Bibliographic dictionary (1856–1947): Professors, associate professors and assistants of educational and scientific institutions in Dubliany. L.: LDAU, 2004. 119 p.
5. Personal file of Hryhoriy Ovksentiyovych Andrushchenko. start 02/03/1947, passed 09/26/1973. LNUP archive. 1973. 81 p.



## MINERALOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION ANALYSIS OF PHOSPHATE ORE CASE OF THE KEF ESSENNOUN DEPOSIT (TEBESSA, ALGERIA)

*I. ATTAFI<sup>1</sup>: PhD student in Process Engineering Mining*

*Abdelaziz IDRES<sup>1</sup>: Professor in Process Engineering Mining*

*<sup>1</sup>Laboratory of Mining Resources Valorization and Environment,*

*Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria*

**Abstract.** The Kef Essennoun deposit is made up of two types of phosphate ore: the beige coloured one that has three layers, namely: the summit layer, the main layer and the basal layer, and the black phosphate one, which is made up of two layers, the main one and the other summit one.

The P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content of the ore differs from one layer to the other, and can reach 27.91 % in the productive layer, which is considered unmarketable. In order to evaluate and valorise the phosphate ore of Kef Essennoun, various mineralogical and chemical studies were carried out. Initially, the mineralogical studies included petrography, optical microscopy with natural light analysis, X-ray fluorescence (XRF), were carried out in order to know the structure of the minerals, their forms and their abundance as well as the content of the major elements such as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgO, CaO, CO<sub>2</sub>.

**Keyword :** Apatite, varolise, Kef Essennoun, petrography, mineralogical.

Phosphates are one of the most important minerals on Earth, as they are used as fertiliser for agriculture and as a raw material for the chemical industry. In addition, phosphates are the source of rare earth elements. Global consumption of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is expected to increase gradually from 44.5 million tonnes in 2016 to 48.9 million tonnes in 2020.

Algeria is a country rich in various useful substances such as sedimentary phosphates from the Kef Essennoun deposit in the Dj. Onk region, which are differentiated into 5 phosphate layers: 3 layers of beige phosphate and 2 layers of black phosphate. Proven resources are estimated at over 2 billion tonnes of phosphate. They are exploited by the Mining Company of Phosphates (SOMIPHOS) - a subsidiary of Ferphos.

Various recovery methods are used to increase the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content and make it economically profitable, including calcination, flotation, magnetic separation, and electrostatic separation and leaching.

The choice of the method depends mainly on the origin of the phosphate ore and the nature of the associated exogangue.

The objective of this work is to carry out a mineralogical and chemical characterization in order to know the exact composition of the phosphates of kef Essennoun and the content of major elements, which will facilitate the choice of an economically profitable beneficiation method.

## Results

The mineralogical study concluded that the mineral apatite is present in association with gangue minerals such as calcite and quartz, and that the phosphate rocks are of dolomite formation. The XRF results show that the apatite mineral content was varied from 18.44 % to 27.91 %.

Table 1 shows the results of the X-ray fluorescence analysis:

Echantillon	% CO <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% MgO	% CaO
Beige basal	08.40	27.78	1.66	45.84
Beige principal	08.40	27.91	4.48	46.05
Beige sommital	20.08	18.44	1.39	30.43
Noir sommital	18.40	19.57	4.64	32.29
Noir principal	08.40	27.91	1.94	46.05



## CHARACTERIZATION OF LOW-GRADE PHOSPHATE ORE FROM THE DJEBEL ONK (KEF ES-SENNOUN)

*Raounak BAHOUS<sup>1</sup>: PhD student in Process Engineering Mining*

*Abdelaziz IDRES<sup>2</sup>: Professor in Process Engineering Mining*

*<sup>1</sup>Laboratory of Mining, Larbi Tebessi University, Tebessa, Algeria*

*<sup>2</sup>Laboratory of Mining Resources Valorization and Environment,  
Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria*

**Abstract.** This work presents Physico-chemical characterization of the phosphate ore of Kef Essennoun-Tebessa. Algeria, with the deposit of Djebel Onk, located in the east of the country, has important phosphate reserves. With the aim of developing its phosphate output. This deposit is the object of detailed attention because of important lithochemical variations, which result in an enrichment in carbonates (dolomite), and a reduction in abundance of phosphate grain in the lower and upper parts. This thus makes it possible to distinguish three main layers: summital, principal and basal. A characterization of the ore was carried out to determine the mineralogical and chemical characteristics and the dimensions of main minerals.

This work focuses on the study on physicochemical and mineralogical characterization of the poor phosphate ore of Kef Essennoun mine, using multiple analysis techniques (X-ray diffraction, X-ray fluorescence, scanning electron microscope and optical microscope. The identification of the chemical composition and the mineral phases of the ore should make it possible, on the one hand, to better define a plan for the exploitation of the layer in order to obtain mixtures of raw materials that must meet, as far as possible, the quality indices required by industry

and, on the other hand, to propose suitable treatment methods for the enrichment of phosphate ores by the elimination of undesirable substances.

**Keywords:** phosphate ore, homogenization, Kef Essennoun, Tebessa, Algeria.

The Kef Essennoun deposit is characterized by a thick layer (~ 35 m) of Upper Than phosphorites, which is itself, divided into 3 sub-layers known in all Djebel Onk district according to the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and MgO contents. From the bottom to the top, these sub-layers are:

- The basal sub-layer (BL): It consists of an alternation of marl, phosphorites and dolomite, about 2 m thick. The phosphorites have a relatively low P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content (from 16 to 22 %) and a high MgO content (3 to 5 %). Heterogeneous phosphorite grains are cemented by marl and clay matrix.

- The main sub-layer (ML): It has a thickness of 25 to 30 m and is mined for phosphorites. It is characterized by high P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content (26 to 29 %) and low MgO content (less than 4 %). Homogeneous phosphorite particles are cemented by clay or carbonaceous cement.

- The upper sub-layer (SL): It consists of a phosphatic dolomite layer with a relatively low P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content (16 to 24 %) and a high MgO content (6 to 11 %). This sub-layer is also characterized by a high SiO<sub>2</sub> content, ranging from 1 to 6 %. The phosphorite particles are heterogeneously grained.

### Results

The different analysis techniques applied to these types of minerals have shown a close relationship between the petrographic and mineralogical phases and between the particle size distribution and evolution of chemical contents and, on the other hand, developed a method for homogenization of the three sub-layers, which offers a wide variety of mixes that can meet the exploitability criteria. It allows a new approach in the exploitation and the valorization of the ore aiming to provide a phosphate concentrate of better quality optimal management of raw materials and minimization of the rate of sterile releases in this study, our preposition is a collective homogenization (GL) according to the percentage of reserves representing all the deposit and selective homogenization (ML and SL with BL) according to the quality from each sub-layer.

Grain-size classification of the raw phosphate obtained after homogenization and treatment and sieving for the three samples (BL, ML and SL) are reported in Table 1 , respectively showing the major element (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CO<sub>2</sub> and MgO) contents versus phosphate grain-size for the three news qualities.

**Table 1.** Major element (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CO<sub>2</sub> and MgO) contents versus sample size classes (SL, ML and BL)

Fraction mm	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %			MgO %			CaO %			CO <sub>2</sub> %		
	SL	ML	BL	SL	ML	BL	SL	ML	BL	SL	ML	BL
> 2	17,03	24,74	22,42	4,64	4,44	3,65	28,10	40,82	36,99	20,60	11,04	15,28
-2 +1	21,09	23,56	20,96	3,81	2,82	3,98	34,80	38,87	37,88	15,28	12,29	16,61
-1 +0,5	25,14	24,64	23,31	2,82	2,32	4,98	41,48	40,66	51,15	12,96	11,04	13,32
-0,5+0,25	25,26	28,51	23,42	2,82	1,33	1,82	41,68	47,04	38,64	10,30	7,31	13,62
-0,25+0,125	20,00	29,37	24,14	3,64	1,03	1,99	33,00	48,46	46,43	10,96	6,64	8,31
-0,125 +0,063	17,89	23,96	24,66	4,64	1,99	2,98	29,52	39,53	40,69	16,61	8,31	9,97
-0,063 +0,045	16,31	21,41	20,29	4,64	2,98	2,49	26,91	35,33	33,48	15,95	11,63	12,29
-0,045+0	18,75	18,29	16,47	3,98	2,49	2,49	30,94	30,18	27,18	14,62	9,97	11,04



## PHOSPHATE PRODUCTION IN ALGERIA: FREQUENT NEEDS AND MULTIPLE ENVIRONMENTAL THREATS

*Aissa BENSELHOUB<sup>1,2</sup>, Ph.D in Environmental Sciences*

*Tourkia TAHRF<sup>3</sup>, Dr in Mining Engineering*

*Assia BOUTEMEDJET<sup>4</sup>, Dr in Mining Engineering*

*Zohir MEKTI<sup>4</sup>, Dr in Mining Engineering*

*Amir BOUSTILA<sup>5</sup>, Dr in Mining Engineering*

*Issam ROUAIGUIA<sup>5</sup>, Dr in Mining and Environment*

*Nadiia DOVBASH<sup>6</sup>, Ph.D in Agricultural Chemistry*

*<sup>1</sup>Environmental Research Center (C.R.E), Annaba, Algeria*

*<sup>2</sup>INFN Frascati National Laboratoires, Rome, Italy*

*<sup>3</sup>Laboratory of Materials Technology and Process Engineering (LTMGP), Bejaia, Algeria*

*<sup>4</sup>Laboratory of Valorization of Mining Resources and Environment,*

*Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria*

*<sup>5</sup>Mining Engineering Department, National Higher School of Mining and Metallurgy, Annaba, Algeria*

*<sup>6</sup>National Scientific Centre "Institute of Agriculture of the National Academy of Agricultural Sciences", Chabany, Ukraine*

**Abstract.** Natural phosphate contains more than 200 mineral species due to the diversity of its uses in the industrial field, where it directs from 80 to 90% to the production of fertilizers and the manufacture of phosphoric acid. In Algeria, phosphate ore is exploited in the Djebel Onk (Tebessa) region, by the Phosphate Mining Company (SOMIPHOS), a subsidiary of the national company "FERPHOS Group" located in Annaba. The quantities produced of phosphates at the level of the Mongi camp in Jebel El Ank (Algeria), according to the operating company (FERPHOS), are assessed at 1200 million tons annually. In addition, out of 5,000 tons / day of this production, 20 % of it is sedimented waste in the form of sludge, which is dumped directly into the valley located near the mining complex.

**Keywords:** Heavy metals, PM Pollution, Phosphate, Port of Annaba, Djebel Onk.

The natural raw phosphate of Djebel Onk is exposed to wet hydraulic classification and to dry air classification. However, the washing process consumes large amounts of water. Wastewater is released directly into the valley. The formed sludge is not subjected to any treatment before it is discharged into the valley. Prominent vegetation has been observed along this valley. This clearly indicates soil fertilization. Additionally to the major minerals found in this phosphate (apatite, dolomite, quartz and silicate) there are a large number of trace elements including heavy metals such as Cr, Pb and Cd whose limited contexts are sometimes crossed. This has a negative impact on product quality and the local environment.

Recently, heavy metals have taken an increasing importance in the environment, either as essential nutritional factors or as toxic agents. At concentration levels above normal, it becomes toxic and negatively affects the quality of phosphates. These can then continue into phosphate fertilizers and through them, agricultural production destined for food. On the other hand, the quality of phosphates is greatly affected by the contents of trace elements such as cobalt, copper, iron, manganese, molybdenum, zinc, nickel, chromium, and vanadium.

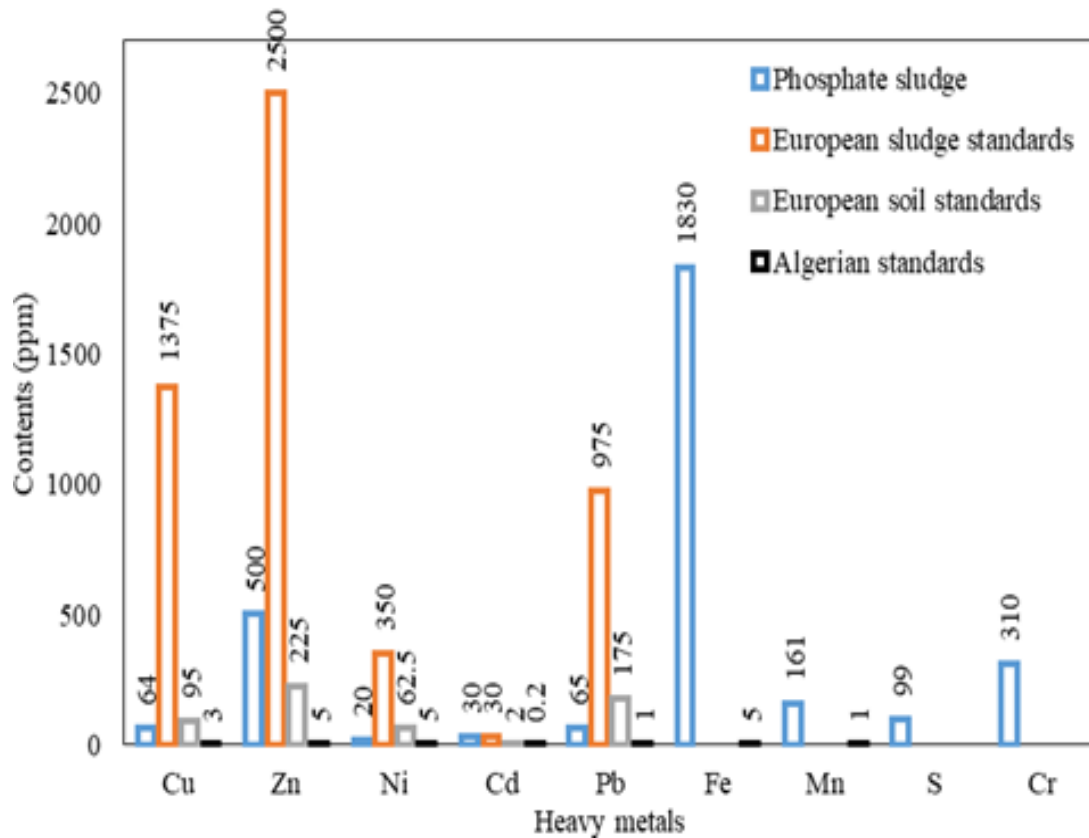


Fig. 1. Concentration limit values for heavy metals

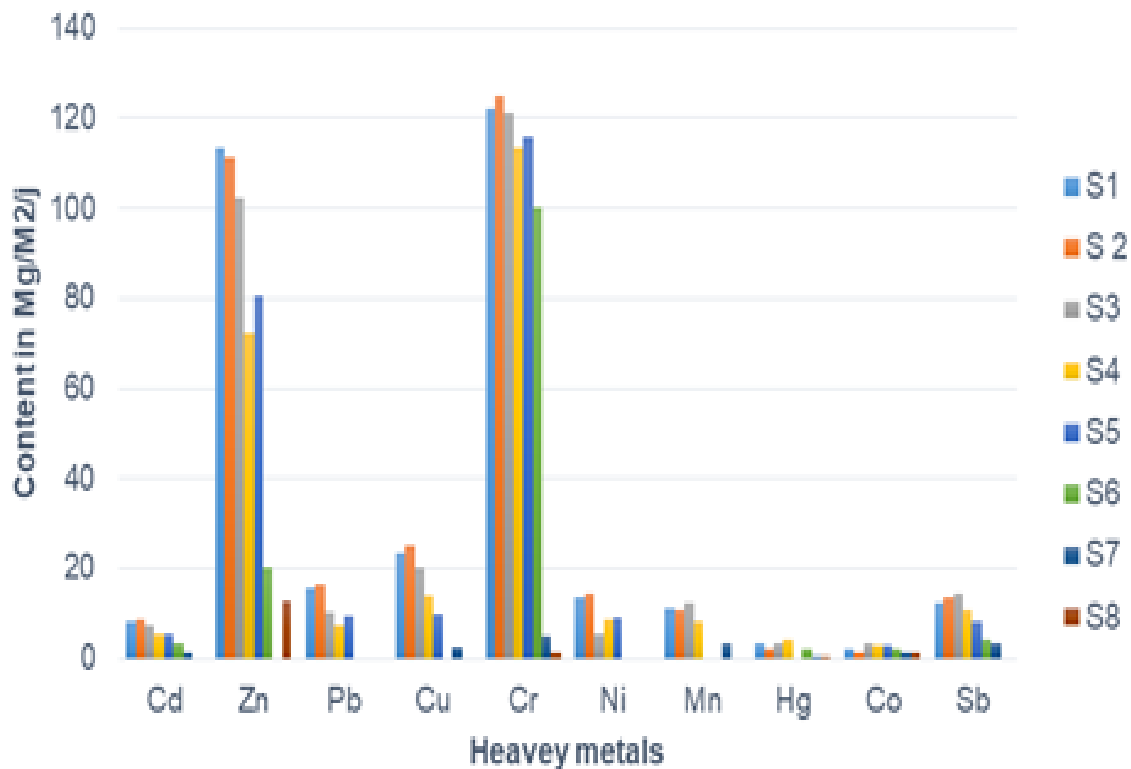


Fig. 2. Daily detected concentration of heavy metals ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ )

In fact, it is indispensable in such small quantities that an increase in its concentration in the environment can lead to toxic phenomena. Other elements are not essential for living organisms and have toxic effects at low levels. It is therefore necessary to identify them qualitatively and quantitatively in order to be able to recover these phosphate wastes by using them as fertilizers.

As it is known, the phosphate production process generates negative environmental effects such as the emission of various gases (carbon dioxide, nitrogen oxides, and sulfur dioxide), but in particular the emission of airborne particulate matter (PM), at all levels of production, but especially at the port of Annaba, where phosphate export operations are conducted.

The main sought objective of this study is to measure the level of dust generated by the phosphate export process, and then to characterize the dust, such as size and shape of particles, chemical composition, the presence of heavy metals, the impact on the environment, and even the effect of weather conditions. The tiny knowledge of the petrographic, chemical and mineralogical properties has enabled us to define an adequate operating plan that responds to sustainable development in the areas of waste recovery and environmental protection.



## **HIDDEN IN PLAIN SIGHT. GLOBAL HEATING AND THE SMALL WATER CYCLE**

*David Dent - independent scientist,  
Zhanguo Bai - ISRIC-World Soil Information, Wageningen, (Netherland).*

### **Introduction**

Sixty years ago, the Keeling curve of atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations at Moana Loa (Keeling 1960) showed us that we were not heading for another ice age. President Lyndon Johnson was briefed by his Scientific Advisory Committee in 1965 and he briefed Congress (President's Scientific Advisory Ctte 1965, Johnson 1965) – but he had the war in Viet Nam to attend to. President Jimmy Carter took up the issue of climate change in 1978, asking Charles Keeling what the government should do about it. Keeling replied: ‘The problem is far too complicated for people to understand, so focus on greenhouse emissions.’ The herd has not focussed on anything else but emissions are still rising faster than ever – atmospheric CO<sub>2</sub> has risen from 320ppm in 1965 to 420ppm today. It's time to try a different tack.

### **The Bunny Fence Experiment**

As solar radiation passes through the atmosphere, some is reflected back into space. Some that reaches the Earth's surface is reflected (the Earth's albedo); some is lost to the depths; a little to photosynthesis; some is used in evapotranspiration, and the rest heats the surface. This heat is then emitted as infra-red radiation but, rather than escaping directly back into space, some is intercepted by greenhouse gases in the atmosphere (mainly water, CO<sub>2</sub>, and methane) and re-emitted in all directions. Some does escape into space but the rest heats up the atmosphere or is reabsorbed by the land or (mainly) the oceans. *Greenhouse gases don't generate heat* but they keep us warm, like... a greenhouse. *The heat source is the sun's energy absorbed by the land surface and, in particular, by bare soil.*

We have all felt the contrast in temperature and humidity between woodland and open country. Even in flaming June, the temperature in the woods hardly reaches 20°C but bare ground might top 45°C, and relative humidity will not drop below 60 per cent in the woods but might be less than 20 per cent over open ground (*e.g.*, Bellamy 1972). Spot measurements on a 35°C day in Adelaide (ABC Science Show 2021) showed 25°C above grassland; 35-40°C above bitumen; 50-

60°C above bare ground and artificial grass. The lower temperature over the bitumen compared with bare ground may be accounted for by the latent heat of bitumen melting; the very much lower temperature over vegetation is maintained by evapotranspiration – that is to say, the latent heat of water drawn up from the soil.

Australia provides a unique example of more rigorous measurements. In 1859, thirteen wild European rabbits were released into Victoria for sport shooting. Within 50 years, they had colonised the continent, laying waste crops and native vegetation, eroding the soil, bringing wreck and ruin to family farms and to the colonies' economies. In defence, Western Australia built the longest fence in the world: between 1901 and 1907, more than 2000 miles of rabbit-proof fence was installed in the south west of the state where native vegetation was cleared for agriculture – chiefly wheat, sown in winter and harvested in spring or summer. Eventually, an area the size of England was cropped whereas land to the east of the fence remained as *mallee* scrub.

During our lifetimes, winter rainfall over the wheat belt has dropped 20 per cent, but not (till recently) on the other side of the fence. Tom Lyons at Flinders University (Lyons *et al.* 1996) suggested this might be accounted for by differences in the surface energy balance between farmland and the native vegetation which commonly results in clouds forming over the mallee but disappearing over the fence. In December 2005 and August 2007, the international Bunny Fence Experiment released radiosonde balloons measuring altitude, pressure, wind speed and direction, temperature, solid particles and water-vapour droplet size; specially equipped aircraft flew at 10 and 20m above the canopy measuring energy flux and ultrafine aerosols; soil sensors were stuck in the ground; NASA satellite images were studied; and mainframe computers crunched the data.

They established differences in the height of the planetary boundary layer relative to the level of cloud formation and in the fluxes of sensible and latent heat; greater convective mixing and, therefore, cloud formation above native vegetation but decrease in moisture convergence in agricultural regions due to loss of surface roughness; and while deep-rooted native vegetation draws on the underground aquifer and, so, maintains steady evapotranspiration throughout the year, annual crops with bare ground after harvest do not; bare ground in summer generates heat lows. In short, land use change had changed the behaviour of regional weather systems that bring rain. In the careful language of the lead investigator (Nair *et al* 2011): 'the impact of land cover change on atmospheric processes should be a consideration for land management policies wherever significant land clearing for agriculture is occurring.' There was curiously little interest in Australia; everyone went home again; and government-funded work ceased.

### **The small water cycle**

Roger Pielke, one of the Bunny Fence team, had already demonstrated the influence of vegetation and soils on cumulus convective rainfall (Pielke 2001) and, in a comprehensive review (Pielke *et al.* 2007), he argued that there is a lot more to climate change than GHG emissions. In particular, the dramatic changes in the global landscape made by the expansion of agriculture. India, for example, has been transformed from a forested subcontinent in 1750 to an agricultural landscape supporting 1.5 billion people.

Land clearance for agriculture changes albedo, surface roughness, leaf area index, infiltration, rooting depth and the link between soil and groundwater and evapotranspiration recycling; not to mention the effects on generation of carbonaceous aerosols by burning of vegetation and mineral aerosols by soil erosion that influence events beyond the immediate region.



Pielke was branded a climate-change denier. But the demonstrable increase of rainfall across the High Plains of North America under the influence of extensive irrigation is surely matched in other parts of the world by the reduction of rainfall where evapotranspiration has been arrested by cutting, burning and grazing out of forests and total loss of soil and vegetation – e.g., across the Middle East. We are all familiar with the water cycle where water is evaporated from the warm ocean and drawn over land by the greater sensible heat over the land mass that causes the air to rise. The moist oceanic air cools as it is drawn over the hills, the moisture condenses as cloud and rain that that runs off, back to the ocean. There is also a *small water cycle* by which water evaporated from terrestrial vegetation leapfrogs inland to fall again as rain that supports, e.g., the rain forests of the Amazon and Congo, farmlands across the continents and, at the same time, constrains heating of the land mass.

The cause-and-effect of land use change on climate undermines the claim of the global South that it is suffering from climate change for which it is not responsible. It has directly caused its own heating, cut off its own rainfall, dried up its own rivers, and it is still at it! Interim Figure 1 shows the global distribution of bare ground – the main source of global heating – in terms of the normalised difference vegetation index (NDVI, ratio of reflected red to near infrared radiation), less than 2 is essentially bare ground: more than 8, effectively complete vegetation cover). [New Figure 1 will show leaf area index]. Interim Figure 2, loss of green vegetation since 1981 – by which time the Middle East and North Africa had long since destroyed their soil and vegetation and irreparably changed their climate. [New Figure 2 will be updated with the most recent GIMMS data.]

Closer to home, Interim Figure 3 depicts the loss of ground cover across the steppes where annual means are now some 2°C greater than the long-term norm. There is also a change in rainfall patterns with lower rainfall in autumn and spring so, in three of the last four years, autumn and spring rainfall has been inadequate for crop establishment.[New Figure 3 will be updated with the most recent GIMMS data.]

#### **Action this day**

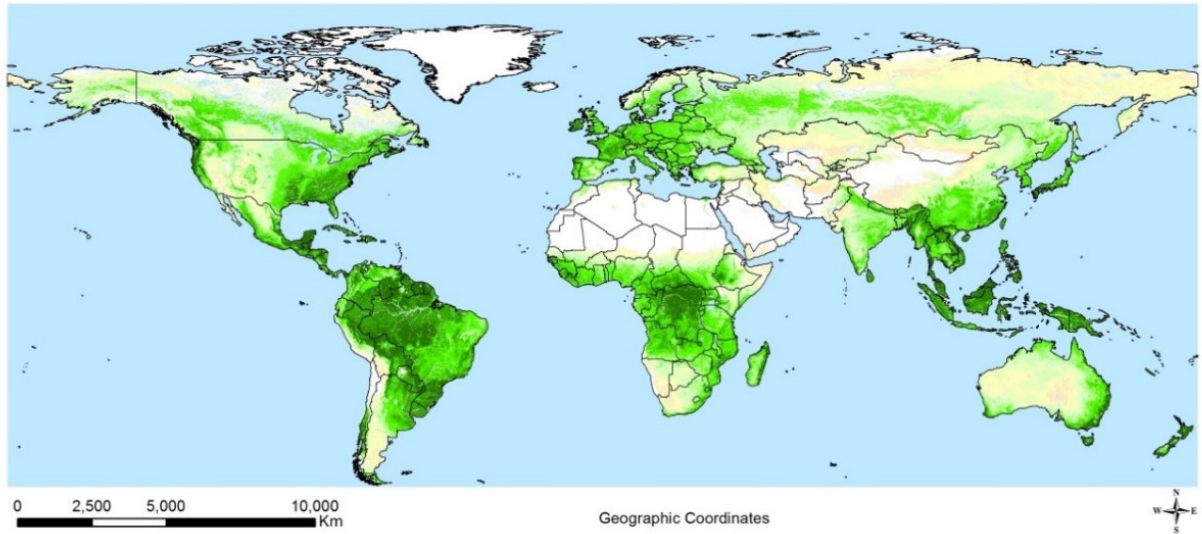
The latest IPCC report: *Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (Shukla *et al.* 2019) does acknowledge the role that landscape plays in climate. But its significance is lost in the snappy title and 874 dense pages. The focus remains on greenhouse gases; there is no change in the basis of the IPCC modelling; and no alternative to cutting emissions has been advanced to deal with rising temperatures or unpredictable rainfall. So, we shall have to do it ourselves. We have the advantages that local landscape processes are easier and quicker to change than global emissions; they are in the hands of our own communities.

According to James Lovelock (1979, 1991) and following your own Volodymir Vernadsky (2014), Earth behaves as if it were a living thing. That is to say, left to its own devices, it behaves in such a way as to maintain the most favourable environment for life. It follows that the most sustainable land use is to mimic the natural vegetation. ***This means: no bare soil; no ploughing; a diverse crop rotation; integrating crops and livestock; and creating a diverse landscape by maintaining windbreaks, wetlands and as many trees as possible, and eschewing wide open spaces.***

1. ***Ban bare soil.*** Above all, don't fallow. After harvest, plant a cover crop like annual medic or a mixture of perennial legumes and grasses that can be undersown with the main season's crop. Between crops, keep the soil covered by a mulch of crop residues.



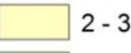
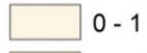
# Global Greenness Pattern by Annual Sum NDVI (1981–2011)



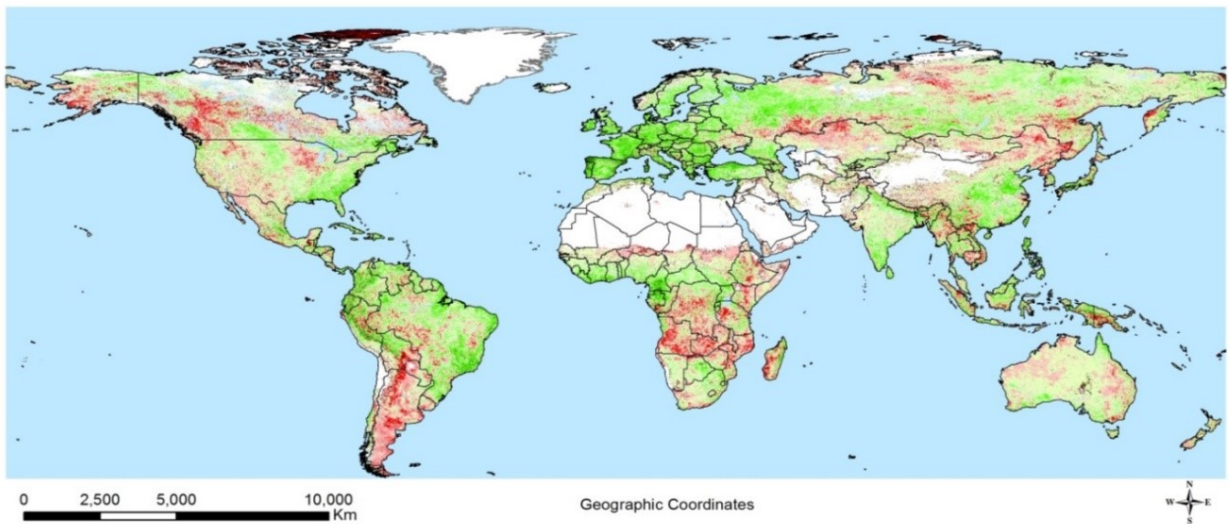
**No Vegetation**

### Greenness Pattern by Annual Sum NDVI (1981–2011)

**Water**



# Global change in net primary productivity between 1981 and 2011



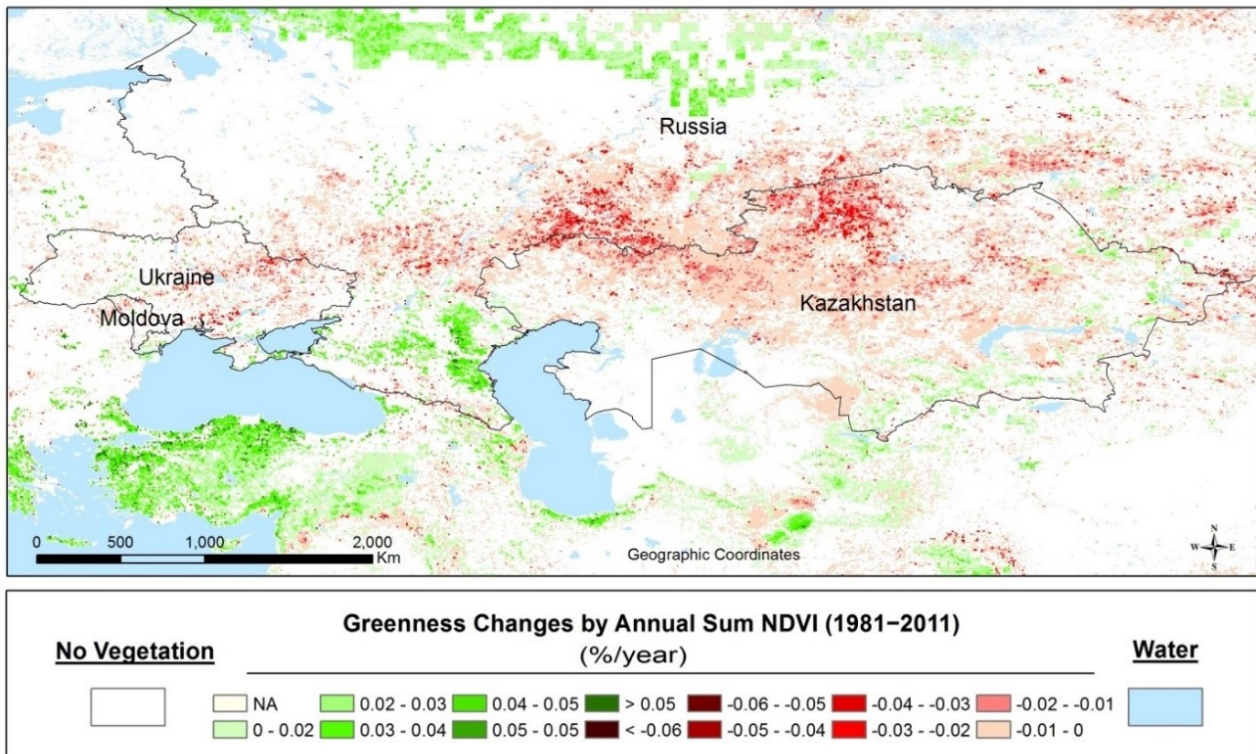
**No Vegetation**

### Global change in net primary productivity between 1981 and 2011 (kg/ha/year)

**Water**



## Changes in RUE-adjusted Annual Sum NDVI (1981–2011) cross the Steppes from Moldova to Kazakhstan



The immediate effect is to protect the soil against the elements: instead of heating the soil, solar energy is partly reflected by the ground cover but, mostly, used to evaporate water from the growing leaves. Some 80 per cent is converted to latent heat, only 20 per cent to sensible heat. And protecting the soil surface from wind and rain splash protects soil architecture so that all the rain and snowmelt infiltrates the soil, to be taken up by plant roots and maintain evapotranspiration that forms clouds which deliver more rain further inland.

2. **Stop ploughing.** Apart from being a monstrous waste of time and energy, ploughing accelerates the decomposition of soil organic matter – which holds more carbon than the atmosphere and all standing vegetation put together. Soil fertility is fuelled by soil organic matter and it is almost impossible to increase soil organic matter under the plough.

The immediate effect is to increase soil fertility, soil structure, infiltration and available water capacity and, so, increases both crop yields, stream and groundwater recharge, and the small water cycle. A net loss of soil organic matter is transformed to a net gain which draws down the CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere.

3. **Adopt a diverse cropping system.** The purpose of ploughing is to control weeds. The same can be achieved without resort to poisonous chemicals by crop rotations that include cover crops, perennial legumes and grasses. Better still, integrate crops and livestock which make direct use of the additional biomass and provide manure which further raises incomes, soil fertility, infiltration and available water capacity.

4. **Create a rough, varied landscape.** Plant windbreaks against a drying climate and restore wetlands. Allocation of 4 per cent of the land area to windbreaks brings a benefit:cost dividend of 10 per cent through modification of albedo, lower air temperature, greater humidity, cutting wind speed, retaining snow and runoff, arresting erosion by wind and increasing biodiversity. Beyond this, the increased surface roughness creates convectional rainfall and the greater evapotranspiration

of trees and perennial vegetation drawing on deep water reserves promotes the small water cycle and a more pleasant, habitable landscape.

All these measures are within our purview. We must convince society to adopt them without delay. Of course, control of greenhouse gas emissions and, maybe, carbon capture is necessary and urgent but it will not be enough to stop global – and that is up to you.

### **References**

Bellamy D, 1972, Where have all the trees gone? 48-57 in *Bellamy on Botany* (London: BBC)

Keeling CD, 1960, The concentration and isotopic abundance of carbon dioxide in the atmosphere: *Tellus* 12, 2, 200-2003).

Lovelock JE 1979 *Gaia: a new look at life on Earth*. (Oxford: OUP)

Lovelock JE 1991 *Gaia. The practical science of planetary medicine* (London: Gaia Books)

Lyons T, Smith R, Xinmei H, 1996, The impact of clearing for agriculture on the surface energy budget. *Int J Climatology* 16, 551-558

Nair US, Wu J, Kala J, *et al.*, 2011 The role of land use change on the development and evolution of the west coast trough, convective clouds and precipitation in southwest Australia. *J Geophysical Research Atmospheres* 116, doi10.1029/2010JDOI014950

Pielke 2001 Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall. *Reviews of Geophysics* 39, 151-177

Pielke RA, Adegoku JO, Chase TN, *et al.*, 2007 A new paradigm for assessing the role of agriculture in the climate system and in climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 142, 234-254

President's Scientific Advisory Committee, 1965, *Restoring the quality of our environment: report of the Environmental Pollution Panel*. (Washington DC: The White House)

Raiswell RW, Brimblecombe P, Dent DL, Liss PS, 1980, *Environmental chemistry. The earth-air-water factory*. (London: Edward Arnold)

Johnson LB 1965 *Public papers of the Presidents of the United States: Lyndon B Johnson 1965*

Pielke R, Adegoke J, Chase T, *et al.* 2007 A new paradigm for assessing the role of agriculture in the climate system and in climate change. *Agriculture and Forest Meteorology* 234-254

Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, *et al.*, 2019 *Climate change and land: an IPCC special report*. (Geneva: IPCC)

Vernadsky V 2014 *150 years of Vernadsky, the Noösphere: vol2*. eds JA Ross and MK Rouillard. (Scotts Valley CA, CreateSpace)



# INFLUENCE OF WATER-RETAINING AGENTS ON BIOMETRIC INDICATORS OF APPLE TREES IN A NURSERY

*Bohdan Hulko*

*Ph.D., Associate Professor of Horticulture and Vegetable Growing Department  
Lviv National Environmental University, UKRAINE*

An analysis of the meteorological conditions of the Lviv region over the past decade indicates a rather slow but steady increase in the average annual air temperature (from 7.5 °C to 9.5 °C) and significant deviations of the monthly total precipitation in most months from the long-term averages. The growing season consists of long, from 2 to 5 weeks, cool and rainy periods alternating with hot and dry ones. Such conditions negatively affect the growth and quality of apple trees in the nursery - during long droughts, their growth completely stops, the root system develops poorly [3]. During periods of cooling and excessive rainfalls, active growth of trees is also not observed. In such condition of non-consistent water supply during growing period production of high-quality apple trees in nursery becomes more difficult. Often growers solve this problem by installing a drip irrigation system. But such system cost a lot, stay in use only for 2 years and after trees are ready – should be relocated, causing additional rise of total cost of production [1-2].

As alternative to irrigation system could be a plant roots treatment with water-accumulating agent that is able to absorb and retain excessive soil moisture, leaving it available to plant roots during periods of drought [4].

During 2021-2022 on test field of Horticulture Department of Lviv NEU on semi-clay light grey soil (pH=6,2) four types of apple rootstocks: M.9, M.26, 62-396 and MM.106 (180 plants of each type; 3 blocks x 60 plants) been planted. Half of each rootstock type (90 plants) were treated (soaked) with water-accumulating gel “Maximarin” ([www.maximarin.com](http://www.maximarin.com)) and, according to producer recommendation, 3 g per plant of dry granules of “Maximarin” were placed around root zone. Rest of rootstocks were treated traditionally – they were soaked in clay-water mixture before planting. August 5, 2021 all rootstocks were budded with apple variety “Florina”. 1 kg of "Maximarin" gel (potassium cross-linking copolymer) is able to retain up to 200 l of moisture and more, has inertness in the soil, time of effective action in the soil up to 10 years, made in USA.

According to the manufacturer's instructions, the gel was applied by dipping the root system of rootstocks before planting in a solution of granules swollen in water with additional application of dry granules (3 g per plant) to the root zone. As a control, a traditional way of rootstocks planting with roots dipped in a water-clay mixture was used.

The surveys carried out in 2021 in the first field of the nursery (Table 1) indicate that, on average, for the group of rootstocks, the rootstock take after planting was 88.9% in the control and was slightly higher in the variant with the gel by 5.5%.

The height of the rootstocks, at the time when their growth stopped, in the control was 40.4 cm, and after gel application they were higher by 5.7 cm on average. The diameter of the rootstocks is also increased, from 9.0 mm in the control to 9.5 mm after applying the gel.

In the second field of the nursery, in 2022 we determined bud take after chip budding. As can be seen from Table. 2, practically no differences were observed between the variants: in the control – 90.0%; in the variant with gel – 91.8%. Visible differences in the tree growth, depending on the variant of the experiment, began to appear after the start of active growth and were clearly

visible by autumn. Plants from treated spots were significantly taller (on average by 19.2 cm), their average diameter increased from 10.6 mm to 11.8 mm, the number of side branches increased significantly, from 3.1 pcs. in control up to 6.6 pcs. in the case of gel treatment. A positive effect of the gel on the root system development of apple trees was also confirmed - its average volume increased from 132.7 ml to 181.8 ml, or 1.4 times.

Table 1 – Influence of gel "Maximarin" on the biometric indicators of apple rootstocks in the I field of the nursery, 2021

Rootstock	Rootstock take after planting, %		Rootstock height, cm		Rootstock diameter, mm	
	k*	gel**	k*	gel**	k*	gel**
M.9	88.4	92.2	31.5	35.0	8.9	9.3
M.26	89.1	94.5	33.9	46.3	9.6	10.4
62-396	92.1	96.3	43.7	46.5	8.7	9.0
MM.106	85.8	94.5	52.4	56.5	8.8	9.2
Average	88.9	94.4	40.4	46.1	9.0	9.5

\*k – untreated (regular production);

\*\*gel – treated with “Maximarin” (gel+dry granules)

Table 2 – Influence of gel "Maximarin" on the biometric indicators of apple trees in the II field of the nursery, 2022

Rootstock	Bud take after chip budding, %		Tree diameter, mm		Tree height, cm	
	k*	gel**	k*	gel**	k*	gel**
M.9	85.2	86.6	8.3	9.8	122.2	142.7
M.26	93.9	95.8	10.4	12.0	138.6	153.2
62-396	92.0	93.1	10.6	11.4	117.8	128.2
MM.106	88.9	91.5	13.0	13.8	121.2	152.5
<b>Average</b>	<b>90.0</b>	<b>91.8</b>	<b>10.6</b>	<b>11.8</b>	<b>125.0</b>	<b>144.2</b>

\*k – untreated (regular production);

\*\*gel – treated with “Maximarin” (gel+dry granules)

The leaf surface area per tree also increased from 1.9 to 2.3 m<sup>2</sup>, which is 0.4 m<sup>2</sup> more than in the control (Table 3).

### Conclusion.

Analysis of the obtained data point out that the gel application has a positive effect on the main characteristics of the rootstock growth in the first field of the nursery, apple trees development in the second field of the nursery and significantly increasing their quality. To improve the quality

of apple trees in nursery, we suggest to proceed a larger-scale tests of this product in the conditions of commercial nursery, as an effective and cheap alternative to drip irrigation.

Table 3 – Influence of gel "Maximarin" on the biometric indicators of apple trees in the II field of the nursery, 2022

Rootstock	Amount of lateral shoots		Root system volume, ml		Leaf surface area, m <sup>2</sup> per tree	
	k*	gel**	k*	gel**	k*	gel**
M.9	1.2	5.3	78.4	112.9	1.5	2.1
M.26	6.3	9.7	215.0	271.0	2.3	2.5
62-396	2.9	6.2	132.2	158.1	1.9	2.2
MM.106	1.8	5.2	105.3	185.2	2.1	2.4
<i>Average</i>	<b>3.1</b>	<b>6.6</b>	<b>132.7</b>	<b>181.8</b>	<b>1.9</b>	<b>2.3</b>

\*k – untreated (regular production);

\*\*gel – treated with “Maximarin” (gel+dry granules)

### References

1. Tran N., Stoochnoff J., Graham T., Downey A. and Dixon M. 2018. Irrigation management to enhance the quality, efficiency, and survival of transplanted nursery trees. Acta Hort. 1205, 447-452 DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1205.
2. Proebsting E. 1994 Strategy development for managing drought, p. 39–50. In: K.M. Williams and T.W. Ley (eds.). Tree fruit irrigation. Good Fruit Grower, Yakima, WA
3. Neilsen D., Smith S., Frank G., Koch W., Alila Y., Merritt W., Taylor B., Barton M., Hall J. & Cohen S. 2006. Potential impacts of climate change on water availability for crops in the Okanagan Basin, British Columbia *Can. J. Soil Sci.* 86 909 924
4. Гулько Б., Вуйцик Н. Вплив агрогелю «Максимарин» на якість саджанців яблуні у плодovому розсаднику. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: каталог інноваційних розробок / за заг. ред. В. В. Снітинського, В.І.Лопушняка. Вип. 14. Львів : Львів. нац. аграр. ун-т, 2014. С. 38.



## IN SITU CHARCOAL PRODUCTION IN HISTORIC TIMES AS A FACTOR OF SOIL HETEROGENEITY IN FLUVIOGLACIAL LANDSCAPE

*Jerzy Jonczak<sup>1</sup>, Vincenzo Barbarino<sup>2</sup>, Aleksandra Chojnacka<sup>3</sup>, Bogusława Kruczkowska<sup>1</sup>, Krzysztof Szewczyk<sup>4</sup>, Barbara Gmińska-Nowak<sup>5</sup>, Ewa Kołaczowska<sup>6</sup>, Dominika Łuców<sup>4</sup>, Agnieszka Halaś<sup>4</sup>, Agnieszka Mroczkowska<sup>4</sup>, Sandra Słowińska<sup>7</sup>, Mateusz Kramkowski<sup>8</sup>, Anna Kowalska<sup>6</sup>, Michał Słowiński<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Warsaw University of Life Sciences, Institute of Agriculture, Department of Soil Science, Warsaw, Poland*

<sup>2</sup> *University of Pisa, Department of Agriculture, Food, and Environment, Pisa, Italy*

<sup>3</sup> *University of Life Sciences, Institute of Biology, Department of Biochemistry and Microbiology, Warsaw, Poland*

<sup>4</sup> *Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Department of Past Landscape Dynamics, Warsaw, Poland*

<sup>5</sup> *Nicolaus Copernicus University, Centre for Research and Conservation of Cultural Heritage, Toruń, Poland*

<sup>6</sup> *Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Department of Geoecology, Warsaw, Poland*

<sup>7</sup> *Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Department of Climate Research, Warsaw, Poland*

<sup>8</sup> *Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Department of Environmental Resources and Geohazards, Toruń, Poland*

### **Introduction.**

The latest results obtained using advanced tools for landscape and relief analysis (particularly light detecting and ranging laser scanning) have allowed us to hypothesize that in situ charcoal production in European forests in historical times has had a significant effect on the environment, in particular, soil cover (e.g. Hardy et al., 2016; Schneider et al., 2018; Mastrodonato et al., 2019; Garbarino et al., 2022). The impact of that process involves several aspects, including changes in soil morphology, water regime, physical and chemical properties, mineralogy, and characteristics of organic matter and biota. These changes could have been induced by the direct effects of wood pyrolysis and burning (from the impact of high temperatures), the indirect effects of deforestation, changes in the species composition of the forest vegetation, enrichment with various substances (charcoal, tar, ash, nutrients, organic matter), and removal of some soil components into deeper soil horizons, or their stabilization by ash and charcoal particles. Although the studies on the environmental effects of historical charcoal production have intensified over the last years, the current knowledge is still insufficient in many issues. Hence, we undertook an interdisciplinary project to determine the time frames and intensity of charcoal production in northern Poland against the background of environmental and economic conditions. Moreover, various environmental effects of that process were analyzed, including the impact on soil cover.

A key outcome of the first stage of project implementation was the mapping of relict charcoal hearths (RCHs) using a LIDAR-based digital elevation model. The mapping covered afforested areas of northern Poland (Fig. 1A). We identified nearly 260,000 RCHs, that were irregularly distributed in the studied area (Fig. 1B). Soil research covered 3 locations on typical for northern Poland landforms and deposits (glacial, fluvio-glacial and aeolian). Here, we have evaluated the



importance of historical charcoal production as a factor in soil-cover heterogeneity in a fluvio-glacial landscape dominated by Brunic Arenosols developed from fluvio-glacial sands of Late Pleistocene origin.

## Material and methods.

The studies covered three RCHs locations west of Nocemino Lake (West Pomerania, Fig. 1C). All stands were located in pine forests at the age of 70 (RCH 1), 95 (RCH 2), and 85 (RCH 3) years. Three soil profiles were done at each location, including the central part of the charcoal hearth (RCH 1/A; RCH 2/A; RCH 3/A), ditch (RCH 1/B; RCH 2/B; RCH 3/B), and control profile (RCH 1/C; RCH 2/C; RCH 3/C) approximately 20-30 m from the charcoal hearth. The soils were described according to the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations criteria (FAO, 2006), and classified according to the World Reference Base (WRB) system of the International Union of Soil Sciences Working Group (IUSS Working Group WRB, 2022). Then, soils were sampled from horizons and analyzed using standard procedures. Particle-size distribution was determined by mixed pipette and sieving methods; pH potentiometrically, total organic carbon (TOC) and nitrogen (N) contents by dry combustion (Vario MacroCube, Elementar, Germany), total contents of P, Fe, and Al by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES, Avio 200, Perkin Elmer, USA) after microwave digestion in a mixture of 40% HF, 65% HNO<sub>3</sub> and 38% HCl (5:3:2 by volume); free iron (Fe<sub>d</sub>) after extraction according to Mehra and Jackson (1960) procedure; amorphous iron (Fe<sub>o</sub>) and aluminum (Al<sub>o</sub>) after extraction by Shwertmann method (Van Reeuvijk, 1995); exchange acidity (H<sub>ex</sub>) by Sokolov method and exchangeable Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, and K<sup>+</sup> by ICP-AES after samples extraction in 1 mol dm<sup>-3</sup> ammonium acetate at pH = 7. Based on the results, there were also calculated: sum of basic cations (TEB) as a sum of exchangeable Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, and K<sup>+</sup>; cation exchange capacity (CEC) as H<sub>ex</sub> + TEB; base saturation (BS) as (TEB · 100)/CEC.

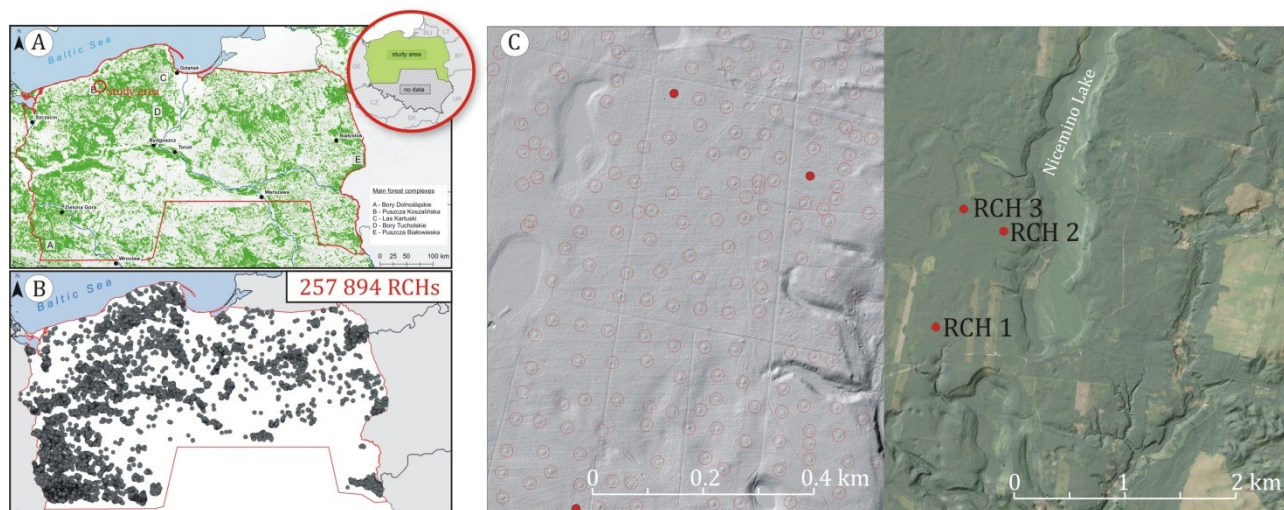


Figure 1. Location of the studied soils (A – forest distribution in northern Poland; B – identified relict charcoal hearths; C – the studied relict charcoal hearths).

## Results.

Dystric Brunic Arenosols (Protospodic) constituted a typical component of soil cover of the studied area, represented by control profiles (RCH 1/C, RCH 2/C, RCH 3/C). The soils of the central RCHs and ditches were classified as Spolic Technosols (Arenic, Dystric, Pyric, Protospodic, Transportic) in the studied locations (Table 1). Their most distinguishing feature was the presence

of dark-colored horizons of anthropogenic origin (Au), consisting of a mixture of natural soil components (originating from the immediate vicinity of the hearth) and the various products of wood burning and pyrolysis, such as ash, charcoal particles, and tar.

Table 1 – Classification of the studied soils

Profile name	Soil classification according to WRB (2022)
RCH 1/A	Spolic Technosol (Arenic, Dystric, Pyric, Protospodic, Transportic)
RCH 1/B	Spolic Technosol (Arenic, Dystric, Pyric, Protospodic, Transportic)
RCH 1/C	Dystric Brunic Arenosol (Protospodic)
RCH 2/A	Spolic Technosol (Arenic, Dystric, Pyric, Protospodic, Transportic)
RCH 2/B	Spolic Technosol (Arenic, Dystric, Pyric, Protospodic, Transportic)
RCH 2/C	Dystric Brunic Arenosol (Protospodic)
RCH 3/A	Spolic Technosol (Arenic, Dystric, Pyric, Protospodic, Transportic)
RCH 3/B	Spolic Technosol (Arenic, Dystric, Pyric, Protospodic, Transportic)
RCH 3/C	Dystric Brunic Arenosol (Protospodic)

The thickness of the anthropogenic horizons varied among the profiles, and in the majority of cases, they showed substantial heterogeneity and stratification (Fig. 2).

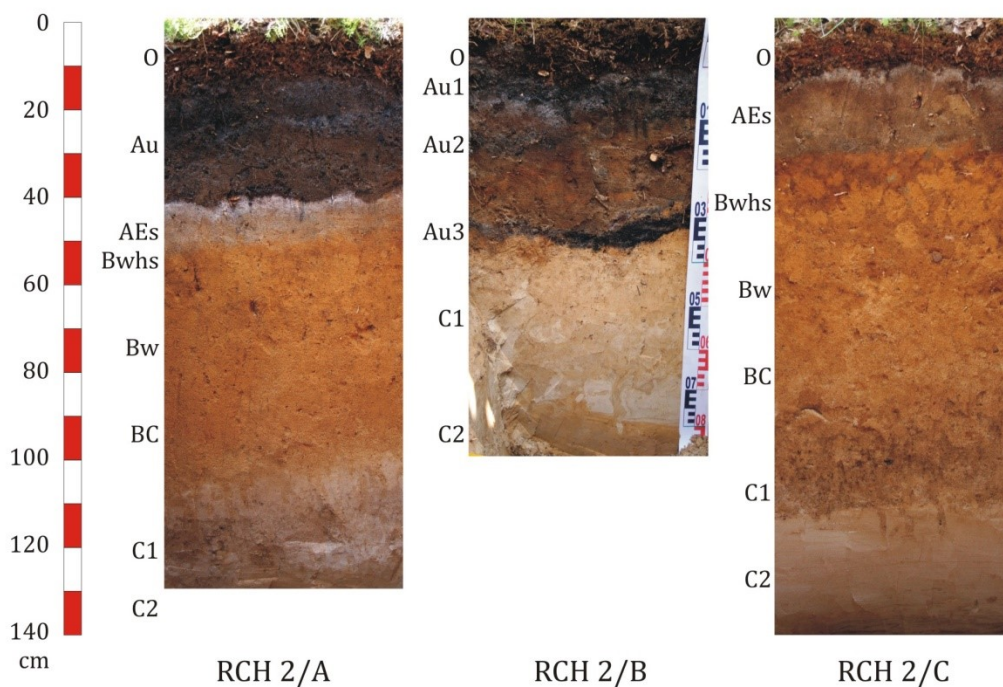


Figure 2. Morphology of the soils of the RCH-2 location

The anthropogenic horizons sharply moved into the underlying horizons. In the central parts of the RCHs, below the anthropogenic horizons, were the buried soils, showing a sequence of horizons typical of the control profiles. The soils of the ditches usually had simplified sequences of horizons compared to the centers of the RCHs and the control locations. During the preparation of the hearths, their A, and often also Bw, horizons were removed. The horizon sequence of the contemporary soils covered the anthropogenic material overlying the parent material or residuals of the Bw horizon. The recorded in this study tendencies are typical for RCH stands (e.g. Hirsch et al., 2017).

The soils of the hearths and ditches differed from the control soils in terms of many characteristics, including the vertical distribution of elements (Fig. 3) and their stocks in the 0-100 cm topsoil layer (Table 2).

Table 2 – Stocks of chosen constituents in 0-100 cm soil layer (excluding O horizons)

Profile name	TOC	N	P	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	Al <sub>o</sub>	CEC	H <sub>ex</sub>	TEB
	kg m <sup>-3</sup>						cmol <sub>(+)</sub> m <sup>-3</sup>		
RCH 1/A	13.46	0.61	0.46	1.88	1.31	2.14	2028.8	1970.4	58.5
RCH 1/B	7.93	0.47	0.31	1.59	0.87	0.93	1651.2	1612.1	39.1
RCH 1/C	6.65	0.57	0.39	2.29	1.41	1.76	1111.0	1061.1	49.9
RCH 2/A	10.50	0.50	0.37	2.12	1.37	1.22	2869.0	2827.1	42.0
RCH 2/B	11.25	0.60	0.39	3.78	1.54	1.30	3877.3	3803.1	74.2
RCH 2/C	3.81	0.36	0.32	2.12	1.39	1.56	1175.9	1122.5	53.4
RCH 3/A	45.56	2.15	0.93	2.36	1.97	5.21	6596.1	6386.5	209.6
RCH 3/B	31.40	1.63	0.55	1.46	1.25	2.55	4724.0	4592.2	131.8
RCH 3/C	5.06	0.49	0.33	0.95	0.82	1.71	1379.6	1327.2	52.3

All the studied soils were strongly acidic and differences were not large in this term. Considering the impact of ashes, higher pH should be expected in RCH soils than in the control. Such differences probably occurred just after charcoal production, but were obliterated by coniferous forest vegetation. The RCH soils were significantly more abundant in TOC than the control soils, however, differences in N and P contents and stocks were not so clear. The A horizons enriched in pyrolysis products were characterized by very high values of TOC:N ratio as compared to natural horizons. The observed values indicate unfavorable conditions for soil biota.

The impact of charcoal production on the content and profile distribution of iron and aluminum forms, as key indicators of some soil-forming processes, is unclear. Although the differences between RCH and control soils were large, the observed trends varied depending on location. The redistribution of the original soil material during hearth preparation appears to be of key importance in this concern.

RCH soils were characterized by much higher CEC (as cmol<sub>(+)</sub> m<sup>-2</sup>) in the 0-100 cm layer. Exchangeable ions were allocated mainly in anthropogenic horizons (Fig. 3). Charcoal production in the past did not affect the ionic composition of the sorption complex of contemporary soils. All the studied soil horizons were dominated by acidic ions and the sum of exchange basis not exceeded 10%.

## Conclusion.

The results of this study clearly indicated in situ charcoal production in historical times on the soil morphology and certain of its physical and chemical characteristics, as well as their classification. Similarly to previous studies, the soils of the RCHs were classified as Spolic Technosols (Arenic, Dystric, Pyric, Protosodic, Transportic), highlighting the strong impact of human activity. Their most distinguishing feature was the presence of anthropogenic horizons consisting of a mixture of burnt soil material, ashes, charcoal particles, and other products of wood pyrolysis. These horizons were characterized by many specific features, including low bulk density and high porosity. Moreover, the horizons were rich in the pyrogenic form of TOC. This component strongly positively influenced the CEC. In addition, the RCH soils were rich in N, whereas not differed from control soils in the content of P. The impact of charcoal production on forms of Fe and Al was not fully clear. Clear tendencies were also not found in the pH and saturation of soil sorption complex with bases. This may be due to the long-term neutralizing effect of vegetation

dominated by Scots pine. Summarizing, this study confirmed the strong effect of historical charcoal production in European forests as a factor of soil heterogeneity. However, some aspects are still not clear and require further studies.

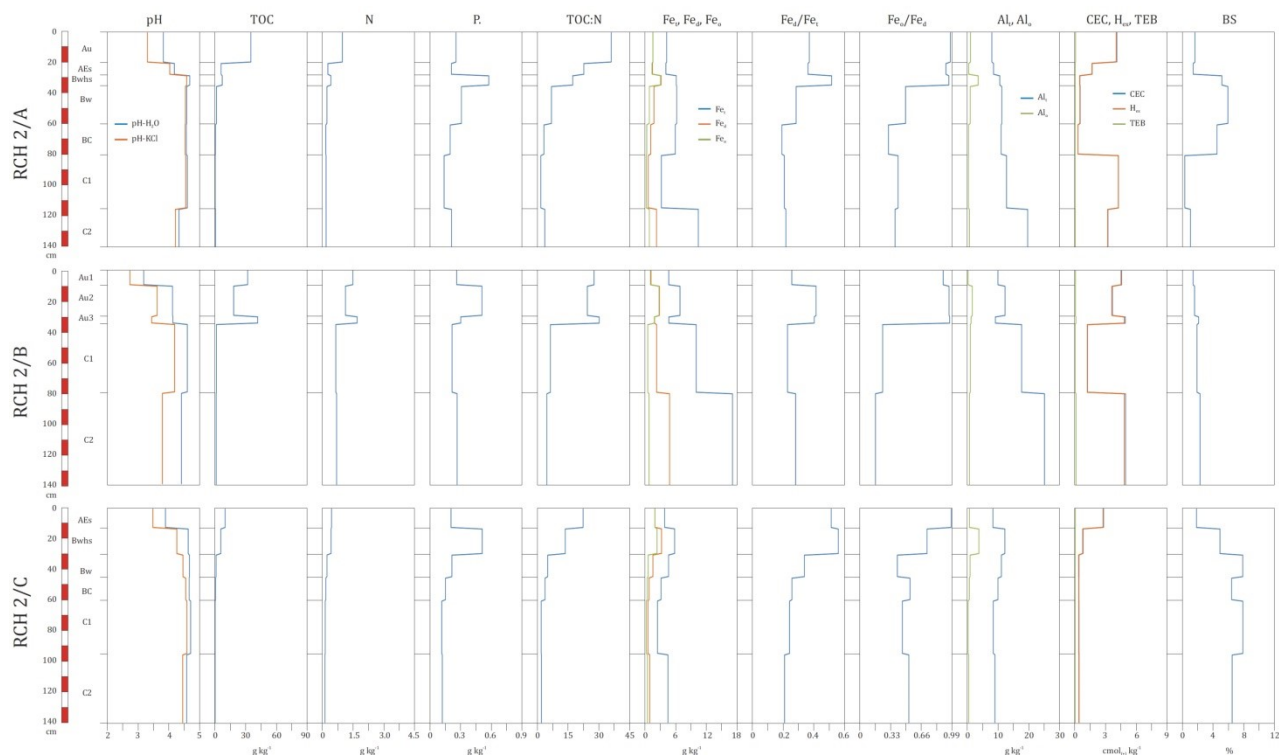


Figure 3. Profile variability in certain characteristics of the soils at RCH 2 stand (RCH 2/A – hearth center; RCH 2/B – ditch; RCH 2/C – control soil)

## Acknowledgments

The study was supported by National Science Centre, Poland, project no. 2018/31/B/ST10/02498

## References

- FAO, 2006. Guidelines for Soil Description. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Garbarino, M., Morresi, D., Meloni, F., Anselmetto, N., Ruffinatto, F., Bocca, M., 2022. Legacy of wood charcoal production on subalpine forest structure and species composition. *Ambio* 51, 2496–2507. <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01750-y>.
- Hardy, B., Cornelis, J.T., Houben, D., Lambert, R., Dufey, J.E., 2016. The effect of pre-industrial charcoal kilns on chemical properties of forest soil of Wallonia, Belgium. *Eur. J. Soil Sci.* 67:206–216. <https://doi.org/10.1111/ejss.12324>
- Hirsch, F., Raab, T., Ouimet, W., Dethier, D., Schneider, A., Raab, A., 2017. Soils on historic charcoal hearths: Terminology and chemical properties. *Soil Sci. Am. J.*, 81(6), 1427-1435. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.02.0067>
- IUSS Working Group WRB, 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.

- Mastrolonardo, G., Calderaro, C., Cocozza, C., Hardy, B., Dufey, J., Cornelis, J-T., 2019 Long-term effect of charcoal accumulation in hearth soils on tree growth and nutrient cycling. *Front. Environ. Sci.* 7:51. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00051>
- Mehra, O., Jackson, J., 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay and Clays Minerals* 5, 317-327. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-009235-5.50026-7>
- Schneider, A, Hirsch, F, Raab, A., Raab, T., 2018. Dye tracer visualization of infiltration patterns in soils on relict charcoal hearths. *Front. Environ. Sci.* 6:143. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00143>
- Van Reeuwijk, L., 1995. Procedures for soil analysis. Technical Paper 9, International Soil Reference and Information Centre. [doi.org/10.3389/fenvs.2018.00143](https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00143)



## SOIL HEALTH ASSESSMENT FOR GUIDING SOIL AND CROP MANAGEMENT

*Robert J. Kremer, Ph.D.*

*Adjunct Professor of Soil Microbiology, School of Natural Resources and  
Division of Plant Science & Technology, University of Missouri, Columbia U.S.A.*

Crop production in midwestern U.S.A. is dominated by short rotations of genetically-modified (GM) maize and soybean relying on glyphosate (active ingredient of Roundup herbicide). Despite claims that glyphosate rapidly dissipates and becomes immobilized in the environment, recent studies report that over 1000 ppb ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) of residues of glyphosate and its breakdown product, aminomethylphosphonic acid (AMPA), were detected in soils under intensive glyphosate use. Because glyphosate residues affect soil biology coupled with poor weed management due to glyphosate-resistant weeds, many farmers are considering a change toward non-GM cropping systems. However, little information is available on time required for dissipation of glyphosate/AMPA residues or for soil health buildup to guide farmers in assessing the sustainability of management during transition from GM to non-GM crops. We monitored glyphosate soil residues and soil health indicators during transition that began in 2016 to establish baselines to improve soil using ecologically sound soil and crop management to decrease contamination of surface water runoff with glyphosate and improve soil biology. Transition may improve profitability as premiums are paid for non-GM grains. Decreasing or eliminating use of glyphosate is expected to provide socially responsible benefits by minimizing exposure of the rural community to drifts of glyphosate spray and providing healthy ecosystems through improved soil health.

Research was conducted at an on-farm study site located in Delaware County, Iowa U.S.A. (42.4634° N, 91.4435° W) within Major Land Resource Area 104, “Eastern Iowa and Minnesota Till Prairies” (USDA, NRCS 2006). The landscape is a gently rolling glaciated plain with long slopes comprised of Alfisols and Mollisols in the Bassett-Olin Variant-Bertram-Lilah association, which were formed in loamy to fine sandy sediments over glacial till. All fields were tilled in fall

2011 to accommodate sub-surface drainage; grassed waterways and terraces were installed as conservation measures. As typical for this region, the farm has been managed in a maize-soybean rotation using genetically-modified (GM) varieties with glyphosate herbicide resistance (Roundup Ready) from 1997 to 2015. After 19 years of continuous GM cropping with annual applications of glyphosate, we were concerned about impact on crop productivity due to poor weed management resulting from development of glyphosate-resistant weeds and that residues of glyphosate/AMPA were affecting soil biology that is critical in promoting crop growth and maintaining soil health and environmental quality. The objectives for conducting the study were to monitor glyphosate/AMPA residues in soils using an intensive soil sampling approach at sites prone to glyphosate drift or runoff and at sites not exposed to glyphosate; and to concurrently monitor soil health by measuring selected indicators in crop management transition fields without glyphosate.

### **Materials & Methods**

**Glyphosate analysis:** Soil samples collected in July 2018 and 2019 along transects established in non-GM maize and soybean fields, adjacent fence rows and one GM maize field with glyphosate (NRU), and grass waterways were analyzed for glyphosate and AMPA residues. The soils were extracted and analyzed for glyphosate and AMPA residues at HRI Labs in Fairfield, IA U.S.A. using liquid chromatography-mass spectrometer instrumentation (Jensen et al. 2016). Results were expressed as effective glyphosate (glyphosate x1.5 + AMPA; Okada et al. 2016) contents

**Soil analyses:** Soil property measurements included pH, soil C (soil organic matter), total N, macronutrients and micronutrients. The soil health indicator, active carbon, was analyzed using the permanganate oxidizable C (POXC) assay, an estimate of labile soil C. Soil glucosidase, representing a microbial enzyme involved in C cycling ability, was assayed as an indicator of soil microbial activity and a biological soil health indicator. Analytical procedures are reported in Norkaew et al. (2019). The soil microbiome ("microbial community") was assessed using phospholipid fatty acid (PLFA) biochemical markers to distinguish broad groups including mycorrhizae, saprophytic fungi, Gram-negative and Gram-positive bacteria, actinobacteria, and protists (Veum et al., 2021).

### **Results & Discussion**

**Glyphosate analyses:** Effective glyphosate contents were highest for soils cropped to soybean; glyphosate content also varied among samples within crop fields in 2018 ranging from 82 to 227 ppb for maize and 318 to 440 ppb for soybean. *Glyphosate was last applied to these fields in 2015 thus showing long-term persistence (3 years+) and a highly variable distribution within small sub-areas of the fields.* Some reports suggest that GM-maize may accumulate glyphosate in roots and release into soil, however this does not explain the higher glyphosate content detected in soybean soils as the previous GM maize was planted in 2015. More background investigation will be required to understand the variable glyphosate accumulation noted for maize and soybean.

Results summarized over the two-year project shows that soil glyphosate residues decreased somewhat in 2019 compared with 2018. Glyphosate continued to be variable across the landscape within short distances with contents reduced from 12 to 58% in soils from transect sites in both fields and by 38% in the glyphosate check. The check site, within a field under continuous GM maize and receiving multiple Roundup applications, showed the highest effective glyphosate contents in soil each year. *Glyphosate contents in the grass waterway soils decreased to 24% for the outlet site from 66% at the inlet where glyphosate entered from the adjacent field in runoff and*

*sediment. The overall decreases within four years after last Roundup applications to the crop fields were due to changes in management during transition away from transgenic crops and termination of any glyphosate applications. Based on the high dissipation in the waterway, establishment of perennial vegetation or rotation to include cover crops during the off season likely supports a diverse and highly functional microbiome capable of relatively fast glyphosate degradation. The inconsistent decreases in residual glyphosate content within the fields and across the maize-soybean rotation suggests that the extent of biodegradation is likely due to a variable distribution of functional microbial communities across the field landscape, which may be a result of different soil properties and microclimatic factors. For example, a grass waterway inlet at a fence row had highest values for soil organic matter (8.9%), soil active carbon (890 mg/kg), and total microbial biomass (186,890 pg PLFA kg<sup>-1</sup>), which contributed to high functional microbial diversity, including herbicide biodegradation potential, leading to the 70% decrease in effective glyphosate content in 2019.*

**Soil analyses:** Most nutrient levels were within sufficient ranges for both maize and soybean crop performance standards except for insufficient levels for boron, copper, and molybdenum in nearly all samples. Potassium was rated insufficient for soybean in two of four samples. Evidence for persistence of soil glyphosate contents based on relationships with soil contents of specific nutrients was not consistent. The lower phosphorus (P) contents at soybean sites suggest that glyphosate may be concentrated since it shares similar soil adsorption sites as P. Also, lower soil pH in some samples (all soybean and some maize) may contribute less reactive glyphosate as the compound carries less charge under these conditions, may be less adsorbed, occur in soil water, and more available for plant uptake. This may be the case for the maize field receiving 2018 glyphosate applications on soil with a pH of 5.06, which likely led to the highest soil glyphosate content, and likely contributed to high glyphosate content at the entrance to the grass waterway via erosion and/or runoff. Higher soil organic carbon (SOC) at some sites may adsorb glyphosate, accounting for higher glyphosate content relative to samples with lower SOC. Overall, most of the nutrient content in soils were similar suggesting adsorption of glyphosate by cation nutrients as a means of glyphosate retention in soil in both fields.

For 2019, soil nutrient analyses reveals similar trends to 2018 results. In contrast to soils from fields in transition to non-transgenic crops, soils of *glyphosate-treated fields had lower soil pH and reduced contents of Ca and Mg, possibly a consequence of repeated use of Roundup allowing glyphosate to interfere with the cation nutrients.* The insufficient levels of boron (B) and molybdenum (Mo) is of concern as these are required for many important metabolic functions in both plants and microorganisms. The impact of perennial vegetation on soil fertility and health is shown in samples from waterways and fence rows, especially in the considerably higher levels of soil organic matter (SOM) and total N, which likely contributed to lower soil glyphosate levels.

*Active Carbon:* Active C contents were higher for all soils in 2018 relative to 2019. Values were similar across all cropped soils, fencerow, and the non-grass drainage sites. This is likely *related to the lower SOM values for all sites, suggesting overall lower microbial activity. Highest active C in both years was associated with the grassed waterway sites, related to vegetation and higher SOM, and suggesting that management incorporating either perennial vegetation or consistent presence of living plants throughout the year will improve biological soil health.*

**Soil Microbiome:** Soils differed only slightly in the abundance of microorganisms for each taxonomic group. *It is not known whether the somewhat homogenous distribution of similar abundance is related to effects of management such that the microbiome was resistant to changes and remained similar to non-managed fencerow and waterway sites or if abiotic climatic factors had an impact.* It should be noted that 2018 and 2019 experienced above normal precipitation during the growing seasons (685 and 760 mm during April – September, respectively), which may minimize impacts of management. Interestingly, *total PLFA content, an indicator of total soil microbial biomass, varied among the sites, with the glyphosate check among the lowest suggesting an effect of cumulative soil glyphosate residue.* With two exceptions, highest total PLFA was associated with fencerow and waterway soils. Residual glyphosate may affect microbial abundance and biomass in the cultivated soils. More importantly, *the soil ecosystem provided by undisturbed, perennial vegetation (i.e., grass waterways) enhanced microbial abundance, which is important to soil health for providing diverse biological function (nutrient cycling, plant growth regulators, pathogen suppression, etc.) and a source of nutrients in biomass are recycled for plant availability.*

*Soil Glucosidase Activity: Soil glucosidase appeared to be more sensitive to soil glyphosate residues than other biological indicators in our study.* Although activity values were lower in 2019 likely due to dry soil conditions at sampling, the trend relative to glyphosate content was consistent across years. The lowest activity associated with the highest soil glyphosate content illustrates this trend. Figure 1 shows a moderate correlation (correlation coefficient,  $R = 0.46$ ) of decreasing soil glucosidase activity with increasing effective glyphosate content in the soil surface in 2018; this correlation is even stronger ( $R = 0.61$ ) in 2019, suggesting that persistent glyphosate residues in soils are biologically available and interfere with microbial activity. The high content of soil residual glyphosate in glyphosate-treated soil likely contributed to lowest glucosidase activity detected in those soil samples, which was consistent for both years. It is also possible that additional herbicide treatment to control glyphosate-resistant weeds or different weather patterns in 2019 led to values for fencerow and waterway soils to remain stable resulting in a consistency at about the same levels for both years. *Soil glucosidase activity may be a sensitive biological assay, which could serve as a soil health indicator to assess the effect of glyphosate use upon the soil, similar to other proposed selected indicators based on glyphosate use (Romano-Armada 2019).*

## **Conclusions**

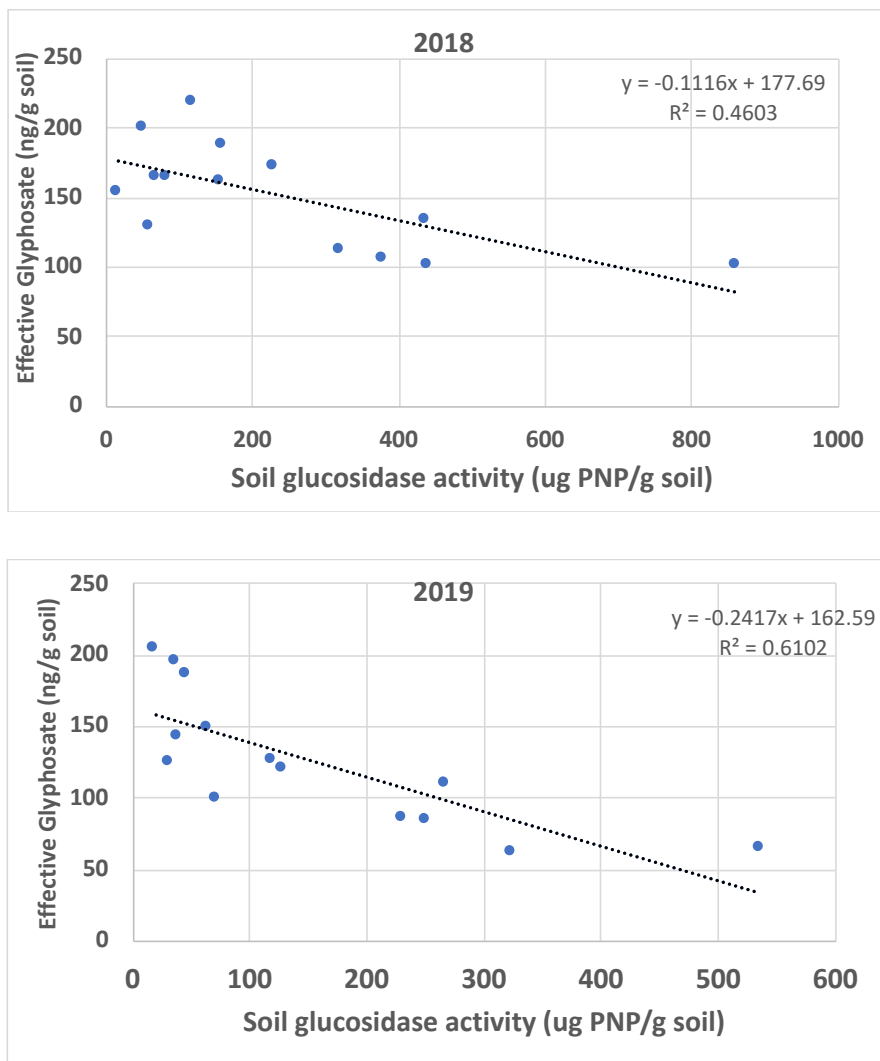
Soil glyphosate/AMPA residues were variably distributed across a given field. Glyphosate/AMPA residues persisted in soils more than four years after last application. Glyphosate/AMPA movement offsite from adjacent GM-maize field occurred based on detection in waterway in glyphosate-treated field. Glyphosate/AMPA dissipated (degraded) quickly in grass waterway due to perennial vegetation supporting diverse and abundant soil microbiome and high microbial activity.

Glyphosate/AMPA persistence in soil is complex involving many soil properties including soil texture, soil organic carbon (organic matter), pH, and several cation nutrients; however, the properties vary among soil samples making interpretation difficult. Glyphosate/AMPA affected nutrient content and sufficiency in both maize and soybean likely due to effects of soil residues on nutrient immobilization and decreased plant uptake. Soil glucosidase activity negatively correlated moderately well with soil glyphosate/AMPA content, suggesting it could be a basis for a potential assay for residual glyphosate impacts on soil health and crop productivity in the transition period.

Management implications based on this study include maintaining sufficient levels of soil micronutrients is critical for both plant nutrition and soil microbial activity during transition period;



periodic soil testing for micronutrients is suggested due to inherent insufficiency levels (Cu, Mo) and potential chelation (immobilization) activity of glyphosate and AMPA residues. This can be accomplished with appropriate soil amendments and/or foliar applications. The restoration of microbial activity and abundance in soils may require several years and/or incorporation of perennial crops or cover crops during transition from transgenic to non-transgenic cropping systems.



**Figure 1.** Relationship between soil effective glyphosate content with soil biological activity measured as soil glucosidase enzyme activity for both years of project at sampling sites where soils were analyzed for glyphosate/AMPA.

Possible use of biostimulants of known effectiveness for enhancing plant growth promoting rhizosphere microorganisms should also be considered. Implementation of more diverse crop rotations and establishment of cover crops in the offseason will help improve soil microbiome diversity and soil properties such as organic matter, active C and aggregate stability that are critical in improving soil health. Installation of grassed waterways and other conservation practices can improve soil microbiome diversity, especially those groups able to degrade herbicides such as glyphosate/AMPA to quickly dissipate these chemicals and reduce further degradation of productive soils and the environment.

## References

Jensen, P.K., Wujcik, C.E., McGuire, M.K., McGuire, M.A. 2016. Validation of reliable and selective methods for direct determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in milk and urine using LC-MS/MS. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 51:254-259.

Norkaew, S., Miles, R.J., Brandt, D.K., Anderson, S.H. 2019. Effects of 130 years of selected cropping management on soil health properties for Sanborn Field. *Soil Science Society of America Journal* 83:1479-1490.

Okada, E., Costa, J.L., Bedmar, F. 2016. Adsorption and mobility of glyphosate in different soils under no-till and conventional tillage. *Geoderma* 263:78-85.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2006. Land resource regions and major land resource areas of the United States, the Caribbean, and the Pacific Basin. U.S. Department of Agriculture Handbook 296.

Veum, K.S., Acosta-Martinez, V., Lehman, R.M., Li, C., Cano, A., Nunes, M.R. 2021. PLFA and EL-FAME indicators of microbial community composition. In D.L. Karlen, D.E. Stott, M.M. Mikha (eds.), *Laboratory Methods for Soil Health Analysis*, Vol. 2. Soil Science Society of America, Madison, WI U.S.S.

Romano-Armada, N., Amorosa, M.J., Rajal, V.B. 2019. Construction of a combined soil quality indicator to assess the effect of glyphosate application. *Science of the Total Environment* 682:639-649.



## **PRINCIPLES REGARDING THE IMPROVEMENT OF THE SOIL CLASSIFICATION OF MOLDOVA – CHERNOZEMS**

*TAMARA LEAH, PhD, Assoc. Prof.*

*Institute of Soil Science, Agrochemistry and Soil Protection "N. Dimo", Chisinau*

At the current stage, the national soil classifications bear a considerable influence from the soil classification system from the Legend of the " Soil Map of the World " (FAO-UNESCO, 1990) and the classification system proposed in the "World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2014).

On the recent improvement of the soil classification system in the Republic Moldova, the following principles were used:

- Soil as a natural body that ensures the plants growth, regardless of its separation or non-separation in horizons (WRB, 2014), consists of mineral and organic components and includes solid, liquid and gaseous phases. The soil is in a permanent evolution state and thus has the fifth dimension – age.

- The recent soil classification of Moldova was elaborated based on the soils properties: the characteristics of certain diagnostic horizons properties, diagnostic characters and diagnostic materials. These diagnostic indicators must be measurable and possible to determine in the morphological description of soils (Cerbari, 2001; Ursu, 2001).

- In the process of perfecting the soil classification system of Moldova, for some soil taxonomic units, appropriate names were used from the Legend to the "Soil Map of the World", FAO-UNESCO (1990), from the "World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2014) and from the Romanian Soil Taxonomy System (SRTS, 2012), (Țărău, et al., 2012).

When developing the classification, some standards and diagnostic elements of the listed classification systems were used, however, in the proposed classification system the main traditional elements of Moldovan pedology, based on the Russian naturalistic system of soil classification, were preserved, thus to be able to use the previous cartographic materials (Крупеников, Подымов, 1987; Полупан, 1986).

The proposed soil classification system of Moldova is a system with two main levels, analogous to the world soil classification system (WRB, 2014):

- the higher-level includes the types and subtypes of soil from the former classification (genetic significations prevailed);

- the lower-level includes the family, the species, the variety and the soil variant from the former classification (both genetic and, mostly, applicative significance prevailed).

The example for chernozems: **Higher-level soil taxon** – Chernozem. **Lower-level soil taxon** - *luvic, cambic, typical, ordinary, castanic, carbonatic (2%), slitizated, stonyic, isohumic cumulic, typical cumulic, gleyzated, stagnogleic, stagnic*.

### ***Chernozems.***

Chernozems are defined as soils that have a humic profile at least 50 cm thick and CaCO<sub>3</sub> accumulations that start below 30 cm or from the soil surface, but are present in the first 125 cm. A gypsum horizon is missing in the first 125 cm from the surface and they have no other diagnostic horizons than an argic, cambic or calcic one. The central concept of chernozems is characterized by the profile: *Ah - Bh1 - Bh2 - BCk - Ck*. Chernozems are widespread in all districts of Moldova. These soils were formed within the silvosteppe areas, relatively humid steppe and steppe proper. The annual sum of active temperatures (>10°) varies from 2700° to 3300°, the average annual precipitation values are between 400-600 mm, the hydrothermal coefficient K=0.5-1.0 (Крупенников, 2008).

The chernozems are characterized by a moderately or strongly deep humiferous profile in which the humus content decreases from 3-5% in the Ap horizon to 1% in the lower part of the Bh2 horizon. The humus content of 1.0% in the Republic of Moldova is conventionally considered as the transition limit from the humiferous soil profile (Bh2) to the poorly humic parent rock (BC). Humic acids predominate in the humus composition of chernozems, the ratio between humic acids and fluvic acids, HA : FA >1.5.

According to the proposed soil classification system, chernozems are divided into the following subtypes: *luvic, cambic, typical, ordinary, southern, vertic, stagnic, phreatic moist*. Such a division of the chernozem type into subtypes is also reflected in the Russian naturalistic classification (Ursu, 2011).

In the previous system of Moldova's soils classification at the subtype level, carbonatic chernozems with effervescence were separated in the surface horizons. In the proposed soil classification system, following the principle of the Russian naturalistic classification system in which the "carbonate content" indicator is used to divide soil types, the carbonate chernozem subtype was abandoned. Carbonatic chernozems are divided at the genus and species level into *typical, ordinary and southern* subtypes. We believe that this division is correct from the following:

- in arid and semi-arid climatic conditions, carbonates do not lead to the formation of the diagnostic characters of higher-level soils;
- the content and depth of carbonates occurrence within the area of the chernozem type are properties of the soils that are highly variable both in space and in time;
- the variability of this classification indicator in space is often increased by anthropogenic changes to the soil: deep ploughing, clearing, application of organic fertilizers with high carbonate content, etc.

In all modern soil classification systems (FAO-UNESCO, Russian and Romanian) carbonate chernozems are not separated at the subtype level. The chernozems with a carbonats content of more than 2% on the surface are divided as soil genus (Еропов, et al. 1977).

In the following, is reproduce the abbreviated characteristic of the highlighted subtypes of chernozems.

### ***Chernozem luvic.***

They are spread in the northern part of Moldova in the forest-steppe area. They were formed under abundant grassy vegetation, which probably replaced the forest vegetation after its destruction or deforestation. The annual sum of active temperatures ( $>10^{\circ}$ ) is  $2700^{\circ}$  -  $2800^{\circ}$ , the annual precipitation average - 500-600 mm,  $K=0.8-1.0$ . These soils are of polygenetic origin, formed in the process of solification under forest and steppe vegetation. The central concept is characterized by the profile: *Ah - Bht1 - Bht2 - BCt - BCh - Ck*. The Bt horizon is probably a relict horizon of the pedogenesis stage of these soils under the forest.

The argic Bt horizon is characterized by a finer texture than the A and C horizons, as a result of the illuvial process expressed by the presence of oriented clay films in this horizon. It has a brown or reddish-brown color, high compactness, polyhedral or prismatic structure. The Bt horizon in the profile of loess chernozems is also a transition horizon according to the humus content and is divided into two sub-horizons - Bht1 and Bht2. The content of humus in the Ap horizon of arable soils is 3-5%, in the Ah horizon of cultivated soils - 4-6%, high humus quality. The degree of saturation in bases varies between 80-90%,  $pH=6.0-6.5$ .

### ***Chernozem cambic.***

They are often found together with the luvic chernozems, but they have a wider distribution area and can also be found in other sub-areas of Moldova. They were formed under abundant grassy vegetation in most cases on loessoid deposits in a continental-semi-humid climate. The annual sum of active temperatures ( $>10^{\circ}$ ) is  $2700^{\circ}$ - $3000^{\circ}$ , the annual precipitation average - 500-600 mm,  $K=0.7-0.9$ . In the previous classifications these soils are called leached chernozems. Based on the fact that leaching is a general process, practically found in all soils, and in the proposed classification as in the Romanian classification system, the name "leached" was replaced by "cambic", which better expresses the genesis of these soils (Monitoringul..., 2010).

Cambic chernozems have a profile: *Ah - Bhw1 - Bhw2 - BCw - BCh - Ck*. The cambic horizon Bw is morphologically similar to the argic horizon Bt of the loess chernozems and may have a surplus of clay, but this coming from "in situ" alteration, it is not found in the films form, but mixed in the soil mass. The degree of saturation with bases of cambic chernozems is usually below 85-90%,  $pH$  - below 7. It is characterized by a deeper humiferous profile than that of luvic chernozems.

### ***Chernozem typical.***

It occupies the southern part of the forest-steppe area in the North of Moldova. They are also widespread in the relatively humid steppe of Balti. They were formed under grassy vegetation more abundant than in the case of the actual steppe. The annual sum of active temperatures ( $>10^{\circ}$ ) is  $2700^{\circ}$ - $3000^{\circ}$ , the annual average of precipitation - 500-600 mm,  $K=0.65$ - $70$  (Monitoringul..., 2010).

The main process of pedogenesis is the accumulation of humus. It is characterized by profile: *Ah - Bh1 - Bhk2 - BCK - Ck*. The Bh horizon presents a transitional humiferous horizon and is divided into two sub-horizons Bh1 and Bh2. Carbonates in the pseudomycelia forms appear in the profile of typical chernozems in the Bh2 horizon, but they can also be deviations. Bieloglasca, as a rule, accumulates in the BCK horizon.

The typical chernozem has an undifferentiated texture on the profile, medium glomerular structure, well developed. They are rich in high quality humus. The humus content in the Ap horizon is 3.5-5.0% (arable soils) and in the Ah horizon - 5-8% (fallow soils). The degree of saturation in bases - 90-95%, pH is below 7 units in the A horizon and 7-8 units in the B, BC and C horizons.

### ***Chernozem ordinary.***

They are spread in Central and Southern zone of Moldova. In Southern Moldova, the area limits of this chernozem subtype need to be specified. Its forms under the grassy vegetation of the actual steppe. The annual sum of active temperatures ( $>10^{\circ}$ ) is  $3000^{\circ}$ - $3300^{\circ}$ , the annual precipitation average is below 500 mm,  $K=0.6$ - $0.65$  (Monitoringul..., 2010).

The central concept of this chernozem subtype is characterized by profile: *Ah - Bhk1 - Bhk2 - BCK - Ck*. They have a deep humiferous profile, but still the accumulation of humus is less pronounced than in the profile of typical chernozems. As a result of the warmer and drier climate, carbonates accumulate on the surface or in the Bh1 horizon in the pseudomycelia forms, and in the Bh2 horizon often also in the form of bieloglasca. The content of humus in the horizon Ap varies between 3-4%, and in the Ah horizon of the soils - between 4-7%. The degree of saturation in bases below 100%, pH below 7 in horizon A and 7-8 in other horizons.

### ***Chernozem southern.***

They are spread in the southern part of Moldova. They were formed under steppe vegetation in more arid conditions than those in Central Moldova. The annual sum of active temperatures ( $>10^{\circ}$ ) below  $3000$ - $3300$ , the annual precipitation average - 400-500 mm,  $K=0.5$ - $0.6$ . It is characterized by a moderately deep humiferous profile. The humus content in the Ap horizon - 2.5-3.0% (arable soils), in the Ah horizon - 3-5% (fallow soils). The quality of the humus is weaker than in the ordinary chernozems. Southern chernozems are carbonatic from the surface. The degree of saturation in bases is 100%,  $pH=7.0$ - $8.2$ . The presence or absence of gypsum in the horizon C of these soils is not considered diagnostic. The area of southern chernozems in present needs to be specified.

### ***Chernozem stagnic.***

They are spread in Central Moldova on the uniform (smooth) or slightly uneven surfaces of the plateaus, the lithological substrate of which is represented by clays. The relief elements, on which these soils were formed, are primary denudation surfaces, which, as a result of the alpine process of territory raising, today occupy absolute altitudes of 200-300 m. The clay on the plateaus

is different from the sea clay, which appears on the slopes, due to the lack of salinization. The lacustrine or alluvial origin of these clays is possible.

The pedogenesis of stagnic chernozems is largely determined by the clayey texture of the parent rock. These soils evolve under the influence of atmospheric precipitation. The gleization in their profile is evident at a depth of 50-80 cm from the surface. Gleization processes occur as a result of excess from rainwater, surface (atmospheric) water. The stagnation of excess moisture in the lower part of the profile of these soils is conditioned by their texture (Cerbari, 2012).

During the cold period of the year, the humidity of the clay soil profile gradually rises and approaches or reaches the total water capacity. During the warm period, water losses through evaporation in clayey soils are not high. Evaporation leads to water loss, but only from the upper part of these soils (0-50 cm), as a result of the low speed of water movement towards the surface in the profile of fine-textured soils.

The drying of clayey soils leads to the appearance of wide cracks (3-7 cm) on their surface. Cracks are of great importance in the genesis and water regime of these soils. In the summer, during the heavy rains, the surface water drains into the cracks, which leads to the permanent maintenance of excess water in the lower part of the soil profile. Through cracks (especially in dry years, when the cracks are wide and deep) in the lower part of the soil profile, the humic material from the upper part penetrates (flows) in depth, which leads to the formation of a transition horizon with glossic character and humiferous tongues in the mass of the parent material (Александровский, 2006).

Therefore, in the recent conditions of annual precipitation and temperature of Moldova, the hardly permeable clayey soils, located on plane surfaces, are characterized by a stagnant water regime in the lower part of the profile. Excess moisture leads to the manifestation of gleization processes at this depth (Урсу, Крупеников и др., 1984).

Stagnic chernozems have a profile: *Ap - Ah - Bh1 - Bhg2 - BCg - Cg* (gleyic) or *Ap - Ah - Bh1 - Bhg2 - BG - G* (gleyic). The *Bhg2* and *BCg* (*BG*) horizons have a glossic character, which is manifested by the presence of black humiferous tongues.

The humus content in *Ap* of stagnic chernozems varies between 4-6%, the degree of saturation in bases below 100%, pH=7-8. These soils are sometimes carbonatic from the surface. Essential accumulations of carbonates in the form of bioglasca are highlighted in the *BCg* or *BG*. Gleization is expressed in the form of bluish, yellowish, red spots. The *G* horizon, as a rule, has a bluish or dark grey color. The soil structure is lumpy in the *Ap* and glomerular in *Ah*. Gleization horizons are characterized by a poorly developed structure.

Stagnic chernozems have a high fertility potential, but they do not always give the appropriate results due to the heavily aero-hydric regime in years with abundant precipitation.

### ***Chernozem semihydric.***

They are spread in all subzones of Moldova. They occupy the negative relief elements (vales), but they are also found on slopes. They were formed under the weakly influence of phreatic (pedophreatic) water, whose level in the profile of these soils is about 2 m from the surface. As a result, in the lower part of the profile at a depth of 100-200 cm, spots of weak gleization are often encountered. It is characterized by a strong deep humiferous profile. The humus content and other properties of these soils depend on the pedo-climatic zone in which they were formed (Гедымин, Побединцева, 1964). As a rule, they are more humic and richer in fertile elements than the zonal subtypes of chernozem.

According to these principles, other soils were also classified, which make up 30% of the surface of Moldova. These are: brunezems (brown soils), greyzems (grey soils), slitted soils,

rendzines, erodosols, typical cumulic soils, lacustrine soils, hydric (swampy) soils, alluvisols, solonchcaes, solonchaks, solonchaks, poorly developed soils. Also, anthrosols, damaged soils, recent deposit formations, rock formations were included in the Systematic List of Moldovan Soils

### **Acknowledgements.**

This research work was carried out with the support of State Program (2020-2023) and was financed from Project "Assessment of the soil genesis of the Republic of Moldova in conditions of agrogenesis, improvement the classification and the grading system, elaboration of the methodological - informational framework for monitoring and extended reproduction of soil fertility "STARCLASSOL", No. 20.80009.7007.17.

### **References**

Cerbari, V., 2001. Sistemul de clasificare și bonitare a solurilor Republicii Moldova pentru elaborarea studiilor pedologice. Ch.: Pontos, 103 p.

Cerbari, V. (coordonator), 2012. Cernoziomurile stagnice (geneza, geografia, clasificarea, bonitarea). Ch.: Pontos, 121 p.

FAO. 2014. World reference base for soil resources (WRB-2014). International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106., Rome, 2015, 203 p.

FAO-UNESCO, 1990. Soil Map of the World. Revised LEGEND with corrections. World Soil Resources Report 60, Rome.

Monitoringul calității solurilor Republicii Moldova (baza de date, concluzii, prognoze, recomandări), 2010. Coord. V. Cerbari. Ch.: Pontos (Reclama). 476 p.

Țărău, D.; Rogobete, G.; Dicu, D.; Niță L., 2012. Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor (SRTS-2012). Craiova: Sitech, 206 p.

Ursu, A., 2001. Clasificarea solurilor Republicii Moldova. Ch., (ediția II), 40 p.

Ursu, A., 2011. Solurile Moldovei. Ch.: Î.E.P. Știința, 314 p.

Александровский, А.Л., 2006. Стадии, направления и скорость процессов эволюции почв. В: Проблемы древнего земледелия и эволюции почв в лесных и степных ландшафтах Европы. Белгород, с. 85-93.

Гедымин, А.В.; Побединцева И.Г., 1964. Влияние длительной распашки на некоторые свойства почв лесостепи. В: Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования. М.: Изд-во Московского ун-та, с. 77-119.

Егоров, В.В.; Иванов, Е.Н.; Фридланд, В.М., 1977. Классификация и диагностика почв. СССР. М.: Колос, 225 с.

Крупеников, И.А.; Подымов, Б.П., 1987. Классификация и систематический список почв Молдавии. Кишинев: Штиинца, 158 с.

Крупеников, И.А., 2008. Черноземы: возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения. Chișinău: Pontos, 285 с.

Полупан, Н.И., 1986. Современное развитие, классификация и пути повышения плодородия почв южной и сухой степи Украины. Автореф. дис. д-ра с-х. наук. Харьков.

Урсу, А.Ф.; Крупеников, И.А. и др., 1984. Почвы Молдавии. Том I. Генезис, экология, классификация и систематическое описание почв. Кишинев: Штиинца. 352 с.



# DYNAMICS OF ALKALINE HYDROLYSED NITROGEN, MOBILE PHOSPHORUS AND EXCHANGEABLE POTASSIUM IN RELATION TO FERTILISATION LEVELS IN POTATO CULTIVATION

*B.I. Parkhuts, Candidate of Agricultural Sciences  
Lviv national environmental university*

An important factor in obtaining high and stable yields of crops, including potatoes, is the supply of nitrogen to plants throughout the growing season. Therefore, nitrogen supply remains a key issue in agriculture.

Proper nutrition of plants with nitrogen helps to increase yields. It should be borne in mind that plants absorb more nitrogen when they are intensively forming leaves and stems [6].

To form tubers, the plant must receive a sufficient amount of nitrogen evenly. Before flowering, they need to absorb more than 75% of their total nitrogen requirement so that leaf senescence does not start too early.

Lack of nitrogen in potato nutrition reduces tuber yields due to insufficient tuber growth and premature tops. High rates of nitrogen fertilisers contribute to the formation of second- and third-order stolons, small tubers are formed and the marketability of the crop decreases [5].

Phosphorus is a very important element for potato nutrition, as the plant has an underdeveloped root system. With a high level of phosphorus nutrition, the formation of tubers begins earlier, their quality improves, ripening is accelerated, and yields increase (by 6 t/ha or more). On soils that are better supplied with phosphorus, it is more efficient to apply water-soluble phosphorus fertilisers in the spring before planting tubers.

Potatoes absorb about two times more potassium and five times more phosphorus than nitrogen. With a yield of 10 tonnes per hectare of tubers and green phytomass, potatoes take out 42-58 kg of nitrogen, 16-19 kg of phosphorus, 59-79 kg of potassium, and 19 kg of magnesium. One tonne of tubers consumes 4,5 kg of nitrogen, 2,1 kg of phosphorus, and 6,3 kg of potassium from the field [1].

The response of potatoes to nitrogen, phosphorus and potassium depends on the soil type. Despite the high consumption of potassium, the need for potassium on most soils is lower than the need for nitrogen and sometimes phosphorus.

Nutrients are supplied to plants unevenly during the growing season. The largest amount of them is absorbed by potatoes during budding and flowering, which corresponds to the largest increase in their above-ground mass. Before flowering, potatoes absorb 75% of the required nitrogen, 65% of phosphorus and potassium, and 50% of magnesium. The nutrients supplied to plants during the tuberisation period are mainly used for tuber growth. In addition, during this period, nitrogen, phosphorus, potassium and other elements accumulated in the tops are largely used for tuber growth [1, 5].

On all types of soil, high potato yields are obtained with the combined use of organic and mineral fertilisers.

Their effectiveness on potato productivity is approximately the same. The strong response of potatoes to organic fertilisers is explained by the fact that at the beginning of their growing season, the need for nutrients is low and then gradually increases. It peaks in July, when the effect of mineral fertilisers applied in the spring decreases. At this time, organic fertilisers decompose intensively, which increases the supply of available forms of nutrients to the soil. During the



decomposition of organic fertilisers, carbon dioxide is released, which also contributes to a significant increase in yield [1, 5].

The objective of the study was to investigate the dynamics of alkaline hydrolysed nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium in a 0-25 cm layer of dark grey podzolised soil depending on fertiliser levels in the western forest-steppe of Ukraine.

The experiments were conducted in 2020-2022 on dark grey podzolic soil characterised by the following agrochemical parameters in the arable layer (0-25 cm): humus content (according to I.V. Tiurin) in the arable layer was 2.6 %; the content of alkaline hydrolysed nitrogen (according to Kornfield) was 127 mg per 1 kg of soil; the content of mobile forms of phosphorus and potassium (according to Chirikov) ranged from 84 mg and 108 mg per 1 kg of soil, respectively; the pH of the salt extract was 5.9.

The study was conducted in 4 replications with the mid-season variety of potatoes Fontane according to the following experimental design: 1. Control (20 t/ha of manure) – background; 2. Background + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>; 3. Background + N<sub>40</sub>P<sub>50</sub>K<sub>80</sub>; 4. Background + N<sub>50</sub>P<sub>70</sub>K<sub>100</sub>; 5. Background + N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>.

The following forms of mineral fertilisers were used in the experiments: ammonium nitrate (34%), granular superphosphate (19%), and Kalimag (28%). The field experiment was set up according to the appropriate methods [2, 3].

As potato plants grow and develop, the content of alkaline hydrolysed nitrogen decreases in all experimental variants due to its absorption by plants (see table).

Thus, if in the "beginning of budding" phase (see table), on average over the years of research, the content of alkaline hydrolysed nitrogen was 117 mg/kg of soil in the control background variant, 110 mg/kg of soil in the "end of flowering" phase, and 102 mg/kg of soil at the end of the growing season in the "complete wilting of tops" phase.

Table. Dynamics of alkaline hydrolysed nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium in the 0-25 cm soil layer depending on fertiliser levels, mg/kg soil (average for 2021-2022)

Variant of the experiment	Phases of plant growth and development								
	beginning of budding			end of flowering			complete wilting of tops		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Control (20 t/ha of manure) – background	117	84	97	110	70	83	102	57	74
Background + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	125	86	99	113	75	87	105	63	76
Background + N <sub>40</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	126	88	102	114	77	89	109	66	78
Background + N <sub>50</sub> P <sub>70</sub> K <sub>100</sub>	133	89	114	122	79	97	116	71	88
Background + N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	135	92	118	124	81	102	122	73	93

The content of alkaline hydrolysed nitrogen in the soil for potatoes with the application of mineral fertilisers in the norm N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> on the background of 20 t/ha of manure slightly increases. Thus, in the fifth variant of the experiment, in the "beginning of budding" phase, its content was

135 mg/kg of soil, in the "end of flowering" phase – 124 mg/kg of soil, and in the "complete wilting of tops" phase – 122 mg/kg of soil.

Our research in a stationary experiment shows that the use of fertilisers in combination with organic fertilisers has a significant impact on the content of easily accessible forms of phosphorus in the soil. At the same time, the phosphate regime of the soil under potatoes is different depending on the norm of fertiliser applied.

Our data indicate that in the variants where mineral fertilisers were applied in the norm of  $N_{50}P_{70}K_{100}$  and  $N_{60}P_{90}K_{120}$  with the background of organic fertilisers of 20 t/ha of manure, the level of mobile phosphorus accumulation in the "beginning of budding" phase was slightly higher. In these variants, the content of mobile phosphorus was 89 and 92 mg/kg of soil, respectively, which is 5 and 8 mg higher than in the control variant. In the "end of flowering" phase, the content of mobile phosphorus slightly decreased. Thus, the content of mobile phosphorus in the phase of entering the tube in the fourth and fifth variants of the experiment was 79 and 81 mg/kg of soil, respectively.

Our agrochemical analyses showed that the content of exchangeable potassium in dark grey podzolic soil, on average over the years of research, during potato cultivation varied depending on the levels of fertilisation and the stages of plant growth and development.

The lowest content of exchangeable potassium in the soil at all stages of potato vegetation was 97, 83 and 74 mg/kg of soil in the control background variant of the experiment.

In the variants of the experiment with the use of mineral fertilisers on the background of organic fertilisers (20 t/ha of manure) in the norm  $N_{30}P_{30}K_{60}$  and  $N_{40}P_{50}K_{80}$ , the content of exchangeable potassium was slightly higher compared to the control: 99 and 102 mg/kg soil at the "beginning of budding" phase, 87 and 89 mg/kg soil at the "end of flowering" phase, and 76 and 78 mg/kg soil at the "complete wilting of tops" phase.

In the fourth and fifth variants, where mineral fertilisers were applied in the norms of  $N_{50}P_{70}K_{100}$  and  $N_{60}P_{90}K_{120}$  with the background of organic fertilisers in the norm of 20 t/ha, the highest content of exchangeable potassium in the 0-25 cm soil layer was obtained on average over the years of research. So in the "beginning of budding" phase, the content of exchangeable potassium was 114 and 118 mg/kg of soil, respectively, which is 17 and 21 mg higher than in the control variant. In the "end of flowering" phase, the content of exchangeable potassium was slightly lower and amounted to 97 and 102 mg/kg of soil, and in the "complete wilting of tops" phase, these indicators were 88 and 93 mg/kg of soil, respectively.

Thus, combined application of organic fertilizers in the norm of 20 t/ha of manure and mineral fertilizers in the norm of  $N_{60}P_{90}K_{120}$  improves the nitrogen, phosphorus and potassium regimes of dark grey podzolic soil. As alkaline hydrolysed nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium are used for the growth and development of Fontane potato plants, their content in the soil is constantly decreasing by the end of the growing season. This change is associated with the redistribution of nitrogen, phosphorus and potassium ions in the "soil and soil solution" system due to the disturbance of the dynamic equilibrium during the vegetation of potato plants.

### *References*

1. Vitenko V.A., Kutsenko M.S., Vlasenko M.J. Potatoes. Kyiv: Urozhay, 1990. 256 p.

2. Yeshchenko V.O., Kopytko P.G., Kostohryz P.V., Opryshko V.P. Fundamentals of scientific research in agronomy: a textbook. O. Yeschenko. Vinnytsia: PE "TD "Edelweiss and K", 2014. 332 p.
3. Potato growing: Methods of experimental business / edited by A.A. Bodnarchuk, V. A. Koltunov. Vinnytsia: LLC "TVORY", 2019. 652 p.
4. Lisoval A.P. Methods of agrochemical research. K., 2001. 247 p.
5. Lopushniak V.I., Shevchuk M.Y., Poliukhovych M.M., Parkhuts B.I., Parkhuts I.M. 555 questions and answers on agrochemistry and agrochemical service: a study guide / edited by V.I. Lopushniak. Lviv: Prostir M, 2018. 488 p.
6. Marchuk I.U. et al. Mineral fertilisers and their use: a reference book. K.: 2002. 246 p.



## **GIS SOIL EROSION MODELING AS A BASE FOR LAND PLANNING**

*A. Piatkova PhD in geography, Odesa I. I. Mechnikov National University*

Soil erosion is one of the most dangerous and widespread processes which leads to catastrophic results – losing of soil fertility, destruction of soil structure and ability to renovate, degradation and desertification. In today's world it is a real threat to the sustainable development of human activity and existence. At current time about 1.9 billion ha lands are deteriorated to degradation. It is about 65% of all soil resources. And about 85% is destroyed because of erosion – wind and water together. 1.5 billion people depend on food production on depredated soils.

It is considered that the most important reason for the disappearance of many civilizations is soil degradation [1]. Generally human civilizations developed by the same scenario. In the beginning the most fertilized soils of floodplains were intensively used in agriculture but when the population increased, people needed more arable lands and started to water lands and to plough slopes. Finally, the slow geological erosion pretty accelerated. The civilizations collapsed. This scenario repeated again and again in different parts of our planet: ancient Babylon, ancient Egypt, ancient Mayans etc. The history of their soil resources became the base of their collapse.

Today Ukraine's agricultural lands are about 19% of the total European farmlands, with arable land accounting for almost 27% [9]. As a result, Ukraine is one of the first countries in Europe which suffer from erosion processes and the extension of erosion soil degradation. The erodibility of agricultural lands is more than 38% [2].

The most spread process is the erosion by water flow influence. Water soil erosion is one of the most complicated processes which are impacted by a great deal of factors - surface, soil feature, climate characteristics, human activity. Exactly the last one decreases soil fertility and completely destroys it. Plowing destroys soil structure, changing it into dust. Humus and nutrient circulation totally depend on anthropogenic influence. Vegetation does not protect soil sufficiently, does not fill it with organics, depletes it. Soil loses its unique ability to renovate itself and support sustainable development of the whole ecosystem.

All these factors have a great spatial and time variability that finally defines intensity and directions of further development of landscape.

The field measurement and quantitative evaluation of soil erosion losses are very difficult. It demands a lot of labor consuming and equipment's resources. That is why today empirical and

theoretical models are completely useful for the procedure of estimation of soil erosion degradation and searching ways of soil fertility and landscape stability improvement.

Modern models (WEPP, RUSLE, LISEM etc.) are implemented in digital surroundings and GIS-technologies. The use of remote sensing data is as well giving excellent results in soil degradation assessment. It is a great opportunity for evaluation of soil degradation within big areas (countries, regions, districts or basins) but it is not available for small areas and for local land use planning.

One of the empirical models which has strong validation for Ukrainian Steppe and Forest Steppe zones is the spatial physical and statistical model of rainstorm erosion/sedimentation of soil that was developed at the department of Physical Geography, Nature use and GIS technologies of Odesa I. I. Mechnikov National University [3, 5, 8, 13]. The model creation is based on a great quantity of field experiments and statistical/math calculations [6, 7, 12 and others]. The strongest side of the model is the surface relief factor which allows taking into account not only soil losses but the accumulation of sediment within the territory as well [4, 6]. The model is completely implemented in the environmental modeling package PCRaster.

An unconditional advantage of the model is taking into account the non-stationarity of the rainstorm erosion/accumulation process that infinitely goes on and forms a great diversity of landscape conditions on local scope, as well as a spatial variability of all factors and a complicated spatial structure of surface runoff. It is independently verified for the Forest-Steppe and Steppe zones conditions and soils of Ukraine [8, 13]. Input data are the Digital Elevation Model (DEM), the raster soil map including the rate of water erosion degradation of soils, and the raster land use map. As well it needs to input climatic data that is expressed by a hydrometeorological factor which depends on precipitation amount and soil moistening. The implementation of the model is presented like a set of PCRaster modules which allow step by step calculation of all values of the model and finally soil losses (fig.1).

One of the problems of the most soil erosion models is the provided data. Digital elevation model as an input data needs to be maximum hydrologically correct that leads to exact calculations but creating such a DEM requires a great deal of time and labor resources. Using modern global DEM (SRTM 30, SRTM90, AWAD and others) is a way to solve this problem. But as experience shows [10, 11, 14] at the moment these DEMs are suited only to big territories because of a raster cell size (minimum is 1'). The closest to the reference values of soil losses obtained using the DEM SRTM30 [14]. At the current stage the problem of providing DEM could be considered like solved.

GIS assessment of soil erosion losses using spatial physical and statistical model of rainstorm erosion/sedimentation of soil allows evaluating erosion danger with high accuracy and zoning research territory for safe land use.

For example, it could be given the key research plot in Bilgorod-Dnistrovsk district of Odesa region near the village Vesela Dolyna. The area is a hillside of the small river valley Frumushika. Hillside has an eastern aspect, about 1000 m length and 5,2 % steepness. The square is 214.5 ha. The area is totally plowed and used for growing corn, wheat and barley which are very typical for the south of Odesa region. The DEM used for the calculation is SRTM 30.

The distribution of soil losses has a great spatial changeability (fig.2-A). The assessed soil washing off change in huge range with the average value 19.1 t/ha/year. Estimation of redistribution of soil losses by intervals allows to zone area into separated plots with different soil losses ranges which present soil erosion danger and require different soil protection measurements. The primary zoning is showed in fig.2-B.

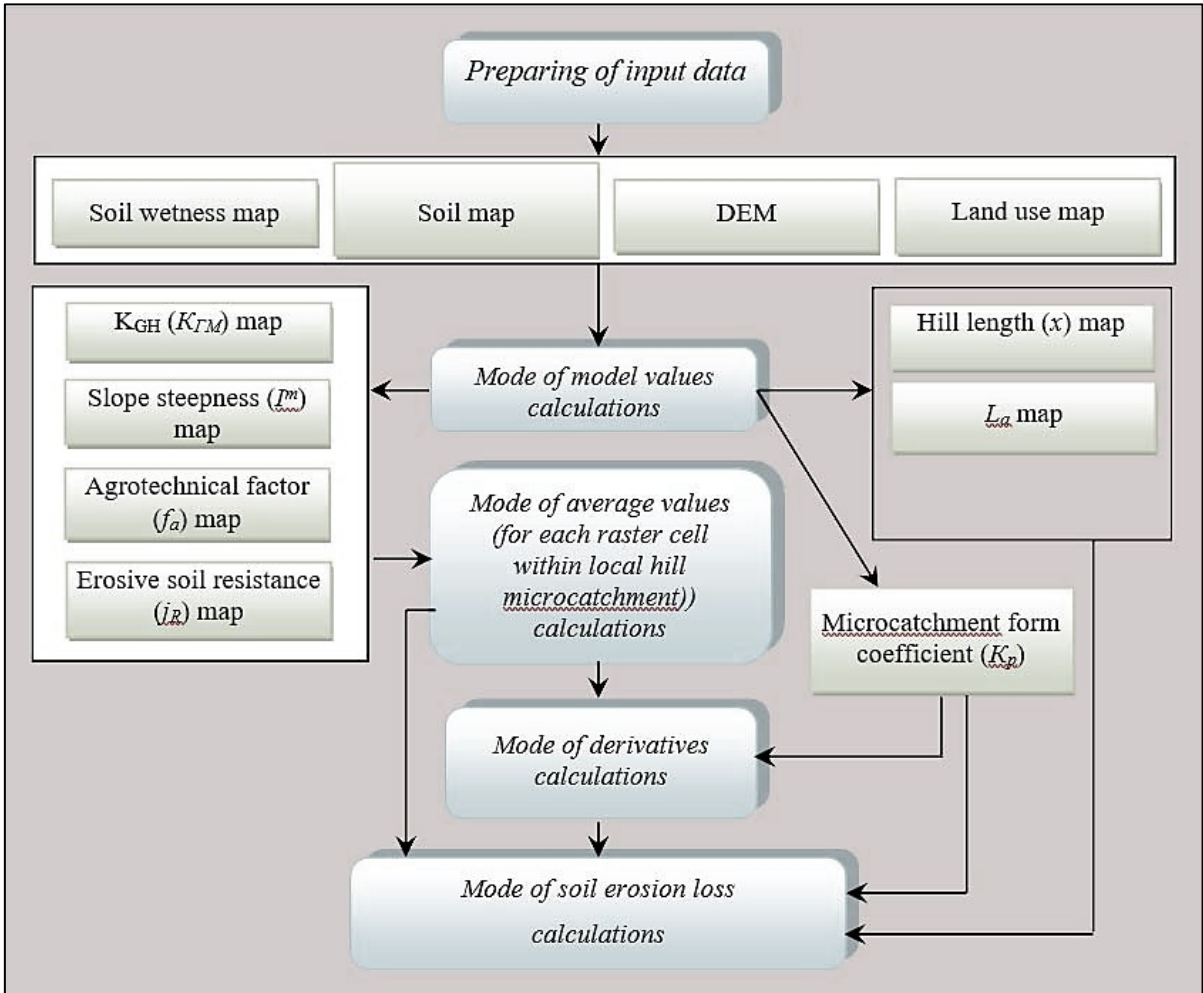


Figure 1 - Flowchart of evaluation of rainstorm soil erosion losses/sedimentation

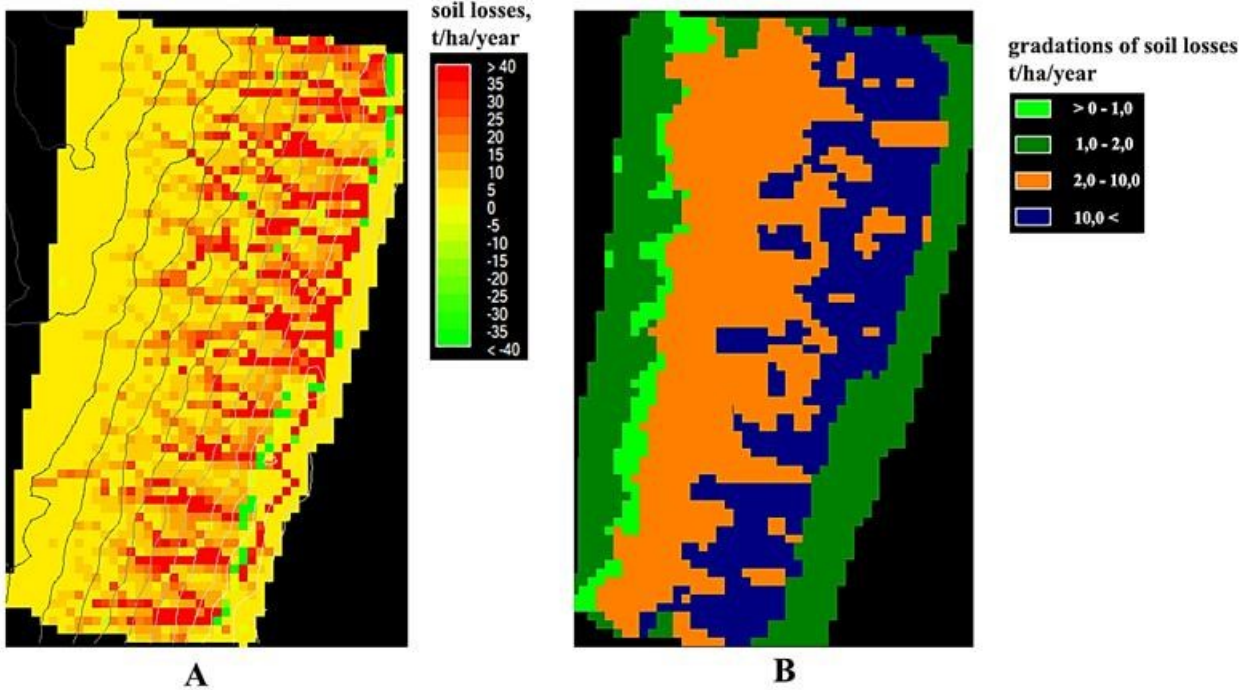


Fig.2 - Spatial distribution of soil erosion losses (A) and zoning of the area (B)

In conclusion it has to be considered that a big part of the plot (about 30%) that is intensively used for arable land and even for row crops should be withdrawn from intensive use. On the part where the calculated washing off is 2-10 t/ha/year, soil-protective crop rotations should be introduced and special erosion control measures should be applied. As well these calculations should take into account in planning territory for protective land use based on complicated landscape structure.

### *References*

1. Монтгомери Д. Р. Почва : Эрозия цивилизаций. Анкара : Субрегиональное отделение ФАО ООН по Центральной Азии, 2015. 434 с.
2. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Під ред. Балюка С. А., Медведєва В. В. та ін. Київ, Мінагрополітики, Центрдержродючість, НААНУ, ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського, НУБіП, 2010. 113 с.
3. П'яткова А. В. Просторова ГІС-реалізована модель зливогого змиву-акумуляції ґрунту. *Вісник ОНУ. Серія географічні та геологічні науки*. 2010. Том 15. Вип. 10. С. 135-142 <https://doi.org/10.18524/2303-9914.2010.10.195360>
4. П'яткова А. В. Урахування структури схилового стікання при просторовому моделюванні зливогого змиву ґрунту. *Вісник ОНУ. Серія географічні та геологічні науки*. 2013. Том 18. Вип. 2(18). С.82-87.
5. П'яткова А. В., Кордіс А. В. До питання про верифікацію просторово-розподілених моделей змиву ґрунту. *Вісник ОНУ. Серія географічні та геологічні науки*. 2014. Том. 19. Вип. 2(21). С. 115-121. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2014.2\(21\).41112](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2014.2(21).41112)
6. Светличный А. А. Принципы совершенствования эмпирических моделей эрозии почв. *Почвоведение*. 1999. 32(8). С. 917-923
7. Світличний О. О., Іванова А. В. Принципи просторового моделювання гідрометеорологічних умов зливогого змиву ґрунту. *Вісник ОНУ. Серія географічні та геологічні науки*. 2004. Том 8. Вип. 5. С. 77-82
8. Світличний О. О., П'яткова А. В. Водна ерозія ґрунтів у Правобережному Лісостепу України. *Вісник ОНУ. Географічні та геологічні науки*. 2021. Т. 26, Вип. 2(39). С. 51-63. DOI: 10.18524/2303-9914.2021.2(39).246191
9. Тараріко О. Г., Кучма Т. Л., Ільєнко Т. В., Дем'янюк О. С. Ерозійна деградація ґрунтів України за впливу змін клімату. *Агроєкологічний журнал*. 2017, №1. С. 7-15
10. Mondal A., Khare D., Kundu S. Uncertainty analysis of soil erosion modeling using different resolution of open source DEMs. *Geocarto International*. 2017. V. 32(3), 334-349. <http://dx.doi.org/10.1080/10106049.2016.1140822>
11. Shan L., Yang X., Zhu Q. Effects of DEM resolutions on LS and hillslope erosion estimation in a burnt landscape. *Soil Research*. 20219 57(7), 797-804. <http://doi.org/10.1071/SR19043>
12. Svetlichny A. A., Plotnitskiy S. V., Stepovaya O. Y. Spatial distribution of soil moisture content within catchments and its modeling on the basis of topographic data. *Journal of Hydrology*. 2003. V. 277, 50-60. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169403000830>
13. Svetlitchnyi A. A., Piatkova A. V. Spatially distributed GIS-realized mathematical model of rainstorm erosion losses of soil. *Journal of geology, geography and geoecology*. 2019. Issue 28(3). 562-571. DOI: 10.15421/111953



УДК 632.11:37:636.02

## ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

*Августинович М.Б., к. с/г. н., доцент, Зінчук М.І., к. с.-г. н., доцент  
Луцький національний технічний університет*

В Україні, у період воєнного часу, особливо гостро назріла потреба диференціації зернового виробництва, пов'язана з необхідністю пріоритетного розподілу функціонального призначення кожної культури і, відповідно до цього, енергетичного забезпечення технологій їх вирощування. Одним із перспективних напрямків аграрного виробництва є розширення асортименту продовольчих культур, зокрема зернових, які поєднуюватимуть високу кліматичну пластичність, продуктивність і якість зерна. Саме такою культурою є тритикале, яка за рядом ключових переважає пшеницю і жито [7].

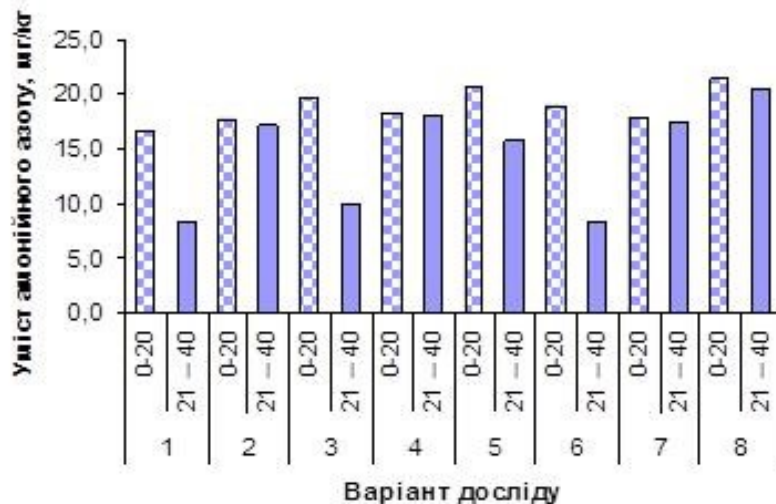
Дослідження проводили на ґрунтах фермерського господарства «Надбання», с. Конюхи Локачинського району, що розташовано у південно-західній частині Волинської області. В межах дослідної ділянки відзначено темно-сірі опідзолені ґрунти, які є типовими для ґрунтово-кліматичної зони Західного Лісостепу [4].

Нами розроблена схема досліду допоможе підібрати оптимальну систему удобрення тритикале ярого в умовах Західного Полісся та допоможе встановити не лише баланс азоту в ґрунтах, а й урівноважити показники кислотності рН, які в межах області можуть коливатись 6, 5 до 7,5, що може пригнічувати ріст рослин [3]. Для досліду використовували мікробіологічний препарат Azoteg та гумінове добриво [1;2].

Проведені дослідження вказують, що застосування традиційних видів органічних і мінеральних, а також гумінового добрива та мікробіологічного препарату сприяло зростанню вмісту амонійного азоту (N-NH<sub>4</sub>), у орному шарі ґрунту (0 – 20 см), в середньому на 1,1 – 4,7 мг/кг, тоді як у контрольному варіанті він становив 16,7 мг/кг ґрунту (рис. 1).

Заміна стартової дози мінеральних добрив на органічні добрива (гній 5 т/га) при застосуванні мікробіологічного препарату була менш ефективною, в результаті чого вміст N-NH<sub>4</sub> у цьому варіанті склав 17,9 мг/кг, що на 1,3 мг/кг було вище контролю та на 1,0 мг/кг нижче, ніж за використання аміачної селітри.

Найбільш ефективним з огляду на підвищення вмісту амонійних форм азоту у ґрунті було сумісне використання гумінових добрив із мінеральними та гноєм (варіанти № 5, № 8). В орному шарі ґрунту (0 – 20 см) у цих варіантах було зафіксовано максимальні показники вмісту амонійних форм азоту на рівні 20,8 мг/кг при внесенні 10 т/га гумінового добрива із N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>60</sub> та 21,4 мг/кг ґрунту за використання по 5 т/га гумінового добрива і гною із N<sub>75</sub>P<sub>50</sub>K<sub>90</sub>.



**Рис. 1** Динаміка вмісту амонійних форм азоту в сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті під впливом різних систем удобрення тритикале ярого.

1. Без добрив (контроль); 2. Гній, 15 т/га; 3. N<sub>75</sub>P<sub>50</sub>K<sub>90</sub>; 4. Гумінове добриво, 10 т/га; 5. Гумінове добриво, 10 т/га + N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>60</sub>; 6. Azoter + N<sub>40</sub>; 7. Azoter + Гній, 5 т/га; 8. Гній, 5 т/га + N<sub>75</sub>P<sub>50</sub>K<sub>90</sub> + Гумінове добриво, 5 т/га.

Внесення 10 т/га гумінового добрива та 10 л/га препарату Azoter зі стартовою дозою азотних добрив (N<sub>40</sub>) забезпечило підвищення вмісту амонійних форм азоту відповідно на 1,6 та 2,2 мг/кг ґрунту порівняно з контролем.

Слід зазначити, що нетрадиційні системи удобрення виявились більш ефективними відносно традиційної органічної. Так за внесення гумінового добрива простежувалась тенденція до зростання вмісту N-NH<sub>4</sub> на 0,5 мг/кг ґрунту порівняно з варіантом за використання гною, а за застосування препарату Azoter зафіксовано зростання цього показника на 1,1 мг/кг ґрунту.

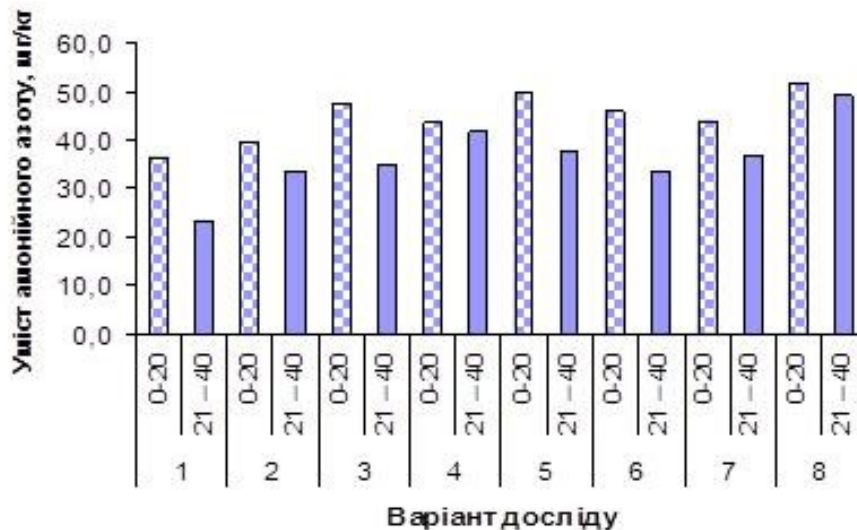
Відносно підорного шару ґрунту (21 – 40 см), то тут також відмічене зростання вмісту амонійного азоту за використання добрив на 1,6 – 12,1 мг/кг. Зафіксовано, що за використання органічних добрив (гній, гумінове добриво) простежується значно вищий вміст N-NH<sub>4</sub> (17,2 – 18,1 мг/кг), ніж за використання мінеральних форм (10,0 мг/кг) та мікробіологічного препарату (8,4 мг/кг). Високий вміст амонійних форм азоту у цьому шарі ґрунту забезпечило застосування 10 т/га гумінового добрива і N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>60</sub> та по 5 т/га гною і гумінового добрива із N<sub>75</sub>P<sub>50</sub>K<sub>90</sub>, де вміст N-NH<sub>4</sub> становив 15,8 – 20,5 мг/кг ґрунту.

Щодо зміни вмісту нітратних форм азоту в ґрунті, то ми простежували практично аналогічну тенденцію як і з амонійною формою (рис. 2).

Застосування традиційних систем удобрення забезпечило зростання його вмісту, в орному шарі ґрунту, на 3,1 мг/кг за органічної (15 т/га гною) та 10,8 мг/кг за мінеральної систем порівняно з контролем, де вміст нітратного азоту (N-NO<sub>3</sub>) становив 36,6 мг/кг ґрунту.

Внесення гумінового добрива та мікробіологічного препарату зі стартовою дозою азоту (N<sub>40</sub>) також мало позитивний ефект, забезпечивши підвищення вмісту рівня N-NO<sub>3</sub> порівняно з контролем на 6,8 та 9,6 мг/кг ґрунту, відповідно. У цих варіантах відмічено відносно вищі показники вмісту нітратних форм азоту порівняно з органічною – на 3,7 та 6,5 мг/кг та дещо нижчі – мінеральною системам удобрення – на 4,0 та 1,2 мг/кг ґрунту, відповідно.





**Рис. 2** Динаміка вмісту нітратних форм азоту в сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті під впливом систем удобрення тритикале ярого.

1. Без добрив (контроль); 2. Гній, 15 т/га; 3. N<sub>75</sub>P<sub>50</sub>K<sub>90</sub>; 4. Гумінове добриво, 10 т/га; 5. Гумінове добриво, 10 т/га + N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>60</sub>; 6. Azoter + N<sub>40</sub>; 7. Azoter + Гній, 5 т/га; 8. Гній, 5 т/га + N<sub>75</sub>P<sub>50</sub>K<sub>90</sub> + Гумінове добриво, 5 т/га.

За сумісного використання нетрадиційних засобів удобрення (гуматів та мікробіологічних препаратів) зафіксовано найвищі показники вмісту нітратних форм азоту. Найефективнішими виявились варіанти, де вносили гумінові добрива з традиційними формами, які забезпечили зростання вмісту у орному (0 – 20 см) шарі на 12,9 мг/кг (10 т/га гумінового добрива + N<sub>50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>60</sub>) та 15,2 мг/кг ґрунту (5 т/га гумінового добрива + 5 т/га гною + N<sub>75</sub>P<sub>50</sub>K<sub>90</sub>). В даному випадку найменш ефективним було використання мікробіологічного препарату Azoter разом із 5 т/га гною, де вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0 – 20 см становив 46,2 мг/кг, що на 5,5 – 7,8 мг/кг було нижче, ніж на попередніх двох варіантах № 5 та № 8.

У підорному шарі ґрунту (21 – 40 см) за використання добрив вміст нітратних форм азоту коливався в межах 33,4 – 49,4 мг/кг ґрунту. У контрольному варіанті його вміст становив 23,2 мг/кг ґрунту. Відмічено, що у цьому шарі ґрунту простежується така ж тенденція як і відносно амонійних форм азоту, тобто за органічних та органо-мінеральних систем удобрення спостерігається значно вищий вміст нітратних форм азоту – 43,4 – 49,4 мг/кг (за виключенням варіанту із внесенням 15, т/га гною), ніж за мінеральних – 33,4 – 35,1 мг/кг ґрунту.

Отже, вище наведені дані свідчать про покращення азотного режиму ґрунту за застосування досліджуваних систем удобрення. Зростання вмісту мінерального азоту (N-NH<sub>4</sub> та N-NO<sub>3</sub>) за використання гумінового добрива пов'язане із значним його вмістом у складі (0,81 %). Відносно мікробіологічно препарату, то позитивний ефект пов'язаний зі здатністю *Azotobacter Croococum* (1,54·10<sup>10</sup> КУО в см<sup>3</sup>) фіксувати та *Azospirillum Braziliense* (2,08x10<sup>9</sup> КУО в см<sup>3</sup>) відновлювати [1] атмосферний азот. Крім того, зафіксовано значно вищі показники вмісту рухомих форм азоту саме за використання препарату Azoter із мінеральними добривами. Це явище пов'язане з тим, що у даній формі добрив дещо більша частка азоту (50 – 60 %) знаходиться у доступній формі, ніж органічних добривах (30 %) [2].

Це сприяє швидкій активації азотфіксуючих мікроорганізмів, а відповідно накопиченню азоту у ґрунті.

Щодо позитивного ефекту органічних добрив відносно накопичення азоту у підорному шарі ґрунту (21 – 40 см), то це пов'язане із покращенням агрофізичних властивостей ґрунту за внесення органічних добрив, що призводить до зниження міграції елементів живлення вниз по профілю. Ми агрофізичні властивості не вивчали. Підтвердженням цього є цілий ряд досліджень, які свідчать, що за використання органічних та органо-мінеральних систем удобрення спостерігається зростання частки агрономічно цінних агрегатів, гранулометричного показника структурності та агрегатності ґрунту [1; 5; 6].

### Бібліографічний список

1. Августинівич М.Б. Агроекологічна оцінка застосування біопрепарату Азотер та гумінового добрива під тритикале яре в Західному Лісостепу України // М.Б. Августинівич // Монографія. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2022. – 164с.
2. Августинівич М.Б. Екологічно безпечні препарати – альтернативне рішення технологій вирощування зернових культур / М.Б. Августинівич // Новітні технології та практичні прогресивні агроприйоми охорони ґрунтів і відтворення їхньої родючості : практич. семінар., 13 квітня 2018., Луцьк-Колки, 2018. – С. 25-29.
3. Білітюк А.П. Вирощування інтенсивних агроценозів тритикале в західних областях України / Білітюк А.П. - К.: Колобіг, 2006. - 208 с.
4. Ґрунти Волинської області [Текст] : Монографія / [М.Й. Шевчук, М.І. Зінчук, П.Й. Зінчук та ін] ; за ред. М.Й. Шевчука, М.І. Зінчука, П.Й. Зінчука. – 2-ге вид., переробл. І доповн. – Луцьк : Вежа-Друк, 2016. – 144с.
5. Гур'єв Б.П. Перспективи тритикале / Гур'єв Б.П. , Горбань Г.С., Рябчун В.К. - Агропром України. - 1990. - № 1. – С. 55 – 58.
6. Зінчук П.Й., Зінчук М.І., Шевчук М.Й. Землевласникам – про ґрунт, добрива і землеробство: Методичний посібник . – Луцьк, 2007., - 154 с.
7. Каленська С., Блажевич Л. Продуктивність ярого тритикале в правобережному Лісостепу України. // Вісн. Львівського Держ. Аграрн. Ун. – 2004. - №8. – С. 136-140.



## ЗДОРОВ'Я ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ: УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД БІОЛОГІЗАЦІЇ АГРОЕКОСИСТЕМИ

*Д. В. Баранський, здобувач РВО «Доктор філософії»  
Львівського національного університету природокористування*

Здоров'я ґрунту традиційно оцінювалося з точки зору виробництва, однак останнім часом воно привернуло ширшу увагу глобальної аудиторії. Зростаючі вимоги та потреба у веденні сталого сільського господарства привертають заслужену увагу до ґрунту та зусиль, спрямованих на покращення й підтримку здоров'я ґрунту. Численні дослідження та польові експерименти свідчать про здоров'я ґрунту з погляду фізико-хімічних і біологічних показників, їх складну взаємодію та рівновагу, а також визначають різні методи управління,

які можуть його покращити. Здоров'я ґрунту – це стійка здатність ґрунту функціонувати як життєво важлива система, визнаючи, що вміст у ньому біологічних елементів є ключовим для функціонування агроєкосистем. Здорові ґрунти є важливим елементом у боротьбі зі зміною клімату та зміцненні продовольчої безпеки.

Продовольча та сільськогосподарська організація FAO описує здоров'я ґрунту як «здатність ґрунту функціонувати, як жива система у межах екосистеми та землекористування, підтримувати життєздатність рослин і тварин, покращувати якість води та повітря. Здорові ґрунти підтримують широке співтовариство ґрунтових організмів, які допомагають контролювати хвороби рослин, шкідників, бур'яни, утворюють корисні симбіотичні асоціації з корінням рослин; акумулюють основні поживні речовини для рослин; покращують структуру ґрунту з позитивними наслідками для його здатності утримувати воду та поживні речовини та, зрештою, покращити виробництво сільськогосподарських культур» [10].

Загрози ґрунтовим ресурсам планети є безпосередніми загрозами безпеці людської популяції. Серед багатьох факторів, що загрожують ґрунтам, нестійке сільськогосподарське виробництво є, мабуть, найбільшим. Важливо, що здоров'я ґрунту є багатогранним, взаємозалежним і охоплює більше, аніж просто сільськогосподарську продуктивність. Біорізноманіття планети становлять не лише рослини і тварини, а й величезна кількість видів мікробіоти, присутньої в ґрунтах. З точки зору сільського господарства ми довгий час зосереджувалися виключно на фізичних і хімічних властивостях ґрунту, які стосуються виробництва рослинної продукції, нехтуючи біотичними компонентами, властивими ґрунту, які сприяють його загальному здоров'ю. Один грам ґрунту, що прилягає до коренів рослин і відомий як ризосферний ґрунт, може містити від 10 до 100 млн мікроорганізмів.

Ріст рослин за взаємовідношень з мікробіомом може відбуватися через пряму або опосередковану дію. Пряма дія стосується покращення ґрунту, виробництва речовин для росту рослин, підвищення його родючості шляхом мобілізації мінеральних компонентів, фіксації азоту, солюбілізації фосфатів і мінералів, вироблення фітогормонів й активності деамінази. Опосередкована дія відноситься до заходів біоконтролю, які інактивують або вбивають патогени рослин, забезпечуючи таким чином здорове середовище для росту рослини [1, 9].

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) належить до трійки найпоширеніших олійних культур у світі. Згідно зі звітом Міністерства сільського господарства США, Україна станом на 2022 рік є другим у світі виробником соняшнику з часткою 20,7% (10,4 млн. т) від загального світового виробництва соняшнику [11].

Посівні площі під соняшником безперервно зростали, досягнувши найбільшої позначки 6,6 млн. га у 2021 році, коли валовий збір становив 16,4 млн. т (через війну московії проти України у 2022 році посівні площі становили 4,8 млн. га). Аналізуючи ці дані, бачимо, що у 2021 році площі, відведені під соняшник, займали близько 40% в сівозміні України. За недотримання відповідних умов та агроєкологічних технологій таке вирощування може призводити до погіршення як окремих агрохімічних, біотичних чи фізичних показників ґрунту, так і до зниження здоров'я ґрунту в цілому. Щоб запобігти цим негативним проявам, необхідно приділяти увагу біологізації елементів технології вирощування соняшнику. Як біостимулятори можна розглядати мікробні інокулянти – це біотичні продукти, що містять живі мікроорганізми, які при інокуляції насіння, внесенні в ґрунт або по вегетуючих рослинах, сприяють кращому їх росту та розвитку. Їх можна використовувати як доповнення

до мінеральних добрив. Мікробні інокулянти в основному включають вільноживучі бактерії, гриби та арбускулярні мікоризні гриби.

У дослідженнях Ткаліч Ю.І. та Ніценко М.П., які проводились у Дніпропетровській області у 2011–2012 рр. встановлено, що обробка насіння соняшнику біопрепаратами Діазофіт, КЛ-9, Фосфоентерин і комплексом Діазофіт + Фосфоентерин активує ґрунтову мікрофлору, сприяє мобілізації та оптимізації живлення рослин соняшнику азотом і фосфором, поліпшенню у них ростових процесів, формуванню високої зернової продуктивності. Серед мікробіологічних препаратів кращим був КЛ-9 і біокомплекс (2,97–3,0 т/га зерна). Безумовно, зростання врожайності є наслідком поліпшення умов живлення соняшнику, про що свідчать запаси поживних речовин в ґрунті та рослині [6].

Польові дослідження, проведені протягом 2015–2016 рр. у Миколаївській області Домарацьким Є.О. засвідчують, що поживний режим ґрунту при вирощуванні соняшнику можна оптимізувати лише за умов поєднання внесення мінеральних добрив з проведенням дворазового позакореневого підживлення багатофункціональним комбінованим препаратом Хелафіт Комбі. У середньому за два роки проведення польових досліджень, при дворазовій обробці рослин соняшника ріст регуляторним препаратом, прибавка врожайності становила на неудобреному фоні 0,22 т/га (13,6%); на фоні  $N_{30}P_{45}$  – 0,27 т/га (14%) і на фоні  $N_{60}P_{90}$  – 0,23 т/га (11,1%) [3].

Допосівне нанесення на насіння соняшнику мікоризоутворювальних грибів і азотфіксувальних бактерій сприяє підвищенню його продуктивності. Так, урожайність насіння цієї культури у варіантах з грибами (препарати Мікофренд і Міковітал) та бактерій (препарат Флоробацилін) вища від показників контролю на 0,25–0,58 т/га або на 10,2–27,2 %. Крім досліджень щодо впливу грибів і бактерій на ріст та розвиток рослин соняшнику нами визначалось вологоутримна здатність ґрунту та його агрегатний стан у посівах цієї культури. Встановлено, що у варіантах з мікоризоутворювальними грибами вологоутримна здатність ґрунту була на 13,4–33,3% вищою, а частка грудочок розміром менше 0,25 мм на 3,6–9,7% меншою ніж у контролі. Ці показники свідчать про те, що під впливом мікоризоутворювальних грибів змінюється агрегатний стан ґрунту і його вологоутримна здатність, зазначено у матеріалах дослідження Димитрова С.Г, які проводились у Полтавській області протягом 2017 – 2019 рр. [2].

Результати дослідження Цехмейструка М.Г., проведені у 2016 – 2018 рр. на Харківщині, демонструють, що при застосуванні препарату Граундфікс в дозі 5 л/га надбавка врожайності в порівнянні з контролем складала на фоні без добрив 0,33 т/га, а при  $N_{30}P_{30}K_{30}$  – 0,36 т/га, при спільному використанні Граундфікс 5 л/га + Хелп рост – по 0,30 та 0,32 т/га відповідно. При збільшенні дози біодобрива до 8 л/га надбавка врожайності становила 0,32 та 0,30 т/га, а при спільному застосуванні з Хелп рост – 0,42 та 0,58 т/га [7].

Дослідження Сендецького В.М., проведені у період 2013–2016 рр. на території Івано-Франківської області, доводять, що передпосівне оброблення насіння соняшнику регуляторами росту Вермимаг і Вермийодіс забезпечує збільшення врожайності культури у середньому на 9,2–11,8 % порівняно до контролю. Найвищу врожайність 3,42 т/га отримано у варіанті з висіванням насіння соняшнику, обробленого перед сівбою регулятором росту Вермийодіс у дозі 5 л/т [5].

У стаціонарному польовому досліді, проведеному Найдьоновою О.Є., Шедей Л.О., Сябрук О.П., Акімовою Р.В., Гвоздик В.Б. у Харківській області, визначено ефективність застосування мікробного препарату Поліміксобактерину за вирощування соняшника в умовах органічного землеробства. Встановлено позитивний вплив препарату на чисельність

мікроорганізмів основних еколого-функціональних груп у ґрунті прикореневої зони рослин, ферментативну активність, трофічний режим, урожайність соняшнику. У середньому кількість досліджуваних мікроорганізмів збільшилася на 22 %. Істотно підвищилася також ферментативна активність ґрунту – інвертазна на 12-84 %, дегідрогеназна на 11 %, поліфенолоксидазна – на 10-20 %. Урожай соняшника зріс від застосування Поліміксобактерину на 29 %. Суттєво зросла чисельність агрономічно цінних фосфатмобілізуючих бактерій [4].

Дослідження Циганського В.І., проведені у період 2018-2019 рр. на Вінничині, показують, що використання у передпосівну культивуацію біодобрива Граундфікс у нормі 8 л/га, та для передпосівної обробки насіння мікоризо-утворюючого препарату Мікофренд 4 л/т забезпечило найкращі умови для ростових процесів та формування максимальних у досліді біометричних параметрів рослин та урожайності в цілому. На даному варіанті, у середньому за два роки вирощування, висота рослин становила 189,3 см, площа листкової поверхні у фазу цвітіння 30,9 тис. м<sup>2</sup> /га, діаметр кошика 23,1 см., маса 1000 насінин 49,6 г. та урожайність 2,84 т/га., що на 38,5 % більше порівняно із контролем [8].

Коли сільськогосподарське співтовариство визнає той факт, що ґрунт є біотичною системою, і керуватиме нею відповідним чином, воно зможе відновити та зміцнити здоров'я ґрунтів, одночасно зменшуючи витрати та зберігаючи або підвищуючи врожайність. Крім того, виробники мають потенціал значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище деяких сучасних методів ведення сільського господарства, керуючи ґрунтом як живою екосистемою та посилюючи властиву йому здатність до кругообігу поживних речовин. Приклади, наведені в цьому огляді, чітко показують, що багато наукових досліджень продемонстрували потенціал різних категорій біопрепаратів для покращення якісних показників ґрунту та виробництва соняшнику. Очевидною сферою майбутніх досліджень є поєднання деяких із цих категорій, представлених в огляді, що дозволить досягти максимальної продуктивності соняшнику, паралельно не завдаючи шкоди здоров'ю ґрунту.

### **Бібліографічний список**

1. Гнатів П. С., Снітинський В. В. Екосистеми і системний аналіз. Агроекосистеми: наукова монографія. Львів: Колір ПРО. 2017. 416 с. (С. 262-275)
2. Димитров С. Г. Ефект симбіозу грибів і бактерій з кореневою системою рослин соняшнику однорічного *Helianthus annuus L.* *Аграрні інновації: селекція, насінництво.* 2022. № 15. С. 104-110. DOI: <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2022.15.16>
3. Домарацький Є. О. Вплив рістрегулюючих препаратів та мінеральних добрив на поживний режим соняшника. *Наукові доповіді НУБІП України: Агрономія.* 2018. № 1 (71). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.01.018>
4. Найдьонова О. Є., Шедей Л. О., Сябрук О. П., Акімова Р. В., Гвоздик В. Б. Застосування мікробного препарату Поліміксобактерину за вирощування соняшника в органічному землеробстві. *Агрохімія і ґрунтознавство.* Міжвід. тем. наук. збірник. 2015. Вип. 83. Харків: ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського». С. 31-35. URL: [http://agrochemsoilsci.org/ACSS\\_no83\\_full\\_text.pdf](http://agrochemsoilsci.org/ACSS_no83_full_text.pdf)
5. Сендецький В. М. Передпосівне оброблення насіння соняшнику регуляторами росту і його вплив на формування врожайності в умовах Лісостепу Західного. *Подільський*

- вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 26(1). С. 175-179. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZnpPdatu\\_2017\\_26\(1\)\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZnpPdatu_2017_26(1)_22)
6. Ткаліч Ю. І., Ніценко М. П. Вплив біопрепаратів на врожайність гібридів соняшнику в Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. С. 86-89. URL: <https://journal-grain-crops.com/uk/arhiv/issue/byuleten-institutu-silskogo-gospodarstva-stepovoyi-zoni-naas-ukraine-2013-5>
  7. Цехмейструк М. Г. Застосування бактеріальних препаратів при вирощуванні соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2022. № 121. С. 105-112. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.261002>
  8. Циганський В. І. Оптимізація системи удобрення соняшнику на основі використання сучасних мікробіологічних добрив. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 19. С. 65-75. DOI: [10.37128/2707-5826-2020-4-6](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-4-6)
  9. Backer R., Rokem J. S., Pangumaran G., Lamont J., Praslickova D., Ricci E., Subramanian S., Smith D. L. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Front. Plant Sci*. 2018. № 9:1473. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
  10. Okoba B., Mariki W. An international technical workshop investing in sustainable crop intensification: The case for improving soil health (Vol. 6). 22–24 July. 2008. Rome, Italy: FAO. URL: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/6830ae77-eb4e-5316-b0e9-fb8068aa7bf6/>
  11. USDA (United States Department of Agriculture). 2022. Production, supply, and distribution (PSD) reports – Oilseeds. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads?tabName=default>



## **СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА В СТЕПОВІЙ ЗОНІ ОДЕЩИНИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ**

*А. О. Буяновський, канд. геогр. наук, Є. Н. Красєха, докт. біол. наук, М. Й. Тортик, канд. геогр. наук, М. Й. Тригуб, канд. геогр. наук, О. І. Цуркан, канд. геогр. наук  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова*

В останні десятиріччя спостерігаються суттєві зміни клімату, які особливо впливають на ефективність господарювання в аграрному секторі економіки. Вкрай гостро постає питання оптимізації чи взагалі перегляду систем землеробства в південних регіонах України в роки з проявами аномально-екстремальних кліматичних явищ, таких як посухи, суховії, нищівні зливові дощі з градом та ін.). Не виключенням є і Одеська область - «житниця» держави, в якій понад 2/3 території знаходиться в зоні ризикованого землеробства. Надзвичайно проблемними для Одещини були останні декілька років, особливо посушливі 2019, 2020, 2022 роки у зв'язку з катастрофічними засухами. Проблеми землеробства та адаптації до кліматичних трансформацій посилилися спочатку негативним впливом пандемії коронавірусу, а з 2022 року – корінним чином змінилися у зв'язку з широкомасштабним військовим вторгненням РФ в Україну. Безумовно, це обумовлює необхідність системно та

комплексно підходити до вирішення питання адаптації до кліматичних змін сільськогосподарського виробництва, загалом АПК та пов'язаних з ним суміжних галузей економіки регіону. В цьому і полягає актуальність заявленої теми досліджень.

Сьогодні степ в первинному його вигляді в Одеській області зберігся локально. Зазначимо, що чорноземним степам, зокрема і в межах Одещини, в недалекому минулому була властива суттєва роль регулятора процесів і стану ландшафту загалом. На жаль, більша частина степу перетворена в ріллю, розораність степів сягає 90% і навіть більше. Тому типові цілинні ділянки степової рослинності з чорноземними ґрунтами зустрічаються поодинокі, зазвичай по схилах балок, біля ярів та в межах нечисленних ділянках заповідного фонду.

За нинішніх тенденцій змін клімату подальші перспективи існування степових екосистем поставлені під загрозу. За прогнозами деяких вчених, якщо не вжити заходів, то вже через 50-70 років більша частина степової зони України може перетворитися у напівпустелю, а деякі її частини навіть у пустелю [1]. Підвищення середньорічних та середньомісячних температур, зростання посушливості погоди, дефіцит продуктивної вологи в ґрунтах та погіршення вологозабезпеченості рослин впродовж вегетаційного періоду, зменшення фактичних площ зрошуваних земель, зниження технологічної культури землеробства спричиняють суттєве погіршення стану чорноземів як на ділянках масивів зрошення, так і в богарних (незрошуваних) умовах. Нині фактично поливається площа 45-50 тис. га щорічно з меліоративного фонду регіону в 228 тис. га. В останні 10-15 років поступово збільшується площа висоефективної та більш ресурсощадливої технології крапельного зрошення, переважно під інтенсивні культури. В 2021 році площі поливу крапельним способом сягали до 8 тис. га.

Погіршення водного режиму в степовій зоні в останні роки пов'язане з низкою причин. Насамперед, посилюється тенденція до нерівномірного випадіння опадів протягом року і їх перерозподіл в вегетаційний період, суттєво збільшується кількість непродуктивної вологи. Особливий дефіцит вологи відчувається у весняно-літній період, тобто в період активної вегетації та цвітіння. Велика проблема чорноземно-степової зони - загибель малих річок. За даними Степаненко С. М. [1]. при оптимістичному сценарії кліматичних змін у Бессарабії України (Дунай-Дністерське межиріччя півдня України) малі річки зникнуть до 2050 року, а при загрозовому – до 2032 року. Однією з головних причин цього є масове спорудження штучних гребель і водосховищ на них, розорювання земель водного фонду (заплати річки, суміжних ділянок). Це призводить до нестачі води в річках, уповільнення їхньої течії та цвітіння води, у зв'язку з чим річка поступово зникає. Але головна причина загрози спустелювання все ж таки пов'язана з тотальною розораністю територій, що веде до поступової деградації ґрунтового покриву та самого ґрунту.

На початку ХХ століття відсоток гумусу в чорноземах сягав 9,0-9,5% і більше, накопичення такої кількості відбувалося протягом тисячі років. На початку ХХІ століття ділянки з вмістом гумусу в 4% вважаються просто найкращими. Тобто, за останнє сторіччя в результаті нераціонального землекористування втрачено більш ніж половину того, що накопичилось за 10 тис. років. Таким чином, відсутність постійного рослинного покриву на поверхні є одним і найголовніших чинників, який призводить до спустелювання. Широко поширений вираз «ґрунт – дзеркало ландшафту» щодо степів нині явно застарів. Вигляд степу докорінно змінився, іншими стали і ґрунти. Втрата гумусу в чорноземах супроводжується низкою інших деградаційної направленості процесів.

На основі аналізу фондових матеріалів та власних матеріалів багаторічного ґрунтово-екологічного моніторингу встановлено інтенсивність прояву деградаційних процесів в чорноземах степової зони Одещини, зокрема в умовах сільськогосподарського використання з врахуванням сучасних кліматичних трансформацій [2-4].

Встановлено, що водна ерозія ґрунтів є найбільш поширеним деградаційним процесом для чорноземних ґрунтів. На півночі степової зони знаходиться так званий «пояс максимальної ерозії», в межах якого еродовані землі займають близько 50% площі сільськогосподарських земель. При цьому площа еродованих земель постійно збільшується. Причинами такого стану є високий ступінь розораності території, неврахування закономірностей функціонування агроландшафту і принципів його оптимізації, відсутність чи неефективність державних і регіональних програм охорони ґрунтів, слабка правова база щодо відповідальності за нераціональне землекористування тощо. Найбільш поширені в чорноземно-степовій зоні Одещини чорноземи звичайні на площі в 1114,2 тис. га і характеризуються еродованістю на рівні 50%, з яких 77%- слабо, 20- середньо і 3% - сильно еродовані. В меншій мірі еродовані чорноземи південні, які займають в області близько 500 тис. га. Їх еродованість становить 28%, з яких на слабо - 83%, середньо - 15%, решта - сильного ступеня еродованості. Особливе місце серед чорноземних ґрунтів становлять чорноземи, що утворились на нелесових породах – на щільних глинах, на пісках, на елювії карбонатних порід. Вони вирізняються високою еродованістю (на рівні 80%), серед яких більше половини приходиться на середньо- і сильноеродовані відміни.

Для більшості чорноземних ґрунтів в останні десятиріччя, особливо очевидним стало це в останні декілька років, до водної ерозії додалась у якості суттєвого чинника їх деградації ще також вітрова ерозія – дефляція. Потепління та аридизації клімату призводять до інтенсифікації прояву негативних явищ, таких як суховії, пилові бурі, та збільшують масштаби та межі свого виявлення. Наразі зафіксовано зростання дефляційних деградаційних процесів в ґрунтах півдня області, особливо в Бессарабії. Це вимагає цілеспрямованої системної ландшафтно-адаптованої протиерозійної організації території.

Надзвичайно висока розораність земель, екстенсифікація, а в подальшому і суттєва інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, нераціональне землекористування в сукупному своєму результаті призвели до збільшення масштабів та інтенсивності процесів деградації в усіх без винятку ґрунтах. Крім еродованості, особливо несприятливими є інтенсифікація процесів дегуміфікації та погіршення агрофізичних властивостей чорноземів, зокрема знеструктурування і ущільнення, зниження водопроникності і водовіддачі верхніх гумусових горизонтів.

Результати багаторічного моніторингу за станом чорноземів степової зони Одещини, починаючи з 1994 року [2-3 та ін.], свідчать про тенденцію до розвитку низки деградаційних процесів в них, що зменшує їх ресурсний потенціал. Дегуміфікація чорноземів регіону зафіксована як в умовах богари, так і в межах масивів зрошення (далі – МЗ), що пояснюється домінуванням у структурі посівів зернових та соняшника без внесення необхідних норм органічних і мінеральних добрив. Протягом останніх декількох років, завдяки використанню новітніх способів обробітку та рослинних рештків (мульчування поверхонь полів поживними рештками попередніх культур), відзначено тенденцію до збільшення вмісту гумусу як в попередньо зрошуваних, так і богарних чорноземах МЗ Одещини (до 0,37-0,50%). Для подальшого покращення гумусового стану чорноземів МЗ доцільно ввести в структуру сівозмін посіви багаторічних трав і травосуміші та категорично заборонити спалювання стерні і поживних залишків на полях. В богарних же умовах структура посівних



площ має насичуватися горохом та іншими бобовими як попередник озимій пшениці, в посушливі роки необхідно висівати сорго та інші посухостійкі культури, зокрема і нішеві. Окрім дегуміфікації в досліджуваних чорноземах зафіксовано розвиток фізичної, фізико-хімічної та біологічної деградацій, які, зазвичай, спостерігається не кожна окремо, а комплексно, в поєднанні.

За результатами моніторингових ґрунтово-географічних досліджень нами обґрунтовано систему заходів з екологічно безпечного агровиробництва та оптимізації природо- і землекористування в чорноземно-степовій зоні. Запровадження екологічно безпечної системи землеробства та збереження біорізноманіття степових екосистем базується на головних пріоритетах з оптимізації чорноземно-степових агроландшафтів України та екологізації тутешнього землекористування [2, 5 та ін.]. Розроблений комплекс заходів щодо попередження процесів деградації та екологічно безпечного землеробського використання чорноземів зони степу регіону в умовах суттєвого зменшення площі і зниження інтенсивності зрошення та сучасного потепління клімату.

В результаті проведеного дослідно-виробничого випробування елементів інтенсивних агротехнологій в реалізації адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур на чорноземах півдня України в умовах нинішніх змін клімату доведена [6] ефективність застосування багатокомпонентних комплексних добрив в технології вирощування зернових колосових та бобових культур в умовах чорноземного степу Одещини за нинішніх змін клімату. Встановлено, що позакореневе живлення рослин комплексом макро- та мікроелементів, сприяло реалізації адаптивного потенціалу пшениці, ячменю та нуту до посушливих умов, що позначилось на збільшенні їх продуктивності та деяких показників якості урожаю.

Дослідження основних проблем сучасного земле- і природокористування чорноземного степу Одещини дає нам підстави визначити головні сім пріоритетів щодо провадження екологічно безпечної системи землеробства та збереження біорізноманіття степових екосистем, які мають бути основою при розробці заходів з оптимізації чорноземно-степових агроландшафтів регіону та екологізації тутешнього землекористування.

*Пріоритет перший – екологізація аграрного виробництва, яке повинно бути сконцентрованим, і оптимізація землекористування, яке повинно бути диференційованим.* Головне завдання при цьому полягає в збереженні біологічного різноманіття при диференційованому землекористуванні в чорноземно-степовій зоні. Нині в умовах степової зони майже не залишилось ділянок цілинних трав'яних екосистем, щоб запропонувати якийсь план диференційованого використання земель, наприклад, для розвитку пасовищного скотарства. Нам залишається тільки провести детальну інвентаризацію всіх ділянок, які ще не розорані: схили балок і долини малих річок, заплавні землі тощо, визначити стан їх деградації та можливі шляхи збереження і поліпшення, а в окремих випадках – заповідання. Під особливу охорону необхідно взяти всі лісові масиви й лісосмуги, які зараз знаходяться в занедбаному стані. Інший напрямок в збільшенні можливостей відновлення степових ділянок – це виведення з ріллі малопродуктивних та деградованих земель.

*Пріоритет другий – створення економічних і соціальних стимулів для екологізації аграрного виробництва.* Можливо це найбільш проблемна ситуація в екологізації сільськогосподарського виробництва в зв'язку з відсутністю наразі державної підтримки. Немає державної підтримки біологічного землеробства, контурного землевпорядкування, безплатного обробітку ґрунту, не дотримується законодавство відносно водозахисних смуг

навколо річок і водойм, а навпаки ці території активно забудовуються, навіть на заповідних землях.

*Пріоритет третій – широкомасштабна екологічна реставрація уцілілих степових ділянок.* Надзвичайно актуальними для практики збереження біорізноманіття степів є заходи з відновлення оселищ степових рослин і тварин. Агроландашафт став притулком для багатьох як звичайних, так і мало розповсюджених степових видів, в тому числі занесених до Червоної книги України. Головною причиною зменшення біорізноманіття в степовій зоні і їхньої деградації є втрата місцеперебувань рослин і тварин. Їхнє відновлення в степах України надзвичайно ускладнено в зв'язку з фрагментацією уцілілих степових ділянок. В рамках екомережі степової зони необхідні роботи з об'єднання їх в єдину систему, використовуючи розгалужену яружно-балкову систему, лісосмуги та окремі лісні масиви як ядра. Зменшення пасовищного навантаження на уцілілі ділянки – один з ефективних і малозатратних заходів з відродження степів.

*Четвертий пріоритет – підтримка традиційних форм степового сільськогосподарського виробництва.* Традиційне для степу скотарство в тому вигляді, яке воно ще існувало в ХІХ – на початку ХХ ст. існувати вже не може в зв'язку з суцільною розораністю. Але ще на початку ХХ ст. в Буджакських степах вівчарство було пріоритетним в розвитку скотарства. З екологічної ж точки зору є побоювання, що збільшення поголів'я може призвести до остаточного знищення тих залишків цілинних степових ділянок, які ще збереглись в степах України. Тому пріоритетним в розвитку тваринництва повинно бути стійлове утримання тварин з обмеженим випасом на полях після збирання врожаю. Звичайно ідеальним було б облаштування культурних пасовищ з частковим зрошенням з підсівом багаторічних і однорічних трав великими тваринницькими приватними комплексами.

*П'ятий пріоритет – утворення регіональних екологічних мереж як практики охорони природи в староосвоєних степових районах.* В умовах чорноземно-степової зони найбільш перспективними є природні трав'яні угіддя, які ще зберегли певною мірою біологічне різноманіття і при певних відновлюваних заходах і реконструкції можуть стати частиною екомережі. Це в першу чергу пасовища яружно-балкової системи. Але є декілька проблем на цьому шляху. Місцеві громади не бачать в створенні екомереж якоїсь вигоди, в першу чергу економічної, для себе. Про значення екомереж в довгострокових змінах екологічної ситуації, збільшенні біологічного різноманіття, охороні ґрунтів та підвищенні їх родючості ще потрібно пояснювати й проводити з місцевим населенням просвітницьку роботу. Але головним повинна бути державна та регіональна підтримка, як фінансова, так і правова. По-друге, при створенні екомережі є дефіцит степових ділянок на вододілах. Коридорами між різними яружно-балковими системами можуть стати реконструйовані лісосмуги значної ширини (50-100 м). Тут не обійтись без часткового виведення із ріллі прилеглих ділянок для створення буферних зон.

*Шостий пріоритет – проведення масштабної еколого-економічної оцінки всіх степових ділянок, які ще не розорані та знаходяться на різній стадії пасовищної деградації.* Тут насамперед необхідно скласти повний реєстр всіх степових ділянок, водно-болотних угідь та інших земель, які необґрунтовано на ґрунтових картах і в базах даних землевпорядних організацій часто називають «невдобами».

*Сьомий пріоритет – реальне включення степових регіонів в міжнародну і національну системи донорської підтримки на основі врахування «екосистемних послуг».* Природні екосистеми степової зони при відповідній культурі господарювання можуть виконувати цілий ряд біосферних функцій: поглинання вуглецю і підтримка його глобального балансу (в

середньому 1,5 т/га в рік) чорноземами та лісовою рослинністю; регулювання стоку і якості води, її акумуляції та забезпечення населення питною водою при дефіциті її в степах України; згладжування сезонних природно-катастрофічних явищ, таких як регулярні посухи; регулювання клімату і зниження його негативного впливу на населення і господарство – відновлення рослинного покриву в рамках створення екомереж може привести до позитивних зрушень не тільки місцевого, але і регіонального клімату; попередження ерозійних процесів, закріплення схилів і берегів річок, зниження ризику стихійних явищ; відновлення водності малих річок степової зони з їхніми природними ландшафтами; збереження біорізноманіття і генетичних ресурсів екосистем, представлених всім різноманіттям природних і антропогенних динамічних станів; забезпечення місцевого населення біологічними ресурсами, лікарськими рослинами, частково паливом при санітарних і відновлюваних рубках лісових насаджень.

### ***Бібліографічний список***

1. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія. За ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. 518 с.
2. Чорноземи масивів зрошення Одещини: монографія. За науковою редакцією д. біол. наук, проф. Є. Н. Красєхи та к. геогр. наук, доц. Я. М. Біланчина. Одеса: Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2016. 194 с.
3. Bilanchyn Yaroslav, Tsurkan Oksana, Tortyk Mykola, Medinets Volodymyr, Buyanovskiy Andriy, Soltys Inna, Medinets Sergiy (2021). Post-irrigation state of Black Soils in South-Western Ukraine // In DL Dent and BP Boincean (editors) Regenerative Agriculture: What is missing? What do we still need to know? Springer Nature, Cham, (Bălți). 2021. P.303-309 (англ.) ISBN 978-3-030-72223-4 ISBN 978-3-030-72224-1 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-72224-1>. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-72224-1\\_27](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-72224-1_27)
4. Буяновський А. О., Тортик М. Й. Структурно-агрегатний склад чорноземів звичайних Тарутинського степу за різних умов їх використання. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2021. Вип. 122. С. 3-10.
5. Степи України: проблеми охорони та збереження ландшафтного і біологічного різноманіття. Том 3. Автор-укладач Красєха Є. Н. Одеса: Астропринт, 2020. 740 с.
6. Заявка на винахід: Цуркан О. І., Бурикїна С. І., Буяновський А. О., Марцинко О.Е. Багатокомпонентне мінеральне добриво «Полімікростим», а202103245, від 10.06.21. Державна служба інтелектуальної власності України.



## ДИНАМІКА ВМІСТУ ЛУЖНОГІДРОЛІЗОВАНОГО АЗОТУ В ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

*Вега Н. І., к.с.-г.н.*

*Львівський національний університет природокористування*

Добрива є основним чинником впливу на рівень урожайності сільськогосподарських культур та агрохімічні, фізико-хімічні й інші властивості ґрунту. Оцінку забезпеченості рослин елементами живлення надають відомості про їх кількість у ґрунті [3].

Одним з основних макроелементів, який найбільш необхідний для росту та розвитку рослин є азот. Азот є складовою частиною білкових речовин та органічних сполук в рослинному організмі. За достатнього азотного живлення підвищується коефіцієнт куціння рослин, закладається більша кількість продуктивних стебел. Науковими дослідженнями [1; 4] встановлено важливість високої забезпеченості рослин ячменю ярого азотом в період вегетації.

Надходження азоту в рослинний організм визначається наявністю доступних його форм у ґрунті. Відповідно з науковими даними [5], рослини засвоюють 50 % азоту, що надходить у ґрунт з добривами, 25 % піддається іммобілізації, на втрати внаслідок денітрифікації припадає 20 %, вилуговування – 5%.

Питання ефективності мінеральних добрив та засвоєння рослинами азоту з ґрунту потребує поглибленого вивчення, оскільки залежить від різних чинників, зокрема, погоднокліматичних, ґрунтових умов, тощо [2]. Регулювання азотного режиму за вирощування ячменю ярого дає можливість створити сприятливі умови для живлення культури азотом шляхом забезпечення бездефіцитного його балансу та є актуальним питанням агрохімічних досліджень в умовах Західного Лісостепу.

Мета досліджень полягала у встановленні закономірностей впливу мінерального удобрення на зміну вмісту лужногідролізованого азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу у період вегетації ячменю ярого.

Дослідження проводили на дослідному полі кафедри агрохімії та ґрунтознавства Львівського НУП. Ґрунт дослідної ділянки до закладання досліду характеризувався низьким вмістом лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) на рівні 112 мг/кг ґрунту, середньою забезпеченістю рухомими сполуками фосфору та обмінними сполуками калію (за Чириковим) – 94 та 78 мг/кг ґрунту відповідно. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної ( $pH_{KCl} = 5,6$ ), вміст гумусу – низький (2,38 %).

Схема досліду двофакторна. Фактор А включав варіанти мінерального удобрення: 1. Без добрив (контроль), 2.  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , 3.  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , 4.  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Відповідно до фактора В на фоні мінерального удобрення проводили позакореневе підживлення посівів ячменю ярого добривом Мегафол, 1,25 л/га. У хімічному складі добрива Мегафол вміст азоту складає 3 %, калію – 8 %, органічного вуглецю – 9 %, амінокислот – 28 %.

Мінеральні добрива застосовували під культивування у формі нітроамофоски (N:P:K – 16:16:16). Зразки ґрунту відбирали з шару 0-20 см у фазах за ВВСН 22-24, 31-32, 59 та 92. Дослід закладали у триразовій повторності. Площа облікової ділянки становила 35 м<sup>2</sup>. Технологія вирощування була загальноприйнятою для Західного Лісостепу.

Встановлено позитивний вплив підвищення норми мінеральних добрив на динаміку вмісту у ґрунті лужногідролізованого азоту за фазами вегетації ячменю ярого (табл.).

У фазу ВВСН 22-24 рослини ячменю ярого інтенсивно ростуть, розвиваються пагони кушіння. Найнижчий вміст лужногідролізованого азоту в шарі ґрунту 0-20 см у цей період відзначено на варіанті без внесення добрив, він становив 106 мг/кг ґрунту. В результаті внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{30}K_{30}$  його вміст був на рівні 117 мг/кг ґрунту, за позакореневого внесення добрива Мегафол на зазначеному мінеральному фоні – 119 мг/кг ґрунту. Підвищення норми мінеральних добрив до  $N_{45}P_{45}K_{45}$  забезпечило зростання вмісту показників на 27 та 30 мг/кг ґрунту порівняно з контролем. На варіантах мінерального живлення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + Мегафол вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті становив 145 та 147 мг/кг ґрунту і характеризувався найвищими значеннями.

Таблиця – Динаміка вмісту лужногідролізованого азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті під впливом удобрення ячменю ярого (середнє за 2019-2021 рр.)

Варіант досліджу	Фаза відбору зразків ґрунту			
	ВВСН 22-24	ВВСН 31-32	ВВСН 59	ВВСН 92
1 Без добрив (контроль)	106	96	91	79
2. Без добрив (контроль) + Мегафол, 1,25 л/га	107	96	92	79
3. $N_{30}P_{30}K_{30}$	117	105	96	86
4. $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Мегафол, 1,25 л/га	119	108	97	88
5. $N_{45}P_{45}K_{45}$	133	120	114	103
6. $N_{45}P_{45}K_{45}$ + Мегафол, 1,25 л/га	136	121	116	104
7. $N_{60}P_{60}K_{60}$	145	129	123	113
8. $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Мегафол, 1,25 л/га	147	131	124	115

Впродовж вегетації від фази ВВСН 22-24 до 31-32 маса рослин ячменю ярого збільшувалася, відповідно рослини потребували більшої кількості елементів живлення на формування продуктивності. За рахунок засвоєння лужногідролізованих форм азоту з ґрунту, їх концентрація у ґрунтовому розчині знижувалася. Вміст азоту у фазу ВВСН 31-32 змінювався від 96 мг/кг ґрунту на контролі до 129-131 мг/кг ґрунту на фонах внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , де був максимальним.

Впродовж вегетації ячменю ярого вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті істотно зменшувався, що пов'язано з використанням рослинами та частковим перерозподілом по профілю ґрунту, проте тенденція до зростання показників за варіантами досліджу зберігалася. В фазу ВВСН 59 вміст лужногідролізованого азоту змінювався від 91 до 124 мг/кг ґрунту, в фазу ВВСН 92 – від 79 до 115 мг/кг ґрунту.

Отже, істотний вплив на зміну вмісту лужногідролізованого азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті в період вегетації ячменю ярого забезпечує внесення мінеральних добрив. Позакореневе підживлення здійснює незначний вплив на зміну вказаного показника. Проте, фон мінерального живлення з внесенням мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечує отримання найвищого показника вмісту лужногідролізованого азоту в ґрунті.

### **Бібліографічний список**

1. Гамаюнова В. В., Дворецький В. Ф., Касаткіна Т. О., Глушко Т. В. Формування поживного режиму чорнозему південного під впливом мінеральних добрив за вирощування ярих зернових культур. *Наукові горизонти*. 2019. № 1 (74). С. 18–24.
2. Качанова Т. В. Вплив мінеральних добрив на поживний режим чорнозему південного за вирощування вівса. *Агробіологія*. 2013. № 11 (104). С. 39–42.
3. Скрильник Є. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А., Артем'єва К. С., Ніконенко В. М. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88. С. 74–78.
4. Шевчук О. В. Вплив післядії різних систем удобрення на динаміку вмісту азоту в ґрунті, рослинах і зерні ячменю ярого. *Вісник ХНАУ*. 2013. № 1. С. 135–139.
5. Renata G. Efektywne wykorzystanie składników mineralnych z nawozów we współczesnym rolnictwie. Poznań, 2013. S. 15–20.



### **ПИТАННЯ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ В ЗАПЛАВАХ ПРИКАРПАТСЬКИХ НИЗИН В НАУКОВИХ ПРАЦЯХ Г. О. АНДРУЩЕНКА**

*О. Б. Вовк, к.б.н., Державний природознавчий музей НАН України*

Професор Григорій Овксентійович Андрущенко – учений-ґрунтознавець, який, маючи великий експедиційний та експериментальний досвід і широкий науковий кругозір, залишив нащадкам цінний науковий доробок. Детальні ґрунтознавчі розвідки, рекомендації, класифікації і карти, методології та теорії створені дослідником, становлять якісний фундамент для ведення моніторингу динаміки ґрунтоутворення різних природних зон України. Опираючись на результати його досліджень, сучасна ґрунтознавча наука в змозі об'єктивно відслідковувати зміни в розвитку ґрунтів та ґрунтового покриву західних областей України, спричинені кліматичними та гідрологічними флуктуаціями.

Розуміючи важливість і вразливість гідрологічного режиму для функціонування ґрунтів, Г. О. Андрущенко детально проаналізував питання походження, розвитку та структуру ґрунтового покриву заплавно-терасних комплексів Закарпаття та Передкарпаття. В одній зі своїх праць «Ґрунти західних областей УРСР. Ґрунти буроземно-лісової області Українських Карпат» [2], автор зазначає, що ґрунти низьких і високих заплав Тиси, Боржави, Латориці, Ужа дуже відрізняються за своїм хімізмом від ґрунтів надзаплавних терас. Низькі заплави щороку заливаються річковими водами, а високі затоплюються періодично, лише в катастрофічні роки. Низькі заплави здебільшого шаруваті, складені піщано-гравелистим алювієм і суглинковим алювієм на яких формуються алювіальні дернові шаруваті і алювіальні лучні глейові шаруваті ґрунти. Також, на території низовини ним виділено дернові опідзолені оглесні, дерново-глейові, лучні опідзолені глейові, лучно-болотні опідзолені ґрунти.

Особливістю Передкарпатської низовини є широкі заплави річки Дністер і його приток та велика їх заболоченість. Заплави річок, особливо в прирусловій частині, мають шаруватий характер і в основі їх залягають галечники, через які гідравлічно підтоплюються тераси при повідях\* [2]. Г. О. Андрущенко вважав ґрунтовий покрив заправ Дністра та його приток більш складним і виділяв тут такі ґрунти: лучні, різною мірою оглеєні і різною мірою опідзолені, суглинкові шаруваті ґрунти; болотні і лучно-болотні ґрунти; торфувато-глейові та торфово-глейові ґрунти; торфувато-болотні і торфово-болотні, а також їх поховані різновиди і низинні торфовища.

Аналізуючи вплив на процеси ґрунтоутворення річкового намулу, Г. О. Андрущенко констатував: «ґрунти всіх типів заправ Прикарпатських низин є багаті на фосфор і кальцій. Багатство на фосфор є геохімічною особливістю ґрунтів річкових низьких заправ всієї буроземно-лісової області. Особливо багаті на фосфор ґрунти прируслових та притерасних заправ, які у своїх верхніх горизонтах містять взагалі великі кількості мінеральних частинок, принесених річковими водами» [1, 4].

В фундаментальних працях Г. О. Андрущенка [2, 3] та його колег В. І. Канівця і Є. М. Рудневої, точилась наукова дискусія навколо проблеми формування ґрунтів прикарпатських заправ та низин під впливом ерозійного матеріалу, принесеного з гір, а також щодо динаміки буроземного процесу. Г. О. Андрущенко, спираючись на дані про тектонічне прогинання Чопської западини та північно-західної частини Передкарпатського прогину і домінування тут лучної рослинності, зазначав, що ґрунти Закарпатської (а також і Передкарпатської) низовини розвиваються в напрямку дернового процесу ґрунтоутворення. Хоча диференціація профілю ґрунтів і відбувається, насамперед, внаслідок нашарувань ґрунтових частинок, принесених з гір, які можуть за своїм складом та кольором надавати буроземного вигляду ґрунтів низовини, але це, на думку вченого, не є свідченням розвитку буроземного процесу ґрунтоутворення у цих ґрунтах. Тому, Г. О. Андрущенко вважав недоцільним включати в назву ґрунтів Закарпатської низовини визначення “буроземні”. Але вже у “Полевом определителе почв” [7], в якому Г. О. Андрущенко, разом з В. І. Канівцем, підготували розділ про ґрунти Карпатської буроземно-лісової області, відслідковується думка про рівноцінний вплив трьох ґрунтоутворних процесів (буроземного, дернового та підзолистого) на формування ґрунтів низовини. Домінування того чи іншого процесу визначається цілим рядом факторів, найважливішими з яких є геоморфолого-гідрокліматичні умови території. Автори рекомендують ґрунти Закарпатської низовини зараховувати до дерново-буроземних, лучнуватобуроземних, алювіальних дерново-буроземних та лучно-буроземних типів. Для Передкарпаття додатково описані ще дернові опідзолені (буроземновидні) різною мірою оглеєні та буроземно-підзолисті ґрунти на добре дренажних породах передгір'я, які підстилаються давнім алювієм. Для визначення місця осушених ґрунтів в загальній класифікаційній системі ґрунтів України, на території урочища “Чорний мочар” (с. Чікош) дослідниками описано новий підтип лучнуватобуроземних ґрунтів – оторфовано-глейові осушені ґрунти.

На наукове бачення генезису ґрунтів буроземного ряду Г. О. Андрущенка не могла не впливати утилітарна тематика науково-прикладних досліджень ґрунтів в галузі сільськогосподарських наук, спрямована, здебільшого, на пошук шляхів збільшення виробничих площ. Так, поряд з поняттям генезису бурих ґрунтів завжди розглядається питання їхньої родючості. Автор був прихильником так званої «біотичної концепції» походження ґрунтів, коли в ґрунтоутворних процесах рослинності належить первинна роль, а гідрологічному режиму, відповідно, вторинна, підпорядкована, яку можна корегувати

технічними засобами. В результаті, було розроблено декілька рекомендації щодо осушення та меліорації боліт [6], заплав та надзаплавних терас з дерново-буроземними та лучно-буроземними ґрунтами як на Закарпатті, так і для Передкарпаття.

Проф. Г. О. Андрущенко також був відкритим щодо дискусії про походження і динаміку розвитку дерново-підзолистих ґрунтів Передкарпаття. Володіючи інформацією про тогочасні новітні дослідження в ґрунтознавчій науці, він розділяв прогресивне на той час твердження, що ґрунти Передкарпаття доцільно віднести до псевдоопідзолених, оскільки утворились вони на шаруватих давньоалювіальних відкладах і в різні періоди розвитку основні ґрунтові процеси накладались або замінювали один одного. Вже в більш пізніших наукових роботах інших авторів активно розвивались теорії лесиважу, псевдоопідзолення і псевдооглеєння, які дозволили більш детально класифікувати ґрунти високих заплав та терас, пояснити особливості їх морфологічної будови та фізико-хімічних властивостей. Цьому посприяли і роботи проф. Г.О. Андрущенко з детального вивчення «співвідношення органічно зв'язаних фосфатів алюмінію та заліза до їх мінеральних форм і розподіл їх по профілю, які відображають ступінь дренажності або гідроморфності ґрунту, а також ступінь однорідності його утворення\*» [1, 2, 4]. Первинні дані, отримані дослідником, мають особливу вагу для сучасних досліджень ґрунтів давно меліорованих заплав, ґрунтоутвірні процеси в яких скореговані втручанням людини. Все частіше на осушених заплавах діагностуються ґрунти, в профілі яких формується рідкісний ґрунтово-мінеральний ортштейновий горизонт. Він складається з нодулів або крупних включень (гравій, галька), зцементованих залізо-марганцевими окислами на рівні акумуляції елювіюваного матеріалу. Ортштейни, розміром від 0,5 до 2,0 см, складають до 90 % структурних елементів горизонту [8]. Конкреційні новоутворення формуються в специфічних водно-повітряних умовах за наявності певних груп гетеротрофних та автотрофних мікроорганізмів, які здійснюють як мобілізацію Fe та Mn, так і їх відкладення, а отже мають біохімічну природу. Утворення зцементованого конкреційного горизонту в ґрунтах, на контакті аеробної та анаеробної частин ґрунтового профілю стало можливим за умови стрімкої, спричиненої антропогенними факторами (будівництво протипаводкової дамби), зміни гідрологічного режиму території. Дискусії щодо причин та особливостей утворення таких горизонтів точаться і сьогодні, тому наукові роботи Г. О. Андрущенко, які дозволяють ретроспективно проаналізувати мінеральний склад заплавних ґрунтів, вкрай потрібні і становлять цінний науковий банк даних.

Багаторічні дослідження ґрунтового покриву західних областей України були реалізовані у розробленій проф. Г. О. Андрущенко класифікації ґрунтів регіону [5]. З поміж інших схожих робіт, цю класифікацію вирізняло введення нових геохімічних критеріїв виділення ґрунтових одиниць, а саме: співвідношення мінеральних і органічних форм заліза, фракційний склад фосфатів, співвідношення органічного заліза і органічного алюмінію, співвідношення карбону та обмінного кальцію. Автор визначив розроблену класифікацію як генетико-виробничу, оскільки в прикладному аспекті вона була націлена на якомога ширше залучення нових площ в сільське господарство, розроблення заходів меліорації та підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь. Власне, обширні площі перезволожених і/або заболочених заплав Передкарпаття та Закарпаття були визнаними найбільш перспективними у цьому плані. В період екстенсивного сільського виробництва це був чи не єдиний запит до наукової ґрунтознавчої спільноти, який дослідники виконали, зібравши якісний та детальний дослідний матеріал. З сучасних позиції природоошадного господарювання та охорони водно-болотних екосистем, такий підхід до диференціації



грунтів виглядає дещо суперечливо і неодноразово переглядався і навіть критикувався низкою дослідників.

Наукові дослідження ґрунтів річкових комплексів Прикарпатських низин, проведені Г. О. Андрущенко та під його керівництвом, вражають обсягом, деталізацією та фаховістю аналізу. Наукові теорії та гіпотези, висунені дослідником, знайшли своє втілення в наукових роботах не одного покоління ґрунтознавців і будуть актуальні та затребувані завжди. І, не зважаючи на те, що ґрунтознавча наука сьогодні стоїть перед викликом ренатуралізації осушених та меліорованих ґрунтів заплавл та низьких терас річкових комплексів, науковий доробок проф. Г.О. Андрущенка і надалі залишається надійним фундаментом для детального аналізу, розробки практичних рекомендації щодо збалансованого господарювання та охорони ґрунтового покриву алювіальних рівнин Закарпаття та Передкарпаття.

Велика пошана та подяка видатному Досліднику!

\*- в цитованих фрагментах збережена термінологія автора – Г.О. Андрущенко.

### ***Бібліографічний список***

1. Андрущенко Г. О., Вороний В. В., Савченко Т. Г. Склад фосфатів у ґрунтах Передкарпаття та Закарпатської низовини // Наукові праці Львівського сільськогосподарського інституту. Львів, 1970. Т. 27. С. 10-23.

2. Андрущенко Г. О. Ґрунти західних областей УРСР. Ґрунти буроземно-лісової області Українських Карпат. Львів-Дубляни, 1970. 114 с.

3. Андрущенко Г. А. Некоторые данные к познанию процесса образования и условий плодородия бурых лесных почв западных и Закарпатской областей УССР // Научн. записки Львовского с.-х. ин-та, 1952. т. III. С. 192-223.

4. Андрущенко Г.О., Приходько М.М. Органічні форми мікроелементів у ґрунтах Закарпатської низовини // Наукові праці Львівського сільськогосподарського інституту. Львів, 1971. Т. 33. С. 9-12.

5. Андрущенко Г.А. Схема генетико-производственной классификации почв западных областей УССР // Научные труды Львовского сельскохозяйственного института. Львов, 1979. Т. 85. С. 25-31.

6. Мазник Лілія. Ґрунтово-географічні дослідження професора Г. О. Андрущенка // Історія української географії. Всеукраїнський науково-теоретичний часопис. Тернопіль, 2010. Випуск 21. С. 7-12.

7. Полевой определитель почв / Полупан Н.И. и др. Киев, Урожай, 1981. 320 с.

8. Vovk O.B., Orlov O.L. Overview of drained flooded soils of the Transcarpathian Lowland // Наук. записки Держ. природознавч. музею. Львів, 2008. Вип. 24. С. 51-56.



## АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ ЛІСОВИХ ГРУНТІВ СОСНЯКІВ ПОЛІССЯ

*В. П. Ворон<sup>1</sup> докт. с.-г. наук, В. Г. Мазена<sup>2</sup> докт. с.-г. наук, С. В. Івашинюта<sup>3</sup> канд. с.-г. наук,  
І. І. Грицюк<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім.  
Г. М. Висоцького*

*<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет*

*<sup>3</sup>Надслучанський інститут Національного університету водного господарства та  
природокористування*

В умовах техногенезу й урбанізації ліси є незамінним засобом стабілізації та збереження довкілля. Однак можливості виконання лісами зазначених функцій є обмеженими, оскільки вони піддаються впливу комплексу негативних чинників довкілля [3, 6]. Антропогенні зміни ландшафтів суші досягли 80-85% її поверхні, а майже 40% поверхні суші перетворилися в антропогенні пустелі [8].

У лісових екосистемах аеротехногенний вплив призводить до змін хімізму лісового середовища, у тому числі аеротопу, едатопу і рослинних тканин, що спричиняє порушення стану і структури деревостанів.

У міру посилення урбанізації зростає інтенсивність рекреаційного навантаження на ліси. Домінуючим чинником трансформації лісових екосистем є зміни фізико-механічних властивостей і водного режиму ґрунтів, що викликані їхнім ущільненням. При перевищенні допустимого рівня цей фактор може привести до деградації, структурних змін і навіть усихання лісів.

**Мета статті** – встановити особливості зміни ґрунтів лісових екосистем Полісся при різних типах антропогенного впливу.

**Об'єктом досліджень** були антропогенно порушені соснові насадження Полісся. Дослідження антропогенного впливу на лісові екосистеми базувалися на методах порівняльної екології та містили аналіз змін лісових екосистем на закладених екологічних профілях за ступенем зростання навантажень. Так, у зоні РВАТ «Азот» дослідження проведено на 25 постійних пробних площах (ППП), які склали три екологічні ряди та розміщені на відстані від 4 до 25 км від підприємства. Трансформацію лісів у зоні РВАТ «Волиньцемент» вивчали на 5 тимчасових пробних площах (ТПП). Дослідження рекреаційних змін сосняків проведено на 6 ППП, пошкодження сосняків низовими пожежами вивчали на 35 постійних і 24 тимчасових пробних площах.

Постійні пробні площі екорядів підібрано і закладено згідно із загальноприйнятими у лісівництві та лісовій таксації методиками в чистих сосняках, однорідних за лісорослинними умовами, але різних за ступенем антропогенного навантаження (забруднення атмосфери, рекреаційне навантаження, лісові пожежі).

Трансформацію ґрунтів вивчали за методичними підходами екологічного моніторингу [7]. Ґрунти описували за Н. К. Крупським та ін. [9], властивості ґрунтів – за загальноприйнятими у ґрунтознавстві методикам: фізичні – за [2], а хімічні – за [1].

**Обговорення та результати.** Однією з глобальних проблем сучасності є забруднення атмосфери. Хоча в 1980–2020-ті роки обсяг викидів знизився майже у 25 разів, Україна залишається однією з країн з великим об'ємом викидів в атмосферу, які спричиняють деградацію лісів. Функціонування сучасної промисловості України, в якій домінує паливно-

енергетичний, металургійний і хімічний комплекси, не дає змоги знизити забруднення атмосфери до гранично допустимого рівня.

Загальною рисою змін хімізму як аеротопу (повітря, опадів), так і трофотопу (лісової підстилки і ґрунту) є порушення балансу іонів(3,4). Для всіх досліджуваних типів забруднення характерним є підлугування снігового покриву, зростання рівня забруднення у міру збільшення періоду лежання снігу та у міру наближення до джерел викидів. Особливо сильне воно в зонах цементних виробництв, де рН снігу може досягати 9,0 – 11 одиниць. Маркерами цього типу забруднення є вміст пилу та лужних катіонів, карбонатів і гідрокарбонатів [4].

Унаслідок забруднення відбуваються суттєві зміни в трофотопах лісових екосистем. В першій половині 80-х років у радіусі до 11 км від РВАТ «Азот» кислотність зросла до екстремально кислої, що призвело до збільшення в ґрунтово-поглинальному комплексі вмісту іонів водню і вимивання лужних катіонів. При цьому в 7-и кілометровій зоні від РВАТ «Азот» вміст сульфатів у 3,6 разу перевищував контроль. Рівень негативних змін зростав із наближенням до РВАТ «Азот». Найвищий вміст сульфатів виявлено в сосняку на відстані 7 км від «Азоту», де поряд із накопиченням сульфатів у верхньому гумусовому горизонті ще вищий вміст їх (у 7–14 разів більший, ніж на відстані 15 км до джерела забруднення) виявлено на глибині 70–130 см, тобто в 60-см шарі ґрунту над щільним шаром мергелю.

Зміни хімізму ґрунтів у зоні ВАТ «Волиньцемент» мають інший характер. Кислотність світло-сірих ґрунтів є значно нижчою від фону. Так, рН верхнього горизонту сягає 7,55, коли ґрунти вже вважаються слабо-лужними. При цьому зростає сума поглинених основ і вміст різних форм кальцію, основної складової викидів пилу. Валовий вміст важких металів у досліджуваних ґрунтах вищий за фонові значення. Відповідно до величини сумарного техногенного забруднення, рівень забруднення у цьому районі є слабким ( $Z_c < 16$ )(11). Найбільші перевищення фонового вмісту характерні для Cu – 1,5 – 4 рази; Ni – 1,7 – 2,2; Zn – 1,1 – 2,2; Cr – 1,1 – 2,1 разу.

Серед природних чинників, які, поряд із забрудненням, лімітують розвиток лісів, є наявність на глибині понад 1 м шару мергелю, який, з одного боку, перешкоджає проникненню кореневих систем, а з іншого – є потужним геохімічним бар'єром, вище від якого накопичуються лужні й важкі метали, сульфати й бікарбонати.

Унаслідок акумуляції забруднювачів у підстилці в техногенній зоні в ланці «опад – підстилка» гальмується інтенсивність біоциркуляції. Про це свідчать – зменшення надходження опадів та зростання маси підстилки. Притаманний соснякам сповільнений біоцикл стає загальмованим. У результаті накопичення забруднювачів посилюється дефоліація: влітку, особливо в посушливі роки, значно збільшується кількість опалої хвої.

Природно як в опадовому, так і у ферментативному шарах підстилки сосняків Полісся переважають процеси розкладання мортмаси, а в шарі гуміфікації – накопичення. Проте в ослабленому сосняку у верхніх шарах підстилки процеси розкладання й накопичення мортмаси є збалансованими. У сильно пошкодженому сосняку накопичення фітодетриту повністю домінує в усіх шарах лісової підстилки.

Домінуючим чинником рекреаційної трансформації лісових екосистем є зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів, тому базовими критеріями визначення стадії рекреаційної дигресії (СРД) є показники стану їх поверхні (насамперед частка витоптаної площі).

Інтенсивність рекреаційних змін деревостанів, що викликані ущільненням ґрунтів, найчіткіше характеризуються негативними змінами фізико-механічних властивостей і водного режиму ґрунтів, насамперед значеннями об'ємної маси, пористості і твердості верх-

нього шару ґрунту. Так у сосняках зеленої зони м. Рівне при збільшенні об'ємної маси верхнього шару ґрунту на  $0,1 \text{ г/см}^3$  індекс стану сосняків збільшується на 0,53 одиниці [4].

У сосняках при рекреагенному ущільненні ґрунтів збільшується величина об'ємної маси ґрунту і зменшується вміст вологи у ньому. Утворюються умови, за яких гальмується ріст активних коренів, листя та пагонів дерев, що призводить до погіршення стану соснових деревостанів. Ці негативні зміни є особливо відчутними у посушливі роки [4].

Лісова підстилка сосняків за таких умов набуває специфічної, рекреагенно порушеної структури, що виявляється у зниженні її запасів, потужності, вологості, швидкості мінералізації та ін. Визначено чітку залежність між СРД та цими показниками підстилки [4].

Особливо небезпечним антропогенним чинником, дія якого призводить до найбільш катастрофічних наслідків для лісів України, є лісові пожежі.

Сила пошкодження та інтенсивність відпаду після пожеж залежать від типів розповсюдження тепла. З тепла, що виділяється при пожежі, на конвективний тепловий потік припадає 80-82 %, теплове випромінювання – 14-17 %, теплопровідність – 3-4 % [10, 11]. При цьому конвективний тепловий потік пошкоджує бруньки і хвою в кроні; теплове випромінювання – стовбур, а теплопровідність ґрунту – коріння дерев.

При низовій пожежі нагрівання ґрунтів має поверхневий характер. Найвища температура відмічена на поверхні ґрунту, яка зменшується в міру заглиблення вниз по профілю [5]. В дерново слаборозвинених ґрунтах різниця температур на поверхні і на глибині 10 см складає  $240\text{--}300^\circ\text{C}$ , а сірих лісових –  $260\text{--}400^\circ\text{C}$ .

Унаслідок лісових пожеж відбувається часткове або повне згорання підстилки. Згідно з нашими дослідженнями реакція попелу підстилки сильно лужна: рН коливався від 7,71 до 8,69 [5]. Причиною є високий вміст в попелі лужних металів. Реакція верхнього гумусового горизонту дернових опідзолених ґрунтів на сильно кисла - рН водного витягу коливалося від 3,58 до 3,85. Після надходження лужного попелу в ґрунт рН зростає до 4,35–4,50, тобто стає кислим, але після дощів знижується до 3,90–4,20. У після пожежний період у пірогенно пошкоджених сосняках підкислення ґрунтів перевищувало природний рівень.

Відразу після пожежі сума лужних катіонів у водному витягу з верхнього горизонту ґрунту зростала в 3,7–7,7 рази [5]. Але уже через тиждень цей показник суттєво знизився і поступово зменшувався й наближався до рівня контролю. За вмістом катіони розташовувалися в такому порядку:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ . Але якщо вміст кальцію зростав у 3,7–8,0 рази, магнію – у 5,8–7,0 рази, натрію – у 4,6–7,9 рази, то калію – лише у 2,8–3,0 рази.

Схожа ситуація спостерігається із обмінними катіонами, які пов'язані вбирним колоїдним комплексом ґрунту. У досліджуваних лісових ґрунтах сума увібраних катіонів, або сума увібраних основ, є дуже низькою – меншою ніж 5,0. Після надходження попелу до ґрунту вона зростає і відповідає низькому рівню. Але вже за тиждень сума увібраних основ знову падає до рівня 4,81–5,47 мг-екв/100 г ґрунту. Такий рівень утримується й надалі. Хоча дещо перевищує контроль, проте відповідає дуже низькому рівню. Уміст обмінного кальцію на контролі (2,0–2,25 мг-екв/100 г ґрунту) відповідає дуже низькому рівню, а вміст магнію (1,43–1,63 мг-екв/100 г ґрунту) – середньому рівню. Відразу після пожежі вміст обмінного кальцію зріс проти контролю у 2,1–2,5 рази, а магнію – в 1,9–2,4 рази. Значно меншими були коливання вмісту обмінних калію й натрію.

Поряд зі зростанням умісту лужних катіонів відбувається зменшення вмісту катіонів  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$ , тобто гідролітичної кислотності. Після пожежі вона знижується до 5,69–5,91, в той час на контролі коливається від 8,03 до 10,05 мг-екв/100 г ґрунту. Водночас, якщо після

пожежі з часом уміст обмінних лужних катіонів знижується практично до рівня контролю, то гідролітична кислотність навіть через два роки після пожежі є меншою, ніж на контролі.

Сума поглинання у непошкоджених вогнем ґрунтах коливається від 12,12 до 14,50 мг-екв/100 г ґрунту. Після пожежі за рахунок лужних катіонів вона зростає до 13,3–15,7 мг-екв/100 г ґрунту. Зі збільшенням періоду після пожежі об'єм поглинання зменшується.

#### **Висновок.**

У результаті негативного антропогенного впливу відбувається трансформація лісів, що виражається не лише у погіршенні стану і продуктивності деревостанів, але й у зміні лісових ґрунтів. Рівень і характер трансформації лісових екосистем визначаються особливостями механізмів дії антропогенних чинників. Проведені комплексні дослідження соснових деревостанів дали змогу визначити основні показники антропогенної трансформації лісових ґрунтів.

#### ***Бібліографічний список***

1. Аринушкина Е.О. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы. – М.: Высшая школа, 1986. – 415 с.
3. Ворон В.П. Аеротехногенна трансформація лісів України. Ч. 1 Забруднення атмосфери викидами сірко та азот утримуючих фітотоксикантів та важких металів – Х.: Нове слово, 2021.- 257 с.
4. Ворон В.П. Івашинюта С.В., Коваль І.М., Бондарук М.А. Ліси зеленої зони м. Рівне та їх еколого-захисні функції. – Харків: Нове слово, 2008. – 224 с.
5. Ворон В.П., Коваль І.М., Сидоренко С. Г., Мельник Є.Є., Ткач О.М., Борисенко В.Г., Тимощук І.В., Боголов О.Ю. Пірогенна трансформація сосняків України. – Х.: Нове слово, 2021. – 224 с.
6. Голубець М. А. Вступ до геосоціосистемології. – Львів : Поллі, 2005. – 199 с.
7. Гришина Л.А., Копчик Р.Н., Моргун Л.В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 82 с.
8. Дегодюк Е. Г. Порухення і відновлення біосферних функцій педосфери як інтегральні показники антропогенезу / Е. Г. Дегодюк, С. Е. Дегодюк, С. З. Гуральчук // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спецвипуск до VII з'їзду УТГА. Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного. Книга 3. – Харків, 2006. – С. 214 – 216.
9. Крупский Н.К., Кисель В.Д., Полупан Н.И. и др. Символика генетических горизонтов почв, применяемая в Украинской ССР // Почвоведение. – 1979, №10. – С. 115–121.
10. Кузик А. Д. Еколого-лісівничі основи пожежної безпеки лісів Малого Полісся. – Львів: Сполом 2019. – 493 с.
11. Саєт Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. / Ю. Е. Саєт., Б. А. Ревич, Е. П. Янин. – М: Недра, 1990. – 335 с
12. Усеня В. В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними / В. В. Усеня. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2002. – 236 с.



## РОДЮЧІСТЬ ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТІВ ЗОНИ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ, СТАН ТА МОЖЛИВОСТІ ПОЛІПШЕННЯ

*В.В. Гамаюнова, доктор сільськогосподарських наук, професор  
Миколаївський національний аграрний університет*

*Т.В. Бакланова, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Херсонський державний аграрно-економічний університет*

Родючість ґрунтів України, зони Південного Степу зокрема, поступово погіршується. Це пов'язано з виробничою діяльністю землеробів і перш за все порушенням відомих, добре відпрацьованих засад господарювання. Полягають вони у відхиленні від науково-обґрунтованих рекомендацій стосовно чергування сільськогосподарських культур у сівозмінах, недотриманні застосування органічних і мінеральних добрив у оптимальних дозах, порушеннях їх співвідношення, істотному зменшенні обсягів вирощування багаторічних та однорічних бобових рослин, які збагачують ґрунт якісною органічною речовиною і безкоштовним біологічним азотом.

В останні десятиліття на півдні Степу України не обґрунтовано й дуже істотно зросли площі під соняшником. В окремих приватних господарствах цю культуру вирощують на одному і тому ж полі навіть упродовж 5-6 років поспіль. Звісно ж це негативно позначається на основних показниках родючості ґрунтів, призводить до їх висушування, засмічення специфічними бур'янами і шкідниками, збіднення на органічну речовину тощо. Зазначені недоліки проявляються ще більшою мірою за певних змін гідротермічних умов і посилення глобального потепління.

Першим лімітуючим фактором у посушливих регіонах завжди виступала забезпеченість рослин вологою. В зоні Південного Степу України гарантовано стабільну продуктивність отримували за вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях. З проведенням поливів урожайність істотно збільшується, хоч і не завжди досягає бажаних результатів (табл. 1).

Таблиця 1– Значення зрошення у формуванні врожайності сільськогосподарських культур  
(середнє за 25 років – багаторічні дані досліджень ІЗЗ НААН)

Культура	Урожайність, т/га		Приріст урожаю від зрошення		Коефіцієнт ефективності зрошення, разів
	за зрошення	без поливу	т/га	%	
Пшениця озима	5,95	2,79	3,16	113,3	2,1
Ячмінь озимий	5,67	2,83	2,84	100,4	2,0
Ячмінь ярий	4,29	2,09	2,20	105,3	2,1
Соя	3,09	1,18	1,91	161,9	2,6
Кукурудза на зерно	9,15	2,86	6,29	219,9	3,2
Кукурудза на силос	66,3	19,7	46,6	236,5	3,4
Люцерна 2-го року (з/м)	62,7	18,1	44,6	246,4	3,5
Буряк кормовий	161,6	22,2	139,4	627,9	7,3

В екстремально посушливі роки значення зрошення та його ефективність зростає у рази, адже на суходолі без проведення поливів окремі культури зовсім не формували урожай. Однак не дивлячись на виключно важливе значення поливів у зоні сухого Степу України, площі масштабного зрошення значно зменшилися порівняно з обсягами на кінець минулого століття. Так, станом на 1998 рік в Україні площа зрошуваних земель досягла майже до 3-ох млн гектарів. Практично 40% від загальної її кількості приходилося на господарства зони Степу. Загалом в державі за даними Держводгоспу України на питому вагу поливних приходилося 18,5% земель. Значними площі земель були в АР Крим, їх питома вага досягла 68%. Зрошувані землі у різних обсягах були в усіх областях України окрім Житомирської, Львівської та Тернопільської.

На 2014 рік в Україні вже було 2,33 млн га зрошуваних земель. Основні площі зосереджені в зоні Степу – 2 млн га (86% до загальної площі). В зоні Лісостепу 324 тис. га поливних земель, на Поліссі – 9,5 тис. га. Загалом площа зрошуваних до усіх сільськогосподарських угідь в Україні складала 7,2%. В АР Крим відношення поливних площ орних земель була на рівні 30%, у Херсонській області 26%, Запорізькій – 13%, Миколаївській – 11,1%, Дніпропетровській і Одеській областях по 11%, Донецькій – 8%.

Найвищою ефективність зрошення визначена для Степового регіону, у Поліссі вона знижується, а в зоні Лісостепу – найнижча. В усіх регіонах зрошення найбільш істотно на поливи реагують кормові та овочеві культури. З тривалістю зрошення через погіршення стану ґрунтів рівні врожайів сільськогосподарських культур порівняно з початком зрошення істотно знижуються, як і загалом ефективність його порівняно з богарними землями послаблюється.

На жаль, для поливів використовували переважно обмежено придатні, або ж непридатні без попереднього поліпшення води, які характеризувались високим вмістом солей. При цьому значно менше від рекомендованих доз вносили органічних і мінеральних добрив, не завжди правильним було застосування хімічних меліорантів.

За таких умов зрошення призводило до погіршення агрофізичного стану ґрунтів, їх ущільнення, запливання, засолення, осолонцювання, забруднення важкими металами й звісно ж до зниження рівня врожайності. Вже після 15-річного зрошення навіть у дослідах урожайність сільськогосподарських культур знижувалась на 10-20%, а 30-річного – на 30-40% внаслідок вище зазначених причин погіршення основних показників ґрунтової родючості та недовнесення добрив.

В останні роки широкомасштабного зрошення недостатньо вносили мінеральних добрив, через що складався негативний баланс поживних речовин у зрошуваних ґрунтах. Винос елементів живлення з урожаєм перевищував надходження їх у середньому по азоту, фосфору і калію на 90-100 кг/га.

Виведення полів та припинення зрошення привело до значної строкатості земель відносно засолення, осолонцювання та інших ґрунтових процесів. Для послаблення негативних явищ при переведенні таких земель у богарні необхідно використовувати спеціальні ґрунтозахисні заходи з раціонального використання цих земель.

Як визначено нашими тривалими дослідженнями, основні показники родючості зрошуваних ґрунтів здатні зберігатися і навіть покращуватися за сумісного застосування органічних і мінеральних добрив.

Так, внесення оптимальної дози повного мінерального добрива під кожную культуру сівозміни за проведення зрошення практично не знижує вмісту гумусу в шарі ґрунту 0-30 см, а в глибшому 30-50 см шарі навіть має тенденцію до незначного приросту його (табл. 2).

Таблиця 2 – Вплив тривалого зрошення і мінеральних добрив на вміст гумусу темно-каштанового ґрунту (сівозміна 7-пільна з люцерною)

Варіант	Шар ґрунту, см	Строк відбору зразків ґрунту		+/- гумусу за 21 рік		+/- гумусу щорічно	
		1971 р.	1991 р.	в абсолютних %	кг/га	відносних %	кг/га
Без зрошення, без добрив	0-30	2,00	1,96	-0,04	-1776	-0,095	-84,6
	30-50	1,42	1,41	-0,01	-270	-0,033	-12,9
Зрошення без застосування добрив	0-30	2,00	1,82	-0,18	-7992	-0,429	-380,6
	30-50	1,42	1,22	-0,20	-5400	-0,670	-257,1
Зрошення + оптимальна доза NPK під кожну культуру сівозміни	0-30	2,00	1,98	-0,02	-888	-0,048	-42,3
	30-50	1,42	1,44	+0,02	+540	+0,067	+25,7

Це відбувається завдяки вирощуванню у сівозміні люцерни, яка залишає значну кількість післязбиральних рештків та кореневої біомаси.

Таблиця 3 – Вміст гумусу та органічної речовини в 0-30 см шарі темно-каштанового ґрунту за тривалого зрошення та удобрення у восьмипільній сівозміні з люцерною

Варіант	Вміст після закінчення 3 ротації сівозміни (через 24 роки)			Втрати (приріст) гумусу	
	органічної речовини, %	водорозчинного гумусу, мг/100г	гумусу, %	за 24 роки, %	щорічно, кг/га
Без добрив	7,67	24,47	2,11	-0,15	-277,5
P	7,71	26,68	2,19	-0,07	-129,5
N	7,77	21,18	2,23	-0,03	-55,5
NPK	8,13	28,00	2,25	-0,01	-18,5
NPK + 80 т/га гною за ротацію сівозміни	8,23	26,12	2,35	+0,09	+166,5
Вміст на період закладання дослідів	не визначали	не визначали	2,26	-	-



Слід зазначити, що за вирощування в цій же сівозміні культур без проведення поливів і без застосування мінеральних добрив, кількість гумусу в досліджуваних шарах ґрунту зменшується значно меншою мірою порівняно зі зрошуваним аналогом. Адже без поливу врожаї усіх вирощуваних культур формуються значно нижчими й виносять із ґрунту відповідно меншу кількість елементів живлення, ніж за зрошення.

У другому тривалому стаціонарному досліді (у восьмипільній сівозміні з люцерною) після завершення третьої ротації також підтверджено, що за застосування під кожен культуру оптимальної дози повного мінерального добрива, рекомендованої для зрошення, вміст гумусу порівняно з початковим (на період закладання досліді) практично не змінюється, а у варіанті внесення цієї ж дози NPK один раз за ротацію сівозміни 80 т/га напівперепрілого гною (під кукурудзу) навіть відбувається приріст гумусу в кількості 166,5 кг/га за рік (табл. 3).

За сумісного використання органо-мінерального добрива у сівозміні покращуються агрофізичні показники і водопроникність ґрунту, що є виключно важливим як для умов зрошення, так і богари. За таких умов найвищою формується врожайність сільськогосподарських культур з відповідно високою якістю вирощеної продукції.

### **Висновки.**

- За тривалого зрошення ґрунтів поливною водою 2 класу, яка є обмежено придатною, родючість їх поступово погіршується, як і знижуються рівні врожаїв сільськогосподарських культур;

- Основні показники родючості ґрунтів у сівозмінах з люцерною практично не погіршуються, навіть мають тенденцію до незначного збільшення вмісту органічної речовини та гумусу.

Для збереження і відтворення родючості ґрунтів, підвищення їх стійкості до зміни кліматичних умов, що відбуваються в останні роки, зокрема для зони Південного Степу України, пропонуємо впроваджувати:

- науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур у сівозмінах з добром бобових у т. ч. багаторічних трав, які розсолують, оструктурюють ґрунт, збагачують його органічною речовиною та біологічним азотом, сприяють вивільненню фіксованих ґрунтом фосфатів;

- вносити рекомендовані норми органічних добрив, за відсутності гною використовувати соломку зернових колосових культур, стерню та післяжнивнокореневі залишки всіх рослин. Для прискорення їх розкладання обробляти біодеструктором стерні або іншими рекомендованими біопрепаратами;

- найкраще на збереження грантової родючості впливає сумісне застосування органічного та мінерального добрива, при цьому рівень урожайності та його якість також формуються найоптимальніше;

- високо-родючі й удобрені ґрунти добре поглинають і утримують вологу, а рослини за таких умов ефективно використовують її на формування врожаю, запобігаючи непродуктивним втратам на випаровування незалежно від умов, що складаються у період вегетації культури. Зазначене слід використовувати у зв'язку зі зміною кліматичних умов у бік зростання посушливості та підвищення температурного режиму.



## СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ҐРУНТУ ЗА ДИСПЕРСНІСТЮ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ХІМІЧНОМУ ФРАКЦІОНУВАННЮ

*З. Г. Гамкало, д.б.н., професор, І. М. Шпаківська, к.б.н., О. Г. Марискевич, к.б.н.,  
Інститут екології Карпат НАН України (м. Львів), zenon.hamkalo@ukr.net  
Т. В. Партика, к.б.н., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН*

Сучасне розуміння органічної складової ґрунту (ОСГ) як динамічного, біологічно регульованого пулу енергії, вуглецю та інших поживних речовин, вимагає застосування нових теоретико-методичних підходів до її структурно-функціональної оцінки та моделювання. Сьогоднішній рівень знань і методичних можливостей дозволяє виокремити, в загальному, на етапі її біотрансформування три пули органічної субстанції в ґрунті— (і) тверда дисперсна органічна речовина (вихідна сировина), (ii) живі організми (біодеструктори–стабілізатори) і, (iii) власне, стійкі, практично біонедоступні органічні речовини (кінцевий продукт). В межах біодоступного пулу твердої дисперсної органічної речовини, залежно від ступеня її подрібнення, виокремлюють грубодисперсну (2000–250  $\mu\text{m}$ ) і дрібнодисперсну (250–50/63  $\mu\text{m}$  субфракції). Для цього, за останніх 40 років запропоновано ряд фізичних методів фракціонування ОСГ як за розміром так і щільністю (Cambardella and Elliott, 1992; Christensen, 1992; Six et al., 2002). Розроблено також ряд моделей за допомогою яких описують динаміку органічних речовин ґрунту в межах певної екосистеми чи регіональному вимірі (Jenkinson et al., 1987; Parton et al., 1987). Такі моделі враховують окремі концептуальні пули ОСГ: "лабільні" — оборот яких декілька тижнів та місяців і "стійкі" — захищені від біодеструкції за рахунок асоціації органічних речовин (ОР) з пилюватими і глинистими частинками з періодами обороту в роки або десятиліття. Показано також, що характер розподілу органічних речовин у ґрунті за різними структурними пулами і фракціями є фундаментальною властивістю ґрунту, яка визначає умови його формування та функціонування, екологічні функції, зокрема, біопродуктивність і стійкість (буферність) до різних впливів. Варто зауважити, що обов'язковою умовою сучасних досліджень є врахування цілісного пулу ОСГ, включно з детритом як невід'ємною його складовою. Саме детрит є незамінним джерелом процесу відтворення органічної речовини в ґрунті, поповнення елементів мінерального живлення рослин, комплексним поживним і енергетичним субстратом для більшості гетеротрофних мікроорганізмів, основним ресурсом розчинних низько молекулярних органічних речовин, які мають принципове значення для метаболізму біоти ґрунту. Надходження детриту в ґрунт і його трансформування у біонедоступні органо-мінеральні комплекси є одним з механізмів як секвестрування так і депонування вуглецю і зменшення концентрації  $\text{CO}_2$  в приземній атмосфері (Lal, 2004). Враховуючи, що агрегатоутворення є також важливим процесом С–секвестрування, багато дослідників основну роль у формуванні та динаміці ґрунтових агрегатів також відводять детриту (Jastrow, 1996; Six et al., 2004). Тому, видалення з усієї маси ОСГ детриту чи його частини (коли при підготовці зразків ґрунту до визначення гумусу за допомогою лупи відбирали непомітні неозброєним оком органічні рештки, а дуже дрібні органічні включення — наелектризованими склянкою або ебонітовою паличками) не відповідає сучасним вимогам методичного характеру при застосуванні гранулометричного чи гранулоденситометричного фракціонувань. Враховуючи вище наведене, застосування традиційних методів хімічної екстракції ОР з ґрунту, позбавленого пулу незахищеної дисперсної органічної речовини, в тому числі і детриту, виявилось недостатньо ефективним в оцінці ролі різних неспецифічних

і специфічних її компонентів в процесах ґрунтоутворення, функціонування ґрунту та реалізації його чисельних екосистемних сервісів.

Широке застосування останнім часом методів гранулометричного і гранулоденситометричного фракціонувань, поєднаних з використанням комбінацій фізичних та хімічних процедур сепарування, дозволило експериментально розділити ОСГ на шість фракцій за захищеністю від дії ґрунтової біоти, зокрема, незахищені, чисто фізично, чисто хімічно, фізико-хімічно, фізико-біохімічно та чисто біохімічно захищені (Six et al., 2002; Stewart et al., 2008; Poeplau et al., 2018). До пулу незахищеної ОСГ відноситься дисперсна тверда органічна речовина (англ. Particulate Organic Matter, POM). Чисто фізично захищеною є оклюдована мікроагрегатами POM. Огляд літератури щодо характеристики органо-мінеральних фракцій і методів їх виділення поданий в публікаціях (Six et al., 2002; Olk, Gregorich, 2006). Детальний аналіз сучасних підходів до оцінки ОСГ дано також в нашій монографії «Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль» К.: Кондор, 2014. 80 с., а також публікаціях, розміщених у вільному доступі в наукових мережах ResearchGate (<https://www.researchgate.net/profile/Zenon-Hamkalo-2/publications>) і Academia.edu (<https://lnulviv.academia.edu/ZenonHamkalo>).

Мета дослідження полягала в оцінці особливостей накопичення лабільної дисперсної органічної речовини, зокрема її субфракцій, на ріллі та у постагrogenних ґрунтах Українських Карпат (Сколівські Бескиди) із застосуванням методу гранулометричного фракціонування.

#### **Місце дослідження, схема експерименту.**

Територія досліджень знаходиться у межах Верхньодністерських Бескидів, які за фізико-районуванням віднесені до Середньогірно-скибової області Зовнішніх Карпат. Дослідну трансекту заклали у літньо-осінній період 2012 року в урочищі Дерешир (с.Топільниця, Старосамбірського району, Львівської області), розташоване в межах долини річки Дністер і його правої притоки — річки Топільниця. Тип ґрунту: під лісом — бурі лісові малопотужні крупнопилувато-легкосуглинкові слабозмиті, під узліссям — бурі лісові малопотужні супіщані середньозмиті, під лукою — дерново-буроземні супіщані слабозмиті і під ріллею — дерново-буроземні піщано-легкосуглинкові слабозмиті. Рослинність: у лісі трав'яне вкриття 35–40%, поверхня ґрунту задернована на 40%; на узліссі — трав'яне вкриття 100%, задернованість 100%; лука — рослинне вкриття 100% і рілля — під картоплею. Процесами спонтанної сільватизації, які тривають з 1994 року, охоплені постагrogenні екосистеми, які репрезентують демуаційний ряд відновної сукцесії лісових екосистем: сільськогосподарські угіддя → рудеральна стадія → лучна стадія → чагарникова стадія → рідколісся.

#### **Відбір і підготовка ґрунтів до аналізу.**

На кожній дослідній ділянці закладено по 3 ґрунтових шурфи. Зразки ґрунту відбирали з ґрунтового профілю глибиною 40 см кроком 10 см. Відбір зразків ґрунту виконали у жовтні 2020 року, які відбирали з трьох боків кожного ґрунтового розрізу та спеціальним буром з п'яти точок, розташованих на відстані не менше 5 м від ґрунтового розрізу. Для всіх фізико-хімічних аналізів, описаних у цьому дослідженні, зразки ґрунту висушували на повітрі. Хімічний склад ґрунту та його компонентів подано в сухій речовині.

**Фракціонування органічної речовини ґрунту на тверду дисперсну (POM) і мінераласоційовану (MAOM) здійснювали згідно Cambardella & Elliott (1992): повітряно**

сухі зразки ґрунту просіювали через сито 2 мм і фізично розділяли на тверді частинки органічної речовини розміром >53µм (РОМ) та мінераласоційовані (МАОМ) розміром <53 µм. Для цієї процедури 10 г повітряно–сухих зразків ґрунту диспергували в 0,5% водному розчині гексаметафосфату натрію протягом 18 годин на зворотному шейкері. Кожен диспергований зразок потім послідовно просіювали через сита 250 µм (грубодисперсна фракція сРОМ 2000-250 мкм) і 50 µм (дрібнодисперсна фракція fРОМ 250-50 мкм) і промивали декілька разів дистильованою водою, доки питома електропровідність промивних вод не досягне 20 µS. Отримані фракції сушили 1 год при 40 °С і кількісно переносили в контейнер для сушіння при 65°С протягом 24 год і подрібнювали у фарфоровій ступці. Фракції, що залишилися на ситі, вважали фракцією РОМ, а дрібнішу фракцію <50 мкм, яка пройшла через сито, вважали фракцією МАОМ.

**Вмісти вуглецю** у ґрунті ( $C_{org}$ ), а також у фракціях РОМ (РОС) і МАОМ (МАОС) визначали у трьохкратній повторності методом вологого спалювання (ISO14235:1998, Якість ґрунту – Визначення органічного вуглецю сульфохромним окисненням). Оптичну густину отриманих розчинів вимірювали на спектрофотометрі SPEKOL 2000 («Analytik Jena», Великобританія). Концентрацію  $C_{org}$  в цілісному зразку ґрунту також розраховували сумуванням концентрацій С у фракціях РОМ та МАОМ.

Отримані дані опрацьовані методами статистичного аналізу з використанням програм Statistica 8.0 software (StatSoft, USA, 2012) і виражали у вигляді середнього значення ( $\chi$ ) та стандартного відхилення ( $\pm SD$ ) з ( $n=3$ ) вимірювань. Достовірність різниці між варіантами оцінювали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). У роботі прийнято 5% рівень значущості ( $P<0,05$ ).

### Результати дослідження та обговорення.

Досліджувані ґрунти, залежно від способу землекористування, характеризувалися різним загальним вмістом органічних речовин у поверхневому шарі 0–10 см (табл.1).

Таблиця 1 – Вміст вуглецю у грубодисперсній (сРОС, 2000–250 µм), дрібнодисперсній (fРОС, 250–50µм) та сумарній (сРОС+fРОС) фракціях дисперсної органічної речовини ґрунтів експериментальної трансекти по вивченню процесу сільватизації

Екосистеми	$C_{org}$ , гС/кг	сРОС	fРОС	РОС , гС/кг	сРОС/ fРОС	РОС/ $C_{org}$ , %
Ліс	28,2±1,0	5,04±0,06	7,14±0,22	12,17±0,28	0,70	43
Узлісся	24,2±1,8	4,94±0,04	5,37±0,33	10,31±0,37	0,92	43
Лука	30,6±3,1	2,92±1,22	6,88±0,98	9,81±2,19	0,42	32
Рілля	17,3±1,9	1,01±0,11	2,77±0,51	3,74±0,65	0,36	22

Найбільші вмісти  $C_{org}$  властиві ґрунтам під лукою і лісом, причому різниця між ними є несуттєвою ( $p < 0,165$ ), тоді як на ріллі, цей показник є достовірно меншим ( $p<0,002$ ), порівняно з іншими варіантами дослідю. Вважають, що збільшення вмісту  $C_{org}$  головно викликано більшим надходженням до ґрунту решток рослинного походження і зменшенням втрат вуглецю, внаслідок обробітку ґрунту (Xu et al., 2020). У зв'язку з цим, оцінка

кількісного надходження органічного вуглецю до ґрунту з рослинними рештками можлива шляхом визначення його вмісту у свіжих дисперсних органічних речовинах, зокрема, грубодисперсній субфракції, тобто, на початкового етапі трансформування свіжої мортмаси.

Як видно з даних табл.1, найбільші вмісти сРОС характерні для ґрунтів під лісом та узліссям, і зменшуються під лукою ( $p < 0,14$ ) й, особливо, ріллею ( $P < 0,001$ ), порівняно з лісовим ґрунтом і узліссям. Недостовірне зменшення значення сРОС у ґрунті під лукою, порівняно з ґрунтом під лісом і узліссям, пов'язане з відносно великим значенням величини стандартного відхилення показника (SD), ймовірно, через наявність у зразках ґрунту різної кількості і якості кореневих залишків.

Наступним етапом трансформування рослинних решток є утворення дрібнодисперсної фракції fPOM (250–50 мкм) у формі твердої незахищеної (вільної) органічної речовини (frPOM) і частини фізично захищеної (оклюдованої) у мікроагрегатах (iPOM). У процесі дезагрегування ґрунту гексаметафосфатом натрію, з агрегатів вивільняється iPOM, а також дрібніші за 50 мкм частинки (пов'язані з пилом і глиною), які у процесі гранулометричного фракціонування поповнюють фракцію стабільної мінерал-асоційованої органічної речовини (MAOM). За наших експериментальних умов, на ситі з розміром отворів 50 мкм, залишаються вільна frPOM і вивільнена з мікроагрегатів iPOM. Оскільки, завданням цього дослідження не передбачено виокремлення iPOM, то вона залишилася у суміші дрібнодисперсних POM (fPOM). Як видно з даних табл.1, вміст вуглецю у дрібнодисперсній фракції (fPOC) на всіх варіантах є більшим за сРОС, особливо на ріллі. Накопичення органічного вуглецю у незахищеній дрібнодисперсній фракції POM (frPOM), ймовірно, пов'язано з дефіцитом вільних мінеральних поверхонь ґрунту, необхідних для утворення MAOM, оскільки, на період дослідження вміст MAOC перевищував РОС на ріллі у 3,63, а лісовому ґрунті – 1,32 рази.

Із наведених нами даних видно, що найбільший вміст fPOC, як і сРОС, властивий лісовому ґрунту, а найменший — орному. Оскільки, fPOC є головно продуктом розкладу і фрагментування сРОС (Six et al., 2000), його вміст пов'язаний головно з трьома чинниками: наявністю грубодисперсного матеріалу, активністю біодеструкторів і здатністю мінеральної матриці ґрунту утворювати мінераласоційовані комплекси з fPOM. У нашому дослідженні вміст fPOC переважає вміст сРОС у лісовому ґрунті в 1,42, під узліссям — 1,09, лукою — 2,36 і ріллею — 2,74 рази. Таке збільшення вмісту вуглецю у дрібнодисперсній органічній речовині ґрунту, порівняно з грубодисперсною, свідчить про першочергове засвоєння ґрунтовою біотою легкодоступних (лабільних) форм ОР і поступове накопичення стабільніших до біорозкладу ОР. У подальшому, частинки ОР (<50 мкм) з великою питомою поверхнею, взаємодіють з дрібнодисперсною частиною мінеральної матриці ґрунту і утворюють стабільні до біорозкладу комплекси, що свідчить про С-депонування. З іншого боку, сPOM більше залежить від надходження вуглецю з рослин і, отже, є більш мінливим у часі і просторі (також з глибиною), ніж fPOM. Отримані нами дані узгоджуються з результатами інших дослідників. Варто зауважити, що, за даними Y. Wang et al. (2021), фізично (iPOM), хімічно та біохімічно захищені фракції ОСГ були менш чутливими до постагrogenних змін, ніж сPOM. Duval M.E. et al. (2013) повідомили, що з двох фракцій POM, дрібнодисперсна POM (fPOM) була чутливішою до обробітку ґрунту та способів землекористування, ніж грубодисперсна POM (сPOM).

Оскільки, під час наших досліджень були виявлені варіанти досліду з контрастними показниками вмісту  $C_{org}$  у ґрунті, зокрема, у лісовій екосистемі така різниця становила 1,8, а

на ріллі — 1,5 рази, нами проаналізовані особливості змін в них вмісту вуглецю у фракціях грубодисперсної і дрібнодисперсної РОМ (табл.2).

Таблиця 2 – Вміст вуглецю у грубодисперсній (сРОС, 2000–250 μм), дрібнодисперсній (fРОС, 250–50μм) та сумарній (сРОС+fРОС) фракціях дисперсної органічної речовини ґрунтів із низьким (1) та високим (2) вмістами  $C_{org}$ .

Екосистеми	$C_{org}$ , гС/кг	сРОС	fРОС	сРОС/fРОС	РОС/Сорг, %	РОС, гС/кг	МАОС, гС/кг
Ліс 1	28,2±1,0	5,04±0,06	7,14±0,22	0,70	43	12,17±0,28	16,03
Ліс 2	49,4±1,4	12,50±0,77	15,44±0,36	0,81	56	27,94±1,13	21,46
Рілля 1	17,3±1,9	1,01±0,11	2,77±0,51	0,36	22	3,74±0,65	13,56
Рілля 2	26,4±0,8	4,36±0,14	5,96±0,05	0,73	39	10,32±0,18	16,08

Із наведених у табл.2 даних видно, що більше (у 1,8 рази) накопичення у ґрунті лісової екосистеми  $C_{org}$  відбувається за рахунок збільшення вмісту сРОС у 2,5 і fРОС у 2,2 рази, а на ріллі (у 1,53 рази) — 4,3 і 2,2 рази, відповідно. Варто зауважити, що різко підвищений вміст сРОС на ріллі пов'язаний із минулорічним внесенням 20 т/га підстилкового коров'ячого гною. Подібні дані отримані недавно Y. Wang et al. (2021), які встановили, що 23-річне природне відновлення агроценозів значно збільшило загальний пул  $C_{org}$  (33–60%) у всіх трьох типах ґрунтів (Luvic Phaeozem, Calcic Cambisol і Ferralic Cambisol) головно через збільшення сРОС.

Звертає також увагу, що в нашому експерименті частково відбувається збільшення вмісту вуглецю і в мінераласоційованій формі — МАОС (табл.2). Зокрема, у ґрунті лісової екосистеми це збільшення становить 1,3 а на ріллі — 1,2 рази, що підтверджує більшу участь РОМ у процесі короткотермінового секвестрування вуглецю, порівняно з МАОМ. Іншими дослідниками встановлено також, що  $C_{org}$ , накопичений у постагрогенний період відновлення природної рослинності накопичується в незахищених пулах РОМ (Del Galdo et al., 2003; Miao et al., 2017; Ovsepyan et al., 2020), шляхом мікроагрегатної оклюзії (Erokhova et al., 2014) та у мінерально-асоційованому пулі, зокрема в органо-мінеральних комплексах та мінеральних зернах, покритих органічною речовиною (Kalinina et al., 2015, 2019).

### Бібліографічний список

Cambardella, C. & Elliott, E. Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. *Soil Sci. Soc. of America Journal*. 1992. 56: 777-783. doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x

Christensen, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in Soil Science*. 1992. 20: 2–90.

Del Galdo, I. et al. Assessing the impact of land-use change on soil C sequestration in agricultural soils by means of organic matter fractionation and stable C isotopes. *Glob. Chang. Biol.* 2003. 9. P.1204–1213.

- Duval ME. et al. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil and Tillage Research*. 2013. 131: 11–19.
- Erokhova, A.A., Makarov, M.I., Morgun, E.G., Ryzhova, I.M. Effect of the natural reforestation of an arable land on the organic matter composition in Soddy Podzolic soils. *Eurasian Soil Sci.* 2014. 47 (11). P.1100–1106.
- Jastrow J D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*. 1996. Vol. 28, Is. 4–5. P. 665-676.
- Jenkinson DS, Hart PBS, Rayner JH and Parry LC. Modelling the turnover of organic matter in long-term experiments at Rothamsted. INTECOL.1987. *Bulletin 15*. P. 1–8.
- Kalinina, O. et al. Post-agricultural restoration: Implications for dynamics of soil organic matter pools. *Catena*. 2019. P.181. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104096>.
- Kalinina, O. et al. Chronosequential development of post-agrogenic soils of different climatic zones in Russia under self-restoration. *Catena*. 2015. 129: 18–29.
- Lal R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*. 2004. Vol. 123. 1-2, P.1–22. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.01.032
- Miao, S., Qiao, Y., Li, P., Han, X., Tang, C. Fallow associated with autumn-plough favors structure stability and storage of soil organic carbon compared to continuous maize cropping in Mollisols. *Plant Soil*. 2017. 416: 27–38.
- Olk, D. C. & Gregorich, E. G. Overview of the symposium proceedings “Meaningful pools in determining soil carbon and nitrogen dynamics”. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2006. 70: 967–974.
- Ovsepyan, L. et al. Conversion of cropland to natural vegetation boosts microbial and enzyme activities in soil. *Sci. Total Environ.* 2020. 743:140829 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140829>.
- Parton, W.J. Ecosystem model comparisons: science or fantasy world? In: Evaluation of Soil Organic Matter Models (eds D. S. Powlson, P. Smith & J. U. Smith). Springer-Verlag, Berlin. 1996. P.133–142.
- Poepflau, C. et al. Isolating organic carbon fractions with varying turnover rates in temperate agricultural soils – a comprehensive method comparison. *Soil Biol. Biochem.*125.P.10–26. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.06.025>
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.* 2004. 79: 7–31.
- Six, J., Conant, R.T., Paul, E.A., Paustian, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant Soil*. 2002. 241. P.155–176.
- Six, J., Elliot, E.T., Paustian, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol. Biochem.* 2000. 32. P.2099–2103.
- Stewart CE, Paustian K, Conant RT, Plante A, Six J. Soil carbon saturation: evaluation and corroboration by long-term incubations. *Soil Biol Biochem.* 2008. 40. P.1741–1750.
- Wang Yidong et al. Post-agricultural Restoration of Soil Organic Carbon Pools Across a Climate Gradient. *Catena*. 2021. Vol. 200. P. 105–138. doi: 10.1016/j.catena.2020.105138
- Xu, H.W.et al. Cropland abandonment altered grassland ecosystem carbon storage and allocation and soil carbon stability in the Loess Hilly Region. China. *Land Degrad.* 2020. Dev. 31. P.1001–1013.



## СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАРУБІЖНИХ ВЧЕНИХ ЩОДО МІКРОБНИХ УГРУПУВАНЬ В СТРУКТУРНИХ АГРЕГАТАХ ҐРУНТІВ

*О.О. Грошева, аспірантка<sup>1</sup>  
Державний біотехнологічний університет*

У цій статті розглядається сучасний стан знань зарубіжних вчених щодо мікробних угруповань ґрунтових агрегатів і визначаються можливості для розвитку глибшого розуміння ґрунтових екосистем на цьому рівні; наводиться концепція розуміння сукупних угруповань, які в процесі зволоження періодично взаємодіють між собою, забезпечуючи перенесення генетичного матеріалу, метаболітів і вірусів. Характеристика угруповань на рівні окремих агрегатів є важливою для розуміння того, як геологічні/геохімічні взаємодії та взаємодії між популяціями визначають структуру мікробних угруповань і колообіг поживних речовин у ґрунті.

Ґрунти та мікробні угруповання, що їх населяють, формують біологічну основу поживних ланцюгів, які підтримують наземне життя на нашій планеті, переробляючи поживні речовини, що сприяють зростанню первинних продуцентів, і забезпечуючи колообіг елементів у процесах утворення та деградації. Мікробні процеси у ґрунті лежать в основі перетворення органічних біогеохімічних побічних продуктів відмирання і розпаду з вищих трофічних рівнів назад у неорганічні форми вуглецю, азоту, фосфору та інших поживних речовин, які сприяють росту рослин. Таким чином, родючість ґрунту можна використовувати як показник здоров'я екосистеми [1], оскільки родючі ґрунти сприяють створенню біомаси на всіх трофічних рівнях. Використання цих процесів може допомогти задовольнити зростаючий попит на сільськогосподарську продуктивність і здоров'я екосистем, але для цього спочатку потрібно глибше зрозуміти функції ґрунтового мікробіому, включаючи фізичну, хімічну та просторову природу ґрунтової структури, а також характеристики життєдіяльності мікробних організмів у ній. Різноманітність ґрунтових мікробів у різних ландшафтах ускладнює прогнозування мікробіологічних процесів у ґрунті, але було доведено, що взаємозв'язок між структурою і функціями мікробних угруповань впливає на геохімічні цикли в широкому діапазоні середовищ [2]. Важливо, що динамічні фактори, які контролюють мікробний метаболізм у ґрунті, не охоплюються дослідженнями об'ємної фракції. Дослідження, які враховують просторову організацію ґрунтового середовища на мікронному рівні, допомагають нам краще зрозуміти контроль над біогеохімічними процесами у ґрунті.

На найбільших для мікробної біогеохімії просторових масштабах ґрунти складаються переважно з мікроагрегатів (<0,25 мм), які зв'язують органічний вуглець ґрунту і захищають його від ерозії, та макроагрегатів (0,25-2 мм), які обмежують дифузю кисню і регулюють водний потік [3]. Ці розміри особливо важливі для формування мікробних взаємодій, оскільки мікроорганізми займають особливі ніші в структурі агрегатів, причому активні мікроорганізми живуть як в середині, так і між частинками агрегатів [4]. Такі просторові взаємодії також мають вирішальне значення для передачі вірусів між мікробними популяціями, які, за прогнозами, впливають на структуру, функції, стабільність та еволюцію мікробних спільнот [5]. Складний взаємозв'язок між мінералогією та біологією починається

---

<sup>1</sup> Науковий керівник д-р с.-г. наук, проф. В. Дегтярьов



під час формування агрегатів і триває протягом усього життя ґрунту, стабілізуючи мікромасштабну архітектуру та керуючи геохімічним циклом у ґрунтовому середовищі [6].

### ***Огляд ґрунтових агрегатів.***

Ґрунти загалом можна розглядати як складну тривимірну структуру, що складається з агрегатів і порового простору [7]. Агрегати складаються зі скупчень мінеральних частинок і органічного вуглецю, в яких сили, що утримують частинки разом всередині агрегату, набагато сильніші, ніж сили між сусідніми агрегатами, що дозволяє структурам зберігатися під час зволоження і механічних руйнувань основної маси ґрунту [8]. Ці агрегати збираються разом в ієрархічному порядку, створюючи скупчення частинок і порожнин, які періодично з'єднуються під час зволоження, що, в свою чергу, створює перемінний потік води і поживних речовин, до яких мають доступ ґрунтові організми. Таким чином, особливості будови конкретного ґрунту впливають на взаємодію між рослинами, мікробами та ґрунтовою структурою.

Ґрунтові агрегати, що класифікуються як мікроагрегати (<0,25 мм) або макроагрегати (0,25-2 мм), формуються з глин, карбонатів та інших мінеральних частинок, отриманих з вивітрених гірських порід, і пов'язані між собою комбінацією електростатичних взаємодій та органічною речовиною [7]. Мікроагрегати можуть витримувати сильні механічні та фізико-хімічні навантаження, що дозволяє їм зберігатися в ґрунтах десятиліттями [9]. Дрібні мікроагрегати збираються у більші макроагрегати, які утримуються разом органо-мінеральними комплексами грибів, коріння або похідними органічними речовинами. Отримана структура, розподіл, уміст органічної речовини, а також форма і розмір каналів водного потоку, що проходять через агрегати і навколо них, формують базову одиницю взаємозв'язку між структурою і функцією в більшості ґрунтів [7].

Розподіл і відносна кількість мікро- і макроагрегатів також впливає на об'ємні властивості ґрунту, включаючи уміст органічного вуглецю, уміст води і наявність пустот. Внутрішня частина агрегатів може мати властивості, відмінні від властивостей структури, що її оточує [8]. Ці дрібномасштабні біотопи можуть відрізнятися за фізичною структурою пор, зв'язністю, геохімією та вмістом води, забезпечуючи просторово гетерогенні пустоти для мікроорганізмів, які вони можуть займати. Це, в свою чергу, може призвести до формування окремих мікробних угруповань, які перебувають під безпосереднім натиском цих абіотичних факторів і формуються під їх впливом, що призводить до відмінної метаболічної активності.

Асоціації з агрегатними структурами є скоріше правилом, ніж винятком. Значна частина (90 %) ґрунтових бактерій асоціюється з макроагрегатами, а більшість (70 %) живуть у мікроагрегатах. Клітини мають тенденцію до скупчення одна з одною, і зазвичай ґрунтовими мікробами колонізовано менше 1 % доступної площі поверхні ґрунту. Деякі клітини потрапляють у мінеральну структуру під час формування агрегату, тоді як інші колонізують зовнішню поверхню агрегату під час наступних етапів зволоження [7, 8, 10]. На пористість і зв'язність агрегатів впливає різноманітність бактерій і грибів, присутніх під час формування [6]. Утворена структура ґрунту, в свою чергу, створює зворотний зв'язок між середовищем існування і мешканцями, впливаючи на майбутню мікробіологічну активність [10].

Агрегати, таким чином, виступають функціональною одиницею ґрунтової екосистеми. Нові властивості, що виникають внаслідок мікробних взаємодій на цих рівнях, впливають на геохімію та колообіг елементів у ґрунтовому середовищі. Взаємодія між мікроорганізмами

може мати неоднаковий вплив на геохімічні цикли, так що їхні функціональні реакції на порушення в навколишньому середовищі є більшими, ніж сума окремих мікробних частин. Синергічна або конкурентна взаємодія між мікроорганізмами може впливати на метаболічні функції по відношенню до організмів, вирощених ізольовано [11]. Це явище добре відоме з досліджень ґрунтових відкладів і лабораторних культур, але менше відомо про те, як взаємодія мікробіоти впливає на нюанси геохімічного колообігу в структурованих середовищах, таких як ґрунтові агрегати. Специфічний контроль в динаміці цих, варіативно пов'язаних, ніш не може бути добре охарактеризований лише за допомогою вивчення ґрунтів.

### ***Вплив агрегатної структури на ґрунтову мікробіоту.***

Більшість досліджень ґрунтових мікробних угруповань на сьогоднішній день зосереджені на гомогенізованих зразках або ізолятах монокультур, але природні мікробні популяції існують у складних фізичних системах. Взаємодія між клітинами може значно змінити метаболізм угруповання і колообіг поживних речовин завдяки диференційованій експлуатації генів, зумовленій як геохімією, так і побічними продуктами життєдіяльності сусідніх мікроорганізмів [12]. Наприклад, симбіоз між ферментативними бактеріями та метаногенними мікробами дозволяє розщеплювати складні органічні молекули і сприяє колообігу вуглецю в ґрунтах. Одне метагеномне дослідження передбачило широке розповсюдження ферменту гідрогенази в ґрунтах, що свідчить про короточасне перенесення  $H_2$  між колоніями мікроорганізмів. Для здійснення синтетичного обміну клітини повинні знаходитися у тісному контакті одна з одною, а геохімічне середовище може різко змінюватися на тих самих коротких відстанях [12, 13]. З точки зору мікробів, відповідні масштаби відстаней, на яких відбуваються ці взаємодії, набагато менші, ніж ті, що охоплюються об'ємними зразками ґрунту.

Агрегати не тільки можуть стабілізувати мікробних представників і посилювати взаємодію в угрупованнях, а й агрегатні асоціації можуть також змінювати функціонування угруповань і мікробні ознаки через просторову обмеженість [13]. Дифузія газів і розчинених речовин у ґрунтах залежить від розмірів і об'єму пор, а також від зв'язності пор і водонасиченості. Ефективні коефіцієнти дифузії газів швидко зменшуються зі зменшенням розміру пор і збільшенням водонасичення. Швидкість дифузії розчинених речовин вища в насичених ґрунтах, але умови посухи можуть ефективно ізолювати мікроорганізми в порах від розчинених поживних речовин [14]. Таким чином, просторове обмеження може здійснювати важливий контроль над швидкістю колообігу поживних речовин в агрегатах, а супутні ознаки життєдіяльності мікроорганізмів та їх взаємодія є ключовими для розуміння метаболічних шляхів у більш широкому ґрунтовому просторі.

Функціональне різноманіття також варіює залежно від агрегатних структур. Наприклад, різні процеси колообігу азоту відбуваються в різних частинах мікроструктури ґрунту. Було виявлено, що нітрифікатори є найбільш поширеними і активними в мікроагрегатах розміром від 2 до 20 нм, тоді як азотфіксуючі бактерії були найбільш поширеними у фракції глини розміром 2 нм. В умовах висушування або екологічного стресу нітрифікатори зберігаються в захищеному внутрішньому просторі макроагрегатів, але у вологих умовах інтенсивність нітрифікації та денітрифікації в окремих макроагрегатах контролюється градієнтами розподілу кисню, причому початок денітрифікації залежить від кількості зовнішнього кисню, а також від розміру частинок агрегату [15, 16].

Структура агрегатів також контролює гідрологічну зв'язність ґрунтів [15]. Це, ймовірно, має глибокий вплив на мікробну спільноту, ізолюючи внутрішньоагрегатні угруповання одне від одного під час сухих періодів і дозволяючи транспортувати розчинені речовини, метаболіти, генетичний матеріал і вірусні частинки під час вологих періодів. Таким чином, внутрішньоагрегатні угруповання можуть діяти як автономні «мікробні поселення», які періодично з'єднуються для обміну поживними речовинами та передачі генома. Під час посушливих періодів кожне агрегатне угруповання може функціонувати незалежно у своєму локальному середовищі, здійснюючи колообіг елементів і вивільняючи поживні речовини через побічні продукти метаболізму резидентних організмів і лізуючих клітин. Розчинний вуглець мобілізується при зволоженні [16], забезпечуючи потік метаболітів, які можуть передавати нові функціональні можливості між угрупованнями.

Цикли переривчастого зв'язку між незалежними агрегатними угрупованнями ґрунту мають помітний вплив на екологію та еволюцію ґрунтових мікробіот. Плямисті мікробні угруповання можуть підтримувати більшу генетичну різноманітність, ніж можна було б очікувати в добре перемішаній популяції того ж розміру [11]. Більше того, цілі агрегатні угруповання можуть переміщуватися при порушенні ґрунту, що, можливо, полегшує перенесення генів між різними спільнотами в цьому процесі [16].

### ***Висновок.***

Ґрунти містять сукупність мінералів, води, поживних речовин, газів, коріння рослин, органічних речовин, що розкладаються, та мікроорганізмів, які працюють разом для створення колообігу поживних речовин і підтримують ріст наземних рослин. Більшість ґрунтових мікроорганізмів живуть у періодично взаємопов'язаних спільнотах, тісно пов'язаних з ґрунтовими агрегатами, тобто маленькими (2 мм), міцно зв'язаними скупченнями мінералів та органічного вуглецю, які зберігаються під час механічних руйнувань та зволоження. Їх просторова структура є важливою для біогеохімічного колообігу, і не можливо надійно передбачити біологічну активність та мінливість ґрунту, вивчаючи лише ґрунти загалом. Для повного розуміння біогеохімічних процесів, що відбуваються в ґрунтах, необхідно розуміти мікромасштабні взаємодії, які відбуваються між частинками ґрунту та їхніми мікробними мешканцями.

Біотичні та абіотичні взаємодії, найбільш важливі для впливу на геохімічні цикли в мікробіомі ґрунту, відбуваються на рівні ґрунтових агрегатних угруповань. Дослідження в основному масштабі не можуть розпізнати вплив локальних подій зволоження і висихання або взаємодію між мікробами в межах агрегатів і між ними. Майбутні зусилля з розвитку повного і прогностичного розуміння біогеохімії ґрунту повинні бути зосереджені на взаємозв'язках структура-функція на цьому рівні. Разом дослідження природних і штучно створених агрегатних угруповань можуть дати чіткіше уявлення про емерджентні властивості мікробних взаємодій з ґрунтовими процесами і геохімічними змінами, а отже, ефективніше використовувати ґрунти.

### **Бібліографічний список**

1. Ciric V, Manojlovic M, Nesic L, Belic M. 2012. Soil dry aggregate size distribution: effects of soil type and land use. *J Soil Sci Plant Nutr* 12:689 –703. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162012005000025>.
2. Graham EB, Knelman JE, Schindlbacher A, Siciliano S, Breulmann M, Yannarell A, Beman JM, Abell G, Philippot L, Prosser J, Foulquier A, Yuste JC, Glanville HC, Jones DL, Angel R, Salminen J,

- Newton RJ, Burgmann H, Ingram LJ, Hamer U, Siljanen HM, Peltoniemi K, Potthast K, Baneras L, Hartmann M, Banerjee S, Yu RQ, Nogaro G, Richter A, Koranda M, Castle SC, Goberna M, Song B, Chatterjee A, Nunes OC, Lopes AR, Cao Y, Kaisermann A, Hallin S, Strickland MS, Garcia-Pausas J, Barba J, Kang H, Isobe K, Papaspyrou S, Pastorelli R, Lagomarsino A, Lindstrom ES, Basiliko N, Nemergut DR. 2016. Microbes as engines of ecosystem function: when does community structure enhance predictions of ecosystem processes? *Front Microbiol* 7:214. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00214>.
3. Six J, Bossuyt H, Degryze S, Deneff K. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res* 79:7–31. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.008>.
  4. Ebrahimi A, Or D. 2016. Microbial community dynamics in soil aggregates shape biogeochemical gas fluxes from soil profiles—upscaling an aggregate biophysical model. *Glob Change Biol* 22:3141–3156. <https://doi.org/10.1111/gcb.13345>.
  5. Weitz JS, Wilhelm SW. 2012. Ocean viruses and their effects on microbial communities and biogeochemical cycles. *F1000 Biol Rep* 4:17. <https://doi.org/10.3410/B4-17>.
  6. Crawford JW, Deacon L, Grinev D, Harris JA, Ritz K, Singh BK, Young I. 2012. Microbial diversity affects self-organization of the soil-microbe system with consequences for function. *J R Soc Interface* 9:1302–1310. <https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0679>.
  7. Edwards AP, Bremner JM. 1967. Microaggregates in soils. *J Soil Sci* 18:64–73. <https://doi.org/10.1111/j.13652389.1967.tb01488.x>.
  8. Bravo AG, Zopf J, Buck M, Xu J, Bertilsson S, Schaefer JK, Pote J, Cosio C. 2018. Geobacteraceae are important members of mercury-methylating microbial communities of sediments impacted by waste water releases. *ISME J* 12:802–812. <https://doi.org/10.1038/s41396-017-0007-7>.
  9. Totsche KU, Amelung W, Gerzabek MH, Guggenberger G, Klumpp E, Knief C, Lehndorff E, Mikutta R, Peth S, Prechtel A, Ray N, Kögel-Knabner I. 2018. Microaggregates in soils. *J Plant Nutr Soil Sci* 181:104–136. <https://doi.org/10.1002/jpln.201600451>.
  10. Van Gestel M, Merckx R, Vlassak K. 1996. Spatial distribution of microbial biomass in microaggregates of a silty-loam soil and the relation with the resistance of microorganisms to soil drying. *Soil Biol Biochem* 28:503–510. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)00192-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00192-1).
  11. Rillig MC, Muller LA, Lehmann A. 2017. Soil aggregates as massively concurrent evolutionary incubators. *ISME J* 11:1943–1948. <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.56>.
  12. Huang P-M, Wang M-K, Chiu C-Y. 2005. Soil mineral–organic matter–microbe interactions: Impacts on biogeochemical processes and biodiversity in soils. *Pedobiologia* 49:609–635. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.06.006>.
  13. Watt M, Silk WK, Passioura JB. 2006. Rates of root and organism growth, soil conditions, and temporal and spatial development of the rhizosphere. *Ann Bot* 97:839–855. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl028>.
  14. Evans S, Dieckmann U, Franklin O, Kaiser C. 2016. Synergistic effects of diffusion and microbial physiology reproduce the Birch effect in a micro-scale model. *Soil Biol Biochem* 93:28–37. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.10.020>.
  15. Nishio M, Furusaka C. 1970. The distribution of nitrifying bacteria in soil aggregates. *Soil Sci Plant Nutr* 16:24–29. <https://doi.org/10.1080/00380768.1970.10432820>.
  16. Smith AP, Bond-Lamberty B, Benscoter BW, Tfaily MM, Hinkle CR, Liu C, Bailey VL. 2017. Shifts in pore connectivity from precipitation versus groundwater rewetting increases soil carbon loss after drought. *Nat Commun* 8:1335. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01320-x>.



**ДОКУЧАЄВСЬКА КАФЕДРА ҐРУНТОЗНАВСТВА:  
ІСТОРІЯ І СУЧАСНІСТЬ**

*Дегтярьов В.В., д-р с.-г. наук, професор  
Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна)*

Кафедру ґрунтознавства Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва було створено у 5 січня 1894 р. за ініціативи і під безпосереднім керівництвом засновника науки про ґрунт В. В. Докучаєва у Ново-Олександрійському інституті сільського і лісового господарства. Це була перша кафедра ґрунтознавства не тільки у царській Росії, до складу якої входила Україна, але й у світі. Аналізуючи майже 120-річну історію кафедри, слід зауважити, що головним напрямом, серцевиною її роботи було і є розумне поєднання навчальної, науково-дослідної роботи з виробництвом. На всіх етапах складної історії кінця ХІХ, особливо ХХ ст., кафедра була носієм першого (часто абсолютно нового) напрямку в розвитку ґрунтознавства. Цю методологію започаткував видатний учений, засновник науки про ґрунт В. В. Докучаєв. Першим її завідувачем (1894–1899 рр.), за наполяганням професора В.В. Докучаєва, став його учень М. М. Сибірцев. Перша у світі класифікація ґрунтів на генетичних принципах (класифікація Докучаєва – Сибірцева), перший у світі підручник «Почвоведение» та інші ґрунтово-картографічні і земельно-оцінні роботи залишили добру пам'ять про М. М. Сибірцева, який передчасно помер від тяжкої хвороби.

Становлення науки про ґрунт тривало довгі роки. В її основу В. В. Докучаєвим було покладено генетичну й еволюційну ідею про те, що ґрунт, по-перше, — це самостійне природне тіло; по-друге, природно-історичне тіло; по-третє, функція природного середовища (антропогенез був доповнений після В. В. Докучаєва). Ця докучаєвська тріада обумовлює розвиток ґрунтоутворного процесу, велику різноманітність ґрунтів світу, їх родючість. Теорія ґрунтоутворення, генетична класифікація ґрунтів, поняття про «тип» ґрунту, польова (морфологічна) діагностика і методи ґрунтової картографії, зональність ґрунтового покриву, карти ґрунтів європейської частини Росії, бонітування земель — усе це вперше було розроблено В. В. Докучаєвим і тепер використовується ґрунтознавцями різних країн світу.

У 1899–1911 рр. кафедру ґрунтознавства Ново-Олександрійського інституту сільського і лісового господарства очолив відомий ґрунтознавець академік К. Д. Глінка, який з 1894 р. завідував кафедрою мінералогії і геології, а з 1899 р. — одночасно і кафедрою ґрунтознавства. Він керував дослідженнями генези, географії та класифікації ґрунтів у період столипінських реформ 1906–1912 рр. (експедиції Переселенського товариства), які охопили близько 3 млн км<sup>2</sup> території Сибіру і Середньої Азії. Зібрані матеріали стали основою для видання згодом разом з академіком Л. І. Прасоловим оглядової карти ґрунтів азіатської частини СРСР.

К. Д. Глінка видав підручник з ґрунтознавства, який витримав шість видань, у тому числі й англійською мовою. Він розробив нову генетичну класифікацію ґрунтів світу і вперше обґрунтував п'ять типів ґрунтоутворення (підзолистий, болотний, степовий, солонцюватий, латеритний), які утворюють 25 типів ґрунтів; він перший у ґрунтознавстві звернув увагу (1911 р.) на розвиток профілю деяких ґрунтів шляхом обезмулювання верхніх горизонтів. Цей процес згодом (1956 р.) Ф. Дюшофур назвав «лесиважем» (lessive).

К. Д. Глінка був обраний (1927 р.) дійсним членом АН СРСР (він перший академік-грунтознавець), а також першим (за часом) президентом Міжнародного товариства грунтознавців світу (МТГ), що підтвердило високий світовий авторитет ученого-послідовника В.В. Докучаєва і тодішнього радянського грунтознавства в цілому.

Після залишення посади К. Д. Глінкою в 1911 р. завідування кафедрою перейшло до його асистента, згодом (1912 р.) ад'юнкт-професора В. П. Смирнова-Логінова, який запросив випускника Варшавського університету С. М. Муравлянського асистентом кафедри. В.П. Смирнов-Логінов продовжив викладання курсу лекцій з грунтознавства, розпочатий М. М. Сибірцевим і К. Д. Глінкою, та дослідження з розділу «Мінералогія ґрунтів», вивчення підзолистого процесу ґрунтоутворення і територіальних ґрунтових обстежень у межах Алтаю і Томської губернії, а С. М. Муравлянський досліджував питання характеристики твердої фази ґрунтів (гранулометричний склад, фізико-механічні властивості).

З початком Першої світової війни Ново-Олександрійський інститут сільського господарства було переведено до м. Харкова. Постановою Раднаркому УРСР від 26 березня 1921 р. цей інститут перейменовано на Харківський інститут сільського господарства і лісівництва, який розташувався в декількох приміщеннях міста. Кафедра грунтознавства розмістилася у приміщенні на вул. Дзержинського (тепер Мироносицька, 92).

Розпочався харківський етап історії кафедри грунтознавства. В. П. Смирнов-Логінов залишив кафедру у зв'язку з обранням його деканом сільськогосподарського факультету Тифліського політехнічного інституту, а згодом став завідувачем кафедри грунтознавства Тбіліського сільськогосподарського інституту, який було організовано на базі названого факультету.

Виконання обов'язків завідувача кафедри грунтознавства Харківського інституту сільського і лісового господарства було доручено С. М. Муравлянському, який на той час став професором.

З 1924 р. історія кафедри грунтознавства пов'язана з ім'ям академіка Олексія Никаноровича Соколовського — видатного вченого-грунтознавця, першого президента академії аграрних наук України, академіка АН УРСР і ВАСГНІЛ, ректора Харківського сільськогосподарського інституту імені В.В. Докучаєва (1944–1959 рр.), визначного організатора сільськогосподарської науки і виробництва. Він очолював кафедру грунтознавства з 1924 до 1959 рр. Але цьому етапу історії кафедри передувала доленосна ідея розвитку генетичного (докучаєвського) грунтознавства на теренах України, коли почала формуватися українська школа грунтознавства. Це особлива тема досліджень, яка висвітлена у наукових працях В. А. Вергунова, Г. С. Гріня, О. М. Грінченка, В. І. Канівця, Д. Г. Тихоненка. Необхідно зазначити, що для зародження потужної школи грунтознавства в Україні особливу роль у кінці XIX і початку XX ст. відіграли вчені-педагоги Петрівської землеробської академії, особливо В. Р. Вільямс і Д. М. Прянишников, а також Санкт-Петербурзького університету (К. К. Гедройц) і Ново-Олександрійського інституту сільського і лісового господарства на чолі з професором В. В. Докучаєвим, який організував другу експедицію (1888–1894 рр.) з вивчення земель території тодішньої Росії в Полтавській губернії (перша нижньгородська експедиція). За результатами експедиційних досліджень було проведено не тільки вивчення земель цієї території України і виконано земельно-оціночні роботи, але й опубліковано «Русский чернозем» В. В. Докучаєвим і покладено початок зародження нової науки про ґрунт — грунтознавства (1883 р.), відкрито кафедру грунтознавства (1894 р.). Докучаєвський етап у розвитку грунтознавства (В. В. Докучаєв, М. М. Сибірцев, К. Д. Глінка та ін.) змінився на теренах України у другій половині 20-

х рр. XX ст. «набокiхським».

О. І. Набокiх (1874–1920 рр.) — учень і опонент В. В. Докучаєва, вихованець Ново-Олександрiйського iнституту сiльського господарства і лiсiвництва, — працював у Новоросiйському (Одеському) унiверситетi, засновник глибокопрофiльного ґрунтознавства. У теперiшньому Одеському аграрному унiверситетi є єдиний у свiтi музей ґрунтiв з чотириметровими і глибше монолiтами ґрунтiв, вiдiбраними О. І. Набокiх. Учений вiв експедицiйнi дослідження ґрунтiв Харкiвської, Херсонської, Подiльської губернiй, вивчав ґрунти iнших територiй (Волинь, Кубань, Молдова, Грузiя, Батумi тощо). Він досліджував розвиток рiзних ґрунтiв, класифiкацiйну проблематику, природно-ландшафтнi комплекси, походження лiсiв тощо.

Школу ґрунтознавцiв О. І. Набокiх продовжили Г. Г. Махов (генеза, дiагностика, класифiкацiя, картографування, агроiнвентаризацiя ґрунтiв), В. І. Крокос (засновник палеопедологiї), А. Ф. Лебедев («Почвенные и ґрунтовыеводы», водно-фiзичнi характеристики ґрунтiв тощо).

Розвиток ґрунтознавства в Украiнi у 20-тi рр. XX ст. пов'язаний з Г. Г. Маховим, детальний життєвий шлях якого висвітлений професором В. А. Вергуновим. Г. Г. Махов — голова секцiї ґрунтознавства СГНК Украiни (1920–1927 рр.), організатор першого з'їзду ґрунтознавцiв Украiни (15–21 квітня 1923 р.), учасник першої сiльськогосподарської виставки у м. Москвi (19–21 жовтня 1923 р.), де демонструвалися вiдiбранi Г. Г. Маховим зразки ґрунтiв дослідних станцiй Украiни і складена ним карта ґрунтiв Украiни у масштабi 60 верст в англiйському дюймi, а також колекцiя ґрунтiв Украiни, яка була вiдiбрана Г. Г. Маховим та Д. Г. Вiленським і представлена на Першому мiжнародному конгресi ґрунтознавцiв у м. Вашингтонi (1924 р.). Разом із секцiєю ґрунтознавства Украiни, яку він очолював, Г. Г. Махов переїхав із м. Києва у м. Харкiв (11.02.1924 р.), а з 15.03.1924 до 28.10.1924 рр. виконував обов'язки завідувача кафедри ґрунтознавства Харкiвського iнституту сiльського господарства iменi Х. Раковського (нинi Харкiвський НАУ iменi В. В. Докучаєва).

У 1924 р. професором науково-дослiдної кафедри ґрунтознавства ХСПi було обрано О. Н. Соколовського — учня академикiв В. Р. Вiльямса і Д. М. Прянишникова (Петрiвська землеробська академiя, м. Москва).

Кафедра ґрунтознавства, яку очолював професор Г. Г. Махов, займалася навчально-методичною, а кафедра професора О. Н. Соколовського — науково-дослiдною роботою. Згодом була створена єдина кафедра ґрунтознавства, завідувачем якої став професор О. Н. Соколовський. На кафедрi, крiм О. Н. Соколовського, працювали професори Г. Г. Махов, Д. Г. Вiленський (пiзніше професор Московського державного унiверситету iменi М. В. Ломоносова, який видав у 1956 р. оригiнальний пiдручник «Почвоведение») і Є. М. Лавренко (геоботанiк, пiзніше академик АН СРСР). Г. Г. Махов, Д. Г. Вiленський, Є. М. Лавренко — видатнi дослідники природи і ґрунтiв не тiльки Украiни, а й iнших територiй Радянського Союзу.

Г. Г. Махов організував ряд експедицiй по Украiнi, у результатi яких створено карту ґрунтiв Украiни М 1 : 1000000, а також монографiю-пiдручник «ґрунти Украiни» (1930 р.), який надав друге дихання докучаєвським методам дослідження ґрунтiв (морфологiчнi ознаки як дiагностичний метод розпiзнавання ґрунтiв у природi та зв'язок ґрунтового покриву з елементами фiзико-географiчних умов ґрунтоутворення, особливо з рослинним свiтом), програма агроiнвентаризацiї земель.

Становлення і розвиток кафедри ґрунтознавства, починаючи з другої половини 20-

х рр. ХХ ст., тісно пов'язані з ім'ям академіка О. Н. Соколовського, який майже 35 років очолював кафедру ґрунтознавства. Це під його керівництвом створено наукову школу з агроґрунтознавства, яка отримала назви: «Наукова школа академіка Соколовського», потім «Харківська школа ґрунтознавців», «Українська школа ґрунтознавців».

Наукова тематика, якою керував О. Н. Соколовський, охоплювала такі важливі і тепер концептуальні питання ґрунтознавства: теорія походження легкорозчинних солей у ґрунтах (О. Н. Соколовський, Г. С. Гринь, А. Ф. Яровенко); галогенез лесової товщі України (Г. С. Гринь); розвиток змитих ґрунтів (С. С. Соколов); учення про активний і пасивний мул, гумус; колоїдно-хімічна технологія ґрунтів (О. Н. Соколовський, М. К. Крупський, Н. Б. Вернандер, М. І. Лактіонов, О. Я. Демідієнко); парадокс Соколовського – адсорбтивна ненасиченість лесів  $\text{Ca}^{2+}$  (О. Н. Соколовський) і кристалообмінний водень (Н. В. Дубовська); теорія і практика розрахунку доз унесення кальцію у ґрунти за допоглинанням (О. М. Грінченко); походження й окультурювання солонцюватих ґрунтів Середнього Придніпров'я (О. М. Грінченко, О. М. Можейко) і ґрунтів каштанового комплексу (О. Н. Соколовський, О. М. Можейко, В. Д. Кисіль); теорія окультурювання ґрунтів України і внесення вапна та гіпсу на чорноземних і торфових ґрунтах України (О. М. Грінченко, С. Т. Вознюк, І. А. Шелар); унесення малих (2 - 4 ц/га в рядки при посіві сільськогосподарських культур) доз гіпсу (О. М. Грінченко, В. О. Пелипець); культурний (антропогенний) процес ґрунтоутворення (О. М. Грінченко, Г. Я. Чесняк); польова діагностика ґрунтів України (Г. С. Гринь); номенклатурний список ґрунтів України та їх агровиробниче групування (Г. С. Гринь, Н. Б. Вернандер, О. М. Можейко, А. Ф. Яровенко, В. Д. Кисіль); методика великомасштабних ґрунтових обстежень і складання ґрунтових карт України (Г. С. Гринь, Н. Б. Вернандер, О. М. Можейко, В. Д. Кисіль, А. Ф. Яровенко); сільськогосподарська типологія земель (Г. С. Гринь, Н. М. Бреус, В. М. Тіщенко); криогенна теорія походження лесів і сольових акумуляцій (О. О. Киреєв).

На базі кафедри ґрунтознавства під керівництвом академіка О. Н. Соколовського було створено НДІ ґрунтознавства (1956 р.), який розміщувався на території кафедр ґрунтознавства, агрохімії, землеробства по вулиці Дзержинського, 92.

Успішно проведено великомасштабні дослідження ґрунтів України (1957–1961 рр.), під керівництвом академіка О. Н. Соколовського, складено ґрунтові карти і супроводжуючі їх матеріали різного масштабу і призначення, різко активізовано вивчення ґрунтового покриву України колишніми учасниками експедицій, вихованцями харківської школи ґрунтознавців: схилоче ґрунтоутворення в Лісостепу і Степу України (А. О. Георгі), колоїдно-хімічна характеристика гумусу чорноземів (М. І. Лактіонов), розвиток ґрунтів борових терас річок Лісостепу України (Д. Г. Тихоненко), лучні, болотні і торфові ґрунти, їх окультурювання (М. О. Горін, С. Т. Вознюк, Р. С. Трускавецький, Ю. Т. Коробченко), культурне (антропогенне) ґрунтоутворення різних природних зон світу: Полісся, Лісостеп, Степ, Тропіки Африки (В. Д. Муха), азотний фонд чорноземів (О. А. Чесняк), великомасштабне дослідження ґрунтів території Белгородської області (1962–1972 рр.) і складання карт ґрунтів колгоспів і радгоспів у масштабі 1 : 10000 з агровиробничими цілями (Д. Г. Тихоненко, А. О. Георгі, М. О. Горін); ґрунти Карпатського регіону (В. І. Канівець), галоморфні і подові ґрунти сухих степів (М. І. Полупан), реградовані ґрунти Лісостепу України (М. М. Шелякін), причини солонцюватості ґрунтів сухих степів України (А. Ф. Нестеренко), дослідження хімії гумусу різних ґрунтів (О. О. Бацула), придатність ґрунтів Донбасу під сади (В. А. Джамаль), зрошення і галогенез ґрунтів (П. І. Кукоба), розвиток чорноземів (В. А. Бистрий), мочарні ґрунти (А. І. Сулима, М. І. Полупан,



Є. В. Яровенко), агрогенетична характеристика ґрунтів України (О. П. Канаш), осолоділі ґрунти (Е. І. Яшинова), заплавні осолоділі ґрунти (Д. І. Ковалішин), агрогенетична характеристика та бонітування ґрунтів Казахстану (Б. П. Лобода, В. А. Бобров, В. С. Гусак), підвищення родючості ґрунтів Західної України (І. О. Коцюба), бонітування ґрунтів (В. П. Кузьмичов, А. І. Сірий).

Після смерті (25 квітня 1959 р.) академіка О. Н. Соколовського, завідувачем кафедри ґрунтознавства було призначено О. М. Грінченка — доктора сільськогосподарських наук, професора, заслуженого діяча науки УРСР, учня і послідовника О. Н. Соколовського. Він очолював кафедру 20 років (1959–1979 рр.), будучи ректором ХСПІ впродовж 1959–1969 рр.

Під керівництвом професора О. М. Грінченка на кафедрі продовжувалися дослідження ґрунтів України. Агрономічне ґрунтознавство, започатковане академіком О. Н. Соколовським, знайшло свій розвиток у роботах таких учених, як: Г. С. Гринь, А. Ф. Яровенко, В. Д. Кисіль, І. А. Шеларь, М. І. Лактіонов, Н. В. Дубовська, А. О. Георгі, Д. Г. Тихоненко, В. Д. Муха, О. А. Чесняк. Згодом докторами наук, професорами стали: А. Ф. Яровенко (1970 р.), М. І. Лактіонов (1978 р.), В. Д. Муха (1982 р.), Д. Г. Тихоненко (1984 р.), а кандидатами наук — колишні аспіранти кафедри: Л. І. Васильєва, М. О. Горін, І. Ф. Павленко, Ю. Т. Коробченко, Л. П. Кроткевич, В. С. Тарара, Л. М. Колесніков, В. Ф. Іванов, Н. П. Ніконов, О. П. Кірія, ШармаСурендер (Індія), Гарба Закарі (Нігер) та ін.

На кафедрі ґрунтознавства велася велика методична робота з підготовки молодих спеціалістів для сільського господарства країни. Кафедра готувала студентів II, III курсів факультетів агрохімії і ґрунтознавства, захисту рослин, агрономічного, економічного, інженерів землевпорядкування, інженерів лісового господарства; було підготовлено більше 100 магістрів для 76 країн світу.

У 1977 р. ХСПІ перебазувався на нове місце — землі навчально-дослідного господарства «Комуніст» (з 2004 р. — «Докучаєвське»). Кафедра розмістилася в навчальному корпусі № 4 на двох перших поверхах, де має чотири навчальні лабораторії, дві лекційні, дві вагові кімнати, кабінет-музей геології і мінералогії, кабінет-музей лабораторії генезису і картографії ґрунтів, який нараховує більше 150 монолітів ґрунтів від одного до трьох метрів глибиною, що були відібрані під час навчальної практики студентами III курсу факультету агрохімії і ґрунтознавства під керівництвом Д. Г. Тихоненка, А. О. Георгі, а потім — М. О. Горіна у 1962–1972 рр.

У 1979 р. кафедру очолив Микола Ілліч Лактіонов — доктор сільськогосподарських наук, професор, учень академіка О. Н. Соколовського. Він завідував кафедрою з 1979 до 2005 рр., будучи проректором з навчальної роботи ХДАУ імені В. В. Докучаєва в 1969–1993 рр. і його ректором у 1993–1996 рр. У цей час кафедра продовжувала традиції, які склалися в попередні роки її функціонування. Основою наукового кредо професора М. І. Лактіонова було те, що він розглядав органічну частину ґрунту не як певну «органічну речовину», а як складний і динамічний за хімічним складом комплекс органо-мінеральних сполук зі стійкими властивостями. Ґрунтуючись на цьому, він використовував наявні й створював власні методи досліджень, спрямовані на вивчення властивостей, а не варіабельного складу гумусу.

З 2005 р. на посаду завідувача кафедри ґрунтознавства за конкурсом було обрано Дмитра Гртгоровича Тихоненка — доктора сільськогосподарських наук, професора, який працював деканом факультету агрохімії і ґрунтознавства в 1972–1996 рр., а з 1996 р. і до 2009 р. проректором з навчальної роботи Харківського НАУ імені В. В. Докучаєва.

У той час на кафедрі працювали чотири професори (Д. Г. Тихоненко, М. І. Лактіонов

— доктори сільськогосподарських наук, М. О. Горін — доктор біологічних наук, С. Ю. Булигін — член-кореспондент УААН); шість доцентів (В. В. Дегтярьов — декан факультету агрохімії і ґрунтознавства, В. С. Тарара, Л. Л. Величко, К. Б. Новосад, О. М. Казюта, О. Ю. Чекар); викладач (В. С. Тіщенко — кандидат сільськогосподарських наук); асистент (С. В. Крохін); три старших лаборанти (В. О. Малюга — матеріально відповідальна; Н. П. Булат; Г. М. Чередниченко, лаборант — О. С. Яременко).

З 2012 року кафедру очолює доктор сільськогосподарських наук, професор Василь Володимирович Дегтярьов, який працював заступником проректора з заочної освіти в 1993-2001 рр., деканом факультету агрохімії і ґрунтознавства в 2001-2013 рр., першим проректором Харківського НАУ імені В. В. Докучаєва 2013-2016 рр. У 2010 році професором В. В. Дегтярьовим захищена докторська дисертація на тему: «Колоїдно-хімічна характеристика гумусово-аккумулятивного ґрунтоутворення і родючості природних й агрогенних чорноземів лівобережного Лісостепу та Степу України».

З 2005 р. на кафедрі діє науково-виробнича лабораторія з охорони ґрунтів, науковим керівником були професор С. Ю. Булигін, проф. Дегтярьов В.В., а завідувачами — магістр С. В. Калюга (2005–2007), аспірант Д. В. Гавва (2007–2009), доцент кафедри ґрунтознавства С. В. Крохін, а 2012 року – аспірант Дегтярьов Ю.В.

Викладачі кафедри проводять заняття зі студентами всіх факультетів агроуніверситету з таких дисциплін: «Геологія з основами мінералогії», «Ґрунтова мікробіологія», «Ґрунтознавство загальне», «Ґрунтознавство часткове», «Ґрунтознавство з основами геології», «Ґрунти світу», «Ґрунтова картографія», «Екологічне ґрунтознавство», «Охорона ґрунтів», «Біогеохімія ґрунтового покриву», за якими викладачами кафедри за останні десять років видані такі підручники і посібники: «Картографія ґрунтів» (Д. Г. Тихоненко і співавтори), «Геологія з основами мінералогії» (Д. Г. Тихоненко і співавтори), «Ґрунтознавство» (Д. Г. Тихоненко і співавтори), «Мікробіологія ґрунтів» (Д. Г. Тихоненко і співавтори), «Лабораторний практикум з ґрунтознавства» (М. І. Лактіонов і співавтори), «Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості» (за ред. д-рів с.-г. н., проф. В. О. Забалуєва та В. В. Дегтярьова). Викладачі кафедри видали близько 20 навчально-методичних рекомендацій з питань ведення самостійної та індивідуальної роботи студентів, курсового і дипломного проектування тощо. Навчальна робота традиційно тісно пов'язана з науковою.

У науковій роботі беруть участь усі викладачі кафедри, аспіранти, магістри і студенти II-V курсів на ініціативній (безоплатній) основі, виконуючи наукові дослідження за державною науково-технічною програмою «Збалансоване використання та відтворення родючості ґрунтів в умовах глобальних змін клімату». Наукову кафедральну програму спрямовано на реалізацію державної політики в галузі охорони земель і відтворення родючості ґрунтів Полісся і Лісостепу України різного походження.

В останні десятиріччя ґрунтовий покрив України зазнав значного антропогенного навантаження, унаслідок чого відбулися деградаційні зміни, що призвели до зниження кількості поживних речовин і гумусу, підвищення кислотності, руйнування структури, переущільнення орного шару, розвитку водно-ерозійних процесів, хемогенного забруднення ґрунтів, і в кінцевому підсумку до зниження родючості земель. У зв'язку із цим викладачі кафедри включилися у виконання державних наукових розробок з підвищення родючості ґрунтів, їх агровиробничої характеристики і класифікації.

За останні роки оновилися і зміцнилися наукові контакти кафедри ґрунтознавства з колегами із різних країн далекого та ближнього зарубіжжя. Особливо плідною стала

співпраця (у тому числі у рамках договорів про творчу співпрацю) з кафедрами ґрунтознавства таких установ країн СНД:

- у Казахстані — НАО «Національний аграрно-освітній центр» ТОО «Казахський науково-дослідний інститут ґрунтознавства і агрохімії імені У.У.Успанова», генеральний директор, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік АСГН РК, член-кореспондент НАН РК А.С.Сапаров;

- у Молдові — Молдавський НДІ імені М. О. Дімо, Молдавський державний університет, професор, кандидат сільськогосподарських наук, кандидат філософських наук Г. Я. Стасьєв; Молдавський СГІ імені М. В. Фрунзе, професор, доктор сільськогосподарських наук, академік В. Г. Унгуряну;

- у Грузії — Грузинський державний аграрний університет, професор, доктор сільськогосподарських наук Т. Ф. Урушадзе; Грузинський державний університет імені І. Чавчавадзе, професор, доктор біологічних наук В. Г. Лежава.

- в Естонії — Естонська сільськогосподарська академія (м. Тарту), професор, доктор біологічних наук Л. Ю. Рейнтам, а також іншій країні ЄС:

- у Болгарії — Науково-дослідний інститут виноградарства і виноробства (м. Плевен), доктор Іван Пачев.

Поглиблено польсько-українську співпрацю в рамках європроєкту «Роль науки у формуванні та професійному удосконаленні дорадчих кадрів». Польським колегам (Вармінсько-Мазурський університет) зроблено пропозиції щодо виробництва екобезпечної продовольчої продукції і розробки сумісно з Інститутом добрив і ґрунтознавства у Пулавах проєкту «Перша у світі кафедра ґрунтознавства».

У 2021 році кафедра ґрунтознавства, як структурний підрозділ, перейшла у підпорядкування Державного біотехнологічного університету, який створено внаслідок реорганізації Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва, Харківської державної зооветеринарної академії та Харківського державного університету харчування та торгівлі згідно з розпорядженням КМУ № 431-р від 12.05 2021 р.

Сьогодні на кафедрі працюють доктор сільськогосподарських наук, професор В. В. Дегтярьов, доценти, кандидати сільськогосподарських наук Новосад К. Б., Крохін С. В., Казюта О. М., Чекар О. Ю., Казюта А. О., Гавва Д. В., Дегтярьов Ю. В. Докторантом кафедри є Жернова О.С., аспірантами Ковалжи Н.І., Грошева О.О., Швець О.М., Щербаков О.Ю.

Наукові дослідження, що проводяться на кафедрі ґрунтознавства із залученням студентів та аспірантів, продовжують наповнювати державну базу даних про ґрунтово-земельні ресурси України як головне багатство нашої держави, їх еколого-генетичні та агровиробничі властивості, екологічні режими, сучасний стан, оцінювальні параметри, чого потребує практика ґрунтового картографування та землеоцінювання, актуалізованого кризовими явищами у світовій економіці.



## ДИНАМІКА СПІВВІДНОШЕННЯ ВОДОРОЗЧИННИХ СОЛЕЙ КАЛЬЦІУ ДО НАТРІУ У ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ ПІД ЧАС КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ

*Ю. В. Дегтярьов кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ґрунтознавства  
Державний біотехнологічний університет*

### **Актуальність.**

Найбільш небезпечними явищами зрошуваних ґрунтів є засолення і осолонцювання, як наслідок підвищеного вмісту водорозчинних солей у складі водної витяжки та поглинутого натрію і калію в складі ґрунтового поглинального комплексу [1]. Вторинна солонцюватість ґрунтів виникає внаслідок входження натрію та калію в ґрунтовбирний комплекс під час зрошення. Саме перевага іонів натрію і калію над іонами кальцію сприяє пептизації мулу, гідрофільності, трансформації і деградації мінеральної і органічної частин ґрунту. Ступінь вторинної солонцюватості впливає і на врожайність сільськогосподарських культур. Слабкий її ступінь знижує врожайність культур на 15-20 %, середній — на 20–30, сильний — на 40–50 % і більше [1].

Інтенсивність засолення і осолонцювання визначається якістю поливних вод (мінералізацією та відношенням кальцію до натрію), вихідними властивостями ґрунтів, глибиною залягання та мінералізацією підґрунтових вод [1]. Солонцевий процес за локального зволоження розвивається повільно в автоморфних ґрунтах і посилюється за умови вторинного гідроморфізму. Найвищі темпи осолонцювання мають ґрунти за використання обмежено придатної поливної води та близького залягання підґрунтових вод. Стадійність процесу сорбції натрію в зрошуваних ґрунтах розпочинається з активного поглинання в перші 2–3 роки зрошення, потім уповільнення і через 3–5 років — досягнення квазістаціонарного стану [2]. Тривалість зрошення позначається і на просуванні процесів засолення і осолонцювання в глиб ґрунтового профілю.

Недооцінювання можливого негативного впливу краплинного зрошення на властивості ґрунтів у зв'язку з невеликими нормами зрошення в порівнянні з традиційними способами та локальним характером зволоження ґрунтів не робить дослідження із цього питання актуальними. Однак із локальним характером зволоження і значно більшими питомими об'ємами водоподачі на зволожувану частину поверхні ґрунтів і пов'язана потенційна небезпека негативного впливу краплинного зрошення на ґрунти.

Через нестачу вологи та нерівномірний її розподіл у період вегетації рослин зрошення є одним із головних чинників сталого ведення землеробства. Водночас, додаткова кількість вологи та солей, що надходять у ґрунт зі зрошувальною водою, спричиняють трансформацію його водного й сольового режимів, унаслідок чого змінюється вміст солей та їх іонний склад у ґрунтовому розчині, що сприяє процесу іригаційного (вторинного) осолонцювання ґрунтів. Цей процес розвивається, якщо в зрошувальній воді відношення кальцію до натрію (Ca : Na) менше, а активності іонів натрію до активності іонів кальцію більше, ніж у ґрунтовому розчині [3]. Загальний механізм осолонцювання зрошуваних ґрунтів та властивості солонцевих ґрунтів доволі повно описані багатьма вітчизняними авторами [4]. Одним з основних способів обмеження розвитку осолонцювання та відновлення родючості солонцюватих ґрунтів є їх хімічна меліорація шляхом внесення в ґрунт кальцієвмісних меліорантів. Їх застосування забезпечує підвищення вмісту кальцію в ґрунтово-вбирному комплексі та ґрунтовому розчині, що перешкоджає розвитку вторинного осолонцювання ґрунтів, сприяє поліпшенню фізичних, фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунту, відновленню, збереженню і підвищенню його родючості.

*Мета роботи* — дослідити вплив крапельного зрошення на зміну співвідношення водорозчинних солей катіонів кальцію до натрію в чорноземі типовому за різних систем удобрення.

***Об'єкт дослідження.***

Для проведення досліджень на полі, де вирощується суниця садова з 2017 р., були обрані такі варіанти (кожний варіант містить 4 рядки):

- 1 варіант — контроль (без добрив).
- 2 варіант — мінеральна система (N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>).
- 3 варіант — органо-мінеральна система (N<sub>64</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>+гній 50 т/га).
- 4 варіант — органічна система (гній 50 т/га).

Додатковими варіантами для проведення досліджень із 2020 р. було обрано:

- 5 варіант (ячмінь) — поле польової сівозміни (понад 100 р.) без застосування зрошення.
- 6 варіант (переліг) — трав'яна рослинність, віком понад 70 років.

Дослід під суницю садову сорту «Роксана» закладено восени 2017 р. на площі 0,3 га. Посадку здійснювали за гребеневою технологією із застосуванням мульчувальної плівки та крапельного зрошення. Попередником для суниці був чорний пар.

У досліді для удобрення використовували нітроамофоску N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub> та напівперепрілий гній. Посадку суниці проводили в шаховому зсунутому порядку у дві стрічки з відстанню між рослинами 25 см із міжряддями 130 см. Полив здійснювали за потребою для забезпечення постійної вологості ґрунту в межах 75 %, яку вимірювали польовим вологоміром. Технологією системи вирощування передбачено застосування хімічних засобів захисту рослин проти шкідливих організмів та некореневого підживлення у фазу цвітіння.

Хімічні показники досліджували в зразках чорнозему типового, які були відібрані з поверхневого шару ґрунту — гребінь (у досліді з вирощуванням суниці садової), а далі через кожні 10 см до глибини 50 см у зазначених варіантах досліді.

Ґрунт дослідних варіантів представлено чорноземом типовим глибоким середньогумусним важкосуглинковим на лесовидному суглинку.

*Методика дослідження.* Дослідження проводили польовим та лабораторними методами в межах Лівобережжя Лісостепової зони України, на території навчально-науково-виробничого центру «Дослідне поле» Державного біотехнологічного університету.

Для аналітичних досліджень відбирали з генетичний горизонтів (за 10-сантиметровими шарами) чорноземів індивідуальні зразки за загальноприйнятими методиками. З індивідуальних зразків готували середні проби.

Аналітичні дослідження ґрунтових зразків проводили за такою методикою:

– вміст водорозчинних солей катіонів кальцію та натрію в співвідношенні ґрунт : дистильована вода — 1 : 1 (за допомогою іономірів HORIBA LAQUAtwin Na-11 (Na<sup>+</sup>); Ca-11 (Ca<sup>2+</sup>)).

***Методика визначення хімічних показників (вмісту водорозчинних солей катіонів у ґрунтовій пасті).***

Із відібраних ґрунтових зразків методом квартування відбирали середні змішані зразки для проведення аналізу. Після цього просіювали середні змішані зразки крізь сито з Ø 1 мм. Ґрунт який не просіявся крізь сито подрібнювали в ступці. Просіювали та подрібнювали в такий спосіб, увесь змішаний зразок. Піщані фракції, які не просіялися крізь

сито, додавали до зразка. Зразки ґрунту з кожного горизонту поміщали в пакети для зберігання.

Ґрунтову пасту (1 : 1) готували шляхом змішування 10 г повітряно-сухого ґрунту з 10 мл дистильованої води в поліпропіленовій ємності, інтенсивно перемішують протягом 2-х хвилин за допомогою скляної палички й залишали на добу для відстоювання та насичення ґрунтового-водної пасти. За допомогою іономірів HORIBA LAQUAtwin Na-11 ( $\text{Na}^+$ ) та Ca-11 ( $\text{Ca}^{2+}$ ) проводили визначення хімічних показників. Ґрунтову пасту поміщали на датчик приладів після попереднього їх калібрування стандартними розчинами. Аналізи виконували в трикратній-п'ятикратній повторності. Щоб розрахувати реальну концентрацію поживної речовини в ґрунті для іонів множили показник отриманий з іономірів на коефіцієнт розведення ( $\times 2$ ).

### ***Результати дослідження.***

Насамперед, нами було визначено вміст водорозчинних солей катіонів кальцію та натрію у воді, яка використовується для проведення зрошення.

У результаті вимірів з'ясовано, що вода, якою проводиться зрошення, має порівняно небагато водорозчинних солей кальцію — 130 ppm, але більше водорозчинних солей натрію — 230 ppm (співвідношення Ca : Na складає майже 1 : 1,8).

Отже, можемо констатувати той факт, що підвищений вміст у воді для зрошення кількості водорозчинних солей натрію може призводити до засолення ґрунтів та збільшення його кількості в досліджуваній товщі ґрунту протягом періоду досліджень (2018–2020 рр.).

Уміст водорозчинних солей та розрахунок співвідношення Ca : Na проводили протягом трьох років.

Так, у 2018 р. співвідношення Ca : Na на контрольному варіанті зрошення незначно зростає від гребеневої частини до глибини 20–30 см із 0,6 до 1,3. Потім показник збільшується до 4,0, а на глибині 40–50 см складає 8,5. 2019 р. досліджень суттєвих змін практично не відбувається до глибини 30–40 см, де співвідношення кальцію до натрію збільшується на 0,4–0,8 в порівнянні із попереднім роком дослідження. Навпаки зменшення Ca : Na відбувається 2020 р., де співвідношення зменшується практично за всією досліджуваною товщею у 2–3 рази.

Варіант із застосуванням мінеральних добрив характеризується незначним коливанням співвідношення Ca : Na до глибини 30–40 см 2018 р. (1,0–2,3), а далі показник різко збільшується до 10,0. Це свідчить про суттєве переважання кальцію над натрієм на глибині 40–50 см. Деяке підвищення на 2,0 співвідношення виявлено у 2019 р. у гребеневій частині у порівнянні із 2018 р., а інші цифри відрізняються не більше ніж на одиницю. Більше ніж у 2 рази до значень 4,6 зменшується кількість кальцію відносно натрію на глибині 40–50 см. Практично в 5 разів менше, на цій же глибині, 2020 р. співвідношення Ca : Na порівняно з початковими даними отриманим 2018 р. За всією досліджуваною товщею значення Ca : Na варіюється від 0,5 до максимум 1,8.

За органо-мінеральної системи удобрення не виявлено суттєвого коливання співвідношення Ca : Na за всією досліджуваною товщею 2018 р. Тільки на одиницю менше значення отримано в товщі 0–10 см ґрунту, що складає 1,3. Аналогічна ситуація складається і 2019 р. з єдиною різницею в шарі 40–50 см, де відбувається підвищення вмісту кальцію та зниження вмісту солей натрію у результаті чого співвідношення складає 12,6. Зниження співвідношення до максимум 1,0 у гребеневій частині та 1,4 — у шарі 40–50 см характерно для третього року вирощування суниці (2020 р.). У всіх інших шарах ґрунту співвідношення

Ca : Na складає 0,5–0,7, що свідчить про переважання кількості водорозчинних солей іонів натрію над іонами кальцію.

Співвідношення 2,0–2,2 характерно для гребеневої частини досліджуваного ґрунту за органічної системи удобрення та 0–10 сантиметрового шару 2018 р. У наступних трьох виділених шарах від 10 до 40 см спостерігається збільшення співвідношення у 2–3 рази до 5,0–6,2. Суттєву зміна Ca : Na виявлено у 40–50 сантиметровому шарі ґрунту до значення 23,3. Це відбувається завдяки тому, що значення вмісту натрію із глибиною знижуються, а кальцію — навпаки наростають. Деяке зниження за роками досліджень також прослідковується як 2019 р., так і 2020 р. Так, на другий рік співвідношення Ca : Na коливається в межах 0,9–2,8, а на третій — від 0,5 до максимум 1,1 за всією досліджуваною товщею ґрунту.

На варіантах без проведення зрошення та перелозі співвідношення кальцію до натрію в рази більше — від 22,0 до 60,0. Так відбувається тому, що кількість катіонів натрію на досліджуваних ділянках незначна (6–12 ppm), а кількість катіонів кальцію в рази перевищує значення натрію (200–380 ppm). Звідси, відповідно й отримуємо розрахований показник.

Серед усіх представлених варіантів із проведенням краплинного зрошення виділяється тільки одне найбільше значення щодо співвідношення Ca : Na у шарі 40–50 см варіанту органічної системи удобрення 2018 р. — 23,3. Посередніми показниками характеризуються нижні товщі ґрунтів 40–50 см варіанту контролю — 8,5, мінеральної системи — 10,0 2018 р. досліджень та аналогічна товща ґрунту варіанту органо-мінеральної системи 2019 р.

За динамікою отриманих розрахункових значень можемо констатувати про деяку неоднозначність, що виявляється в зменшенні, або підвищенні співвідношення Ca : Na 2019 р. досліджень порівняно із 2018 р. Отримані дані 2020 р. беззаперечно вказують на факт щодо зменшення співвідношення кількості водорозчинних солей кальцію порівняно із кількістю натрію. Співвідношення на третій рік дослідження є найменшим, що, в свою чергу, говорить про поступове збільшення в ґрунті кількості водорозчинних солей натрію та зменшення кількості водорозчинних солей кальцію. Ці дані свідчать про поступове засолення ґрунтів натрієм.

Також, можемо констатувати, що 2018 р. досліджень вміст водорозчинних солей кальцію переважав над вмістом натрію практично на всіх глибинах кожного варіанту зрошення. 2019 р. співвідношення деякою мірою або підвищилися, або зменшилися. А, от 2020 р. кількість водорозчинних солей кальцію суттєво скоротилася, а кількість солей натрію була вищою, що, в свою чергу, позначилося на співвідношенні кальцію до натрію.

### ***Висновок.***

За динамікою отриманих значень протягом трьох років досліджень щодо вмісту водорозчинних солей натрію та кальцію можемо констатувати, що вміст натрію поступово збільшується у всіх варіантах дослідження, а кількість кальцію навпаки зменшується. У результаті чого співвідношення Ca : Na зменшується. Отже, застосування зрошення протягом трьох років веде до помітної трансформації вмісту водорозчинних солей у чорноземі типовому на всіх варіантах досліджень.

Порівняння варіантів із застосуванням краплинного зрошення та без нього показує, що краплинне зрошення під час вирощування суниці сприяє помітному збільшенню вмісту водорозчинних солей натрію та зменшенню вмісту водорозчинних солей кальцію в чорноземі типовому на всіх варіантах досліджень протягом 2018–2020 рр. Причиною цього є

зрошення мінералізованими водами, що підтверджується проведенням додаткового аналізу вмісту розчинних солей поливної води, де вміст натрію (230 ppm) переважав над вмістом кальцію (130 ppm).

### ***Бібліографічний список***

1. Наукові основи охорони і раціонального використання зрошуваних земель України. За ред. В.А. Сташука, С.А. Балюка, М.І. Ромащенко. Київ: Аграрна наука. 2009. 624 с.
2. Балюк С.А., Носоненко О.А. Класифікація зрошуваних ґрунтів України за ступенем засолення, осолонцювання та лужності. *Ґрунтознавство*. 2008. Т. 9. № 3-4. С. 27–32.
3. Примак І.Д., Манько Ю.П., Рідей Н.М. Екологічні проблеми землеробства. Київ: Центр учбової літератури. 2010. 456 с.
4. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. Київ: Видавництво «Світ». 2000. 114 с.



## **ВПЛИВ ЧАСТКИ СОНЯШНИКУ НА ЦЕЛЮЛОЗОЛІТИЧНУ АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО**

*З. О. Дегтярьова, аспірант, Державний біотехнологічний університет*

Ґрунтові мікроорганізми відіграють ключову роль у збереженні та відновленні родючості ґрунту. Рослинні рештки поліпшують морфологічні та генетичні властивості чорнозему. Їх кількість безпосередньо пов'язана з дією абіотичних факторів ґрунтового середовища: температурою, вологістю, забезпеченістю поживними речовинами [1]. Це відбувається завдяки мінералізації органічних речовин в доступні для рослин поживні речовини. Тому важливо підтримувати високу мікробіологічну активність ґрунту [2; 3]. Період біологічної активності ґрунту може бути подовжений за рахунок оптимального агрофізичного стану орного шару ґрунту та наявності шару мульчі на поверхні ґрунту. При цьому вологість ґрунту не повинна бути нижчою за вологу в'янення [4]. Це особливо важливо для найбільш посушливого періоду року в Україні (липень–серпень).

Целюлозолітична активність є індикатором біологічної активності ґрунту [5; 6; 7]. Розкладаючи целюлозу, мікроорганізми виділяють у навколишнє середовище ферменти, які сприяють утворенню гумінових речовин та формуванню структурних агрегатів. Чим інтенсивніший цей процес, тим швидше відбувається кругообіг елементів, і тим краще рослини забезпечуються поживними речовинами [8; 9; 10; 11]. Значний вплив на целюлозолітичну активність мають сівозміна, попередники та технології вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі соняшнику [12]. Зі збільшенням інтенсивності розвитку мікроорганізмів зростає продуктивність культур, накопичується органічна речовина в ґрунті, поліпшуються його фізико-хімічні властивості та родючість [5]. Доступна вологість ґрунту має важливе значення для розвитку мікроорганізмів.

На сьогоднішній день проблема взаємозв'язку між сільськогосподарськими культурами та ґрунтовими мікроорганізмами є недостатньо вивченою. Особливо



актуальності вона набуває у зв'язку зі змінами погодно-кліматичних умов. Метою даного дослідження було визначити вплив короткоротаційних сівозмін з різною часткою соняшнику на інтенсивність розкладання целюлози у ґрунті.

Дослідження з визначення целюлозолітичної активності ґрунту проводили у 2021 р. на дослідному полі кафедри землеробства ім. О. М. Можейка Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва (нині Державний біотехнологічний університет). Розмір посівної ділянки – 750 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>. Досліджували варіанти короткоротаційних (5-пільних) сівозмін з різною часткою соняшнику в структурі посівних площ (табл. 1). Контролем у досліді була п'ятипільна сівозмінна без соняшнику. Гібрид соняшнику – Cruiser LG59580.

Таблиця 1– Структура посівних площ у сівозміні, %.

Горох	Пшениця озима	Кукурудза	Жито озиме	Чистий пар	Соняшник
20	20	20	20	–	<b>20</b>
20	20	–	20	–	<b>40</b>
–	20	–	20	–	<b>60</b>
–	20	40	20	20	<b>0</b>

Активність ґрунтових мікроорганізмів визначали методом, що базується на інтенсивності розкладу лляного полотна. Це досить точний метод, яким можна визначити вплив соняшнику на інтенсивність розкладання рослинних решток у ґрунті [13; 14]. Вологість ґрунту визначали гравіметричним методом [29].

Завдяки сприятливому поєднанню вмісту вологи у ґрунті та наявності достатніх запасів енергетичного матеріалу, умови для діяльності мікробіому були оптимальними на всіх досліджуваних варіантах (табл. 2).

Ділянки сівозміни з насиченістю соняшником від 20 до 40 % мали середню інтенсивність розкладання целюлози зі збільшенням глибини ґрунту. Найвища целюлозолітична активність ґрунту спостерігалась при насиченості сівозмін соняшником 60 %. Найнижчим цей показник був у сівозміні без соняшнику. На цьому варіанті максимальна целюлозолітична активність ґрунту (14,6 %) зафіксована в нижньому (20–30 см) шарі, а в шарах 0–10 і 10–20 см цей показник знизився до 4,8 і 11,3 %.

Таблиця 2 – Інтенсивність розкладу целюлози, % до початкової маси

Частка соняшнику в сівозміні	Шар ґрунту, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
20 %	8,2	30,2	53,1	30,5
40 %	41,4	44,4	46,9	44,1
60 %	43,3	46,5	66,4	52,1
0 % (контроль)	4,8	11,3	14,6	10,2
НІР <sub>0,95</sub>	1,2			

Найвища трансформація рослинних решток (66,4 %) зафіксована в шарі ґрунту 20–30 см на ділянці з сівозміною, де частка соняшнику складала 60 %. За 45 діб зменшення маси тканини до початкової в шарах ґрунту 0–10 і 10–20 см становило 43,3 і 46,5 %. У полі сівозміни з 20 %-м насиченням соняшником інтенсивність розкладання целюлози зростала

від дуже слабкої (4,8 %) у шарі ґрунту 0–10 см, слабкої (11,3 %) у шарі 10–20 см до середньої (53,1 %) у шарі ґрунту 20–30 см.

Як зазначалося вище, запаси вологи відіграють важливу роль у целюлозолітичній активності ґрунту. Поле сівозміни з 20 % насиченням сояшником у шарі ґрунту 0–30 см містило максимум вологи (17,2 %). Деяко гірший результат спостерігався на варіанті сівозміни без сояшнику (табл. 3). В цьому варіанті орний шар ґрунту був забезпечений вологою на рівні 17,0 %. У 30-сантиметровому шарі ґрунту найменше вологи залишилося після сояшнику з насиченістю сівозміни 40 і 60 %: 16,4 і 16,2 %.

Таблиця 3 – Вологість ґрунту, %

Частка сояшнику в сівозміні	Шар ґрунту, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
20 %	15,6	17,7	18,3	17,2
40 %	15,5	15,7	18,2	16,4
60 %	15,9	17,3	15,5	16,2
0 % (контроль)	14,0	17,3	19,6	17,0
НІР <sub>0,95</sub>	3,15			

За показником целюлозолітичної активності ґрунту встановлено можливість збільшення частки сояшнику в короткоротаційних сівозмінах. Вирощування сояшнику зі збільшенням посівних площ у сівозміні спричиняло накопичення грубих решток, тим самим підвищило целюлозну активність ґрунту. При цьому оптимальний водний режим створювали сівозміна без сояшнику та сівозміна з часткою сояшнику 20 %. Однак целюозна активність ґрунту на контрольному варіанті була низькою через недостатню кількість рослинних решток, які використовуються мікробіомом як поживний та енергетичний матеріал. Зменшення кількості опадів негативно впливало на інтенсивність розкладання целюлози в поверхневих шарах ґрунту (0–10 см) і сприяло її високій активності в глибших шарах ґрунту.

#### Бібліографічний список

1. Демиденко О. В. Ґрунтовідновна активність сільськогосподарських культур. *Агроекологічний журнал*. 2005. № 2. С. 37–44.
2. Волгогон В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. Чернігів, 2005. Вип. 1–2. С. 6–29.
3. Yan N., Marschner P., Cao W., Zuo C., Qin W. Influence of salinity and water content on soil microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research*. 2015. № 3(4). P. 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>.
4. Демиденко О. В. Фізіологічна активність сільськогосподарських культур та відтворення родючості чорноземів в агроценозах. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2013. Т. 45, № 3. С. 213–221.
5. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія: навч. посіб. Київ: Арістей, 2006. 284 с.
6. Варбанець Л. Д., Борзова Н. В. Глікозидази мікроорганізмів і методи їх дослідження. Київ: Наукова думка, 2010. 439 с.

7. Veum K. S., Goine K. W., Kremer R. J., Miles R. J., Sudduth K. A. Biological indicators of soil quality and soil organic matter characteristics in an agricultural management continuum. *Biogeochemistry*. 2014. № 117. С. 81–99. <https://doi.org/10.1007/s10533-013-9868-7>.
8. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. *Загальна і ґрунтова мікробіологія*. 2009. Вип. 9. С. 7–32.
9. Gupta P., Samant K., Sahu A. Isolation of cellulose-degrading bacteria and determination of their cellulolytic potential. *International journal of microbiology*. 2012. Vol. 2012. 5 p. <https://doi.org/10.1155/2012/578925>.
10. Гепенко О. В. Целюлозолітична активність ґрунту в різних короткоротаційних сівозмінах. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2013. № 1, С. 176–180.
11. Ковальов В. Б., Трембіцька О. І., Радько Т. В. Біологічна активність ґрунту за органічної системи вирощування культур у короткоротаційній сівозміні. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2015. Вип. 8. С. 15–20
12. Dehtiarova Z. The effect of short-term crop rotation with different proportions of sunflower on cellulolytic activity of the soil. *Soil Science Annual*. 2022, № 73(4), 156097. <https://doi.org/10.37501/soilsa/156097>
13. Béguin P., Aubert J. P. The biological degradation of cellulose. *FEMS microbiology reviews*. 1994. № 13(1). С. 25–58. <https://doi.org/10.1111/J.1574-6976.1994.TB00033.X>.
14. Lynd L. R., Weimer P. J., Van Zyl W. H., Pretorius I. S. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and molecular biology reviews*. 2002. № 66(3). С. 506–577. <https://doi.org/10.1128/MMBR.66.3.506-577.2002>.
15. Shukla A., Panchal H., Mishra M., Patel P. R., Srivastava H. S., Patel, P., Shukla A. K. Soil moisture estimation using gravimetric technique and FDR probe technique: a comparative analysis. *American International Journal of Research in Formal. Applied & Natural Sciences*, 2014. № 8. С. 89–92.



## **ЗАСТОСУВАННЯ КАЛЬЦІЄВИХ МЕЛІОРАНТІВ У ПІДВИЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ, СТІЙКОСТІ ЙОГО ДО ЗАБРУДНЕННЯ ТА ОДЕРЖАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ РОСЛИННОЇ ПРОДУКЦІЇ**

*А. І. Дидів, к.с.-г.н., О. Й. Дидів, к.с.-г.н., І. В. Дидів, к.с.-г.н.  
Львівський національний університет природокористування*

Один із основних показників родючості ґрунту – ступінь його кислотності, який визначається реакцією ґрунтового розчину на співвідношення іонів водню  $H^+$  та гідроксиду  $OH^-$ , а також на наявність обмінних іонів  $H^+$ ,  $Al^{3+}$  та  $Mn^{2+}$  у ґрунтовому вбирному комплексі. Рівень кислотності ґрунту визначається концентрацією іонів  $H^+$ , яку можна виміряти за допомогою показника рН. Залежно від значення показника рН ґрунти можуть бути сильнокислими (3–4), кислими (4–4,5), слабокислими (5,5–6,5), нейтральними (6,5–7,0), лужними (7,5–8) або сильнолужними (8–9) [1, 3].

Причин утворення кислих ґрунтів досить багато. Головні з них: ґрунтотворна порода, клімат і антропогенний фактор. Сьогодні в Україні спостерігається інтенсивний процес

збіднення земель основами й підвищення кислотності ґрунтового середовища, що зумовлює зниження агрономічної ефективності їх використання та цілу низку невтішних екологічних наслідків. За таких умов необхідно невідкладно вжити заходів щодо хімічної меліорації ґрунтів, використовуючи місцеві меліоранти [9].

Існує багато причин формування кислих ґрунтів, серед них можна виділити головні, такі як ґрунтоутворна порода, клімат і антропогенний фактор. Антропогенні чинники також значно впливають на кислотність ґрунту та його родючість. До них можна віднести незбалансовану систему землеробства, недотримання сівозмін, забруднення поллютантами, велику розораність, різке зменшення внесення органічних добрив і кальцієвих меліорантів. Для зниження кислотності насамперед необхідно невідкладно вжити заходів з хімічної меліорації ґрунтів, використовуючи місцеві кальцевмісні меліоранти [6, 10].

В Україні ґрунти з підвищеною кислотністю ( $\text{pH} < 6$ ) займають близько 9 млн га, в тому числі до 8,5 млн га орних земель. Кислі ґрунти поширені переважно на Поліссі, в Лісостепу, на Прикарпатті та Закарпатті. Загалом останніми роками процеси підкислення ґрунтового покриву спостерігаються у 15 областях. Темпи збільшення площ із підвищеною кислотністю становлять 0,4–0,5% за рік [4, 9].

Дефіцит кальцію призводить до зростання втрат гумусу, зокрема дегуміфікації в результаті чого спостерігають погіршення фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунтів (збільшується їхня щільність, погіршуються структура, буферність, зменшуються забезпеченість елементами мінерального живлення і ступінь насичення основами, підвищується кислотність і знижується інтенсивність мікробіологічних процесів). Надмірна кислотність пригнічує діяльність корисних мікроорганізмів, які беруть участь у розкладанні органічних решток для вивільнення з них доступної для рослин поживи [12].

На коренях рослин, що ростуть у дуже кислому середовищі, погано розвиваються бульбочкові бактерії, через що засвоєння азоту з повітря значно погіршується. Кисла реакція ґрунту негативно впливає на ріст і розвиток агрокультур, засвоєння ними азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію, сірки та сприяє надходженню в них Al та Mn, велика концентрація яких шкідлива для рослин, що є лімітуючим фактором одержання високих урожаїв і призводить до погіршення його якості. Так, на кислих ґрунтах 0,5–1,0% знижується вміст сирого протеїну в зерні, на 0,5–2,2% – крохмалю в бульбах картоплі, на 0,7–1,0% – цукру в коренеплодах цукрових буряків, на 10–15% – вихід перетравного протеїну в кормових культурах [10, 11].

Рослини, які ростуть на підкислених ґрунтах, частіше вражаються хворобами, водночас вони нагромаджують більше радіонуклідів, важких металів, пестицидів, нітратів тощо. Через інгібуючу дію на кореневу систему вільного алюмінію знижуються посухостійкість і зимостійкість озимих культур. На кислих ґрунтах зростає специфічна засміченість полів, оскільки більшість бур'янів витримують кисле середовище. Підвищена кислотність ґрунту негативно впливає на екологічний стан ґрунту внаслідок посиленої рухомості забруднювачів, сприяє прискоренню ерозійних процесів та збільшенню втрат гумусних речовин [2, 6].

У будь-яку конструкцію кислотно-основних буферних механізмів ґрунту входить такий важливий антагоніст водню як кальцій, який сприяє зниженню кислотності. Тому одним із ефективних заходів зменшення кислотності ґрунту є внесення кальцієвих меліорантів, які мають неоднакову розкислювальну здатність порівняно з  $\text{CaCO}_3$ : чистий карбонат кальцію  $\text{CaCO}_3$  (еквівалент 100%); мелене вапнякове борошно  $\text{CaCO}_3$  (85–100%); мелене доломітне борошно  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$  (109%); негашене вапно  $\text{CaO}$

(179%); гашене вапно  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (135%); дефекат  $\text{CaCO}_3$  + органічні та неорганічні домішки (60–75%). Найбільш розповсюдженим в Україні є розрахунок норми вапнування за результатами гідролітичної кислотності (Нг) орного горизонту ґрунту за методом Каппена [3, 9].

Внесення вапна в повній нормі за гідролітичною кислотністю (5–6 т/га) підвищує рН ґрунтового розчину на 1,3 одиниці. Кальцієві меліоранти добре впливають не тільки на підвищення урожаю, а й на якість сільськогосподарської продукції: на 30–40% збільшується вміст білка в озимій пшениці, на 3–5% – вміст крохмалю у картоплі. Однак вміст кальцію в ґрунті не є постійною величиною. Значна його кількість витрачається на нейтралізацію фізіологічно кислих форм мінеральних добрив та на винесення його урожаєм агрокультур [3].

На необхідність вапнування вказують також буре забарвлення ґрунтових вод, що накопичуються в канавах, і виділення іржі на схилах та стінках ям, канав. Доза вапнякового матеріалу коригується залежно від механічного складу ґрунту й умісту в ньому органічної речовини. У разі внесення підвищеної кількості вапняних добрив на легких ґрунтах їх можна «перевапнувати», внаслідок чого зменшиться доступність таких мікроелементів, як марганець, бор, мідь, цинк. Проте основою визначення кількості внесення вапнякових матеріалів є результати всебічного агрохімічного обстеження земель [4, 5].

Вважається, що чим тонше помелене вапняне борошно, тим краще воно суспендується і має більшу корисну дію. Частинки розміром понад 3 мм неефективні. Проте тонкий помел вапнякових матеріалів, крім позитивної дії – забезпечення кальцієм рослин і нейтралізації кислотності ґрунту, активізації мікробіологічної активності, має й негативну – вимивання кальцію у підґрунтові води, а це вже безпосередньо зайві витрати енергетичних і матеріальних ресурсів [11].

У результаті вилуговування втрати кальцію можуть становити до 600 кг/га, що призводить до заміщення його іонами Na та засолення ґрунту. Останні наукові досягнення свідчать, що вапняне борошно, крім тонкодисперсних часток, повинно мати й частки достатньо великих розмірів, які розчиняються повільно та невеликими порціями поступово використовуються для нейтралізації кислотності ґрунту. Крупні вапняні частки, з діаметром до 10 мм, забезпечують відносно стабільну реакцію ґрунтового розчину на тривалий період – до 5–7 років [9].

Економічна оцінка ефективності вапнування ґрунтів свідчить, що витрати на вапнування окупляються приростами врожаю, а, відповідно, і прибутком. Післядія вапнування ґрунтів триває упродовж п'яти і більше років. Така інвестиція є виправданою та необхідною.

Сьогодні гостро стоїть питання реструктуризації заходів щодо меліорації та використання кислих ґрунтів. Площі дуже кислих ґрунтів доцільно вилучати з орного фонду земель і трансформувати їх під сінокоси, пасовища, заощаджуючи матеріальні та фінансові ресурси. Під час розробки раціональної системи удобрення на ґрунтах із підвищеною кислотністю слід керуватися правилом: перші кошти, що призначені для купівлі добрив, мають бути вкладені в хімічну меліорацію [6].

Вапнування кислих ґрунтів, слугує основним із найтриваліших за дією і найдешевшим заходом усунення шкідливої кислотності та підвищення їхньої родючості. Вапнякові матеріали, до складу яких входять карбонати кальцію і частково магнію, різнобічно діють на ґрунт. Кальцій сприяє коагуляції ґрунтових колоїдів, переводить вільнорозчинні гумінові кислоти у важкорозчинні гумати кальцію (особливо на ґрунтах промивного режиму), що сприяє накопиченню у ґрунті структурних агрегатів з високою

водуотримувальною здатністю. Останнє набуває особливого значення в умовах екстремальних посух. За рахунок цього зберігається вміст гумусу та знижуються ерозійні процеси. За внесення  $\text{CaCO}_3$  активується й корисна мікрофлора та підвищується мікробіологічна активність ґрунту, що прискорює розкладання органічних сполук та сприяє кращому засвоєнню рослинами поживних елементів (N, P, K), а також підвищується ефективність застосування мінеральних добрив. Крім того, внесення у ґрунт вапнякових матеріалів підвищує насиченість ґрунтово-вбирного комплексу основами ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ), покращує фізичні властивості ґрунту, його водний і повітряний режим, утворення агрономічно цінних структурних агрегатів, сприяє переходу важкодоступних для рослин фосфатів алюмінію і заліза у більш доступні фосфати кальцію та магнію [5, 9, 11].

Наявність кальцію в ґрунті нормалізує буферність ґрунтового розчину, прискорює розкладання запасних білкових речовин під час проростання насіння, посилює обмін речовин, позитивно позначається на перетворенні азотовмісних сполук у рослинах. Кальцій бере участь у створенні клітинних оболонок, підтриманні кислотно-лужної рівноваги в рослинних організмах. До того ж кальцій впливає на обмін вуглеводів, білків, забезпечуючи краще їх транспортування, поліпшує синтез хлорофілу, сприяє відновленню нітратів до аміаку, входить до складу пектинових речовин та деяких інших органічних сполук. Іони  $\text{Ca}^{2+}$  збільшують в'язкість цитоплазми, підвищуючи посухостійкість рослин. Важливим є також те, що кальцій забезпечує гарний розвиток кореневої системи (формується більша кількість корневих волосків) у нейтральних значеннях рН ґрунту, за рахунок чого швидше транспортуються основна маса води й розчинені в ній поживні речовини [5].

Іони кальцію стимулюють імунний апарат самих рослин, завдяки чому вони стають більш стресостійкими до різких змін температури, дефіциту вологи, а також стійкими до шкідників та різних хвороб, зокрема до судинного бактеріозу, точкового некрозу, кили капусти тощо. При нестачі кальцію деякі агрофіти різко слабшають. Його дефіцит усувають шляхом внесення кальцієвої селітри, або ж кальцієвмісних матеріалів, таких як вапнякове борошно чи крейда [3, 6].

Для кожної сільськогосподарської культури встановлений свій оптимальний інтервал рН, значення якого залежить від біологічних особливостей, ґрунтово-кліматичних умов, типу ґрунту, гранулометричного складу, стану окультуреності. Оптимальними для вирощування основних с/г культур є такі значення рН ґрунтового розчину: овес 5,0–7,7; жито озиме 5,5–7,5; пшениця яра 6,0–7,5; пшениця озима 6,3–7,6; ячмінь 6,8–7,5; кукурудза, гречка 4,7–7,5; горох 6,0–7,0; соняшник 6,0–6,8; картопля 5,0–5,5; цукровий буряк 7,0–7,5; буряк столовий 6,8–7,5; морква 5,5–7,0; редиска, ріпа 5,5 і більше; люцерна 7,0–8,0; капуста 6,7–7,4; томати 6,3–6,7; огірки 6,0–7,9; люпин 4,5–6,0 [4, 5].

Внесення кальцієвих меліорантів поліпшує агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, сприяє зменшенню кислотності до нейтральних значень рН, завдяки чому суттєво знижується рухомість катіонів важких металів (Cd, Hg, Pb, V, Cr, Mn, Co, Ni), які осаджуються і закріплюються у стійкіші важкорозчинні органічні та мінеральні комплекси. Крім того, іони  $\text{Ca}^{2+}$  проявляють антагонізм до катіонів важких металів у ґрунтовому розчині та, витісняючи їх у ґрунтово-вбирний комплекс, заміщують у поглинанні рослинами [1, 8].

Проведенні дослідження з хімічної детоксикації ґрунту в умовах Львівського НУП показали, що за внесення органічних добрив на фоні вапнування ґрунту у нормі Біогумус 8 т/га +  $\text{CaCO}_3$  5 т/га відзначали найменші концентрації рухомих форм  $\text{Cd}^{2+}$  та  $\text{Pb}^{2+}$  у ґрунті, а також мінімальну концентрацію іонів цих важких металів в рослинах капусти білоголової, що

позитивно позначилося на ростових процесах, збільшенні урожайності та підвищенні якості продукції [7].

Виявлено, що на кислих ґрунтах у рослини надходить більша кількість радіонуклідів, ніж на нейтральних чи лужних. Тому вапнування кислих забруднених радіонуклідами ґрунтів та внесення органічних добрив слід вважати одним із головних способів, що суттєво зменшують перехід радіонуклідів із ґрунту в рослини. Сьогодні фонове навантаження формують в основному радіонукліди цезію ( $\text{Cs}^{137}$ ) та стронцію ( $\text{Sr}^{90}$ ). Період напіврозпаду  $T_{1/2}$  для них становить близько 30 років, а час виведення з організму – 18 років! Відомо, що  $\text{Sr}^{90}$  поводить себе подібно до кальцію ( $\text{Ca}$ ), а  $\text{Cs}^{137}$  – до калію ( $\text{K}$ ). Для витіснення  $\text{Cs}^{137}$  з ґрунтового розчину в склад комплексних з'єднань та протидії його надходження у рослини використовують явище антагонізму (конкуренції) – вносять калійні добрива. Застосування кальцієвих меліорантів дає змогу зменшити вміст  $\text{Sr}^{90}$  у картоплі до 5–10 разів, у сінні бобових трав – у 6–8 разів, в овочах – у 4–6 разів, в ягодах – у 3–5 разів. Для  $\text{Cs}^{137}$  ці кратності, як правило, дещо нижчі [1, 2, 4].

Відомо, що хлорорганічні пестициди надзвичайно стійкі в кислому середовищі, але розкладаються при дії лужних агентів. Використання хімічних меліорантів на сільськогосподарських угіддях упродовж багатьох років у нормі в 5-8 т/га сприяє отриманню екологічно безпечної продукції. При вапнуванні також активізується розкладання залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів, ймовірно, через збільшення біодоступності їх для мікроорганізмів [2, 4].

Застосування кальцієвих меліорантів має важливе значення для встановлення екологічної рівноваги в агробіоценозах в умовах антропогенного навантаження. Значні площі ґрунтів України сьогодні потребують меліоративних заходів направлених на зниження кислотності ґрунту до оптимальних значень рН та підвищення стійкості ґрунтів до забруднення [7].

З метою підвищення родючості ґрунту та одержання екобезпечної рослинницької продукції сьогодні важливо науково обґрунтовано застосовувати кальцієві меліоранти для зниження надлишкової кислотності ґрунту, раціонально вносити органічні та мінеральні добрива, протидіяти ерозійним процесам, проводити агроекологічний моніторинг ґрунтів та рослинницької продукції.

Наше здоров'я певною мірою визначається екологічним станом ґрунтів, є його «віддзеркаленням», що має безпосередній вплив на якість вирощеної рослинницької продукції у певній місцевості проживання, оскільки забруднювачі потрапляють в організм людини з харчовими ланцюгами «ґрунт-рослина-тварина-людина». Як сказав у свій час видатний французький ґрунтознавець Ф. Дюшафур: «Людина є біогеохімічною фотографією ґрунту» [12]. Тому варто пам'ятати, що іони кальцію – це іони здоров'я.

### Бібліографічний список

1. Надточій П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф.В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: Видавництво “ПП Рута”, 2010. 473 с.
2. Рідей Н. М., Строкаль В. П., Рибалко Ю. В. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика. Херсон: Видавництво Олді – плюс, 2011. 258 с.
3. Господаренко Г. М. Агрохімія: підруч. Київ: Груп Україна, 2018. 560 с.
4. Лагутенко О. Т. Агроекологія. Київ: НПУ ім. М.Н.Драгоманова 2012. 358 с.
5. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин: навч.

посіб. Київ: Логос, 2005. 150 с.

6. Дидів І., Дидів О., Дидів А., Качмар Н., Дацко Т., Іванків М. Кальцієві меліоранти – необхідність сучасного агровиробництва, Ч.1. *Ароексперт*. Київ, 2020. №12. (149) грудень. С. 32-37.

7. Снітинський В., Дидів А. Біохімічний склад капусти білоголової залежно від рівня забруднення ґрунту кадмієм і свинцем за використання меліорантів та різних систем удобрення. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2016. № 20. С. 3–13.

8. Фатєєв А. І., Самохвалова В. Л. Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі: методичні рекомендації. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 70 с.

9. Балюк С. А., Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція іноваційного розвитку). Харків: «Міськдрук», 2012. 129 с.

10. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Основи управління родючістю ґрунтів. Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. 388 с.

11. Цапко Ю. Л., Десятник К. О., Огородня А. І. Збалансоване використання та меліорація кислих ґрунтів: монографія. Харків: Бровін О. В., 2018. 251 с.

12. Тихоненко Д. Г., Горін М. О., Лактіонова М. І. Ґрунтознавство: підручник / за ред. Д. Г. Тихоненка. Київ: Вища освіта, 2005. 703 с.



## **ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА НІТРОФОСКИ–М НА УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ПАСТЕРНАКУ**

*І. В. Дидів, к.с.-г.н., О. Й. Дидів, к.с.-г.н., А. І. Дидів, к.с.-г.н.,  
М. Є. Лісевич-Залуцька ст. викладач*

*Львівський національний університет природокористування*

З поміж великої кількості мінеральних добрив, сьогодні одним з кращих на ринку представлено нове вітчизняне комплексне мінеральне добриво пролонгованої дії Нітроамофоска-М з мікроелементами, яке вже підтвердило свою ефективність у підвищенні врожайності, товарності, а найважливіше якості овочевої продукції [4]. Крім того, таке добриво має екологічне значення у збереженні родючості ґрунту та балансу виносу мінеральних елементів живлення з врожаєм. Приємно відзначити й те, що доступність Нітроамофоски-М на внутрішньому ринку знижує собівартість вирощування, що є важливим фактором успішного виробництва [5].

Унікальність Нітроамофоски-М полягає у тому, що наявність у його складі кальцію та магнію «сторожів ґрунту» забезпечують меліоративний ефект, який проявляється у нейтралізації підвищеної кислотності, покращенні агрофізичних властивостей ґрунту, запобіганні вимиванню органічної речовини з ґрунту та створенні агрономічно-цінної його структури, а також покращенні вуглецевого живлення коренів та наземної частини рослини, що є надзвичайно важливим при недостатньому внесенні органічних добрив. Тому внесення Нітроамофоски-М є ефективним на кислих ґрунтах, які потребують вапнування. Крім того, кальцій має важливе екологічне значення, оскільки йони  $\text{Ca}^{2+}$  запобігають надходженням у рослини радіонуклідів, важких металів, а також залишків пестицидів [1].

Хімічний склад Нітроамофоски-М: N – 9,0%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 18%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 22%, CaO – 20%, S –



1,2% та мікроелементами  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,5%,  $\text{MgO}$  – 0,5%,  $\text{Fe}$  – 0,1%,  $\text{Zn}$  – 97,8 мг/кг,  $\text{Cu}$  – 6,5 мг/кг,  $\text{Mn}$  – 310 мг/кг. Виготовлене добриво на основі африканських фосфоритів з вмістом  $\text{P}_2\text{O}_5$  різного ступеня засвоюваності (водорозчинна форма, форма засвоювана в мурашиній та лимонній кислоті), які також містять ще цілий ряд інших мікроелементів. Виробник ТзОВ «Тетра-агро» м. Червоноград, Львівська область.

Унікальна композиція хімічного складу Нітроамофоски-М створює синергію між елементами живлення, оскільки кожний елемент співпрацює з іншим. Так, магній погано засвоюється без сірки, а сірка слабо засвоюється без азоту та молібдену. Норми внесення Нітроамофоски-М залежать від біологічних особливостей рослин, а також від агрохімічних параметрів ґрунту, зокрема забезпеченості його поживним речовинами, макро- та мікроелементами. Для підвищення ефективності Нітроамофоски-М при потребі застосовують азотні добрива. Добре проявляють свою дію мінеральні добрива у комплексі з органічними [5].

У системі живлення пастернаку, як цінної мало розповсюдженої овочевої рослини, важливе значення має склад добрив, які здійснюють вплив на ріст і розвиток рослин, а отже і на урожайність [1].

Програмою досліджень було вивчення ефективності норм нових складних комплексних добрив Нітроамофоски-М на урожайність і якість коренеплодів пастернаку за вирощування на гребенях.

Дослідження проводили протягом 2019 – 2021 рр. на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва Львівського національного аграрного університету на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах. Ґрунти характеризуються середнім вмістом гумусу (2,2 – 2,3%), слабо кислою реакцією грантового розчину (рН сольове 6,5), вміст легкогідролізованого азоту – 83 мг, рухомого фосфору – 92 мг, обмінного калію – 96 мг на 1 кг ґрунту.

Предметом досліджень був сорт пастернаку Петрик селекції ІОБ НААН України. Розмір облікової ділянки – 24 м<sup>2</sup>, розміщення варіантів проводили методом рендомізації. Сівбу пастернаку проводили на гребенях. Гребені нарізали культиватором КФ-4.2. Попередник – картопля. Добрива вносили перед культивацією після чого нарізали гребені. Насіння у гребінь висівали ручною сівалкою у два сліди. Відстань між рядками 7-8 см. Сівбу проводили у II декаді квітня. Повторність досліду – триразова.

Схема досліду включала такі варіанти: 1) без добрив – контроль; 2) аміачна селітра (175 кг/га) – фон; 3) фон + Нітроамофоски-М (200 кг/га); 4) фон + Нітроамофоски-М (400 кг/га); 5) фон + Нітроамофоски-М (600 кг/га). Досліди закладали згідно методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві [2].

Після сівби вносили гербіцид Гезагард (2,5 кг/га). Для підвищення ефективності Нітроамофоски-М застосовували додатково азотні добрива у вигляді аміачної селітри ( $\text{N}_{60}$  кг/га д. р.). Аміачну селітру в нормі 173 кг/га вносили разом з Нітроамофоскою-М під культивацію перед нарізанням гребенів.

Агротехніка вирощування загальноприйнята для Західного Лісостепу України. Результати досліджень свідчать, що мінеральні добрива Нітроамофоска-М на фоні азотних добрив підвищували урожайність до певного рівня. Так, за внесення мінеральних добрив Нітроамофоски-М в нормі 200 та 400 кг/га урожайність коренеплодів становила 43,7 та 46,1 т/га, приріст до контролю складав відповідно 12,4 та 14,8 т/га, або 39,6 і 47,3 %. Зазначимо, що за внесення Нітроамофоски-М в нормі 400 кг/га урожайність зроста порівняно з варіантом 3 (фон + Нітроамофоски-М (200 кг/га) на 2,4 т/га, або на 6,5%. Тоді як

за внесення підвищених норм мінеральних добрив Нітроамофоски-М до 600 кг/га спостерігали незначне (на 1,7 т/га) підвищення врожайності, порівняно з внесенням Нітроамофоски-М в нормі 400 кг/га. Отже, за внесення Нітроамофоски-М в нормі 600 кг/га спостерігається тенденція до зниження врожайності коренеплодів пастернаку.

Визначено, що середня маса коренеплодів пастернаку змінювалася залежно від норм мінеральних добрив. Найвищу середню масу коренеплодів пастернаку 251 та 275 г відзначали за внесення Нітроамофоски-М в нормі 400 та 600 кг/г. Найменший цей показник відзначали на контролі (без добрив) – 135 г.

Встановлено, що середня маса коренеплодів зростала в міру підвищення норм Нітроамофоски-М, а також залежала від кінцевої густоти стояння. Застосування Нітроамофоски-М сприяло підвищенню товарності коренеплодів пастернаку. Так, за внесення аміачної селітри в нормі 175 кг/га (вар. 2) товарність коренеплодів становила 85%, тоді як за використання Нітроамофоски-М в нормі 600 кг/га товарність зросла до 91%.

Найкращі біохімічні показники товарної продукції коренеплодів пастернаку одержали за внесення Нітроамофоски-М в нормі 400 кг/га. Так, вміст сухої речовин складав – 21,7%, суми цукрів – 12,9%, вітаміну С – 19,7 мг/100 г відповідно. Вміст нітратів в коренеплодах пастернаку не перевищував ГДК.

Отже, високу урожайність та якість коренеплодів пастернаку на темно-сірих опідзолених ґрунтах одержали за внесення мінерального добрива Нітроамофоска-М у нормі 400 кг/га.

### ***Бібліографічний список***

1. Балян А. В., Хареба О. В., Хареба В. В., Онищенко О. І., Комар О. О., Дидів І. В., Позняк О. В. Пастернак: сорти, технологія вирощування, переробка: монографія. Київ: Аграрна наука, 2021. 244 с.
2. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві та баштанництві. Харків: Основа, 2001. 369 с.
3. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник, Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.
4. Дидів О., Дидів І., Заневич-Бйкоїська А., Франчук Й., Роса Р., Гайко Л. Вплив нового комплексного мінерального добрива Нітроамофоски-М на урожайність та якість капусти цвітної. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. Львів, 2021. № 25. С. 96-102.
5. Дидів І., Дидів О., Дидів А. Вплив нового комплексного мінерального добрива Нітроамофоски-М на урожайність та якість петрушки кореневої. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. Львів, 2021. № 25. С.102-107.



## ІННОВАЦІЙНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ СЕЛЕРИ КОРЕНЕПЛІДНОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ НАНОДОБРИВА «5 ELEMENT»

*О. Й. Дидів, к.с.-г.н., І. В. Дидів, к.с.-г.н., А. І. Дидів, к.с.-г.н.,*

*М. Є. Лісевич-Залуцька ст. викладач*

*Львівський національний університет природокористування*

Селера коренеплідна – цінна овочева рослина. Коренеплоди селери містять вуглеводи, білки, органічні кислоти, вітаміни, фітонциди, ефірні олії. Кількість та сприятливе співвідношення названих компонентів зумовлюють неперевершену цінність за харчовими, дієтичними, лікувальними якостями цієї рослини. Селера не тільки є джерелом найцінніших речовин, потрібних організму людини, а й сприяє кращому засвоєнню інших харчових продуктів – м'яса, жирів, вуглеводів. Коренеплоди багаті на вітаміни і пектинові речовини, містять велику кількість калію, магнію, кальцію тощо. Характерний смак селери забезпечує компонент специфічної ефірної олії – апіол, яка надає їм ароматичного запаху і приємного смаку. Селера поліпшує сон, підтримує тонус, силу і добрий настрій [1, 4, 6].

Селера коренеплідна вимоглива до рівня поживних речовин у ґрунті, Проте необхідно врахувати, що генетичний потенціал сорту може бути реалізований завдяки створенню найсприятливіших умов вирощування, які повинні обов'язково враховувати біологічні особливості сорту, вимоги до окремих елементів агротехніки, а також до системи удобрення.

Адже одним з істотних факторів підвищення урожайності овочевих культур, зокрема коренеплідних є внесення органічних і мінеральних добрив, мікродобрив, регуляторів росту та їх комбіноване застосування [3, 5].

Сьогодні на ринку добрив представлено інноваційну розробку українських вчених – екологічно безпечне, гранульоване мікродобриво «5 element» (сертифіковане Органік Стандарт і єдине в Україні французьким ECOCERT), яке підходить як для органічного землеробства так і традиційного. Його використовують як стартовий, водорозчинний наностимулятор для обробки насіння та листової поверхні рослин. Добриво «5 element» спрямований на збільшення врожаю, його якості, збереження і підвищення родючості ґрунту.

Дослідження з вивчення впливу нового нанодобрива «5 element» на урожайність і якість селери коренеплідної проводили на дерново-підзолистих середньо-суглинкових ґрунтах Прикарпаття протягом 2020–2022 рр. Предметом досліджень селери коренеплідної був сорт Балена. Схеми дослідів включали такі варіанти: 1) Контроль (обробка водою); 2) Підживлення у фазі 4 – 6 листків (після приживлення розсади); 3) Підживлення у фазі початку формування коренеплодів; 4) Підживлення у фазі інтенсивного росту коренеплодів; 5) Підживлення у фазі 4-6 листків + початок формування коренеплодів; 6) Підживлення у фазі 4 – 6 листків + інтенсивного росту коренеплодів; 7) Підживлення у фазі початок формування коренеплодів + інтенсивного росту коренеплодів; 8) Підживлення у фазі 4-6 листків+початок формування коренеплодів+ інтенсивного росту коренеплодів.

Дослідження проводили згідно методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві [2]. Попередником селери коренеплідної була капуста. Як фон під культивування було внесено нове комплексне мінеральне добриво Нітроамофоска-М в нормі + N<sub>54</sub>P<sub>108</sub>K<sub>132</sub> кг/га д.р. та аміачна селітра в нормі N<sub>60</sub> кг/га д.р. Висаджували касетну розсаду селери коренеплідної на постійне місце у 35-ти денному віці, коли рослини утворили 4-6 справжніх листочків у III декаді квітня в попередньо підготовлений ґрунт. Схеми

висаджування – 60×25 см. (66,6 тис./га рослин). Технологія вирощування селери коренеплідної загальноприйнята для умов Західного регіону України.

В результаті досліджень встановлено, що використання нанодобрива «5 element» мало істотний вплив на формування середньої маси коренеплодів селери. Якщо на контролі (обробка водою) середня маса коренеплодів становила 665 г., то позакореневе підживлення мікродобривами після приживлення розсади середня маса коренеплодів підвищилася на 69 г, або 10,4%. Використання добрив на початку утворення коренеплодів середня маса коренеплодів порівняно до контролю підвищилась на 92 г або 13,8%. За дворазового внесення добрива «5 element» після приживлення розсади та на початку утворення коренеплодів середня маса коренеплодів становила 796 г., що вище за контроль на 131 г або 19,7%. Найбільшу середню масу коренеплодів одержали за внесення добрив в три етапи (вар.8) – 812 г, що вище за контроль на 147 г або 22,1%.

Встановлено, що середня маса коренеплодів селери тісно пов'язана з урожайністю. Так, на контрольному варіанті (обробка водою) урожайність коренеплодів селери становила 44,2 т/га. За внесення «5 element» на початку утворення коренеплодів урожайність підвищилася до 50,3 т/га, приріст урожаю до контролю складав 6,1 т/га або 13,8%. Позакореневе підживлення добривами після приживлення розсади забезпечило урожайність 48,7 т/га, що менше за варіант, коли ці добрива вносили в період інтенсивного росту селери коренеплідної на 1,1 т/га. Використання нанодобрива після приживлення розсади та на початку утворення коренеплодів урожайність селери підвищилася порівняно до контролю на 8,5 т/га або 19,2%. Зазначимо, що позакореневе підживлення добривами на початку утворення коренеплодів та в період інтенсивного росту сприяє зниженню врожайності до 51,4 т/га., приріст до контролю становив 7,2 т/га або 16,3%. Найвищу урожайність коренеплодів селери (54,1 т/га) одержали за внесення добрив «5 element» в три етапи: після приживлення розсади + на початку утворення коренеплодів + в період інтенсивного росту коренеплодів.

З'ясовано, що позакореневі підживлення нанодобривом «5 element» підвищують якість продукції селери коренеплідної. Високий вміст сухої речовини (18,60%), загального цукру (3,49%) та вітаміну С (23,47 мг/100г) одержали за внесення цього добрива після приживлення розсади та на початку утворення коренеплодів. За внесення нанодобрив в три етапи (вар. 8) спостерігається тенденція до зменшення вмісту сухої речовини (17,96%), загального цукру (3,40%), вітаміну С (23,30 мг/100г). На контролі (обробка водою) вміст сухої речовини був найнижчим і становив 16,81%, загального цукру 2,96%, вітаміну С – 22,35 мг/100г продукції.

Важливим показником якості продукції є вміст нітратів. Встановлено, що вміст нітратів коливався від 118 мг/кг на контролі до 87 мг/кг за внесення позакоренево нанодобрива «5 element» після приживлення розсади та на початку формування коренеплодів (вар. 5) тобто вміст нітратів знизився на 26,3%. Вміст нітратів на всіх варіантах досліді не перевищував гранично допустимий рівень – 250 мг/кг сирової маси.

Отже, в умовах Прикарпаття на дерново-підзолистих ґрунтах високу урожайність та добру якість продукції селери коренеплідної одержали за позакореневого підживлення нанодобривом «5 element» в три етапи: після приживлення розсади + на початку формування коренеплодів + в період інтенсивного росту коренеплодів.

## Бібліографічний список

1. Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Біологічні основи овочівництва: навч. посіб. Київ: Арістей, 2005. 350 с.
2. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві та баштанництві. Харків: Основа, 2001. 369 с.
3. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник, Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.
4. Дидів І. В., Дидів О. Й., Дидів А. І. Селера коренеплідна – технологія прибутку у ваших руках. *Плантатор*. Київ, 2017. №3 (33). С. 105-107.
5. Дидів І. В. Ефективність використання мікродобрив за вирощування селери коренеплідної. *Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату: матеріали тез Міжнародної науково-практичної конференції (Мелітополь, 7-9 червня 2013)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2013. С. 91-93.
6. Сич З. Д., Бобось І. М. Сортовивчення овочевих культур: навч. посіб. Київ: Нілан-ЛТД, 2012. 578 с.



### **ВПЛИВ РІДКИХ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ПРИДАТНІСТЬ ДО ЗБЕРІГАННЯ КАПУСТИ ПЕКІНСЬКОЇ НА ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ**

*О. Й. Дидів, к.с.-г.н., І. В. Дидів, к.с.-г.н., А. І. Дидів, к.с.-г.н., А. В. Станішевський., магістр  
Львівський національний університет природокористування*

Ґрунтово-кліматичні умови Західного Лісостепу України мають багато особливостей, до яких в першу чергу слід віднести рівень родючості темно-сірих, ясно-сірих та сірих лісових ґрунтів, які генетично сформувались з низьким вмістом органічної речовини та кислою реакцією ґрунтового розчину. Враховуючи основні фактори родючості ґрунту (рис. 1), слід вирішувати проблему покращення його родючості. Як зазначають більшість науковців, це питання на сьогодні є актуальним і вирішувати його слід комплексно: пошук альтернативних підходів до зростання родючості ґрунтів, рекультивация ґрунтів після закінчення російсько-української війни, проведення вапнування, оптимізації умов живлення рослин, охорони навколишнього середовища [1, 4, 6].

Слід відзначити, що за останні роки поповнення ґрунту органічною речовиною зменшилось, а це в свою чергу сприяло погіршенню ґрунтових показників та деградації ґрунту. Сучасна стратегія використання земельних ресурсів потребує таких систем удобрення, які б враховували не тільки рівень продуктивності ґрунтів та якості овочевої продукції, але і економічні можливості кожного господарства. Системи удобрення мають бути динамічні в часі і змінюватись залежно від ґрунтових умов. В цьому контексті зростає значення використання рідких комплексних добрив (РКД) для підвищення врожайності овочевих культур та покращення родючості ґрунтів. Внесення рідких добрив – один із

найбільш швидкодіючих факторів, який впливає на урожайність та якість овочевої продукції [3].

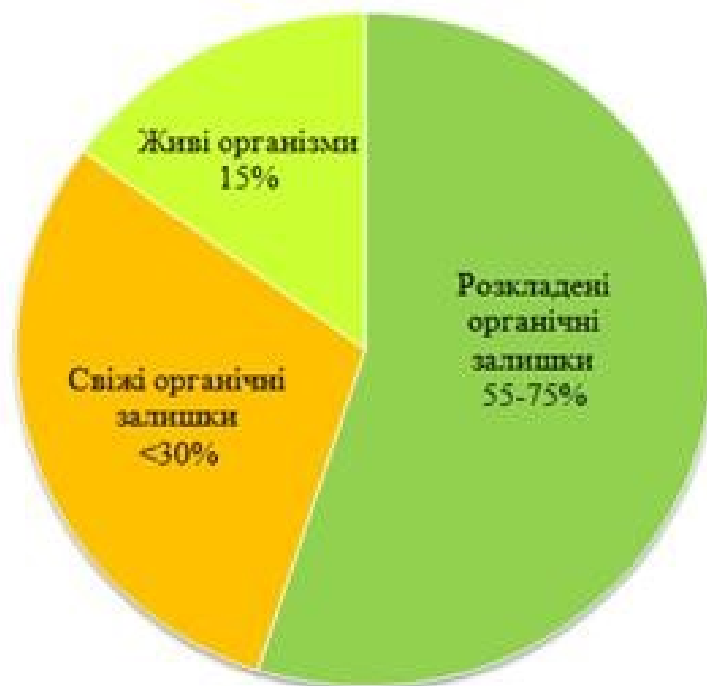


Рис. 1 – Основні фактори родючості ґрунту

Тому з огляду удосконалення технології вирощування і одержання екологічно безпечної продукції капусти пекінської на сьогоднішній день актуального значення набуває вивчення ефективності оптимальних норм рідкого комплексного мінерального добрива (РКД 3:18:18) в умовах Західного Лісостепу України [5].

Дослідження проводилися на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва ім. проф. І. П. Гулька Львівського національного університету природокористування протягом 2021–2022 рр. В досліді застосовували рідке комплексне мінеральне добриво (РКД 3:18:18). Добриво включено у Державний реєстр пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Його хімічний склад: N – 3,0%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 18%, K<sub>2</sub>O – 18%.

Схема досліді включала такі варіанти: 1) Контроль (без добрив); 2) РКД – 40 л/га; 3) РКД – 80 л/га; 4) РКД – 120 л/га; 5) РКД – 160 л/га; 6) РКД – 200 л/га. Влітку під культивування вносили рідке комплексне мінеральне добриво (РКД 3:18:18) відповідно до схеми досліді та методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві [2]. Попередником капусти пекінської була рання картопля. Капусту пекінську гібриду Білко F<sub>1</sub> вирощували безрозсадним способом. Строки висіву насіння – I декада липня .

Ґрунт дослідного поля темно-сірий опідзолений легкосуглинковий в орному горизонті (0-20 см) характеризувався такими агрохімічними показниками: рН<sub>сол.</sub> – 5,7-5,9, гідролітична кислотність – 2,3-3,3 мг-екв/100 г ґрунту, сума увібраних основ – 13,5-14,5 мг-екв/100 г ґрунту, вміст гумусу – 1,4-1,8 %, забезпеченість легкогідролізованим азотом (за Корнфільдом) – 118-129 мг/кг, рухомих фосфором (за Кірсановим) – 157-168 мг/кг, обмінним калієм (за Кірсановим) – 115-119 мг/кг, кальцій обмінний – 5,3 – 6,3 мг-екв/100г, магній обмінний – 1,1-1,8 мг-екв/100г, сірка рухома – 7,5-8,7 мг/кг ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1 – Агрохімічна характеристика темно-сірого ґрунту

Рік	Глибина, см	Гумус, %	Обмінна кислотність (од. рН сол.)	Вміст елементів, мг/кг ґрунту			
				Азот	Фосфор	Калій	Сірка
2021	0-20	1,4	5,7	118	157	115	7,5
2022	0-20	1,8	5,9	129	168	119	8,7

В середньому за два роки досліджень великі головки (довжина – 29 і 33 см, ширина – 13 і 15 см) масою 1200 і 1300 г, щільністю 9 і 8 балів, одержали на варіантах: РКД – 160 л/га та РКД – 200 л/га, тоді як на контролі (без добрив) ці показники були найменші та склали відповідно: довжина – 18 см, ширина – 8 см, вага – 500 г.

За безрозсадного способу вирощування капусти пекінської із використанням рідких комплексних добрива (РКД) норми 120 л/га та 160 л/га, одержали високий урожай товарних головок (76,6 та 87,2 т/га), що перевищує контроль (без добрив – 46,8 т/га) відповідно на 29,8 і 40,4 т/га. Встановлено, що підвищені норми рідких комплексних мінеральних добрив (200 л/га) не сприяють суттєвому підвищенню врожайності. Рідкі комплексні добрива підвищували якість головок капусти пекінської, зокрема найвищий вміст сухої речовини (8,76 %), загального цукру (2,82 %), вітаміну «С» (34,8 мг/%), білку (1,92 %) одержали на варіанті за внесення РКД в нормі 120 л/га. Вміст нітратного азоту на всіх варіантах дослідження не перевищував гранично допустиму концентрацію. Внесення рідких комплексних добрив позитивно впливало на вихід товарної продукції після довготривалого зберігання (180 діб). Високий вихід (92 та 90 %) товарної продукції після зберігання одержали за внесення рідких комплексних добрив в нормі 120 л/га та 160 л/га.

Одержані результати досліджень з вивчення ефективності різних норм рідких комплексних мінеральних добрив (РКД 3:18:18) за безрозсадного способу вирощування капусти пекінської на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України є актуальними. Встановлено, що застосування рідких комплексних мінеральних добрив в нормі РКД – 160 л/га дало можливість одержати високий урожай товарних головок капусти пекінської гібриду Білко F<sub>1</sub> (87,2 т/га) з доброю якістю продукції та покращити родючість темно-сірих ґрунтів.

### **Бібліографічний список**

1. Балюк С. А. Рациональное використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти: колективна монографія / за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера. Харків: Смуґаста типографія, 2015. 432 с.
2. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 370 с.
3. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2013. 406 с.
4. Греков В. О., Дацько Л. В. Охорона і відтворення родючості ґрунтів у зональних агроєкосистемах. *Агроєкологічний журнал*. 2009. №1. С. 43–45.
5. Дидів О. Й. Вплив рідких комплексних добрив на врожайність та якість капусти пекінської. *Вісник ЛНУП: Серія Агрономія*. Львів, 2022. № 26. С. 105-110.
6. Лагутенко О. Т. Агроєкологія. Київ: НПУ імені М.Н. Драгоманова, 2012. 358 с.



## ЧИ ДОПОМОЖУТЬ УКРАЇНІ ЄВРОПЕЙСЬКІ ГРУНТОВІ ІНІЦІАТИВИ?

*Ю. М. Дмитрук, д.б.н., професор ЗВО «Подільський державний університет»*

Все більше і більше уваги в цілому світі спрямовується до ґрунтів. Україна володіючи потужним ґрунтово-кліматичним потенціалом для вирішення проблем продовольчої безпеки як власної, так і держав світу, приречена йти в фарватері інноваційних агротехнологій, в яких чільне місце належить ґрунтам. Це обов'язково повинно враховуватися як основа для співпраці у сфері ґрунтознавства з міжнародними організаціями (наприклад, ФАО), програмами (наприклад Горизонт Європа), країнами-партнерами. Але для цього потрібно щоб і міністерства та відомства України, які зацікавлені в сучасному агровиробництві та ефективному використанні ґрунтових ресурсів, нарешті побачили ґрунт як один з головних об'єктів у реалізації потенціалу держави.

Наразі чимало програм соціально-економічного розвитку, зокрема в європейській спільноті, прямо чи опосередковано пов'язані з ґрунтами. Важливість таких програм (Європейська ґрунтова стратегія, Європейська ґрунтова обсерваторія, Ґрунти для Європи, Від ферми до столу, Місія з питань ґрунтової угоди для Європи, програми Європейського ґрунтового партнерства та чимало інших) забезпечена істотним фінансуванням. Всі вони є у відкритому доступі, їхні сайти постійно оновлюються, бази даних – розширюються. Європейські управлінці різних рівнів розуміють необхідність захисту ґрунтів і збереження їх функціональності та можливості повною мірою забезпечувати людство екосистемними послугами, які надають ґрунти. Наша спроможність управляти станом ґрунтових ресурсів зростає і у зв'язку з інноваційними винаходами та прогресом технологій, які розширюють можливості досліджень ґрунтів. І це також є важливим чинником для обговорення найновішого досвіду, особливо з колегами з-за кордону, чії технологічні можливості істотніші.

Пошукова система Google містить сотні мільйонів сайтів про ґрунти, їхній склад та особливості. Чимало інформації про ґрунти поширюються і через соціальні мережі та ютуб. Функціонує чимало сайтів (як наприклад, Web Soil Survey, ISRIC, World Data Centre for Soils, Natural Resources Conservation Service USDA, Soils Site Reporter) з відкритим доступом до баз даних та інформації про різні параметри ґрунтів, картографічних матеріалів, звітів за результатами моніторингу стану ґрунтів тощо. Сайти постійно оновлюються, а тому результати вчорашніх досліджень сьогодні стають доступними для широкого загалу. Безпосередньо на таких сайтах можна отримати консультацію фахівців з різних питань, зокрема й збереження ґрунтів і їхньої родючості. В онлайн режимі надається інформація про найкращі практики та агротехнології на глобальному, національному і регіональному рівнях для застосування у сталому управлінні ґрунтами.

Але в цей же час наукова та освітня спільнота України стурбована відсутністю системи підготовки професійних ґрунтознавців. В спеціальностях сфери агровиробництва (агроном, ветеринар, фермер чи економіст) бракує реальної інформації щодо результатів досліджень про ґрунти, які надшвидкими темпами оновлюються та дисциплін, вивчення яких закладає основи знань для майбутньої професійної діяльності. В Україні так і не визначились, чи є ґрунтознавство фундаментальною наукою, в той час як в Європі економіка та соціум майбутнього немислимі без врахування та підтримки екосистемних сервісів, які надаються ґрунтами. Ми відстаємо і у програмах створення онлайн-інструментів для оцінки



окремих параметрів ґрунтів, їхнього стану загалом чи прогнозу динаміки показників ґрунтів. Хоча попит на такі інструменти зокрема від практикуючих фермерів зростає, бо оплата послуг приватних лабораторій та консультантів не по кишені для фермерів і пересічних землекористувачів.

Новою, вважаю глобальною проблемою, постало вивчення перспектив відновлення ґрунтів, які зазнали військових імпаکتів внаслідок широкомасштабної агресії РФ проти України. Накопичених знань про оцінку порушень ґрунтового покриву, методи їх дослідження (відбору зразків ґрунтів, аналізування та обробки кількісних показників) не так багато, бо наслідки цієї війни для ґрунтів, як і для екосистем загалом не мають аналогів у світі. Але потрібно врахувати можливості та досвід ґрунтознавців з різних країн світу.

Необхідним видається перехід до розуміння та оцінки здоров'я ґрунту, а не якості ґрунту, як це залишається в Україні, а тому й до розробки відповідних стандартів у контексті здоров'я ґрунтів. Чому здоров'я, а не якість ґрунтів? На якому рівні відбувся перехід до дефініції «здоров'я ґрунту»? Здоров'я ґрунту визначається як постійна здатність ґрунту функціонувати як життєво важлива жива екосистема, що підтримує рослини, тварин і людей [<https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/soils/soil-health>].

Здоров'я ґрунтів стало пріоритетом для управлінців високого рівня та національних політиків, а також для сільськогосподарських громад. Це пов'язано з визнанням численних функцій, які виконують ґрунти, а також з процесами деградації ґрунтів, тісно пов'язаними з сільським господарством: ерозія, дегуміфікація та емісія органічного вуглецю, зменшення біорізноманіття ґрунтів, ущільнення, забруднення, засолення та підкислення. Для ґрунтів агроекосистем здоров'я ґрунтів та стале управління ними розглядаються як основні шляхи переходу до екосистемної продовольчої моделі та відновлювального агровиробництва, управління викидами вуглецю для запобігання змінам клімату, пом'якшення наслідків та адаптації до них, а також зменшення забруднення, що в результаті сприятиме добробуту і здоров'ю людини.

Це дуже важливий крок, який вимагає зрозуміти ґрунт не тільки як джерело родючості, а як біосферний об'єкт, якому притаманна низка функцій, не менш важливих у біосферному та соціосферному контексті, ніж родючість. Остання є однією з функцій, але риторичне питання, чи може ґрунт реалізувати цю свою здатність, без функцій, наприклад, кругообігу елементів живлення, секвестрації вуглецю, збереження та очищення прісної води, регулювання клімату? Визнання біосферної функціональності ґрунтового покриву Землі змусило шукати відповіді на питання, а як оцінити цю властивість? Відповідь на це питання не до кінця зрозуміла, проте перехід до екосистемних послуг (сервісів) дозволяє й створити систему їх оцінювання. Так, проект INCA показав, що широкий спектр оцінювання екосистемних сервісів відповідно до вказівок SEEA EEA є здійсненим, і можна отримувати послідовну та порівнянну інформацію про екосистеми та послуги, які вони надають суспільству в певному масштабі. Вже є практичні приклади можливого обліку екосистемних послуг та методика для того, щоб його запустити. **Екосистемне оцінювання** є новою сферою, яка спрямована на усунення цієї великої прогалини та надання узгоджених на міжнародному рівні вказівок для вимірювання та реєстрації змін в екосистемах і екосистемних послугах.

Багато послуг, що надаються екосистемами, є суспільними благами і наразі кількісно не оцінюються, а отже, часто не враховуються в економічних рішеннях. Це має катастрофічні наслідки для природи, а в свою чергу, для суспільства. Екосистемне оцінювання розвивається у сторону принципів економічного обліку (Система національних обліків), що

дозволить екосистемним сервісам бути належним чином включеними в стандартні рамки обліку та оцінювання, і, отже, дозволять повніше включати цінність природи в процес прийняття рішень.

Зростаючий інтерес до індикаторів здоров'я ґрунту, ґрунтових біологічних процесів та динаміки ґрунтового вуглецю, а також до інноваційних методів агровиробництва вимагає більше спеціальних знань і розуміння за межами традиційної теорії родючості ґрунтів та агрономії. Отож, перехід до концепції «здоров'я ґрунту» потребує трьох етапів, а саме: оцінювання, управління, освіта та поширення знань. Для оцінювання необхідно створити нові державні стандарти, які прийдуть на зміну ДСТУ «Якість ґрунтів». Управління та стале використання ґрунтових ресурсів потребують законодавчих актів та підготовлених менеджерів на всіх рівнях, насамперед – на рівні фермерства.

Безумовно нагальною проблемою України є законодавче забезпечення охорони ґрунтів і збереження їхньої функціональності. Відсутність таких законів унеможлиблює реальний моніторинг за станом ґрунтів, індикатори його оцінки, а тому й неможливість створення сучасної бази даних про ґрунти, яка б забезпечувала управлінців всіх рівнів достовірною інформацією та верифікованими прогнозами про стан ґрунтів хоча б на 5-10 річний період. А це критично необхідно, виходячи з уже виявлених результатів впливу змін клімату на агровиробництво.



## **ДИНАМІКА РУХОМОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ҐРУНТУ В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ ПІД ВПЛИВОМ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ**

*О. Й. Качмар, кандидат сільськогосподарських наук,  
М. М. Щерба, І. В. Саверин, наукові співробітники,  
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН*

Екологічно безпечна природоохоронна реалізація біопродуктивного потенціалу земель сільськогосподарського призначення, запобігання активізації дестабілізаційних процесів у ґрунтових системах, зниження їх деградаційної вразливості можливі лише в умовах запровадження вискоєфективних науково обґрунтованих систем землеробства. Важливим об'єктивним індикатором оцінки безпечності ведення галузі рільництва є показники гумусного стану ґрунтового покриву. Гумусний комплекс ґрунту уособлює його енергетичний потенціал, визначає рівень родючості, поживні можливості, безпосередньо впливає на агрофізичні, агрохімічні та фізико-хімічні властивості, мікробіологічну активність, ерозійну стійкість [1, 2, 5]. Обсяги накопичення гумусу залежить від співвідношення між процесами мінералізації та гуміфікації органічних речовин. Первинними продуктами гумусотвірних процесів виступають рухомі (нестабільні) органічні сполуки (водорозчинний і лабільний гумус), які є хімічно нестійкими і за певних умов, зокрема при активізації ферментних систем і посиленні окисних процесів, можуть мінералізуватися як до проміжних, так і кінцевих продуктів розпаду, поповнювати ґрунтові запаси доступними формами елементів живлення рослин і використовуватись ними для росту, розвитку й формування врожаю. Частина рухомих органічних сполук залучається до подальших процесів синтезу з утворенням стабільного гумусу. Кількість водорозчинних і лабільних

гумусових речовин змінюється впродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур [3, 5, 6, 8].

Комплементарний ефект на процеси формування рухомих форм гумусу забезпечується поліваріантним впливом на ґрунтове середовище вирощування у сівозміні культур та збалансованим удобренням, яке включає як органічні, так і мінеральні складові [1, 2, 7, 9]. В сучасних умовах при недостатніх кількостях традиційних органічних добрив важливим є пошук та дослідження ефективності альтернативних джерел поповнення органічних речовин у ґрунті з використанням побічної продукції рослинництва, зеленої маси сидеральних культур [4, 10].

Вивчення процесів формування родючості сірого лісового ґрунту, його гумусного стану в короткоротаційних сівозмінах під впливом органо-мінеральних добрив проводили протягом 2016-2020 рр. в експериментальному полігоні Інституту сільського господарства Карпатського регіону в умовах двохфакторного стаціонарного дослідження, який має статус довготривалого і внесений до Реєстру стаціонарних дослідів України (номер атестата - 053). Дослід закладено в 2001 році на сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті. Кількість досліджуваних факторів – 2 (ділянки першого порядку – системи короткоротаційних сівозмін, другого – системи удобрення). У досліді вивчались 9 польових різноротаційних сівозмін з варіантами застосування традиційних (поєднання мінеральних добрив і гною) та альтернативних (компонування мінеральних добрив, соломи, пожнивних сидератів) органо-мінеральних систем і без внесення добрив (контроль).

Дослідження перерозподілу рухомих органічних речовин в ґрунті під пшеницею озимою проводили у п'яти короткоротаційних сівозмінах з різними попередниками культури і традиційними й альтернативними системами удобрення. Встановлено, що на накопичення лабільних форм гумусу значний вплив проявляли попередники. Аналіз ґрунтових зразків на варіантах без удобрення (контроль) показав вищий рівень значень лабільних органічних сполук після конюшини лучної в плодозмінній сівозміні й після гороху у зерновій. На час сходів пшениці озимої за сівозмінами вони склали 359,59 й 341,88 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту. Попередники пшениця озима (зерно-трав'яна сівозміна) і гречка (зерно-просапна) забезпечували утворення 330,54 і 312,54 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту лабільних форм гумусу. Найнижчі їх значення формувались після кукурудзи на зерно і склали 290,40 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту. Такий вплив попередників можна пояснити їх біологічними особливостями, зокрема кількістю залишених у ґрунті органічних решток, здатністю накопичення симбіотичного азоту у бобових культур. Важливим є і тривалість періоду між збиранням врожаю попередника та посівом пшениці озимої. Дослідженнями встановлено, що чим він більший, тим глибшою є величина протікання мінералізаційних процесів органічних речовин, які надійшли в ґрунтове середовище та іммобілізації утворених сполук у лабільні форми гумусу.

Застосування у сівозмінах органо-мінеральних систем удобрення проявляло значний вплив на формування лабільних форм гумусу. Комплексне внесення безпосередньо під пшеницю озиму N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> та 40 т/га гною у традиційній системі удобрення зерно-трав'яної сівозміни сприяло утворенню 529,07 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту досліджуваних органічних речовин. За внесення під культуру цього ж рівня мінерального живлення рослин, а органічної складової – під попередники, вищі значення лабільних гумусових сполук (478,64 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту) формувалися в плодозмінній сівозміні після конюшини лучної.

Поєднання зеленої маси редьки олійної, вирощеної в післяжнивних посівах на фоні задискованої соломи пшениці озимої з внесенням N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> в альтернативній системі удобрення зерно-трав'яної сівозміни сприяло утворенню 486,21 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту лабільних

форм гумусу. Внесення половинних доз мінеральних добрив й післязривної продукції (соломи) гороху в зерновій сівоzmіні та гречки в зерно-просапній забезпечило величини досліджуваних показників на рівні 417,88 й 393,46 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту. Найнижчі значення лабільних форм гумусу формувались під посівами пшениці озимої в зерно-просапній сівоzmіні після кукурудзи на зерно за альтернативної системи удобрення при внесенні половинних доз мінеральних добрив і складала 369,63 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту.

Вивчення динаміки лабільних форм гумусу впродовж вегетації пшениці озимої показало зниження їх значень при колосінній культурі у всіх сівоzmінах як на неудобраних варіантах, так і за обома досліджуваними органо-мінеральними системами удобрення. Це пояснюється активізацією мінералізаційних процесів внаслідок надходження достатньої кількості тепла в ґрунт у цей період розвитку пшениці озимої та підвищеним споживанням вивільнених поживних елементів рослинами для формування врожаю. Нашими дослідженнями встановлено, що на удобраних ділянках кількість лабільних сполук гумусу знизилась на 9,0 – 7,8 % у плодозмінній сівоzmіні, на 8,8-9,6 % у зерновій, на 9,9-14,3 % у зерно-просапній з попередником культури гречка, на 7,0-7,5 % у зерно-трав'яній, на 8,1-11,1 % у зерно-просапній з попередником кукурудза сівоzmінах.

До кінця вегетації пшениці озимої спостерігалось зростання кількості лабільного гумусу за всіма досліджуваними варіантами. Очевидно, це пов'язане зі зниженням потреб культури в поживних елементах, зміщенням хімічних рівноваг «синтез – розпад» рухомих гумусових речовин в напрямку їх іммобілізації та залученням в мінералізаційні процеси органіки, яка поступила в ґрунтове середовище з органічним опаdom. У фазі повної стиглості культури найбільша кількість лабільних гумусових речовин була на удобраних варіантах зерно-трав'яної сівоzmіні і складала 465,26-509,92 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту. Найнижчий рівень накопичення лабільного гумусу на органо-мінеральних фонах спостерігали в зерно-просапних сівоzmінах. В умовах традиційної системи за безпосереднього внесення під культуру N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> після попередника гречка їх кількість складала 405,96 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту, за альтернативної системи із застосуванням N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> після кукурудзи – 337,56 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту.

Дослідження змін водорозчинних форм гумусу під пшеницею озимою показали, що їх кількість залежала від систем удобрення, попередника культури у сівоzmіні та фази її вегетації. Встановлено, що на контрольних варіантах вищі значення цього показника спостерігались після конюшини лучної в плодозмінній сівоzmіні. На час сходів культури вони були на рівні 11,69, у фазі колосіння – 10,24, за повної стиглості – 10,65 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту. Аналізом впливу систем удобрення на гумусотвірні процеси виявлено переваги безпосереднього внесення під пшеницю озиму комплексу органічних і мінеральних складових. Так, сумісне застосування 40 т/га гною та N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> в зерно-трав'яній сівоzmіні забезпечувало накопичення у фазі сходів культури 20,20 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту водорозчинних сполук гумусу. Комплексне внесення зеленої маси післязривної редьки олійної, соломи пшениці озимої та N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> у цій же сівоzmіні сприяло формуванню їх кількості на рівні 18,40 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту.

Аналіз динаміки водорозчинних гумусових речовин впродовж вегетації культури показали, що у всіх сівоzmінах найвищі їх значення були на час сходів пшениці озимої, знижувались до фази колосіння внаслідок активного споживання продуктів розкладу рослинами та зростали до повної стиглості у зв'язку з переважанням іммобілізаційних процесів над мінералізаційними.

Результати досліджень, проведені на різних удобруваних фонах під ячменем ярим показали, що протягом вегетації культури вищі значення рухомих гумусових речовин

формувались в зерно-кормовій сівозміні на варіантах інтенсивної системи удобрення. Так, за внесення безпосередньо під культуру  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на час сходів вміст лабільного гумусу був 463,11, водорозчинного – 18,59 мг  $kg^{-1}$  ґрунту. Половинні дози мінеральних добрив ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) на фоні побічної продукції – соломи пшениці озимої в альтернативній системі удобрення формували ці показники на рівні 412,99 й 16,18 мг  $kg^{-1}$  ґрунту. В плодозмінній сівозміні на зазначених варіантах удобрення нестабільні гумусові речовини набували значень: 398,97 і 18,20 та 344,12 і 15,36 мг  $kg^{-1}$  ґрунту. До настання фази колосіння ячменю ярого на всіх варіантах досліді проходило зниження рухомих гумусових речовин, що пояснюється високою активністю мінералізаційних процесів в ґрунті на цей період та значним рівнем споживання продуктів іммобілізації рослинами для свого росту й розвитку. У час повної стиглості культури гумусомобілізаційні процеси почали переважати над мінералізаційними й відбувалось підвищення вмісту як лабільного, так і водорозчинного гумусу. На період збирання ячменю ярого в обидвох сівозмінах ці показники були в межах 359,13–430,21 мг  $kg^{-1}$  ґрунту лабільного й 14,29–15,19 мг  $kg^{-1}$  ґрунту водорозчинного гумусу за інтенсивної та 306,72–372,05 й 12,59–13,26 мг  $kg^{-1}$  ґрунту відповідно лабільного та водорозчинного гумусу за альтернативної систем удобрення.

Вивчення змін рухомих форм гумусу під кукурудзою проводили в одній (зерновій) сівозміні. Попередником була пшениця озима. Досліджувались варіанти без внесення добрив та з комплексним застосуванням 40 т/га гною й  $N_{120}P_{100}K_{100}$  в традиційній системі удобрення і цього ж рівня мінерального живлення рослин на фоні побічної продукції (соломи) пшениці озимої та зеленої маси редьки олійної в альтернативній системі.

Встановлено, що на час сходів кукурудзи на контрольних варіантах вміст лабільного гумусу складав 319,63, водорозчинного 11,42 мг  $kg^{-1}$  ґрунту. Органо-мінеральні системи удобрення забезпечували значне підвищення цих показників. На варіантах альтернативного удобрення величини лабільного гумусу склали 475,44, водорозчинного – 20,30 мг  $kg^{-1}$  ґрунту, за традиційного їх значення були вищими і становили 567,42 і 22,55 мг  $kg^{-1}$  ґрунту. У наступні фази вегетації культури вміст досліджуваних органічних сполук в ґрунтового середовищі знижувався і найменших величин набував за повної стиглості кукурудзи. У порівнянні до фази сходів це зниження за показниками лабільного й водорозчинного гумусу складало відповідно 24,0 % й 8,5 % на контрольних варіантах, 16,1 й 26,0 % за внесення 40,0 т/га гною і  $N_{120}P_{100}K_{100}$  мінеральних добрив, 13,6 й 24,8 % за компонування зеленої маси редьки олійної, побічної продукції пшениці озимої і  $N_{120}P_{100}K_{100}$  мінеральних добрив.

Порівняльний аналіз динаміки змін рухомих форм гумусу під пшеницею озимою й кукурудзою показав відмінності у перерозподілі гумусових речовин на завершальних фазах вегетації. Це можна пояснити різницею у термінах досягання, які припадають у зерновій культури на кінець липня за високої мікробіологічної активності ґрунту й серединою вересня - у просапної, коли спостерігаються зниження цих процесів у зв'язку зі змінами у тепловому й водному режимах ґрунтового середовища.

У плодозмінній сівозміні проводили спостереження за змінами нестабільних форм гумусу під картоплею, попередником якої також була пшениця озима. Вивчались варіанти без внесення добрив та з комплексним застосуванням в традиційній системі удобрення 40 т/га гною й  $N_{90}P_{90}K_{90}$  і цього ж рівня мінерального живлення рослин на фоні побічної продукції (соломи) пшениці озимої та зеленої маси редьки олійної в альтернативній системі.

Дослідженнями встановлено, що динаміка органічних речовин за варіантами удобрення і фазами вегетації культури була подібна до тієї, яку спостерігали під посівами кукурудзи. Вищий рівень накопичення лабільних (543,66–460,60 мг  $kg^{-1}$  ґрунту) і

водорозчинних (21,75-19,57 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту) сполук відмічено на час сходів культури на органо-мінеральних фонах. До кінця вегетації їх кількість знижувалась і на час повної стиглості складала 460,81-394,48 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту лабільного і 15,88-14,45 мг кг<sup>-1</sup> ґрунту водорозчинного гумусу.

### **Бібліографічний список**

1. Дегодюк С., Літвінова О., Боднар Ю. Вплив тривалого застосування добрив на гумусний режим сірого лісового ґрунту. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія*. 2011. № 15 (2). С. 88–94.
2. Качмар О., Вавринович О., Дубицька А., Дубицький О., Щерба М.. (2019). Вплив систем удобрення на динаміку нестабільних гумусових речовин в короткоротаційних сівозмінах. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія*. 2019. № 23. С. 234–237.
3. Bongiorno, G.; Bünemann, E.K.; Oguejiofor, C.U.; Meier, J.; Gort, G.; Comans, R.; Mäder, P.; Brussaard, L.; de Goede, R. Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecol. Indic.* 2019, 99, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.008>
4. Bronick, C.J.; Lal, R. Manuring and rotation effects on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils in northeastern Ohio, USA. *J. Soil Tillage Res.* 2005, 81, 239–252. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.09.011>
5. Haynes, R.J. Labile Organic Matter Fractions as Central Components of the Quality of Agricultural Soils: An Overview. *Adv. Agron.* 2005, 85, 221–268.
6. Kopecký, M.; Kolář, L.; Perná, K.; Váchalová, R.; Mráz, P.; Konvalina, P.; Murindangabo, Y.T.; Ghorbani, M.; Menšík, L.; Dumbrovský, M. Fractionation of Soil Organic Matter into Labile and Stable Fractions. *Agronomy* 2022, 12, 73 <https://doi.org/10.3390/agronomy12010073>
7. Kopecký, M.; Peterka, J.; Kolář, L.; Konvalina, P.; Maroušek, J.; Váchalová, R.; Herout, M.; Strunecký, O.; Batt, J.; Tran, D.K. Influence of selected maize cultivation technologies on changes in the labile fraction of soil organic matter sandy-loam cambisol soil structure. *Soil Tillage Res.* 2021, 207, 104865. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104865>
8. Rumpel, C.; Kögel-Knabner, I. Deep soil organic matter—a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. *Plant Soil* 2011, 338, 143–158
9. Tian, J.; Lou, Y.; Gao, Y.; Fang, H.; Liu, S.; Xu, M.; Blagodatskaya, E.; Kuzyakov, Y. Response of soil organic matter fractions and composition of the microbial community to long-term organic and mineral fertilization. *Biol. Fertil. Soils* 2017, 53, 523–532.
10. Triberti, L.; Nastri, A.; Baldoni, G. Long-term effects of crop rotation, manure and mineral fertilisation on carbon sequestration and soil fertility. *Eur. J. Agron.* 2016, 74, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.024>



## ГРУНТОВЕ ВКРИТТЯ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ЖИТТЄЗДАТНОСТІ СОСНОВИХ БОРІВ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ВИСОЧИНИ

*С. І. Ключка, канд. педагог. н., доцент*

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

*М. І. Сорока, доктор біолог. н., професор*

*Національний лісотехнічний університет України, Навчально-науковий Інститут лісового і садово-паркового господарства, м. Львів, Україна*

*І. А. Чемерис, канд. біолог. н., доцент*

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна.*

Грунтове середовище разом з природною рослинністю виступають потужними чинниками підтримання стійкої рівноваги біосфери, визначають якісні параметри атмосфери, гідросфери та в кінцевому рахунку впливають на здоров'я людини. Розвиток фітоценозу та його життєздатність як складної біотичної системи напряду залежать від ґрунтового середовища. Еволюційно укладена спільнота рослин і ризосфери перебувають у тісних взаємозв'язках, які визначають відповідність водних умов, фізико-хімічних властивостей ґрунту та типу і розміру корневих систем. Рослинні угруповання впливають на склад, структуру і фізико-хімічні параметри ґрунту. Надземні органи рослин утримують й транспірують більшу частину атмосферної вологи, а потужна лісова підстилка запобігає поверхневому і внутрішньо-ґрунтовому стоку. Зазначені явища позитивно впливають на збільшення запасів ґрунтової вологи в лісових екосистемах.

Формування соснових борів на теренах Черкаської області детермінується специфічними чинниками довкілля, за якими і відбувається її поділ на дві великі частини – лівобережну та правобережну. Правобережна формує Придніпровську височину, де фіксуються ерозійні явища. Присутність глибоких ярів обумовлюється різницею абсолютних відміток рельєфу, що зумовлює її гірський характер. Згадані процеси дали поштовх до формування Канівських гір та Мошногірського кряжу. З Лівобережного боку утворилась Придніпровська низовина, де частково можна спостерігати горбисту, заболочену ділянку земної поверхні без істотних западин та підвищень. На території області виділяють 12 домінуючих типів ґрунтів: сірі опідзолені ґрунти, темно-сірі опідзолені ґрунти, чорноземи опідзолені, чорноземи глибокі, лучні та чорноземно-лучні ґрунти, середньогумусні, дерново-середньо- і слабопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти, дерново піщані та глинисто-піщані ґрунти, торфовища низинні та торфово-болотні ґрунти.

Мета нашого дослідження полягала у детальному вивченні Придніпровських лісів за участю *Pinus sylvestris* L. на території Черкаської області та обстеження будови їх ґрунтового вкриття. У процесі досліджень окреслено поширення насаджень сосни звичайної на території Черкаського лісового господарства; досліджено видову та ценотичну різноманітність лісових фітоценозів; здійснено геоботанічні описи у найбільш репрезентативних місцях; досліджено склад, структуру і особливості диференціації ґрунтових профілів у соснових лісах на Придніпровській височині. Під час польових досліджень генетичні горизонти визначали за чергуванням зміни кольору та гранулометричного складу. Потужність кожного з горизонтів визначали в сантиметрах від верхньої крайньої межі до материнської породи з наростаючим значенням від 0 до 100, 150 см і вище, що варіювало з товщиною ґрунтового профілю.

Перший ґрунтовий розріз закладено у 37 кварталі ДП «Черкаське ЛГ» (49°27'40'' N 32°00'19'' E), характеристика якого представлено в табл. 1.

Наступний крок передбачав визначення щільності ґрунту методом ріжучого кільця (табл. 3). У піщаних ґрунтах щільність ґрунту більша, оскільки пісок краще укладається. Подальшим етапом було визначення коефіцієнта пористості ґрунту методом насичення в генетичних горизонтах (табл. 4).

З метою детального аналізу ґрунтових горизонтів досліджено механічний (гранулометричний) склад ґрунту у розрізі, закладеному в кв.37 в.18. Дахнівського лісництва ДП «Черкаське ЛГ». Виявлено, що за механічним складом у цій місцевості переважає середній суглинок. Результати дослідження структури ґрунту відображені в таблиці 2.

З точки зору агротехнічних показників, найкращі значення для рослин величини щільності верхніх шарів ґрунтів знаходиться в межах 1,0-1,3 г/см<sup>3</sup>. Досліджений ґрунт відноситься до розпушених або збагачених органічними речовинами за щільності < 1 г/см<sup>3</sup>; актуальний показник для орних земель – 1,0-1,2 г/см<sup>3</sup>; орні угіддя можна віднести до ущільнених – 1,2-1,3 г/см<sup>3</sup>, значення показника щільності для підорних горизонтів (крім чорноземів) – 1,4-1,6 г/см<sup>3</sup>, сильно ущільнені горизонти (солоді та підзоли) – 1,6-1,8 г/см<sup>3</sup>.

Таблиця 1 – Опис ґрунтового зрізу у сосновому лісі (кв. 37 ДП «Черкаське ЛГ»)

Горизонт та потужність в см.	Опис горизонту
H <sub>0</sub> h=6см	гумусовий, бурувато-сірий, слабоелювіований, слабкогрудкуватий, свіжий, піщаний, розсипчастий, з достатньою кількістю дрібних обвуглених органічних решток, з включеннями світлих плямам відмитого піску; перехід різкий. НСІ скипає дуже слабо.
E h=72	пісок слабоелювіований, свіжий, бруднувато-жовтий, розсипається, з незначною кількістю скупчень дрібних обвуглених органічних решток, зі світлими плямистостями відмитого піску; особливо в нижній частині; перехід різкий, язиками. НСІ не скипає.
I <sub>1</sub> h=48	ілювіальний, білувато-сірий з коричнево-бурими прошарками до 10 см, в піску спостерігаються залізо-марганцеві конкреції; перехід ясний. НСІ не скипає.
I <sub>2</sub> h=45	пісок, білуватий, свіжий, добре відмитий, особливо у нижній частині, слабоілювіований; перехід різкий, язиками. НСІ не скипає.

Таблиця 2 – Структура ґрунту у соснових лісах за генетичними горизонтами (кв.37 в.18. Дахнівського лісництва ДП «Черкаське ЛГ»)

№	Горизонт	Тип ґрунту	Вид	Морфологічні особливості	Розміри
1	Поверхня	Кубоподібний	Порохуватий	Грані та ребра виражені добре	0.5 – 1 мм
2	H <sub>0</sub>	Кубоподібний	Порохуватий	Грані виражені добре	0.5 – 1 мм
3	H <sub>2</sub>	Кубоподібний	Порохуватий	Грані і ребра виражені погано	5 – 50 мм
4	E <sub>1</sub>	Кубоподібний	Порохуватий	Грані та ребра виражені добре	0.5 – 1 мм
5	I <sub>1</sub>	Кубоподібний	Порохуватий	Грані та ребра виражені добре	0.5 – 1 мм



Таблиця 3 – Щільність ґрунту у соснових лісах за генетичними горизонтами (кв.37 в.18. Дахнівського лісництва ДП «Черкаське ЛГ»)

№	Вага кільця, г.		Вага зразка ґрунту $q_2 - q_1$ , г.	Об'єм кільця, $V$ , $\text{см}^3$	Щільність ґрунту, $\rho$	
	Порожнього, $q_1$ , г.	З ґрунтом, $q_2$ , г.			Окремого зразка	Середня
1	$211,2 + 67,99 = 279,19$	432,72	153,53	112,76	1,3615643 г/см <sup>3</sup>	1,521225 г/см <sup>3</sup>
2	$211,2 + 67,99$	457,35	178,16	112,76	1,5799929 г/см <sup>3</sup>	
3	$211,2 + 67,99$	462,10	182,91	112,76	1,622117 г/см <sup>3</sup>	

Таблиця 4 – Результати визначення пористості та коефіцієнту пористості ґрунту

Назва об'єкту та параметри досліджень	Зразок ґрунту			Середнє значення
	$H_2$	$E_1$	$I_1$	
Маса пустої склянки, $Q_1$ , г.	97,24г	46,16г	46,16г	63,18г
Склянки з сухим ґрунтом, $Q_2$ , г.	247,69г	103,04г	114,11г	154,94г
Склянки з водонасиченим ґрунтом, $q_3$ , г.	292,08г	116,98г	130,57г	179,87г
Сухого ґрунту, $q_2 - q_1$ , г.	150,45г	41,02г	58,88г	83,45г
Водонасиченого ґрунту, $q_3 - q_1$ , г.	57г	194,84г	70,82г	107,55г
Об'єм води, $V_v$ , $\text{см}^3$	43,2мл	13,8мл	16,3мл	24,5мл
Об'єм ґрунту, $V$ , $\text{см}^3$	110	40	40	63,33
Пористість, $n$ , %	39,27	34,5	40,75	38,17
Коефіцієнт пористості, $e$ , г.о.	0,4	0,35	0,4	0,38
Щільність повітряно-сухого ґрунту, $\rho_{пс}$ , г/ $\text{см}^3$	0,3729	1,0255	1,422	0,94
Щільність водонасиченого ґрунту, $\rho_{пс}$ , г/ $\text{см}^3$	1,425	1,7712	1,7705	1,6555

Обмежувочим значенням визначаються глейові горизонти з максимальною об'ємною щільністю 2,0 г/см<sup>3</sup>. В разі об'ємної щільності ґрунтів з значеннями 1,6-1,7 г/см<sup>3</sup>, коренева система деревних видів майже в ґрунт не проникає, при щільності твердої фази ґрунту 2,66-2,70 г/см<sup>3</sup> культури сільгосп використання зменшують врожайність в 3-4 рази.

Таким чином, дослідження ґрунтів у соснових лісах ДП «Черкаське ЛГ» методом закладки ґрунтових розрізів з'ясував, що тут переважають дерново-підзолисті лісові ґрунти легкого гранулометричного складу, що мають досить низький родючий потенціал та агроекологічну стійкість. Ґрунтовірними породами виступають водно-льодовикові, моренні, давньоалювіальні відклади різного гранулометричного складу (переважно

супіщані).

З метою підвищення родючих властивостей такого ґрунту, утримання вологи та створення умов для росту сосни звичайної насамперед слід зупинити вітрову та водну ерозії шляхом створення захисних сіток із вузьколистих видів верб, посадки саджанців сосни проводити у добре підготовлені лунки, зберігати підлісок та використовувати сидерати.



## **СТРУКТУРА ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ В УМОВАХ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ВИСОЧИНИ**

*С. І. Ключка, канд. педагог. н., доцент*

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

*М. І. Сорока, доктор біолог. н., професор*

*Національний лісотехнічний університет України, Навчально-науковий Інститут  
лісового і садово-паркового господарства, м. Львів, Україна*

*І. А. Чемерис, канд. біолог. н., доцент*

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна.*

Ґрунтове середовище в сукупності з фітоценозами виступають потужним чинником підтримання стійкої динамічної рівноваги біосфери: якості атмосфери, гідросфери та здоров'я людини. Сукупність еволюційних змін органічного світу невід'ємно, впливають на всі компоненти живої й неживої природи, взаємодіючи з якими, здійснюється формування кожного елемента біосфери, визначальним елементом якої є ліс. Деревостан, як інтегрований компонент фітоценозу в лісовому середовищі під впливом взаємовідносин, формує відповідне середовище. Кожен тип лісу має свій характерний набір лісової фітобіоти, який є індикатором певних природних умов. Утворення соснових борів на теренах Черкаської області обумовлено її географічними чинниками, за якими відбувається поділ на дві великі частини – лівобережну та правобережну. Правобережна формує Придніпровську височину, де фіксуються ерозійні явища. Присутність глибоких ярів обумовлюється різницею абсолютних відміток рельєфу, що зумовлює її гірський характер. Згадані процеси дали поштовх до формування Канівських гір та Мошногірського кряжу. З Лівобережного боку утворилась Придніпровська низовина, де частково можна спостерігати горбисту, заболочену ділянку земної поверхні без істотних западин та підвищень.

Мета нашого дослідження: детальне вивчення Придніпровських лісів Черкаської області за участю сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та обстеження будови ґрунтового покриву на території Придніпровської височини на прикладі Черкаського лісового господарства».

Поставлені завдання: окреслити розташування насаджень сосни звичайної на території Черкаського лісового господарства; дослідити видову різноманітність лісових фітоценозів із сосни звичайної та здійснити геоботанічні описи у найбільш репрезентативних місцях; зазначити позитивні фактори утворення штучних насаджень; окреслити й провести аналіз фітоценотичного складу борів та встановити екологічні підпорядкування у їх

становленні; дослідити особливості диференціації ґрунтового профілю на ділянці лісництва; зазначити рекомендації з метою ощадливого використання та відтворення лісів з сосни звичайної.

Об'єкт дослідження: насадження сосни звичайної та ґрунтотвірні умови території Черкаського лісового господарства. Предмет дослідження: сучасний стан, фітоценотична структура, особливості будови ґрунтового профілю та перспективи збереження лісів за участю сосни звичайної на території Черкаського лісового господарства.

Виділяють на території області біля 12 переважаючих типів ґрунтів: сірі опідзолені ґрунти, темно-сірі опідзолені ґрунти, чорноземи опідзолені, чорноземи глибокі, лучні та чорноземно-лучні ґрунти, середньогумусні, дерново-середньо- і слабопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти, дерново піщані та глинисто-піщані ґрунти, торфовища низинні та торфово-болотні ґрунти. Взаємообумовлене існування рослин і ґрунту передбачає спільність їх водних умов та фізико-хімічних властивостей ґрунту, а також типу, міри розвитку та глибини їх корневих систем. Як свідчать дослідження, у лісовому середовищі на глибину до 3 м проникають коріння рослин, що мають стрижневу системою на пухких і відносно родючих ґрунтах (зокрема, у сосни звичайної). Підтверджено, що на території певного кліматичного регіону розвиток фітоценозу та його ефективність залежать від ґрунтового середовища. Разом з цим, рослинні угруповання в певній мірі визначаються специфічністю температурного режиму. Рослинне біорізноманіття лісу, в свою чергу, також впливає на гідрологічний режим ґрунту. Фітобіота, її надземні органи утримують й транспірують певну частину атмосферної вологи. Потужна лісова підстилка в лісах рівнинної території запобігає поверхневому і внутрішньо-ґрунтовому стоку. Зазначені явища позитивно впливають на збільшення запасів ґрунтової вологи в лісових екосистемах.

Мінеральний склад ґрунту перебуває в прямій залежності від впливу на нього різноманітних складників біогеоценозу, зокрема й фітоценозу.

Ґрунтовий розріз закладався на території Черкаського лісгоспу 37 квартал, абрис місцевості 49°27'40'' N 32°00'19'' E, характеристика ґрунтового зрізу представлена в табл.4.

Таблиця 4 – Опис ґрунтового зрізу

Горизонт та потужність в см.	Опис горизонту
H <sub>0</sub> h=6см	гумусовий, бурувато-сірий, слабобіологований, слабкогрудкуватий, свіжий, піщаний, розсипчастий, з достатньою кількістю дрібних обуглених органічних решток, з включеннями світлих плям відмитого піску; перехід різкий. НСІ скипає дуже слабо.
E h=72	пісок слабобіологований, свіжий, бруднувато-жовтий, розсипається, з незначною кількістю скупчень дрібних обуглених органічних решток, зі світлими плямистостями відмитого піску; особливо в нижній частині; перехід різкий, язиками. НСІ не скипає.
I <sub>1</sub> h=48	ілювіальний, білувато-сірий з коричнево-бурими прошарками до 10 см, в піску спостерігаються залізо-марганцеві конкреції; перехід ясний. НСІ не скипає.
I <sub>2</sub> h=45	пісок, білуватий, свіжий, добре відмитий, особливо у нижній частині, слабобіологований; перехід різкий, язиками. НСІ не скипає.

Потужність кожного з горизонтів визначали в сантиметрах від верхньої крайньої межі до материнської породи з наростаючим значенням від 0 до 100, 150 см і вище, що варіювало з товщиною ґрунтового профілю.

Однією з провідних діагностичних ознак приналежності ґрунту до одного з типів є сукупність генетичних горизонтів та товщина їх залягання. Під час польових досліджень генетичні горизонти ми визначали за чергуванням зміни кольору та їх гранулометричного складу (будови).

З метою детального аналізу ґрунтових горизонтів ми констатували механічний (гранулометричний) склад ґрунту Дахнівського лісництва Черкаського лісгоспу кв.37 в.27. Зразок скачували в кульку і шнур з витонченими кінцями, який при згинанні в кільце утворював тріщини і розвалювався на сегменти. Звідси, механічним складом цієї місцевості є середній суглинок. Результати дослідження структури ґрунту відображені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Структура ґрунту кожного генетичного горизонту

№	Місце проби, горизонт	Тип ґрунту	Вид	Морфологічні особливості	Розміри
1	Черкаський лісгосп, Дахнівське лісництво	Кубоподібний	Порохуватий	Грані та ребра виражені добре	0.5 – 1мм
2	Кв. 37 в.18 Н <sub>0</sub>	Кубоподібний	Порохуватий	Грані виражені добре	0.5 – 1мм
3	Кв. 37 в.18 Н <sub>2</sub>	Кубоподібний	Порохуватий	Грані і ребра виражені погано	5 – 50мм
4	Кв. 37 в.18 Е <sub>1</sub>	Кубоподібний	Порохуватий	Грані та ребра виражені добре	0.5 – 1мм
5	Кв. 37 в. 18 І <sub>1</sub>	Кубоподібний	Порохуватий	Грані та ребра виражені добре	0.5 – 1мм

За підсумками роботи ми зафіксували тип ґрунту кубоподібний, вид порохуватий та його морфологічні особливості (добре виражені грані та ребра). Наступний крок передбачав визначення щільності ґрунту методом ріжучого кільця (табл.6).

Таблиця 6 – Щільність ґрунту в кожному генетичному горизонті

№	Вага кільця, г.		Вага зразка ґрунту q1-q2, г.	Об'єм кільця, V, см <sup>3</sup>	Щільність ґрунту, P	
	Порожнього, q1, г.	З ґрунтом, q2, г.			Окремого зразка	Середня
1	211,2 + 67,99 = 279,19	432,72	153,53	112,76	1,3615643 г/см <sup>3</sup>	1,521225 г/см <sup>3</sup>
2	211,2 + 67,99	457,35	178,16	112,76	1,5799929 г/см <sup>3</sup>	
3	211,2 + 67,99	462,10	182,91	112,76	1,622117 г/см <sup>3</sup>	

Щільність ґрунту - це маса одиниці часток (твердої компоненти, твердої фази) ґрунту в одиниці їх об'єму. В піщаних ґрунтах щільність ґрунту більша, оскільки пісок краще складається, тому спостерігаємо його більшу пористість.

Подальший етапом – це дослідження пористості та коефіцієнта пористості методом насичення в генетичних горизонтах (табл.7).

Таблиця 7 – Результати визначення пористості та коефіцієнту пористості ґрунту

Назва об'єкту та параметри досліджень	Зразок ґрунту			Середнє значення
	H <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	
Маса пустої склянки, q <sub>1</sub> , г.	97,24г	46,16г	46,16г	63,18г
Склянки з сухим ґрунтом, q <sub>2</sub> , г.	247,69г	103,04г	114,11г	154,94г
Склянки з водонасиченим ґрунтом, q <sub>3</sub> , г.	292,08г	116,98г	130,57г	179,87г
Сухого ґрунту, q <sub>2</sub> - q <sub>1</sub> , г.	150,45г	41,02г	58,88г	83,45г
Водонасиченого ґрунту, q <sub>3</sub> - q <sub>1</sub> , г.	57г	194,84г	70,82г	107,55г
Об'єм води, V <sub>в</sub> , см <sup>3</sup>	43,2мл	13,8мл	16,3мл	24,5мл
Об'єм ґрунту, V, см <sup>3</sup>	110	40	40	63,33
Пористість, n, %	39,27	34,5	40,75	38,17
Коефіцієнт пористості, e, g.o.	0,4	0,35	0,4	0,38
Щільність повітряно-сухого ґрунту, ρ <sub>пс</sub> , г/см <sup>3</sup>	0,3729	1,0255	1,422	0,94
Щільність водонасиченого ґрунту, ρ <sub>нс</sub> , г/см <sup>3</sup>	1,425	1,7712	1,7705	1,6555

Ґрунт відносять до розпушених або збагачених органічними речовинами за щільності < 1 г/см<sup>3</sup>; актуальний показник для орних земель – 1,0-1,2 г/см<sup>3</sup>; орні угіддя можна віднести до ущільнених – 1,2-1,3 г/см<sup>3</sup>, значення показника щільності для підорних горизонтів (крім чорноземів) – 1,4-1,6 г/см<sup>3</sup>, сильно ущільнені горизонти (солоді та підзоли) – 1,6-1,8 г/см<sup>3</sup>.

З точки зору агротехнічних показників, найкращі значення для рослин величини щільності верхніх шарів ґрунтів знаходиться в межах 1,0-1,3 г/см<sup>3</sup>. Обмежуючим значенням визначаються глейові горизонти з максимальною об'ємною щільністю 2,0 г/см<sup>3</sup>. В разі об'ємної щільності ґрунтів з значеннями 1,6-1,7 г/см<sup>3</sup>, коренева система деревних порід майже в ґрунт не проникає, при щільності твердої фази ґрунту 2,66-2,70 г/см<sup>3</sup> культури сільгосп використання зменшують врожайність в 3-4 рази.

Таким чином, ми провели аналіз ґрунтового покриву методом закладки ґрунтового розрізу в мікрорайоні Лісовий на території Дахнівського лісництва квартал 37/27. З'ясували, що тут наявні дерново-підзолисті лісові ґрунти, легкого гранулометричного складу, що мають досить низький родючий потенціал та агроекологічну стійкість. Це доводить той факт, що, згідно з літературними джерелами, ґрунтовірними породами виступають водно-льодовикові, моренні, давньооалювіальні відклади різного гранулометричного складу (переважно супіщані). З метою підвищення родючих властивостей такого ґрунту доцільно проводити вапнування, збільшити дозування органічних та мінеральних добрив, перешкоджати впливу водній ерозії, можливе поглиблення орного шару, що супроводжується застосування азотфіксуючих рослин (люпин, буркун). Внесення органічних і мінеральних добрив на збіднених ґрунтах відіграє суттєве значення для покращення їх родючих властивостей.



## БІОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ

*Л. П. Книгніцька, науковий співробітник, кандидат сільськогосподарських наук  
Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського  
господарства Карпатського регіону НААН*

В Україні льон-довгунець із давніх часів був традиційною прядивною культурою поліських і західних регіонів України. Забезпечення рослин елементами живлення відіграє важливу роль у підвищенні урожайності. Тому оптимізація живлення основними елементами являється одним із основних завдань при вирощуванні цієї культури. Для формування 1 т соломки з гектара ґрунту льон забирає: азоту 15 кг, фосфору 7 кг; калію 12 кг, сірки 10 кг.

Льонарству властиві такі ж негативні процеси, як і всьому землеробству – це насамперед від’ємний балансовий гумус, дефіцит азоту, середній та нижче середнього рівень фосфору і калію. Враховуючи останні тенденції постійного зростання цін на паливно-мастильні матеріали, мінеральні добрива, засоби захисту, суттєво підвищуються витрати на виробництво продукції, знижується рівень рентабельності навіть льону-довгунця до критичного рівня. Через відсутність органічних добрив та високу вартість мінеральних стає все більш неможливим використання основних видів удобрення аграріями в Україні. Тому застосування ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур, які вивчалися при дослідженнях з льоном-довгунцем в умовах Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах є надзвичайно актуальним.

Різке подорожчання вартості мінеральних добрив спонукає аграріїв не лише зменшувати норми їх унесення, а й шукати гідну альтернативу. Завідувачка відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НААН України Людмила Білявська доводить, що правильне використання мікробних біотехнологій дає змогу зменшити витрати на мінеральні добрива і ЗЗР й отримати вищий урожай кращої якості з користю для довкілля. Адаптація застосування мікробних препаратів створює високу концентрацію корисних форм мікроорганізмів, у потрібному місці та в потрібний час і запускає відповідні позитивні процеси в ґрунті.

За словами Олександра Карнаух, продукт-менеджера компанії “Агро Експерт” мікроорганізми, що фіксують азот, можуть зв’язувати 20-60 кг/га атмосферного азоту та знижують потребу в азотних добривах до 15-30 %, а мікроорганізми, що вивільнюють фосфор, здатні вивільнити 35-50 кг / га цього елемента й таким чином збільшують урожайність культур до 10-20 % [1].

За дослідженнями Л. М. Токмакової вченими Інституту сільськогосподарської мікробіології УААН, м. Чернігів у зв’язку з важливою роллю фосфору у житті рослин, низьким природним вмістом його рухомих сполук у ґрунтах та обмеженістю ресурсів фосфатної сировини розроблені бактеріальні препарати альбобактерин, поліміксобактерин, які занесені до “Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні”, Вони містять цінні штами мікроорганізмів, здатні трансформувати важкорозчинні органічні та мінеральні сполуки фосфору у форму, що легко засвоюються рослинами і рекомендовані для підвищення урожайності та поліпшення якості сільськогосподарської продукції [2].

Основними елементами альтернативних технологій вирощування, які вивчалися в умовах Прикарпаття у 2004-2008 роках і продовжують вивчатися і дотепер були локальне

внесення мінеральних добрив, суха інкрустація насіння мікродобривами, застосування стимуляторів росту, бактеріальних препаратів, бакових сумішей, інтегрований захист рослин, біологізація – розширення посівів багаторічних трав. Широке вивчення і впровадження у виробництво технологій, пов'язаних з максимальним залученням у систему удобрення вторинної продукції рослинництва та сидератів як джерела органічної сировини, яка стабілізує гумусний стан ґрунту, поліпшує його біологічні процеси, зменшує непродуктивні витрати азоту, підвищує родючість ґрунту не хімічним шляхом, а біологічним, що дає змогу отримувати високі урожаї чистої, не забрудненої хімікатами продукції, а також застосування мінімальної системи обробітку ґрунту.

Ресурсозберігаюча технологія в наших дослідженнях передбачала використання мобілізуючого бактеріального препарату поліміксобактерину, для підвищення урожайності льону-довгунця.

За результатами досліджень застосування бактеріального препарату поліміксобактерин мало значний вплив на формування густоти стеблостою. При застосуванні соломи попередника у поєднанні із сидератом олійна редька, мінімальними дозами мінеральних добрив та обробкою насіння поліміксобактерином густота стеблостою перед збиранням була 1810-1830 шт/м<sup>2</sup>, повнота схожості насіння на цих варіантах складала – 75,7-77,0 % з найкращим виживанням рослин – 95,8-96,3 %. Загальна висота рослин за такого удобрення становила 87,2-88,0 см. За використання поліміксобактерину збільшувалася кількість коробочок на рослинах, маса 1000 насінин, кращим був приріст повітряно-сухої маси у всі фази росту та розвитку рослин.

Аналіз урожайних даних показував, що проведення передпосівної бактеризації насіння позитивно впливало на продуктивність льону-довгунця. Урожайність соломки на контролі з протруйником була 48,0-49,0 ц / га, протруйник з поліміксобактерином – 48,8-49,5 ц / га; насіння відповідно – 6,0-6,20 ц / га та 6,3-7,5 0 ц/га. Найвищим був урожай соломки і насіння при сумісному застосуванні соломи попередника (пшениці озимої), сидерату (редьки олійної), бактеріального препарату під час протруювання та локального внесення мінімальних доз мінеральних добрив і становив 52,0-56,5 0 ц/га та 9,1-10,0 0 ц/га.

При бактеризації насіння поліміксобактерином у поєднанні з протруйником швидше появлялися сходи рослин, утворювалася розгалужена коренева система, яка за візуальними спостереженнями збільшувалася на 15-17 %, підвищувався вміст хлорофілу, посилювалася фотосинтетична активність, збільшувалася листкова поверхня посівів, що сприяло кращому росту і розвитку рослин, стійкості рослин до захворювань та збільшенню урожайності льону-довгунця.

Отже, дослідження елементів біологізації у технології вирощування льону-довгунця свідчить про їх ощадливий характер як такий, що позитивно впливає на родючість ґрунту та урожайність. У зв'язку із складними умовами в Україні можна рекомендувати для удобрення при вирощуванні сільськогосподарських культур солону та рештки попередників, сидеральні культури та бактеріальні препарати. До того ж існує безліч інших мікробних препаратів, застосування яких в польових умовах ще недостатньо вивчені, а тому варто проводити дослідження з їх впливу на культуру льону та інші культур та родючість ґрунту. Проведені нами супутні дослідження з вивчення мікробіологічних препаратів на озимій пшениці та тритикале, ячменю ярому показували позитивний ефект.

Вчені Інституту сільськогосподарської мікробіології стверджують, що поліміксобактерин відноситься до мікробних препаратів землеудобрювальної дії, які мають низьку собівартість, технологічні, нешкідливі для людини та навколишнього природного

середовища та можуть використовуватися на присадибних ділянках, що підтверджується і у наших дослідженнях.

### **Бібліографічний список**

1. Всеукраїнський практичний форум «ДЕНЬ АГРОНОМА», м. Львів, 2023 рік <https://agrotimes.ua/foto/vseukrayinskyj-praktychnyj-forum-den-agronoma-2023-rik/>
2. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: Монографія / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська, Л. М. Токмакова, Є. П. Копилов, С. Ф. Козар, М. З. Толкачов, Т. М. Мельничук, Л. О. Чайковська, М. К. Шерстобоев, А. М. Москаленко, Ю. М. Халеп; За ред. В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2006. – 312 с.



## **ФОРМУВАННЯ БАЛАНСУ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ҐРУНТІ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО**

*Т.М. Колесник,*

*завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства*

*М.М. Швець,*

*здобувач PhD за спеціальністю 201 «Агрономія»*

*Національний університет водного господарства та природокористування*

Кукурудза стала однією з найважливіших культур рослин світу завдяки домінуючій ролі у харчуванні населення світу і прискоренню темпів її виробництва [1]. Впродовж короткого періоду часу вона стала однією з визначальних для економіки України загалом і для агропромислового комплексу зокрема сільськогосподарською культурою [2].

Крім високих врожаїв зерна, зароблення в ґрунт листо-стеблової маси кукурудзи є важливим джерелом поповнення запасів органічної речовини ґрунту та реутилізації елементів живлення [3].

Головною статтею витрат елементів живлення у їх балансі в ґрунті є винос врожаєм сільськогосподарських культур. Його величина насамперед залежить від величини врожаю та вмісту в ньому елементів живлення. Хімічний склад навіть одного сорту культурної рослини може варіювати в значних межах залежно від ґрунтово-кліматичних і погодних умов, доз і співвідношень добрив, загального рівня агротехніки та інших чинників [4]. За усередненими по Україні даними вміст азоту, фосфору і калію у зерні кукурудзи становить відповідно 2,0; 0,57 і 0,37 відсотка, а у листо-стебловій масі відповідно 0,75; 0,30 і 0,64 відсотки в перерахунку на суху речовину [5].

За даними Держкомстату України у 2021 році середня врожайність зерна кукурудзи склала 7,68 т/га [6].

Розрахунки наведені в таблиці 1, дають можливість оцінити вплив вирощування зернової кукурудзи на баланс елементів живлення в ґрунті. Отримані показники свідчать, що з отриманим врожаєм зерна і відповідної кількості листо-стеблової маси з ґрунту було відчужено 251,1 кг/га азоту, 82,8 кг/га фосфору та 111,6 кг/га калію.

На перший погляд, за внесення під кукурудзу у 2021 році в середньому по Україні  $N_{123}P_{25}K_{23}$  з добривами [7] в ґрунті сформувався різко від'ємний баланс елементів



живлення: -128,1 кг/га азоту; -57,8 кг/га фосфору і -88,6 кг/га калію. Проте слід враховувати, що на сучасному етапі розвитку землеробства майже вся побічна продукція сільськогосподарських культур залишається на полях в якості органічних добрив. Кукурудза належить до культур, які формують найбільше вегетативної маси по відношенню до товарної продукції. На 1 т зерна кукурудзи приходиться 1,7 т побічної продукції, що в середньому по Україні становить 13,1 т/га. З побічною продукцією в ґрунт було повернуто 97,5 кг/га азоту, 39,0 кг/га фосфору та 83,2 кг/га калію, що становить відповідно 38,8; 47,1 та 74,6 відсотка від сумарного виносу зерном і листо-стеблевою масою. Якщо у 2021 році загальний винос NPK з отриманим врожаєм зерна і відповідною кількістю побічної продукції в середньому становив 445,5 кг/га, то з останньою в ґрунт повернуто 219,7 кг/га, або 49,3 відсотка від виносу. З врахуванням реутилізації елементів живлення, які містилися у побічній вегетативній масі кукурудзи господарський баланс азоту, фосфору і калію сформувався менш від'ємним і становив відповідно -30,6; -18,8 і -5,4 кг/га.

Таблиця 1. – Баланс елементів живлення в ґрунтах України за вирощування кукурудзи на зерно

Показники	Елементи живлення		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Середній вміст, % - зерно	2,00	0,57	0,37
- листо-стеблева маса	0,75	0,30	0,64
Винос, кг/га, всього	251,1	82,8	111,6
в т.ч.: зерно	153,6	43,8	28,4
листо-стеблева маса	97,5	39,0	83,2
Надходження з добривами, кг/га	123	25	23
Баланс, ± кг/га	- 128,1	- 57,8	- 88,6
Повернуто в ґрунт з побічною продукцією:			
- кг/га	97,5	39,0	83,2
- % від загального виносу	38,8	47,1	74,6
Баланс з врахуванням повернення з побічною продукцією, ± кг/га	30,6	18,8	5,4

Отже, у 2021 році на формування середньої по Україні врожайності зерна 7,68 т/га з відповідною кількістю побічної продукції з ґрунту в середньому було відчужено 445 кг/га елементів живлення, проте з них з листо-стеблевою масою в ґрунт повернуто 219,7 кг/га, або 49,3 відсотка, в тому числі азоту – 38,8; фосфору – 47,1 та калію – 74,6 відсотка.

#### **Бібліографічний список**

1. Надь Янош. Кукурудза. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю. 2012. 580 с.
2. Гадзало Я.М., Гладій М.В., Саблук П.Т., Лузан Ю.Я. Розвиток аграрної сфери в умовах децентралізації управління в Україні. К.: Аграрна наука. 2018. 328 с.

3. Польовий В.М., Ященко Л.А., Ровна Г.Ф., Колесник Т.М. Еколого-економічні аспекти вирощування сільськогосподарських культур на дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся України. *Агроекологічний журнал*. №1. 2022. С. 91-98.
4. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. Київ: ТВО "СІК ГРУП УКРАЇНА". 2018. 560 с..
5. Марчук І.У., Макаренко В.М., Ростальний В.Є., Савчук А.В, Філанов Є.А. Добрива та їх використання: Довідник. К.: Арістей. 2010. 254 с.
6. Статистичний збірник "Рослинництво України". 2021. [URL:http://www.ukrstat.gov.ua/](http://www.ukrstat.gov.ua/)
7. Використання добрив і пестицидів під урожай сільськогосподарських культур 2021 року. [URL:http://www.ukrstat.gov.ua/](http://www.ukrstat.gov.ua/)



### **МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ ЗА МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ, ВАПНУВАННЯ ТА ЗАОРЮВАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА**

*І. М. Малиновська, доктор с.-г.наук  
ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»,*

В Україні ґрунти з підвищеною кислотністю (рН нижче 5,5) займають великі площі – понад 9,14 млн га [1]. Значна частина кислих дерново-підзолистих ґрунтів знаходиться в зоні Полісся. Крім того, кислою реакцією характеризуються червоноземи, сірі лісові, торф'яно-болотні ґрунти і частково вилужені й опідзолені чорноземи. Кислі ґрунти мають несприятливі біологічні, фізичні та хімічні властивості. Внаслідок витіснення кальцію йонами водню з ґрунтового вбірного комплексу підвищується дисперсність насичених воднем мінеральних колоїдних частинок, що призводить до поступового їх руйнування і вимивання за межі орного шару ґрунту. Цим пояснюється малий вміст у кислих ґрунтах колоїдної фракції, вони мають низьку ємність поглинання і слабку буферність. У таких ґрунтах сильно пригнічена діяльність ґрунтових мікроорганізмів, особливо азотфіксувальних вільно існуючих і симбіотичних бактерій, для розвитку яких найбільш сприятлива нейтральна реакція ґрунтового середовища (рН 6,5–7,5) [2-4]. У той же час підвищена кислотність є причиною розвитку в ґрунті грибів, серед яких багато збудників хвороб рослин та токсиноутворювачів.

Вапнування за його правильного застосування активізує біологічні і хімічні процеси у ґрунтах, сприяє зростанню рухомості нітратів, фосфору органічних сполук, фосфатів заліза і алюмінію, а також калію. При внесенні вапна посилюється активність целюлозоруйнівних, амоніфікувальних, маслянокислих та інших бактерій, що розкладають рослинні рештки [2-5]. При цьому відбувається гуміфікація рослинних решток із утворенням ульминових і гумінових кислот, які в присутності кальцію сприяють утворенню водостійких агрегатів. Застосування вапна приводить до зростання загальної біологічної та протеазної активності, кількості сапрофітних бактерій та бактерій-аеробів [6,5].

*Метою* проведення наших експериментальних досліджень було встановлення спрямованості та напруженості мінералізаційних процесів у сірому лісовому ґрунті за використання різних систем удобрення та вапнування.

Дослідження проводили в системі полігонного моніторингу, який було створено на базі стаціонарного дослідів відділу агроґрунтознавства і ґрунтової мікробіології ННЦ «Інститут землеробства НААН». Вивчення технологічних заходів розширеного відтворення і регулювання родючості сірого лісового ґрунту». В адміністративному відношенні територія дослідів розміщена в Фастівському районі Київської області, на правобережжі р. Дніпра. Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий. До закладання дослідів ґрунт характеризувався такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 1,44 %;  $pH_{\text{сол}}$  – 4,6; гідролітична кислотність – 3,6 мг-екв/100 г ґрунту; обмінні основи: кальцій – 3,9; магній – 0,58 мг-екв/100 г ґрунту; ступінь насичення основами – 56 %, вміст лужногідролізованого азоту – 7–9 мг; рухомих фосфатів – 13–25 мг, обмінного калію – 8–17 мг/100 г ґрунту. Вапно (вапнякове борошно) вносили у 1992 р. та повторно у 2005 р. за гідролітичною кислотністю. Повна доза 1,0 Нг становила 4,5–6,0 т/га  $\text{CaCO}_3$  залежно від фактичних показників гідролітичної кислотності в кожному варіанті. Чергування культур зерно-просапної сівозміни було таким: соя, пшениця яра, кукурудза на силос, ячмінь із підсівом конюшини лучної, конюшина (2-й укіс на сидерат), пшениця озима, просо. Об'єктом досліджень був ґрунт варіантів стаціонарного дослідів: 1 – без добрив (контроль); 2 – вапнування за показником гідролітичної кислотності повною дозою 1,0 Нг; 3 –  $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ ; 4 –  $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60} + \text{CaCO}_3$  (1,0 Нг); варіанти удобрення по фоні заорювання побічної продукції рослинництва щорічно і біомаси сидеральної культури в рік вирощування конюшини: 5 –  $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ , 6 –  $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60} + \text{CaCO}_3$  (1,0 Нг), 7 –  $\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{90} + \text{CaCO}_3$  (1,0 Нг), 8 –  $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{CaCO}_3$  (1,0 Нг). У досліджуваних варіантах вирощували пшеницю яру, попередник – соя. Площа посівної ділянки 60 м<sup>2</sup> (10 × 6), облікової – 24 м<sup>2</sup> (6 × 4), повторність дослідів чотириразова.

Спрямованість та інтенсивність мікробіологічних процесів у ґрунті визначали методами, які описані раніше [7]. Статистичну обробку результатів проводили з використанням сучасних програм *Microsoft Excel*.

У результаті проведених досліджень встановлено, що оптимізація мінерального живлення рослин і рН ґрунтового середовища веде до збільшення чисельності та фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп, зниження активності мінералізації гумусу й активності витрачання органічної речовини ґрунту. Вапнування послаблює процеси мінералізації органічної речовини ґрунту: без мінерального удобрення – у 2,1 раза, з мінеральним удобренням – у 4,07 раза, на фоні заорювання біомаси сидеральної культури та побічної продукції попередника – у 1,36 раза (табл. 1). Мінералізація сполук азоту також уповільнюється: без мінерального удобрення – на 15,7 %, із мінеральним удобренням – у 2,23 раза. Підтверджено закономірності, які отримано в попередні роки щодо впливу хімічної меліорації на активність мінералізації гумусу – вона зменшується в результаті вапнування (1 Нг) без мінерального удобрення на 66,7 %, із мінеральним удобренням – на 4,43 %. Закономірності впливу нейтралізації надлишкової кислотності на перебіг мінералізаційних та іммобілізаційних процесів у сірому лісовому ґрунті збігаються із закономірностями, які встановлені раніше для темно-сірого опідзоленого та сірого лісового ґрунтів [7,8].

Таблиця 1 – Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості сірого лісового ґрунту за різних агротехнічних заходів

№	Варіант	Індекс педотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінераліза-ції азоту	Активність мінераліза-ції гумусу, %	Сумарна біологічна активність, %	Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г			
							стебло	коріння	загальна маса	
1	Без добрив (контроль)	0,525	0,177	0,332	16,5	100,0	4,74	4,93	9,67	
2	CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	0,243	0,136	0,196	9,90	123,0	5,89	5,49	11,4	
3	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	0,250	0,251	0,287	10,5	119,3	5,23	8,36	12,3	
4	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	0,129	0,091	0,149	15,8	142,5	5,78	6,01	11,8	
5	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	Сидерат + побічна продукція	0,164	0,184	0,283	14,5	184,5	6,51	6,60	13,1
6	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)		0,121	0,253	0,285	23,0	183,7	7,27	7,41	14,7
7	N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub> + CaCO <sub>3</sub> (1,0Нг)		0,140	0,250	0,240	21,7	153,1	7,94	8,22	16,2
8	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)		0,312	0,205	0,473	20,9	185,2	9,48	9,24	18,7
	НІР <sub>05</sub>						0,18	0,17	0,18	

Нейтралізація надлишкової кислотності ґрунтового середовища також дозволяє підвищити сумарну біологічну активність: у ґрунті варіанта без мінерального удобрення – на 23,0 %, із мінеральним удобренням – на 42,5 %, на фоні заорювання екзогенної органічної речовини – на 83,7 %. Вапнування дозволяє знизити рівень фітотоксичності ґрунту без мінерального удобрення на 17,9 %, із мінеральним удобренням на фоні внесення екзогенної органічної речовини (ЕОР) – на 12,2 %. Позитивний вплив вапнування посилюється у варіантах із внесенням у ґрунт органічної речовини (побічної продукції попередника та сидерату).

За мінерального удобрення (N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>) заорювання побічної продукції попередника і біомаси сидеральної культури приводить до істотного зростання чисельності мікроорганізмів майже всіх досліджених груп: амоніфікаторів – на 98,7 %, іммобілізаторів мінерального азоту – 95,7, олігонітрофілів – 45,4, нітрифікаторів – 18,1, педотрофів – 30,7, целюлозоруйнівних мікроорганізмів – 22,6, автохтонних – 70,7, актиноміцетів – 48,0, мікроміцетів – на 63,4 %, полісахаридсинтезувальних, кислотоутворювальних і мобілізаторів мінеральних фосфатів – у 2,71, 2,55 і 5,70 рази відповідно. Загальна чисельність мікроорганізмів при цьому зростає на 67,2 %.

Заорювання біомаси сидеральної культури та побічної продукції попередника в сівозміні дозволяє уповільнити процеси освоєння мікроорганізмами органічної речовини ґрунту. Так, у варіанті сумісного застосування вапнування і мінеральних добрив внесення ЕОР зменшує індекс педотрофності у 2,07 рази, за застосування тільки мінеральних добрив

(N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>) – у 1,52 раза. Аналогічним чином заорювання ЕОР впливає на інтенсивність інших мінералізаційних процесів. Наприклад, коефіцієнт оліготрофності зменшується у варіантах із заорюванням ЕОР на фоні мінерального удобрення на 36,4 %. Сумарна біологічна активність зростає у результаті заорювання екзогенної органічної речовини в ґрунт варіанта із застосуванням мінеральних добрив на 54,7 %, із застосуванням мінеральних добрив і вапнування – на 28,9 %.

Раніше нами було встановлено, що внесення мінеральних добрив дозволяє уповільнити деструкцію гумусових речовин [8,9]. Ця закономірність підтверджується приведеними результатами досліджень: зі збільшенням дози мінеральних добрив у 1,5 і 2 рази активність мінералізації гумусу зменшується на 6,0 і 10,1 % відповідно (табл. 1). Із покращенням мінерального живлення рослин збільшується кількість корневих виділень, які є доступнішим субстратом порівняно із гумусовими кислотами, що призводить до уповільнення деструкції гумусових речовин.

### ***Бібліографічний список***

1. Медведєв В.В., Пліско І.В. Цінні, деградовані і малопродуктивні ґрунти України: заходи з ліхори і підвищення родючості. Харків: ТОВ «Смуґаста типоґрафія», 2015. 144с.
2. Карягина Л.А., Костюкович Л.И., Богданович И.М. Влияние известкования на биологическую активность и баланс гумуса в дерново-подзолистой суглинистой почве. Почвоведение. 1991. 10. 69-83.
3. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Зенова Г.М., Скворцова Н.Н. Влияние длительного применения средств химизации на агрохимические и микробиологические свойства дерново-подзолистой почвы. Агрoхимия. 1999. 5. 5-12.
4. Завьялова Н.Е., Косолапова А.И., Митрофанова Е.М. Влияние извести на показатели плодородия дерново-подзолистой почвы. Плодородие. 2005. 1. 26-28.
5. Завьялова Н.Е., Митрофанова Е.М. Влияние минеральных удобрений и известкования на биологическую активность дерново-подзолистой почвы. Агрoхимия. 2008. 12. 29-34.
6. Снітинський В.В., Габрієль А.Й., Германович О.М., Оліфір Ю.М. Біологічна активність ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від антропогенного впливу. Сільськогосподарська мікробіологія. 2014. 19. 47-52.
7. Малиновська І.М. Спрямованість мікробіологічних процесів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за різних технологій вирощування сої. Проблеми екологічної біотехнології 1. 2012 [електронне наукове видання]. 2012. 1. Режим доступу: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/767/744>.
8. Малиновська І.М., Ткаченко М.А., Сачок В.Г., Скуміна М.О. Вплив агротехнічних заходів на мікробні угруповання сірого лісового ґрунту. Проблеми екологічної біотехнології №1 (2014) [електронне наукове видання]. 2014. 1. Режим доступу: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/6741/7552>
9. Малиновська І.М., Домбровська І.В. Стан мікробіоценозу сірого лісового ґрунту за різноцільового використання. Вісник Київського національного університету. Сер. біолог. 2011. 57. 21-25.



## ФОРМУВАННЯ ГУМУСНОГО СТАНУ ЯСНО-СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ В СІВОЗМІНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛИХ АГРОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ

*Ю. М. Оліфір, А. Й. Габриєль, О. С. Гавришко, кандидати с.-г. наук  
Т. В. Партика, кандидат біолог. наук, Н. І. Козак, аспірант  
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН*

Основою регулювання фізико-хімічних, агрофізичних та біологічних властивостей ґрунту є органічна речовина, зокрема, гумус, якому відводиться провідна роль у формуванні родючості ґрунту, охороні навколишнього середовища та сталому розвитку сільського господарства [1].

Основним джерелом утворення і поповнення запасів гумусу є внесення у ґрунт органічних добрив та достатня кількість органічних решток рослин [2]. Значна роль відводиться сівозмінному фактору та застосуванню мінеральних добрив, які впливають як прямо, так і опосередковано [3].

Склад органічної речовини ґрунту, її запаси та особливості якісних характеристик є основними індикаторами потенційної родючості. Зміна параметрів значною мірою залежить від інтенсивності прийомів землеробства, в першу чергу від системи застосування добрив та сівозмінного фактору [4].

Всебічне вивчення режиму органічної речовини ґрунту, трансформаційних процесів зміни вмісту і якісних показників гумусу за тривалих агрогенних впливів є надзвичайно актуальним для ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів з низьким вмістом гумусу та високою кислотністю ґрунтового розчину. Дослідження з даної проблеми в зоні поширення ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів є обмеженими.

В цьому зв'язку уваги заслуговують результати отримані у базових тривалих стаціонарних дослідках, одним із яких є стаціонар закладений в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті в 1965 р. з різними дозами і співвідношеннями мінеральних добрив, гною і вапна.

Стаціонарний дослід занесений у реєстр довгострокових стаціонарних польових дослідів НААН (атестат реєстрації НААН № 29), розміщений в натурі на трьох полях, кожне з яких налічує 18 варіантів у триразовому повторенні. Розташування варіантів одноярусне, послідовне. Загальна площа ділянки становить 168 м<sup>2</sup>, облікова – 100 м<sup>2</sup>.

Від початку дослід був закладений у семипільній сівозміні: картопля – ярий ячмінь з підсівом конюшини лучної – конюшина лучна – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на зелену масу – пшениця озима. Після проходження п'яти семипільних ротацій дослід реконструйовано із збереженням змісту варіантів. На сьогодні сівозміна чотирипільна із таким чергуванням культур: кукурудза на силос – ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної – конюшина лучна – пшениця озима. Агротехніка вирощування культур, обробіток ґрунту і догляд за посівами загальноприйняті для умов зони Західного Лісостепу.

Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту до закладки досліду така: вміст гумусу (за Тюрнімом) 1,42 %, рН<sub>КСІ</sub> 4,2, гідролітична кислотність (за Каппеном) 4,5, обмінна (за Соколовим) – 0,6 мг-екв/100 г ґрунту, вміст рухомого алюмінію 60,0, рухомого фосфору (за Кірсановим) і обмінного калію (за Масловою) – відповідно 36,0 і 50,0 мг/кг ґрунту.

В досліді застосовували напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстилці, аміачну селітру (34,5 %), гранульований суперфосфат (19,5 %), калійну сіль (40 %), нітроаммофоску (НРК по 16 %). Гній (40–60 т/га) вносили під кукурудзу. Фосфорно-калійні добрива вносили

восени, а азотні – під передпосівну культивуацію. Вапнування згідно схеми досліду проводили перед початком ІХ ротації сівозміни, у якій також відкореговано дози внесення добрив під культури сівозміни. В якості вапнякових матеріалів використовували вапнякове борошно (93,5 %  $\text{CaCO}_3$ ). Починаючи з VIII ротації другий укіс конюшини лучної заорювали в якості органічного добрива на всіх варіантах досліду.

Дослідження зміни гумусного стану проводили у варіантах: абсолютного контролю (без внесення добрив), органічної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною), органо-мінеральної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною +  $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ ) на фоні періодичного вапнування 1,0 н  $\text{CaCO}_3$  за Нг (6,0 т/га вапнякового борошна), мінеральної системи удобрення ( $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ ) та мінеральної системи удобрення  $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$  на фоні 1,5 н  $\text{CaCO}_3$  за Нг (9,0 т/га).

Зразки ґрунту для визначення фізико-хімічних властивостей відбирали на досліджуваних варіантах ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту та готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001. Кількість і якість органічних речовин у складі ґрунту визначали такими методами: вміст органічної речовини – методом Тюріна за ДСТУ 4289:2004; груповий склад гумусу – методом Тюріна у модифікації Кононової та Бельчикової (ДСТУ 7855:2015), фракційний склад гумусу за методом Тюріна у модифікації Пономарьової та Плотникової (ДСТУ 7828:2015).

Отримані результати у довготривалому стаціонарному досліді свідчать про те, що на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах, які належать до малозабезпечених поживними елементами, характер і швидкість утворення гумусу знаходяться у тісному зв'язку із системою удобрення вирощуваних культур та вапнування. Водночас, важливу роль відіграє і сівозмінний фактор.

Проведені дослідження після закінчення 5-ти семипільних ротацій показали, що гумус ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту характеризується переважанням вмісту фульвокислот (ФК) над гуміновими (ГК), а їх кількість на контролі у гумусі становить 54 проти 28% гумінових кислот в орному шарі ґрунту. Відношення вуглецю гумінових до фульвокислот (далі Сгк:Сфк) рівне 0,51, тобто даний тип гумусу згідно класифікації Пестрякова відноситься до фульватного.

Найвищий вміст фульвокислот у складі гумусу на варіантах досліду з часу його закладки після закінчення V семипільної ротації спостерігається при систематичному внесенні протягом 35-ти років високих доз мінеральних добрив (у нормі  $\text{N}_{163}\text{P}_{154}\text{K}_{180}$  кг/га сівозмінної площі). При цьому співвідношення Сгк : Сфк зменшилось до 0,45 навіть порівняно з контролем, на якому це співвідношення становить 0,51. Вказана доза добрив на фоні 1,5 н  $\text{CaCO}_3$  за Нг покращує груповий склад гумусу до 0,70 за рахунок зниження вмісту фульвокислот (ФК) у складі гумусу. Досить висока кількість ФК у варіанті внесення гною 53%, але у цьому варіанті зростає водночас і вміст гумінових кислот (ГК) до 34%, що, очевидно, пов'язане із якісним складом гною.

У варіантах контролю та інтенсивного мінерального удобрення вміст ФК у складі гумусу найвищий і становить відповідно 54 і 60%, внаслідок чого груповий склад гумусу погіршується до 0,45 проти 0,51 на контролі. Найвищий вміст ГК – 34% у варіантах внесення гною та мінеральних добрив на фоні вапнування.

Подальше фракціонування гумусу після п'яти семипільних ротацій показало, що вміст вуглецю вільних і зв'язаних з рухомими півтора окислами ФК становить 0,24% на контролі без добрив або 28% від загального вмісту вуглецю. З них 15% припадає на фракцію 1«а» ФК – найбільш рухомих і «агресивних» органічних речовин. Вміст фульвокислот фракції

1«а»після п'яти семипільних ротацій в найбільшій мірі зростає у варіанті мінеральної системи удобрення і становить 0,36 проти 0,24% вуглецю контролю. Очевидно, це й обумовило фульватизацію гумусу та погіршення його якісного складу у варіанті інтенсивного мінерального удобрення.

Заміна семипільної сівозміни після п'яти семипільних ротацій на чотирипільну, позитивно впливало на процеси гуміфікації та сприяла стабілізації вмісту загального гумусу контролю на рівні 1,50-1,53%. У варіантах мінеральної системи удобрення вміст загального гумусу за цих умов становить 1,60-1,62%. Груповий склад гумусу в кінці X ротації покращився до 0,59 на контролі та до 0,62 за мінерального удобрення, в першу чергу, як показали наші дослідження за рахунок зниження вмісту «агресивних» ФК до 7,54 у варіантах мінерального удобрення та до 8,04% на контролі [5].

Виключення із сівозміни картоплі та буряків цукрових, що в умовах періодично промивного водного режиму супроводжувалося надмірною мінералізацією та втратою рухомих сполук гумусу ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, відновлення внаслідок зниження кислотності ґрунтового розчину посівів конюшини лучної у варіантах контролю та мінерального удобрення, органічні рештки якої разом із заорюванням другого укосу мають значний гумусонагромаджувальний ефект, сприяли подальшому зниженню вмісту рухомих фульвокислот з 54,0% на контролі в кінці V ротації до 47,1% в кінці VIII та 46,9% в кінці X ротації. При мінеральній системі удобрення динаміка зміни фульвокислот у складі гумусу становила 60% в кінці V ротації, 44% на кінець VIII ротації та 39,5% в кінці X ротації. Як наслідок, тип гумусу варіантів контролю та інтенсивного мінерального удобрення змінився від фульватного до гуматно-фульватного.

Аналізуючи результати досліджень групового та фракційного складу гумусу після завершення трьох чотирипільних ротацій, слід підкреслити, що сумісне внесення на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті протягом п'яти семипільних ротацій мінеральних добрив у нормі  $N_{81}P_{77}K_{90}$  та чотирьох чотирипільних ротацій  $N_{65}P_{68}K_{68}$ , гною 10 т/га сівозмінної площі на фоні 1,0 н  $CaCO_3$  за Нг в найбільшій мірі сприяє гумусонагромадженню і супроводжується характерними змінами: у груповому складі гумусу зростає загальний вміст гумінових кислот. Тривале застосування мінеральних добрив на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті ефективно лише на фоні вапнування. Трансформація органічної речовини ґрунту за використання мінеральної системи удобрення на фоні вапнування 1,5 н  $CaCO_3$  за Нг набуває акумулятивного характеру. При цьому вміст гумусу зростає до 1,76%, а груповий склад покращується до 0,73.

Таким чином, 50-ти десятирічні дослідження проведені в умовах довготривалого стаціонарного досліду свідчать про те, що на низько буферних ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах органо-мінеральна система удобрення з внесенням у чотирипільній сівозміні  $N_{65}P_{68}K_{68}$ , гною 10 т/га сівозмінної площі на фоні вапнування 1,0 н  $CaCO_3$  за Нг на кінець X ротації в найбільшій мірі інтенсифікує процеси гумусонагромадження. При цьому вміст гумусу зростає до 1,84% з одночасним покращенням його групового складу до 0,77 проти 0,59 на контролі без добрив за рахунок зниження вмісту фульвокислот.

Мінеральна система удобрення на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах ефективна лише на фоні вапнування. Внесення самих мінеральних добрив сприяє подальшій фульватизації гумусу за рахунок зростання вмісту «агресивних» фульвокислот. Як наслідок, груповий склад гумусу наближається до контрольного варіанту і становить 0,62, а вміст гумусу зростає лише до 1,62% проти 1,53% на контролі без добрив.



### Бібліографічний список

1. Wood S.A, Tirfessa D., Baudron F. Soil organic matter underlies crop nutritional quality and productivity in smallholder agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 266. P. 100–108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.025>
2. Skrypchuk P., Zhukovskyy V., Shpak H., Zhukovsk N., Krupko H. Applied Aspects of Humus Balance Modelling in the Rivne Region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21(6). P. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/123255>
3. Качмар О., Вавринович О., Дубицька А., Дубицький О., Щерба М. Вплив систем удобрення на динаміку нестабільних гумусових речовин у короткочасних сівозмінах. *Вісник ЛНАУ : Агронія*. 2019. №23. С. 234–237. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.234>
4. Скрильник Є. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А., Артем'єва К. С., Ніконенко В. М. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. Вип. 88. С. 74–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-10>
5. Снітинський В. В., Габриєль А. Й., Оліфір Ю. М., Германович О. М. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроекосистемах. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 1. С. 53–58.



### ГРУНТОВІ ЕТАЛОНИ В СИСТЕМІ ОХОРОНИ ГРУНТІВ НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

О. Л. Орлов, к.б.н.

*Державний природознавчий музей НАН України*

На тлі зростаючої загрози глобальної екологічної кризи чільне місце належить вирішенню проблеми деградації та охорони ґрунтів. Її важливість визначена тим, що без подолання процесу втрат ґрунтів і збереження ґрунтового покриву планети неможливо зберегти ні рослинний, ні тваринний світ, ні чистоту вод і повітря. Неможливо зберегти нормальне функціонування біосфери, а, отже, й екологічне благополуччя життя людського суспільства. Дійсно, за даними ФАО ЮНЕСКО, ґрунти слугують джерелом отримання 98% продуктів харчування для населення (Гавриш, 2012).

Усвідомлюючи небезпеку руйнування, забруднення і втрат ґрунтів, вперше на всесвітній конференції ООН з навколишнього середовища 1972 року звернули увагу на необхідність охорони ґрунтів; 1982 року Міжнародна організація з продовольства (ФАО) прийняла Всесвітню хартію ґрунтів, у якій закликала уряди всіх країн розглядати ґрунтовий покрив як всесвітнє надбання людства, а 1983 року ЮНЕП затвердила Основи світової ґрунтової політики. У країнах Європейського Союзу усвідомили, що не може бути сприятливого навколишнього природного середовища і стійкого землекористування без добре організованого моніторингу ґрунтів (Позняк С. П., Гавриш Н. С., 2021).

Актуальною ця проблема є в Україні, де площі сільськогосподарських угідь займають понад 70% території і 80% з яких розорані, що значно перевищує екологічні норми (Медведєв, Подоба., Климів, 1998) Це викликало необхідність створення системи контролю за станом ґрунтового покриву, діагностики його змін, розробки заходів щодо істотного підвищення родючості ґрунтів та запобігання розвитку негативних процесів ґрунтоутворення.

Охорона ґрунтів України регламентується чинним земельним законодавством, а також державними і регіональними програмами. Ключовими серед них є Закони «Про землеустрій», «Про охорону земель», «Про державний контроль за використанням та охороною земель», «Про селянське (фермерське) господарство», «Про оренду земель», «Про розмежування земель державної та комунальної власності», «Про державну експертизу землевпорядної документації», «Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їхніх обмежень» тощо. (Щепак, 2017). На жаль, всі ці документи спрямовані передусім на розробку системи заходів раціонального використання та відновлення господарського потенціалу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення.

Проте, будь-яка ґрунтоохоронна діяльність не можлива без єдиної системи еталонів, сукупність яких утворює каркас ґрунтового та ландшафтного різноманіття регіону.

Система ґрунтових еталонів повинна стати основою для збереження ґрунту, як особливого природного тіла, умов забезпечення видового і популяційного різноманіття флори і фауни, носія пам'яті ландшафту, і ґрунтового різноманіття регіону. Окрім цього, такі ґрунтові еталони вкрай необхідні для оцінки впливу господарської діяльності на ґрунтові процеси, розробки механізмів науково-обґрунтованого ведення господарської діяльності, створення екологічно збалансованих й ощадливих систем землеробства, раціонального використання та створення умов поновлення родючості ґрунтів.

Список ґрунтових еталонів поряд з виконанням вищезгаданих завдань є і основою для створення Червоної книги ґрунтів. Основою якої, повинен стати кадастр особливо цінних ґрунтів, який містить необхідні відомості про конкретні ґрунтові об'єкти, що підлягають заходам особливої охорони.

На нашу думку, першочерговим завданням для впровадження ґрунтоохоронної концепції Червоної книги ґрунтів є створення бази даних ґрунтових еталонів, яка має стати збірником інформації про еталонні ґрунти, покликаним створити основу для організації робіт зі збереження різноманіття ґрунтів і контролю за антропогенною трансформацією ґрунтового покриву.

На основі аналізу існуючих природоохоронних підходів до збереження живих організмів, можна зробити висновок, що охорона ґрунтів має дещо інший зміст, ніж охорона рослинного та тваринного світу, з огляду на специфіку ґрунтових утворень, особливості впливу на них антропопресії, відсутність очевидної основної одиниці класифікації (аналогічній категорії виду для різних груп біоти) тощо. Основним завданням бази даних еталонних ґрунтів має стати збереження якомога ширшого різноманіття ґрунтових одиниць в типових умовах їх розвитку та формування. Тому, замість зниклих, зниклих в природі, зникаючих, вразливих, рідкісних, неоціненних, недостатньо відомих і відновлених, як це прийнято для Червоних книг рослин та тварин (ЧКУ. Рослинний світ, 2009; ЧКУ. Тваринний світ, 2009), ми в залежності від площі поширення, сільськогосподарського освоєння та ступеню антропогенної трансформації, пропонуємо до списків ґрунтових еталонів ввести 6 категорій: типових, рідкісних, зникаючих, унікальних, окультурених та антропогенних ґрунтів.

### **Еталони типових ґрунтів.**

До цієї категорії належать ґрунти, які є невід'ємною частиною широко поширених ґрунтових комплексів, сформовані на типових ґрунтоутворних породах та приурочені до типових природних біогеоценозів, які не зазнали антропогенної трансформації. Список ґрунтів цієї категорії в Українських Карпатах може включати 13 підтипів, а саме: буроземи, буроземи опідзолені, дернові поверхнево-оглеєні, оглеєні та оглеєні опідзолені, дернові борові та дернові борові опідзолені, дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні, ясно-сірі лісові та оглеєні їх підтипи, торфові ґрунти. Охорона еталонів цієї категорії має полягати у виділенні ділянок природних оселищ на ґрунтах цієї категорії у вже існуючих природоохоронних об'єктах, зазвичай, загальнодержавного значення.

### **Еталони рідкісних ґрунтів.**

До цієї категорії включено ґрунти, площа яких становить менше 1% у складі ґрунтового покриву України, формуються на локально поширених материнських породах, в нетипових гідротермічних умовах, зі складною історією розвитку, що відобразилось на будові профілю і властивостях ґрунтів. Вони займають незначні площі та зрідка трапляються в складі ґрунтових комплексів. Нами, в Українських Карпатах, виділено 14 підтипів ґрунтів цієї категорії, а саме: алювіальні дернові примітивні, дерново-буроземні, підзолисто-дернові поверхнево-оглеєні, лучнувато-буроземні оглеєні та глейово-елювійовані, лучно-болотні, болотні мінеральні, мулуватоглейові та мулуватоглибові, перегнійно-глейові, торф'янисто-та торфово-глейові ґрунти верхових і низових боліт. Збереження рідкісних ґрунтів передбачає виділення ґрунтоохоронних ділянок в межах усіх об'єктів природо-заповідного фонду, а в окремих випадках навіть вилучення територій з господарської діяльності та створення на цих ділянках заповідних об'єктів з суворою системою охорони.

### **Еталони зникаючих ґрунтів.**

До даної категорії віднесено ґрунти, сучасні ареали поширення яких значно скоротились через діяльність людини. Сюди належать як ґрунти, які були широко розповсюджені у минулому, проте їх сучасні ареали поширення значно скоротились внаслідок діяльності людини так і ті, що протягом усього свого існування мали природно вузькі ареали поширення, а зараз майже не збереглися в природному стані. Природні оселища з цими ґрунтами зустрічаються лише у вигляді невеликих острівців, оточеними з усіх боків агро- та урбоєкосистемами. Усього в цій категорії було виділено 15 підтипів ґрунтів, а саме: алювіальні лучно-болотні, алювіальні дернові модальні, опідзолені та буроземні, алювіальні лучні модальні та опідзолені, бурувато-підзолисті поверхнево-оглеєні, темно-сірі опідзолені, оглеєні та поверхнево-оглеєні, чорноземи опідзолені та поверхнево-оглеєні, підзолисто-буроземні поверхнево-оглеєні, лучні та лучні опідзолені ґрунти. Ці ґрунти потребують першочергової організації заповідних об'єктів для охорони природних оселищ на ґрунтах цієї категорії.

*Унікальні ґрунти* – це рідкісні за розповсюдженням та унікальні за генезисом і властивостями ґрунти, які мають значну наукову цінність. Виділення ґрунтів цієї категорії проводилось на видовому рівні. На сьогоднішній день виділено 15 видів таких ґрунтів, а саме: буроземи гірсько-лучні кислі альпійські, буроземи залишково-насичені, дерново-буроземні гірсько-лучні кислі та глейово-елювійовані, дерново-буроземні кислі глейові (мочалисті), глибоко-дерново-буроземні насичені, дерново-торф'янисті кислі, оторфовано-глейові осушені, дернові руднякові, алювіальні лучні буроземні, опідзолені та опідзолені

оглеєні, ясно-сірі та сірі лісові глеюваті карбонатні, темно-сірі опідзолені глеюваті карбонатні ґрунти. Ґрунти цієї категорії, зазвичай, пов'язані з особливо цінними оселищами, тому потребують першочергової організації природоохоронних об'єктів, з метою суворої охорони.

**Еталони окультурених ґрунтів** ідентифікуються як сильноокультурені ґрунти опорних пунктів дослідницьких установ (дослідні станції та господарства Інституту садівництва, інститутів агропромислового виробництва, Інституту землеробства і тваринництва західного регіону, Львівського національного аграрного університету тощо), як моделей високої родючості. Перелік ґрунтів, віднесених до цієї категорії, включає всі окультурені варіанти ґрунтів, поширених в регіоні. Ґрунти цієї категорії повинні слугувати взірцями збалансованого землеробства для земель сільськогосподарського призначення.

До **еталонів антропогенних ґрунтів** повинні бути включені деякі відміни урбаногенних (урбаноземі) та техногенних (техноземі) ґрунтів, з метою збереження інформації про найбільш вдалі варіанти конструювання людиною ґрунтового профілю.

При створенні ґрунтоохоронної мережі найбільші проблеми виникають з виділенням еталонів природних ґрунтів, оскільки, незважаючи на значну кількість природоохоронних об'єктів, в переважній більшості з них ґрунтовий покрив залишається малодослідженим. Окремі дані щодо ґрунтового різноманіття охоронної території наводяться лише для природних та біосферних заповідників та, частково, національних і ландшафтних парків, тоді як дані про ґрунти інших заповідних об'єктів фактично відсутні. Окрім цього, в жодному з об'єктів ПЗФ не проводяться дослідження направлені на створення ґрунтоохоронної інфраструктури.

Для створення єдиної бази даних ґрунтових еталонів нами розроблено макет паспорта ґрунтового еталона, який дозволить уніфікувати дані щодо характеристики властивостей ґрунтів, які виділяються в якості еталонів.

**Паспорт ґрунтового еталона** повинен містити такі дані: код еталона (ЕПГ – еталони природних ґрунтів, ЕОГ – еталони окультурених ґрунтів, ЕАГ – еталони антропогенних ґрунтів), порядковий номер еталона (згідно загальнодержавної бази даних), назва ґрунту, координати об'єкта (довгота і широта), висота над рівнем моря, місцезнаходження (країна, область, район, населений пункт, місце відбору (назва урочища чи місцевості), фізико-географічна область, район), рельєф, рослинність, ґрунтоутворююча порода, морфологічна характеристика ґрунту, підстави для виділення еталона, дата опису та автор опису.

Найбільш дієвою, в умовах відсутності повної інформації про ґрунтове різноманіття та структуру ґрунтового покриву регіону, показала себе методика опису ґрунтових еталонів у прив'язці до оселищ. В розумінні Резолюції № 4 Бернської конвенції та Додатку I Оселищної директиви, природне оселище (біотоп) – це суходільна або водна ділянка, природна або напівприродна, яка визначається за географічними, абіотичними та біотичними особливостями (Кагало, Проць, 2012). Як показала практика, унікальні та рідкісні ґрунти часто приурочені до природних оселищ, що дає змогу легко їх локалізувати та дослідити. Таким чином, дослідження ґрунтового різноманіття Українських Карпат на основі принципів оселищної концепції дає змогу не лише описати нові для регіону таксони ґрунтів, а й забезпечує основу для створення системи ґрунтових заказників, що дозволить зберігати в непорушеному стані еталонні ґрунти та запобігати їх антропогенним порушенням.

## **Висновки.**

Зважаючи на історично тривалий період агрокультурної експлуатації земель України, інтенсивність якої надалі зростає, виникає загроза незворотної втрати інформації про різноманіття ґрунтів, яка вкрай необхідна для адекватної оцінки сучасного стану ґрунтового покриву. Отже, виникає потреба пошуку та охорони таких ґрунтових об'єктів, які б за сукупністю основних властивостей могли вважатись еталонними.

На підставі досліджень природних і антропоізованих ґрунтів заходу України розроблено систему і методу виділення та документування ґрунтових еталонів.

Прикладний аспект створення бази даних еталонних ґрунтів полягає у виділенні еталонних ґрунтових ділянок з метою забезпечення збереження ґрунтових еталонів від деградації та знищення *in situ*. Вирішення цієї задачі передбачає проведення паспортизації ґрунтових еталонів та створення єдиної бази даних.

## ***Бібліографічний список***

1. Гавриш Н.С. Міжнародний досвід правового регулювання, використання, відтворення та охорони ґрунтів // Вісник Львівського університету. Серія міжнародні відносини. 2012. Вип. 31. С. 208–217.
2. Кагало О. О., Проць Б. Г. [Оселищна концепція збереження біорізноманіття: базові документи Європейського Союзу](#). Львів: ЗУКЦ, 2012. 278 с.
3. Климов А.В. Сохранение природного разнообразия почв Украины // Тр. межгос. науч. конф. Ч.1. Киев, 1997. С. 118-119.
4. Медведєв В.В, Подоба І.М., Климов О.В. Типові, рідкісні та зникаючі види ґрунтів України // Агрохімія і ґрунтознавство. 1998. Вип. 59. С. 13-27.
5. Позняк С. П., Гавриш Н. С. Соціальне ґрунтознавство: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 240 с.
6. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
7. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І.А. Акімова. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.
8. Шепак В.В. Моніторинг та охорона земель: навч. посібник Полтава: Полт НТУ, 2017. 120 с.



## **ГЕТЕРОГЕННІСТЬ АГРОХІМІЧНИХ, ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА АГРОФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ҐРУНТУ ЕРОЗІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗЕМЕЛЬ ДОНЕЧЧИНИ**

*Я. А. Погромська; К. Б. Смірнова, канд. с.-г. наук, в.о. зав. відділу охорони ґрунтів  
ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського*

Україна є вагомим світовим експортером сільськогосподарської продукції продовольчого призначення. Інтенсивне сільськогосподарське використання ґрунтів (залучення 92 % території України у господарське використання [1, 2]), особливо ерозійно

небезпечних територій, які становлять понад 60 % орних земель, спричиняє розвиток деградаційних процесів. Деградація ґрунту суттєво підсилюється забрудненням важкими металами промислових викидів [4-7] та у результаті ініційованих росією бойових дій (Смірнова К., Наукова доповідь на засіданні КМР з проблем ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів, 21.07.2022), під впливом яких Донецщина знаходиться з 2014 року. Використання деградованих ґрунтів у сільському господарстві істотно знижує ефективність виробництва та погіршує якість рослинної продукції.

Комбінація складного рельєфу Донецького регіону, високої розораності земель та впливу техногенного забруднення важкими металами призводить до підсилення закономірної просторової ґрунтової неоднорідності [8-11] і формуванню специфічної системної гетерогенізації елементів родючості ґрунту [11-13]. Це, у свою чергу, формує неоднорідність ефективності використання стандартних технологічних засобів та економічну необхідність вирівнювання родючості схилених територій. Зокрема, на різних елементах агроландшафту можуть виникати осередки специфічного дисбалансу елементів живлення рослин, що потребує корегування норм внесення макро- і мікродобрив [14, 15].

Для ефективного використання техногенно навантажених ерозійно небезпечних ґрунтів, отримання екологічно чистої рослинної продукції за таких умов та запобігання деградації ґрунту важливим є врахування повного комплексу природних і соціально-економічних факторів, «зосереджених в межах конкретних локальних територій» [16] при відповідному коригуванні існуючих заходів щодо подолання негативних наслідків розвитку ерозії та деградаційних процесів в умовах забруднення важкими металами, порушення традиційних схем сівозмін культур і систем обробітку ґрунту, дефіциту органічних добрив та незбалансованого мінерального удобрення.

Для окреслення диференціації умов, що формують живлення рослин, було поставлено задачу визначення просторової неоднорідності фізико-хімічних та агрофізичних показників ґрунту техногенно навантажених складних за рельєфом агроландшафтах Донецького регіону.

Дослідження проведено на території ДП ДГ «Донецьке» ННЦ ІГА та на землях ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського. Окрім того, у роботі застосовано дані систематичних (2011-2021 рр.) експедиційних досліджень сільськогосподарських угідь у зонах впливу міст Костянтинівка, Авдіївка, Торецьк, Бахмут та Ясинувата. Територія досліджень розташована у центральній частині промислового Донбасу та знаходиться під впливом бойових дій з 2014 року і по теперішній час. Ґрунт – чорнозем звичайний.

За результатами систематичних експедиційних досліджень, приблизно 55% ґрунтів досліджуваної території характеризуються різним рівнем забруднення Pb (від «низького» до «підвищеного» згідно [17]). Встановлено, що негативний вплив Pb-забруднення на хімічний стан ґрунтів залежить від вмісту в них органічної речовини. Так, помірний рівень перевищення регіонального фонового вмісту рухомого Pb [18] в орному шарі ґрунту збільшує щільність позитивного кореляційного зв'язку між вмістом гумусу, нітратів і фосфору за Мачигінім. Це може свідчити про інтенсифікацію однонаправленої міграції з ґрунтовими масами органічної речовини та рухомих форм макроелементів.

При цьому у польових дослідах встановлено, що на помірно Pb-забруднених чорноземах вміст гумусу в орному шарі ґрунтів із кутом нахилу ділянки до 3° збільшується на відстані кожних 100 м вниз за схилом на 0,3-0,4 % (у межах виробничого поля). На ґрунтах із кутом нахилу ділянки до 5°, через кожні 100 м униз за схилом вміст органічної речовини зростає на 0,5-1,3 %. Підвищення вмісту гумусу в орному шарі ґрунту на трансаккумулятивному елементі рельєфу (ухил 5°) із 3 % до 4 % супроводжується

збільшенням вмісту  $\text{NO}_3$  у ґрунті на 28 %, а фосфатів за Мачигінім - на 55 % (під час вегетації пшениці озимої). При цьому, відмічається менший, ніж на транселювальних ділянках, вміст Са (на 17 %), який характерний для нижчих, карбонатних горизонтів профілю досліджених ґрунтів. Це свідчить про винесення ґрунтової маси з верхніх горизонтів еродованих ґрунтів униз за схилом, разом із органічною речовиною та поживними речовинами, під дією процесів ерозії, імовірно посилене пептизацією колоїдів унаслідок свинцевого забруднення земельних ділянок.

Одержані відомості підтверджуються результатами визначення структурно-агрегатного стану поверхневих шарів обстежених ґрунтів. Так, дані щодо сухого просіювання демонструють збільшення вмісту агрегатів розміром 0,5-0,25 мм майже у 2 рази та агрегатів розміром < 0,25 мм до трьох разів у шарах ґрунту 10-20 см та 20-30 см на ділянці рельєфу переважної акумуляції за відстані 300 м від верхньої частини схилу. Це свідчить про замулення верхніх шарів ґрунтового профілю у зонах акумуляції змитої ґрунтової маси.

При цьому, показано погіршення вологонакопичення у верхніх шарах орного шару еродованих ділянок відносно ділянок акумуляції у період активної вегетації культур (рис. 1).

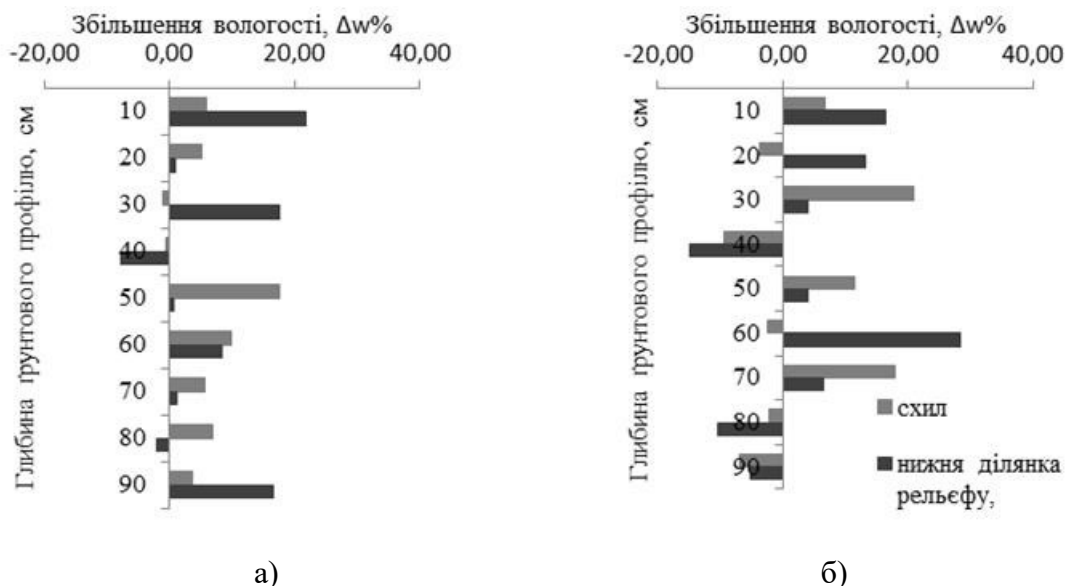


Рисунок 1 – Диференціальна гістограма зволоженості ґрунтового профілю: а) під пшеницею озимою, квітень 2021 р.; б) під кукурудзою, травень 2021 р.

Диференціальну гістограму зволоженості ґрунтового профілю побудовано за результатами визначення коефіцієнтів зволоженості окремих 10-см шарів ґрунту, які розраховуються за формулою 3.1:

$$\Delta w\% = \frac{w\%_1 - w\%_2}{w\%_2} \cdot 100, \text{ де} \quad (3.1)$$

$\Delta w\%$  – коефіцієнт зволоженості верхнього  $i$ -того 10-см шару ґрунту, %;

$w\%_1$  – значення показника вологості верхнього  $i$ -того 10-см шару ґрунту, %;

$w\%_2$  – значення показника вологості наступного за  $i$ -тим 10-см шару ґрунту вглиб за профілем.

Низька зволоженість орних шарів схилових ґрунтів призводить до частих випадків їх пересушення і посилення дефіциту вологозабезпечення сільськогосподарських культур, а також до диференціації водно-повітряного та, відповідно, окисно-відновлюваного режимів ґрунту.

Чітка системна диференціація агрохімічних, фізико-хімічних та агрофізичних показників ґрунту Р<sub>b</sub>-забруднених ерозійно небезпечних агроландшафтів формує відповідну гетерогенність умов живлення сільськогосподарських культур, що потребує диференційного підходу до землекористування таких територій. Оптимізація технологій рослинництва техногенно навантажених ерозійно небезпечних земель є важливим кроком для подолання екологічних наслідків руйнування ґрунту і отримання якісної с.-г. продукції.

### **Бібліографічний список**

1. Кіріченко К. Аналіз ефективності використання земель сільськогосподарського призначення Харківської області. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2019. Vol. 5. No. 3. Pp. 63–76. URL: <http://are-journal.com>.
2. Всесвітній день боротьби з опустелюванням та посухами : новини. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний портал. URL: <https://mepr.gov.ua/news/37618.html>.
3. Рябченко В. В. Вплив техногенного забруднення важкими металами на структурний стан чорнозему звичайного. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 3. С. 75-78.
4. Добряк Д. С., Кузін Н. В. Консервація деградованих, малопродуктивних і техногенно забруднених земель та їх вплив на агроландшафти. *Збалансоване природокористування*. №4. 2015. С. 5–9.
5. Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти) / Кармазиненко С. та ін. Київ : Інтерсервіс, 2014. 168 с.
6. Фатеев А. И., Мирошніченко Н. Н., Самохвалова В. Л. Миграция, транслокация и фитотоксичность тяжелых металлов при полиэлементном загрязнении почв. *Агрохимия*. 2001. № 3. С. 57-61.
7. Самохвалова В. Л., Фатеев А. И. Техногенное загрязнение почв Украины: миграция, транслокация тяжелых металлов и методы их детоксикации. *Assessment of the Quality of Contaminated Soils and Sites in Central and Eastern Europe Countries (CEEC) and New Independent State (NIS)*. Sofia, 2002. P. 46–51.
8. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова : монографія. Москва : Мысль, 1972. 424 с.
9. Годельман Я. М. Неоднородность почвенного покрова и использование земель : научная работа. Москва : Наука, 1981. 200 с.
10. Медведєв В. В. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть 1. Введение в проблему : монографія. Харьков : УААН, 2007. 262 с.
11. Медведєв В. В. Неоднородность как закономерное проявление горизонтальной структуры почвенного покрова. *Грунтознавство*. 2010. Т.11. № 1-2. С. 6-15.
12. Стародубцев В. М., Власенко І. С., Басараб Р. М., Комарчук Д. С. Просторова неоднорідність продуктивності типових чорноземів на полях з мікрозападинами. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. Біологія, біотехнологія, екологія*. 2018. № 3 (73). URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2018\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_3_6).
13. Назарок П. Г. Особливості розподілу фізико-хімічних показників та поживних елементів схилових ґрунтів. *Використання ГІС та ДДЗ у землекористуванні: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 14-16 листопада 2012 р.* Миколаїв: КП «Миколаївська обласна друкарня», 2012. С. 57-60.



14. Фатеев А. И., Захарова М. А. Основы применения микроудобрений : научное издание. Харків : ННЦ «Інститут почвоєдєня и агрохимии им. А. Н. Соколовского», 2005. 134 с.
15. Спосіб прогнозування змін вмісту рухомих цинку і міді у зрошуваному темно-каштановому ґрунті при систематичному внесенні мінеральних добрив: пат 58720 Україна: МПК А01В79/00, № 201010994; заявл. 13.09.2010; опубл. 26.04.2011, бюл. № 8. 3 с.
16. Некос А. Н., Холін Ю. В. Трофогєографія : теорія і практика: монографія. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. 296 с.
17. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. Київ, 2013. 104 с.
18. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / за ред. А. І. Фатєєва, Я. В. Пашенко. Харків : КП «Друкарня № 13», 2003. 71 с.



## **ФОРМУВАННЯ ФОСФАТНОГО РЕЖИМУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ ЗА ТРИВАЛОЇ ПІСЛЯДІЇ ВАПНЯКОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

*В. М. Польовий, д.с.-г.н, Л. А. Яценко, к. с.-г.н.*

*Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН України*

Фосфор є одним із ключових елементів мінерального живлення рослин. Це пов'язано з його безпосередньою участю в біохімічних реакціях рослинного організму, оскільки він є складовою молекули АТФ, що надає енергію для їх проходження. Він являється основним елементом нуклеїнових кислот, фосфоліпідів та інших, бере активну участь у регулюванні ферментативних реакцій, а також входить до складу клітин людини, тварини, рослин і бактерій [1]. Проблема оптимізації фосфорного живлення рослин у наш час набуває все більшої актуальності, оскільки ресурси фосфору, на відміну від азоту, досить обмежені. Така ситуація пов'язана з їхньою високою вартістю, зумовленою зростанням цін на енергоносії і обмеженістю джерел власної фосфатної сировини в Україні для їхнього виробництва [2]. Фосфор за своїми хімічними властивостями має складну природу взаємодії з компонентами ґрунту, що значною мірою ускладнює доступність цього елемента для оптимального росту і розвитку рослин [3].

Ґрунтовий фосфор дуже чутливий до реакції ґрунтового розчину. Зміна кислотності ґрунту через використання добрив може сильно впливати на його доступність у ґрунті, ріст рослин і функціональність екосистеми. [4] У ґрунтах, які вирізняються підвищеною кислотністю середовища, доступність фосфору сильно обмежена через його зв'язування іонами Fe та Al [5]. Тому, вапнування, яке забезпечує заміщення алюмінію і заліза на іони кальцію, вважається однією з найефективніших стратегій пом'якшення підкислення ґрунту, що може збільшити доступність фосфору в кислому ґрунті.

Дослідження проведено у стаціонарному польовому досліді Інституту сільського господарства Західного Полісся у чотирипільній сівозміні за схемою: Фон – NPK; 3. Фон + CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (0,5 Нг); 4. Фон + CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (1,0 Нг); 5. Фон + CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (1,5 Нг); 6. Фон + CaCO<sub>3</sub> (1,0 Нг). Внесення мінеральних добрив проводили щорічно під відповідні культури

сівозміни у рекомендованих дозах, що забезпечило насиченість на 1 га площі  $N_{112}P_{82}K_{105}$ . Вапнякові матеріали у формі доломітового  $CaMg(CO_3)_2$  і вапнякового  $CaCO_3$  борошна вносили перед закладанням досліду у 2011 р. Їх доза визначена за рівнем гідролітичної кислотності (Нг) ґрунту дослідних варіантів. Загальним фоном слугувало заробляння побічної рослинницької продукції у кількості 6,0 т/га сівозмінної площі. З метою характеристики фосфатного режиму ґрунту сформованого за восьмирічну післядію вапнування проведено аналіз вмісту загального фосфору (Рзаг), органічної (Рорг) і мінеральної (Рмін) його форм, а також рухомого (Ррух) фосфору. Вміст фосфору в органічних сполуках ґрунту (Рорг.) визначали методом Сендерса-Вільямса. За різницею показників вмісту фосфору в прожареній (Рзаг.) і непрожареній (Рмін.) наважці визначали вміст Рорг у ґрунті. Визначення вмісту Ррух здійснювали методом Кірсанова за ДСТУ 4405:2005 [6].

Вміст Рзаг дерново-підзолистого ґрунту досліджуваних варіантів становив 0,67-0,75 г/кг ґрунту. Провапновані варіанти вирізнялися підвищенням Рзаг порівняно з фоном. У результаті досліджень встановлено, що Рмін переважає Рорг в 0-20 см шарі ґрунту всіх досліджуваних варіантів. Проте, якщо на фоні Рмін:Рорг становило 1,75:1, то зі збільшенням дози доломітового борошна з 0,5 Нг до 1,5 Нг зазначене відношення знижується від 1,47:1 до 1,25:1, що свідчить про позитивний вплив вапнування на розподіл форм фосфору у дерново-підзолистому ґрунті при зниженні рівня його кислотності. Слід відзначити, що у дозі 1,0 Нг доломітове і вапнякове борошно мали однаковий вплив на відношення Рмін:Рорг після завершення двох ротацій чотиріпільної сівозміни – 1,38:1.

Аналіз вмісту рухомих сполук фосфору проведено на час закінчення I-ї (2015 р.) і II (2019 р.) ротацій сівозміни (рис. 1).

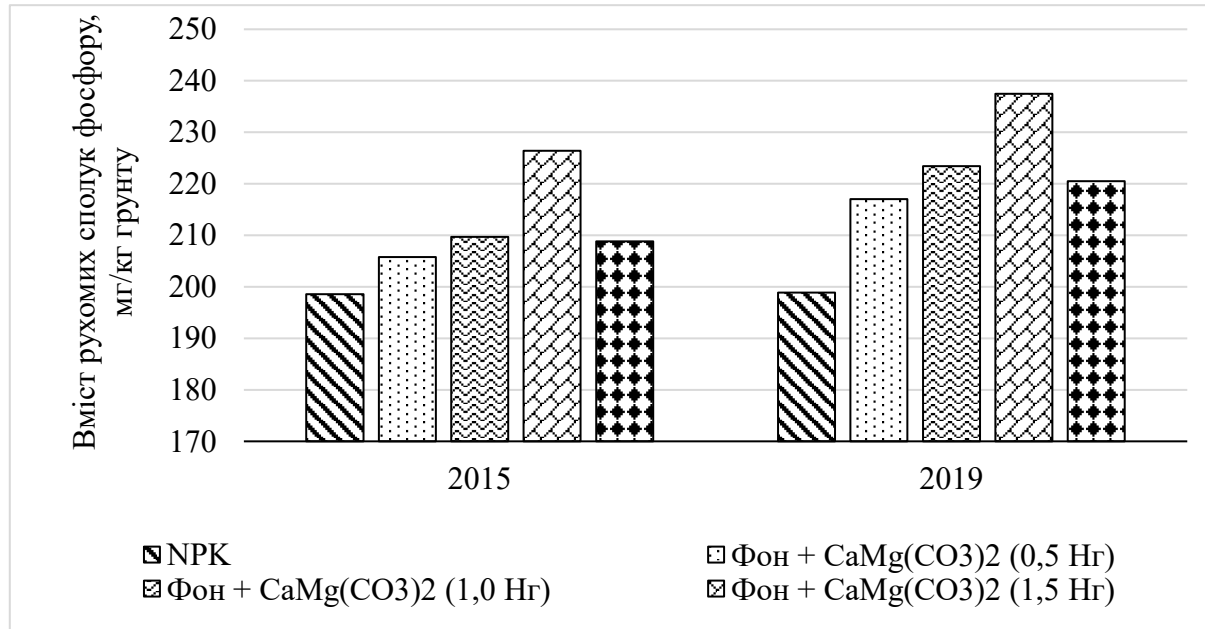


Рис. 1 Динаміка рухомого фосфору у 0-20 см шарі ґрунту

Встановлено роль доломітового і вапнякового борошна на підвищення вмісту доступного фосфору у орному шарі ґрунту протягом досліджуваного періоду. Відзначено, що порівняно з односторонньою дією мінеральних добрив, проведення хімічної меліорації на початку досліду проявляє тривалу позитивну післядію на фосфатний режим ґрунту.

Для характеристики доступності фосфору може бути використаний коефіцієнт активності фосфору Ракт (РАС – phosphorus activity coefficient), який є важливим показником трансформації форм фосфору у ґрунті. Ракт визначається як відношення  $R_{рух}$  до  $R_{заг}$  [7]. На завершення другої ротації чотирирічної сівозміни найменшу 0,29 частку  $R_{рух}$  від  $R_{заг}$  отримано у фоні, найбільшу 0,32 у варіанті фон +  $CaMg(CO_3)_2$  (1,5 Нг). Отже, хімічна меліорація кислих ґрунтів підвищує здатність переходу форм фосфору в рухомі сполуки. Статистичний аналіз за допомогою критерію Пірсона показав найбільш тісний зв'язок між  $R_{орг}$  і Ракт  $r=0,959$  при  $p=0,01$ . Підвищення показника Ракт мав прямий вплив на урожайність зерна пшениці озимої, коефіцієнт детермінації  $R^2=0,85$  (рис. 2).

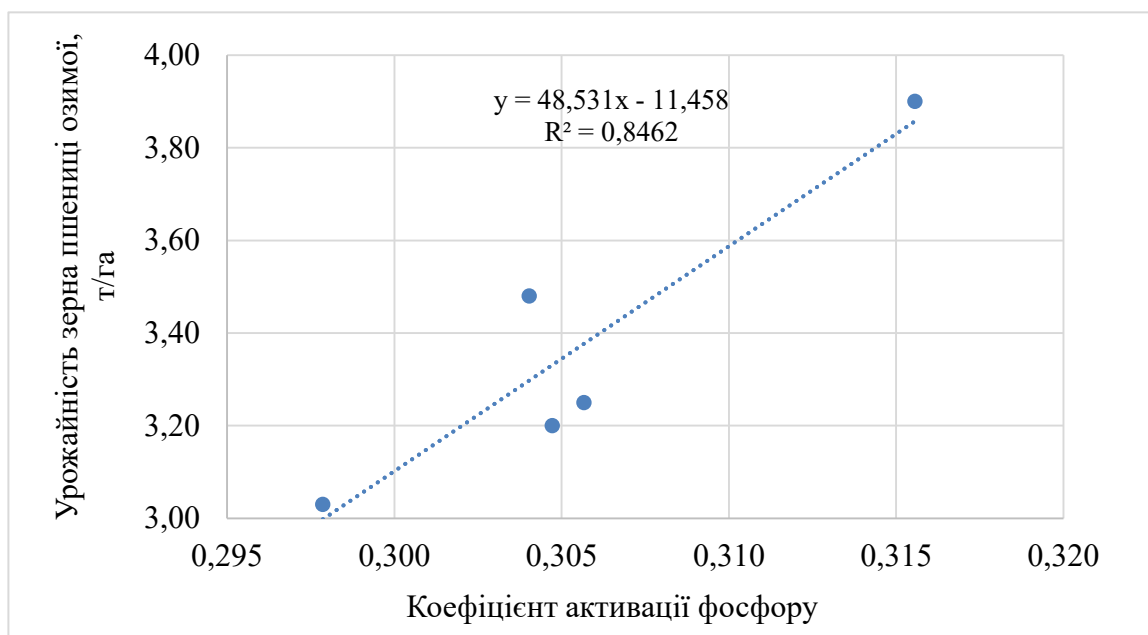


Рис. 2 Залежність урожайності зерна пшениці і показника Ракт

### Бібліографічний список

1. Павліченко А. І. Вплив різних систем удобрення та хімічної меліорації на фосфорний режим сірого лісового ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 4. С. 131-138 DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252966>
2. Носко Б. С. Сучасні проблеми фосфору в землеробстві і шляхи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2017. №6. С. 5-12. URL: [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2017\\_06\\_01.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2017_06_01.pdf)
3. Стахів М. П. Фосфорне живлення рослин та методичні аспекти визначення рухомих сполук фосфору в ґрунті *Ґрунтознавство*. 2010. Т. 11, № 3–4. С. 88-95 URL: [https://www.dnu.dp.ua/docs/zbirniki/fbem/program\\_56d5ec7b465ce.pdf#page=88](https://www.dnu.dp.ua/docs/zbirniki/fbem/program_56d5ec7b465ce.pdf#page=88)
4. Qaswar M., Dongchu L., Jing H. et al. Interaction of liming and long-term fertilization increased crop yield and phosphorus use efficiency (PUE) through mediating exchangeable cations in acidic soil under wheat–maize cropping system. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10(19828). URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76892-8>
5. Ahmed W., Jing H., Kaillou L. et al. Changes in phosphorus fractions associated with soil chemical properties under long-term organic and inorganic fertilization in paddy soils of southern China. *PLoS One*. 2019. Vol. 14, no. 5, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216881>

6. ДСТУ 4405:2005 Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 11 с.

7. Wu Q., Zhang S., Zhu P., Huang S., Wang B., Zhao L., et al. Characterizing differences in the phosphorus activation coefficient of three typical cropland soils and the influencing factors under long-term fertilization. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12(5) : e0176437. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176437>



## **ПІДВИЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР**

*М. М. Полюхович кандидат с.-г.наук;*

*Р. М. Клочко магістр – А2-54*

*Львівський національний університет природокористування;*

*Г. П. Василюшин викладач*

*відокремлений структурний підрозділ «Золочівський фаховий коледж ЛНУП»*

Зменшення обсягів внесення органічних і мінеральних добрив зумовлюють суттєве зниження ефективної родючості ґрунтів і виробництво сільськогосподарської продукції. Отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур за рахунок природної родючості неможливо. Висока ціна мінеральних добрив та витрати на їх внесення, нестача органічних добрив із-за скорочення поголів'я худоби не дають змоги на належному рівні проводити заходи з окультурення ґрунту, що супроводжується зниженням вмісту гумусу та основних елементів живлення у ґрунті [1, 3]. В зв'язку з цим у сучасному аграрному виробництві створився від'ємний баланс основних елементів живлення, що зумовлює виснаження ґрунту та погіршення його агрохімічних характеристик [4]. Тому виникає необхідність пошуку шляхів поповнення органічної частини ґрунту застосуванням альтернативних органічних добрив, серед яких набувають саме такі - як нетоварна частина врожаю (соліма, гичка, інші післяжнивні рештки), зелена маса посівів сидеральних культур та інші.

Сидерація - один із доступних резервів поповнення ґрунту органікою. Д. М. Прянишніков писав: «Там, де для покращення ґрунтів особливо необхідно збагачення їх органічною речовиною, а гною з тієї чи іншої причини не вистачає, зелене добриво набуває особливо великого значення. Разом з гноєм та іншими органічними і мінеральними добривами зелене добриво в якості одного з елементів системи удобрення повинно стати досить потужним засобом підвищення врожаїв і покращення родючості ґрунту» [5].

Зелене добриво – важливе джерело гумусу й азоту в ґрунті. При заорюванні 35-40 т/га зеленої маси сидерату у ґрунт потрапляє 150-200 кг азоту, що рівноцінно 30-40 т гною [2]. Сидерати відіграють важливу роль в покращенні водно-фізичного, агрохімічного стану ґрунту, підвищують його біологічну активність. Значна роль зеленого добрива в покращенні фітосанітарного стану агроценозів, а також зменшенні негативного впливу факторів деградації ґрунту, зокрема ерозійних процесів, але в першу чергу даний агрозахід використовують для поповнення ґрунту органічною речовиною [1, 6].

На основі вивчення джерел літератури та їх аналізу нами була поставлена мета вивчати вплив післяжнивних культур, що вирощуються на зелене добриво, на агрохімічні показники ґрунту.

Дослідження проводилися в фермерському господарстві Жидачівського району Львівської області протягом 2021-2022 років на темно-сірому опідзоленому ґрунті, який характеризувався такими показниками: вміст гумусу в орному шарі 2,15-2,23 %, середньою забезпеченістю рухомими формами фосфору та калію, рН сольове – 5,8-6,0. Сидеральні культури висівали після озимої пшениці з наступним вирощуванням картоплі. Для сидерації використовували редьку олійну, гірчицю, гречку. Повторність досліду триразова, розміщення ділянок систематичне. Площа посівної та облікової ділянок відповідно 154 і 120м<sup>2</sup>. Строк сівби післяжнивних культур припадав на третю декаду липня, а заорювання – на третю декаду жовтня. Тривалість післяжнивного вегетаційного періоду становила 80-90 днів.

Заробляли в ґрунт сидеральні культури шляхом попереднього прикочування та подрібнення зеленої маси дисковими знаряддями з метою рівномірного розподілу її по поверхні ґрунту.

Для вивчення впливу зелених добрив на ґрунтові властивості зразки ґрунту відбирали весною на глибину 0-25 см. У ґрунті визначали вміст легкогідролізованого азоту (метод Корндфілда), фосфор і калій (метод Чирикова).

Погодно-кліматичні умови у роки проведення досліджень, як за кількістю опадів, так і за температурою повітря були сприятливими для вегетації післяжнивних культур. Проте урожай зеленої маси залежав від кількості опадів впродовж періоду їх вирощування і коливався від 60 до 220 ц/га. Найвища урожайність 220 ц/га була отримана у варіанті з вирощуванням редьки олійної.

В результаті мінералізації зеленої маси сидератів, яка тривала впродовж 6 місяців формувались кращі умови живлення для наступної культури – в нашому досліді картоплі. Зокрема, вміст легкогідролізованого азоту в ґрунті від вирощування сидеральних культур не знижувався, а навіть був вищим на 2,0-6,5%. Обумовлюється це діяльністю біоти, яка забезпечує утворення легкорозчинних азотних форм із-за кращого забезпечення вологою та більшою кількістю органічної речовини.

Вміст рухомих сполук фосфору, лише за вирощування гречки перевищував контрольний варіант (без сидерату) на 2,3%. Це зумовлено біологічними властивостями цієї культури, а саме наявності в кореневих виділеннях органічних кислот, які сприяють забезпеченню переведення важкорозчинних фосфорних сполук у легкодоступні, що зумовило підвищення вмісту фосфору у ґрунті на цьому варіанті.

Дослідженнями визначено поліпшення калійного режиму ґрунту. Так, за вирощування редьки олійної вміст калію в ґрунті збільшився на 4,5%, а за вирощування гірчиці на 7,2%. Рівень забезпечення ґрунту калієм на цих варіантах став високим.

Результатами досліджень виявлено, що післяжнивне вирощування сидеральних культур забезпечує позитивний вплив на ґрунтове середовище за рахунок збагачення орного шару органічною речовиною відповідно і основними елементами живлення.

### ***Бібліографічний список***

1. Бацула О.О., Скрильник В.Є. Органічні добрива, проблеми та перспективи виробництва і застосування. Агроекологічний моніторинг ґрунтів, як основа сталого розвитку аграрного виробництва. Матеріали міжнародної конференції: «Сталий розвиток агроєкосистем». Київ, 2002. С.102-107.

2. Бенцаровський Д. Цінуйте те , що маєте...*Пропозиція*. 2000. №8-9. С.33-35.
3. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Наукова монографія. Національний аграрний університет України: під редакцією Н.К.Шикули. ПФ «Оранта». 1998. 680 с.
4. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. За ред. Дегодюка Е.Г. Київ: Урожай, 1992. С.207-210.
5. Кротніков О.П., Танчик С.П. Резерви органічних добрив під цукрові буряки. Зб.наук.праць Уманського державного аграрного університету (спец.випуск). Умань, 2003.С.803-807.
6. Тараріко О.Г. Проблеми біологізації ґрунтозахисного землеробства в ХХІ столітті. Землеробство України в ХХІ ст.. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. 24 травня 2000 року. Київ-Чабани. С. 3-4.



## **ОСНОВНІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ВАРТІСТЬ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ЗАКАРПАТТІ**

*С. С. Радомський, кандидат економічних наук, кафедра земельного кадастру,  
Львівський національний університет природокористування*

Відсутність достатньої інформації про продаж та її достовірність, а також відсутність розроблених поправок, які б враховували відмінності оцінюваних земельних ділянок в Україні вказує на те, що не всі загальноприйняті у світовій практиці оцінки можуть бути застосовані.

Наявність в Закарпатті трьох природно-кліматичних зон, значна частина непридатних для обробітку земель, одна з найбільших в Україні протяжність державного кордону, все це потребує особливих підходів щодо оцінки та використання земель, зокрема в сільському господарстві.

*Ключові слова* – земельна ділянка, оцінка землі, рельєф території, землі сільськогосподарського призначення, експертна оцінка, ринок земель.

### **Постановка проблеми.**

При оцінці земельних ділянок не завжди враховувались регіональні особливості окремих регіонів, типи та якісні характеристики ґрунтів, особливості розвитку та формування різних організаційно-правових форм господарювання, місце земельних відносин в ресурсному потенціалі виробників сільськогосподарської продукції, зрештою природно-кліматичні умови, місце розташування, традиції, культурний і духовний розвиток місцевого населення. Саме до таких регіонів належить і Закарпаття з її різноманітними природно-кліматичними умовами та розмаїттям різних за якістю, розмірами та типами ґрунтів. Наявність в Закарпатті трьох природно-кліматичних зон, значна частина непридатних для обробітку земель, одна з найбільших в Україні протяжність державного кордону, все це потребує особливих підходів щодо оцінки та використання земель, зокрема в сільському господарстві.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблема визначення чинників, які впливають на вартість земельних ділянок, методичні підходи до оцінки землі та її використання в Україні та конкретно в Закарпатському регіоні розглядається у працях таких вітчизняних науковців, як Третяк А., Косович Б., Микула О., Генсьор І., Кіндюк Б., Канаш О., Карлюк І. і інші. Однак певні аспекти цієї багатогранної проблеми потребують подальших наукових досліджень, особливо в контексті впливу природних чинників, які впливають на ціну та раціональне використання земель сільськогосподарського призначення в даному регіоні.

Виклад основного матеріалу. В умовах України не всі загальноприйняті у світовій практиці оцінки можуть бути застосовані. Це особливо стосується ринкового методу. Зокрема, це відсутність достатньої інформації про продаж та її достовірність, а також відсутність розроблених поправок, які б враховували відмінності оцінюваних земельних ділянок [2].

Найвірогідніше ціну земельних ділянок можна одержати за методичними підходами, що ґрунтуються на капіталізації чистого доходу та врахуванні витрат на спорудження об'єктів нерухомого майна на земельній ділянці, базується на принципах кон'юнктури ринку, найкращого і найефективнішого використання, очікуваних змін та доданої прибутковості та економічну ситуацію, що склалася на момент оцінки в даному регіоні [2].

Земельним кодексом України [ст.201] передбачено, що залежно від призначення та порядку проведення грошова оцінка може бути нормативною, яка використовується для визначення розміру земельного податку, втрат сільськогосподарського та лісгосподарського виробництва, економічного стимулювання раціонального використання й охорони земель, та експертна, яка використовується при здійсненні цивільно-правових угод[1].

Одним з методів визначення вартості земельних ділянок може бути метод порівняння з екостійкими земельними ділянками.

Позитивні досягнення у втіленні земельної реформи ще не привели до радикального й ефективного оновлення сільськогосподарського виробництва, поживавлення інвестиційних процесів в інших галузях, підвищення добробуту населення[3]

Серед сільськогосподарських регіонів України, Закарпатська область є однією з найбільш складних за плануванням використання земельного фонду. Причина цього явища – гірський рельєф, висока залісненість річкових водозборів, високі зливові паводки, які завдають значних збитків аграрному комплексу області[4].

Цілком справедливим є думка І.Генсьора, що "ґрунти розташовані на гірських схилах постійно перебувають під загрозою значних ерозійних процесів. Так, пилюваті ґрунти піддаються ерозії вже на схилах дещо більше 6°, а на схилах 15° ерозія інтенсивно пошкоджує дуже стійкі ґрунтові породи, такі як глини, мули, глинисті піски.

Цілком можна погодитись з автором, що на бонітет цих ґрунтів, порівняно з низинним, значно більше впливають природні чинники. Особливо значення має висота над рівнем моря і пов'язані з нею метеорологічні умови, які значно погіршуються при її збільшенні. Зокрема на кожні 100м висоти температура зменшується на 0,5°C, падає атмосферний тиск, підвищується кількість опадів...скорочується вегетаційний період сільськогосподарських рослин приблизно на 6 – 7 днів. На найбільших висотах названі негативні явища посилюються [5].

Все це негативно відбивається на якості гірських ґрунтів та придатності їх до сільськогосподарського використання та формування асортименту вироблюваної продукції. Безперечно, що вертикальна зональність повинна бути обмежувальним фактором ведення

сільськогосподарського виробництва. В Польщі, наприклад, верхня межа використання гірських ґрунтів для сільськогосподарського виробництва не перевищує 850 м над рівнем моря [5].

Особливою проблемою щодо сільськогосподарського використання гірських земель є рельєф місцевості, адже відомо, що якщо ухил схилу більше 5°, то обробіток можна проводити тільки машинами спеціального призначення, а коли крутизна схилу більше 20°, то обробіток ґрунту стає особливо ускладнений [5].

Досить цікавою є і позиція польських вчених, щодо врахування форми поверхні та експозиції схилу. Найвище, на їх думку, в гірській місцевості оцінюється південна і південно-західна експозиція, середньо-південно-східна, західна і північно-західна, а найгірше – північна та північно-східна [5]. Це ще раз підтверджує думку що природні чинники мають ключове значення як при встановленні бонітету ґрунтів, так і при встановленні їх придатності для сільськогосподарського призначення.

Цілком можна погодитися з думкою окремих авторів, що розв'язання системи землекористування селянських господарств у гірських районах Закарпаття вбачається у виявленні і оцінці місцевих способів організації сільськогосподарського виробництва і використання земель, що застосовувались у минулі роки, їх сучасних особливостей. Це особливо важливо, оскільки в гірських районах в процесі аграрної і земельної реформи зникли сільськогосподарські підприємства і їм на зміну прийшли селянські господарства.

Особливість рельєфу території та дрібно масивність земельних ділянок потребує, з однієї сторони, дотримання вимог протиерозійної організації території, а з другої - збереження та збагачення розмаїття ландшафтів. Для цього необхідно:

- масив землеволодіння розміщувати смугами поперек схилу;
- межі землеволодінь суміщати у разі можливості, з існуючими валами-терасами;
- передбачати створення польових доріг або залишати задерновані смуги шириною 3-4 м для обслуговування землеволодінь;
- на берегах ярів залишати не розорювані смуги травостою шириною 10, а у їх вершинах – шириною 10-15м [6].

В статті 200 Земельного Кодексу України та статті 1 Закону України "Про оцінку землі" вказується, що "економічна оцінка земель – це оцінка землі як природного ресурсу і засобу виробництва в сільському і лісовому господарстві та як просторового базису в суспільному виробництві за показниками, що характеризують продуктивність землі, ефективність їх використання та дохідність з одиниці площі [ 1 ].

### **Висновки.**

Відсутність достатньої інформації про продаж та її достовірність, а також відсутність розроблених поправок, які б враховували відмінності оцінюваних земельних ділянок в Україні вказує на те, що не всі загальноприйняті у світовій практиці оцінки можуть бути застосовані.

За підрахунками ДП " Головний науково-дослідний та проектний інститут землеустрою" необґрунтоване включення до складу орних земель, не придатних для такого використання, призводить до щорічної втрати близько 400 млн. грн., не враховуючи прибутку, який вони могли б дати при залученні їх до інших угідь та категорій земель за цільовим призначенням[7].

Це проблема особливо важлива для гірської та передгірської зони Карпат де споконвіку селяни прагнули кожен можливий клаптик землі залучити в



сільськогосподарський оборот.

Ерозійні процеси призводять до значних змін ґрунтового профілю гірських ґрунтів, що істотно впливає на можливість їх сільськогосподарського використання.

Через велику різноманітність комбінацій рельєфу, фізико-хіміко-біологічних властивостей та кліматичних умов земля формує істотно відмінні види та методи її використання в ринкових умовах в даному регіоні. Саме це і повинно знайти відображення в формуванні земельних відносин з приводу користування, використання та придбання земельних ділянок.

### ***Бібліографічний список***

1. Земельний кодекс України // Землевпорядкування.-2002.- №1.- С. 47-107.
2. Микула О. Нормативна та експертна оцінка земельних ділянок/порівняльний аналіз// Вісник ЛАДУ. Землевпор.і зем.кад.-№6.-2003, с.87-92,с.90.
3. Косович Б. Деякі особливості розвитку пореформених земельних відносин // Вісник ЛАДУ. Землевпор. І зем.кад., №2003.-с.152-157.с.154.
4. Кіндюк Б. Врахування характеристик будови гідрографічної мережі при плануванні сільськогосподарського використання земель у Закарпатті // Вісник ЛАДУ: Землевпор.і зем.кад.№6, -2003.с.19-28, с.20.
5. Генсьор І. Проблеми класифікації гірських ґрунтів Польщі на основі бонітету //Вісник ЛАДУ: Землевпор.і зем.кад.№6,-2003.с.28-33,с.30.
6. Флекей З., Гулятькян Ф., Флекей В. Напрями територіальної організації систем селянського землекористування в гірських районах Закарпатської області //Вісник ЛАДУ: Землевпор.і зем.кадастр, №6,2003.-с.33-41,с.34.
7. Канаш О.П., Карлюк І.Р. Деградовані землі та землі відносно гіршої якості під кутом зору оптимізації землекористувань//Землеустрій і кадастр, 2008, - №3,с.3-5,с.3.



УДК 631

## **ВИГОТОВЛЕННЯ СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ З ВІДОМИМ ВМІСТОМ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ-МЕТАЛІВ В УКРАЇНІ**

*К. О. Семенцова, провідний інженер,*

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

В аналітичній хімії незамінні стандартні зразки складу речовин, які є складовою частиною забезпечення якості аналітичних. Згідно з ISO Guide 33:2015 [1] стандартний зразок складу або властивостей речовин (матеріалу) є засобом вимірювання у вигляді відповідної кількості речовини або матеріалу, призначений для відтворення і зберігання розмірів величин, які характеризують склад або властивості цієї речовини (матеріалу), значення яких встановлені в результаті метрологічної атестації, і який використовується для передачі розміру одиниці під час перевірки, калібрування, атестації методик вимірювань і затверджений чинним порядком як стандартний зразок.

Початок робіт зі створення стандартних зразків з встановленими вмістом елементів відноситься до 1949 р. І пов'язано з випуском перших стандартних зразків граніту G-1 і діабазу W- 1. У 1951 р з'явилася перша публікація, в якій були наведені дані щодо методики приготування стандартних зразків і результати міжлабораторного експерименту. Істотні розбіжності аналітичних даних, отримані в результаті міжлабораторного експерименту, стали несподіванкою для аналітиків.

У процесі створення стандартних зразків перед авторами розробок стояла дилема: йти по шляху або приготування синтетичних зразків, в яких відхилення кожного компонента має бути відомо, або створення стандартних зразків природних багатокомпонентних мінеральних речовин з усіма наслідками, що випливають труднощами у встановленні вмісту досліджуваних компонентів. Питання було вирішене на користь другого способу, так як синтетичний зразок не міг би відповідати в повній мірі фізико-хімічними властивостями природної матеріалам, а також мати кваліфікацію різних методів вимірювань.

Шістдесяті роки 20-го століття стали часом інтенсивного розвитку робіт, спрямованих на створення стандартних зразків. До 1978 року було створено близько 10 стандартних зразків ґрунту (ГСО 1364-78 зі складу дерново-підзолистого ґрунту (САДПП-1), ГСО 1365-78 зі складу чорноземного ґрунту (САЧП-01), ГСО 1366-78 зі складу сіроземного ґрунту (САСП-01).

Зазначені зразки були випущені в невеликих кількостях (30 50 кг) і швидко розійшлися по аналітичним лабораторіям. Проведені роботи показали актуальність подібного роду досліджень і виявили величезну зацікавленість стандартних зразках аналітичної служби країни.

Істотним недоліком цієї роботи стало те, що створені стандартні зразки не були забезпечені метрологічною атестацією та обслуговуванням і вироблені в невеликих кількостях.

Провідними країнами, по виготовленню СТАНДАРТНІ ЗРАЗКИ є США (NIST (the National Institute of Standards and Technology) – Національний інститут еталонів та технологій); Німеччина (BAM (Federal Institute for Materials Research and Testing) – Федеральний інститут дослідження матеріалів та випробувань), Великобританія, Бельгія (Спільний дослідницький центр європейської комісії в будинку науки сервісу), Італія, Китай, Польща. В цих країнах протягом 20 років розробляються стандартні зразки ґрунтів атестовані на вміст мікроелементів-металів. В Україні такі стандартні зразки було виготовлено ДУ «Держґрунтохорона» тільки в 2014 році. До цього періоду в лабораторіях використовувались СТАНДАРТНІ ЗРАЗКИ, які були виготовлені 1990-х в СРСР.

На даний час в Україні ДУ «Держґрунтохорона» та її філіями виготовлено 15 галузевих стандартних зразків ґрунту атестованих на рухомі сполуки марганцю, цинку, кадмію, але їхнє використання обмежується значеннями похибок атестованих метрологічних характеристик, що, згідно з технічною документацією, перевищують 20 % [2]. Використання закордонних стандартних зразків, атестованих на вміст мікроелементів-металів у наукових дослідженнях в Україні та у повсякденній практиці вимірювальних лабораторій ускладнюється необхідністю проходження процедури визнання таких стандартних зразків як національних та надзвичайно високою ринковою вартістю.

Значення і роль стандартних зразків особливо посилюються з введенням в дію ДСТУ ISO 5725-2002 «Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювань». З введенням в дію зазначеного ДСТУ вносяться істотні зміни в зміст робіт з розробки нових методик виконання вимірювань (МВВ) складу і властивостей речовин і матеріалів. Випуск з

виробництва та визначення метрологічних характеристик стандартних зразків здійснює відповідно до національних і міждержавних стандартів, в тому числі гармонізованих з міжнародними документами[3-6].

Таким чином, завдання, які стоять перед розробниками стандартних зразків, це створення нових типів стандартних зразків (розширення номенклатури стандартних зразків) ґрунту, збільшення числа атестованих компонентів в кожному стандартному зразку, підвищення точності і надійності метрологічних характеристик.

Розробка стандартних зразків тривалий, трудомісткий і дорогий процес, що включає в себе:

- розробку технічного завдання на стандартні зразки, що включає проект програми або методики атестації;
- проведення досліджень і експериментальних робіт з виготовлення стандартних зразків;
- встановлення метрологічних характеристик стандартних зразків відповідно до програми і методикою атестації; метрологічна атестація стандартних зразків заснована на використанні результатів вимірювань, виконаних незалежно в декількох лабораторіях із застосуванням одного або кількох методів;
- розробку технічної і нормативної документації на стандартні зразки, оформлення звіту про розробку стандартних зразків;
- перевірку технічної документації і метрологічну експертизу документації;
- затвердження стандартних зразків і його реєстрацію [5].

Стандартні зразки, які використовуються в міжлабораторному експерименті [6], повинні задовольняти таким вимогам:

- стандартний зразок повинен бути гомогенним;
- стандартний зразок повинен мати відомі характеристики, що відповідають рівню вимірюваної характеристики, на якому передбачається застосувати стандартний метод вимірювань, наприклад рівнем концентрації;
- стандартний зразок повинен мати матрицю, як можна більш близьку до матриці матеріалу, випробуваного стандартним методом вимірювань;
- кількість стандартного зразка має бути достатнім для виконання повної програми експерименту;
- стандартний зразок повинен мати стабільні характеристики протягом усього експерименту.

Як показує практика розробки стандартних зразків природних речовин, отримати необхідну для атестації кількість незалежних результатів для цілого ряду елементів - дуже складне завдання. Це пов'язано з тим, що маючи значне число незалежних середніх результатів, через велику розбіжності між ними не вдається встановити їх вміст з похибками, що задовольняють метрологічним вимогам.

Створення нових типів стандартних зразків ускладнюється високою вартістю як польового відбору матеріалу для них, так і власне лабораторних і міжлабораторних досліджень. Тому доцільно поряд з дослідженням стабільності провести додатковий міжлабораторний експеримент з метою збільшення у них кількості атестованих компонентів. Такий підхід має особливе значення для стандартних зразків, що користуються популярністю у аналітиків (так як матриці стандартні зразки відповідають широко поширеним і часто аналізованим природним речовинам) і представлених досить великим запасом матеріалу.

Отже, на даний час в Україні існує 15 галузевих стандартних зразків ґрунту атестованих на рухомі сполуки марганцю, цинку, кадмію, але їхнє використання обмежується значеннями похибок атестованих метрологічних характеристик, що, згідно з технічною документацією, перевищують 20 %. Тому є необхідність виготовлення та застосування стандартних зразків ґрунту, атестованих на вміст мікроелементів-металів. Оскільки, у повсякденній практиці вимірювальних лабораторій використання таких зразків це є єдиним способом контролювання якості виконання вимірювань.

Перед розробниками стандартних зразків стоїть завдання створення нових типів стандартних зразків (розширення їх номенклатури) ґрунту, підвищення точності і надійності метрологічних характеристик.

### ***Бібліографічний список***

1. ISO Guide 33:2015, Reference materials – Good practice in using reference materials // ISO [сайт] . <https://www.iso.org/standard/46212.html>
2. Балюк С.А. Проблеми створення та застосування стандартних зразків ґрунту / С.А.Балюк, Я.В.Бородіна, М.С.Лазебна, Л.В.Ткаченко // Вісник аграрної науки. – 2010. –№ 2.
3. ДСТУ-Н ISO Guide 35:2018 Референтні матеріали. Рекомендації з характеризувannya та оцінювання однорідності та стабільності (ISO Guide 35:2017, IDT). [НА ЗАМІНУ ДСТУ-Н ISO Guide 35:2006, чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2018. 96 с.
4. ДСТУ ISO 17034:2020 Загальні вимоги до компетентності виробників референтних матеріалів (ISO 17034:2016, IDT). Чинний від 2021-09-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2020. 23 с.
5. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT). Чинний від 2020-07-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2020. 32 с.
6. ДСТУ ГОСТ 8.532-2003 Метрологія. Стандартні зразки складу речовин і матеріалів. Міжлабораторна метрологічна атестація. Зміст і порядок проведення робіт (ГОСТ 8.532-2002, IDT). Чинний від 2003-07-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 14 с.



### **ОГІРКИ: СОРТИ, ГІБРИДИ І ЯКІСТЬ**

*С. В. Стефанюк к.с.-г.н., О. І. Кремінець - магістрант  
Львівський національний університет природокористування*

Овочеві рослини у раціоні людини займають досить велику частку. Правильно підібрані для харчування овочі дають змогу покращити загальний стан організму. Однією з улюблених культур в Україні є огірок. Споживають його, як в свіжому, так і переробленому вигляді. Надходять плоди до столу, як з відкритого, так і закритого ґрунту. Цінність їх полягає в тому, що в плодах містяться вітаміни, макро-мікроелементи. Більшу частку із

мінеральних солей у плодах займає калій, який має сечогінну дію. Дуже цінним є вміст в огірках йоду, який знаходиться у легкодоступній формі і нормалізує роботу щитовидної залози. Споживання плодів огірків знижує кислотність і підтримує лужну реакцію крові людського організму. Щоб забезпечити потребу у плодах огірків для дорослої людини виробництво їх потрібно збільшувати. Досягти цього можна також за рахунок підвищення урожайності цієї культури. [4, 3]

Впровадження нових технологій, спрямованих на забезпечення рослин огірків оптимальним комплексом чинників, дозволить підвищити урожайності та покращити їх якість. У технології вирощування огірків важливу роль відіграють інтенсивні роботи із захисту рослин, підбір сортів та формування густоти рослин [1, 3].

Впровадження нових сортів і гібридів огірків як вітчизняної так і зарубіжної селекції дозволить значно підвищити урожайність і якість [3]. Проте і ґрунтово-кліматичні умови суттєво впливають на якість та урожай огірка. Питання підбору сортів огірків є актуальним і на даний час.

Тому нами закладались досліди в 2020 і 2021 роках полях кафедри садівництва та овочівництва ім. проф. Гулька І.П. Львівського національного університету природокористування. Польові досліди закладали на темно-сірому опідзоленому середньо-суглинковому ґрунті, згідно методики польових досліджень у плодівництві і овочівництві.

Досліджували огірки сортів і гібридів як вітчизняної так і зарубіжної селекції: Етап, Роял F<sub>1</sub>, Анулька F<sub>1</sub>, Цезар F<sub>1</sub>, Аніка F<sub>1</sub>, Гейм, Лялюк. Повторність трьохразова. Висівали насіння 8-10 травня широкорядним способом (120 см). За рослинами проводили загальноприйнятий догляд. Збір врожаю проводили в міру наростання плодів через 1-3 дні. Їх сортували за фракціям, зважували і відправляли на реалізацію. Урожай статистично опрацьовували за Б.О. Доспеховим [2].

За результатами досліджень спостерігали, що урожай огірків залежить від сорту і року досліджень. Про це видно з одержаних нами результатів досліджень (табл. 1).

Таблиця 1 – Урожайність та якість плодів огірків залежно від сорту, т/га

Сорт	2020 р.		2021 р.		Середнє		Стандартні, %	Нестандартні, %	Вміст нітратів, мг/кг
	т/га	% до контролю	т/га	% до контролю	т/га	% до контролю			
Етап контроль	27,7	-	30,8	-	29,2	-	95,3	4,7	130
Лялюк	26,1	-5,8	28,6	-7,2	27,3	-6,5	94,8	5,2	132
Анулька F <sub>1</sub>	32,5	+17,3	32,2	+4,5	32,3	+10,6	96,2	3,8	135
Гейм	34,3	+23,8	36,4	+18,2	35,4	+21,2	93,8	6,2	134
Роял F <sub>1</sub>	28,9	+4,3	31,6	+2,6	30,2	+3,4	95,8	4,2	135
Цезар F <sub>1</sub>	28,5	+2,9	29,2	-5,2	28,8	-1,4	96,9	3,1	131
Аніка F <sub>1</sub>	33,1	+19,5	35,7	+15,9	34,4	+17,8	96,0	4,0	132
Нір <sub>05</sub>	1,1		1,4						

Так у 2020 році урожай на контрольному варіанті (Етап) був 27,7 т/га. Найвищим він був у сорту Гейм (34,3 т/га), гібридів Аніка F<sub>1</sub> (33,1 т/га) та Анулька F<sub>1</sub> (32,5 т/га). На всіх інших варіантах досліду урожай був менше 30 т/га. Надвишка до контролю була від 2,9 % у Цезар F<sub>1</sub>, до 23,8 % Гейм. Слід зауважити, що найменший урожай отримали у сорту Лялюк (-5,8%) до контролю. Подібна закономірність збереглась і в 2021 р. Найвищий урожай був у

сорту Гейм – 36,4 т/га, що складає 18,2 % до контролю, та гібриду Аніка F<sub>1</sub> – 35,7 т/га, або 15,9 % відповідно.

У середньому за два роки досліджень найвищою урожайністю відзначились сорт Гейм (35,4 т/га) та гібрид Аніка F<sub>1</sub> (34,4 т/га), що перевищує на 21,2 % та 17,8 % відповідно до контролю.

Як бачимо сорти відрізняються між собою за урожаєм та товарним виходом плодів. У середньому за два роки стандартних плодів одержали від 93,8 % у сорту Гейм до 96,2 % у гібриду Анулька F<sub>1</sub>, а на контролі - 95,3 %, і нетоварних плодів огірків отримали від 3,1 % (Цезар F<sub>1</sub>) до 6,2 % (Гейм).

Відрізняються плоди огірків між собою і вмістом нітратів. У середньому за два роки на контролі (Етап) нітратів було 130 мг/кг сирової маси. У сорту Гейм та гібриду Роял F<sub>1</sub> на 4 і 5 мг/кг більше відносно контролю. Всі сорти і гібриди огірків за вмістом нітратів не перевищували максимально допустимого рівня (МДР 150 мг/кг), про що видно з даних таблиці.

### **Висновок.**

На основі проведених дворічних досліджень можна стверджувати, що сорти і гібриди придатні формувати високий урожай в умовах західних районів України (Гейм, Аніка F<sub>1</sub> та Анулька F<sub>1</sub>). Найвищу товарність забезпечили гібриди Анулька F<sub>1</sub>, Цезар F<sub>1</sub> і Аніка F<sub>1</sub>; найменший вміст нітратів було у сортів Етап, Лялюк та гібриду Аніка F<sub>1</sub>.

### ***Бібліографічний список***

1. Вирощування огірків. Електронний ресурс. [Вирощування огірків: посадка, догляд, підживлення, сорти \(superdachnik.com.ua\)](http://superdachnik.com.ua)
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд. Дополн. И перераб. М. Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Стефанюк Г.С. Кращі сорти і гібриди огірка для західного регіону України. Вісник. Агрономія №10. Львів. 2006. С 276-279.
4. Огірки: користь і шкода для організму, склад і калорійність, сфери застосування. Електронний ресурс. [Огірки: користь і шкода для організму, склад і калорійність, сфери застосування | Еко-життя \(eko.org.ua\)](http://eko.org.ua)
- 5.



### **ЗЕЛЕНІ ДОБРИВА, ЯК ОСНОВА ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДІЮЧОСТІ ҐРУНТУ**

*М. Л. Тирус, кандидат сільськогосподарських наук, в. о. доцента кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування*

Найбільш дешевим замінником мінеральних добрив є сидерати. Сидерати у перекладі з латинської означає "зірковий", "променевиий", тобто добрива, одержані унаслідок перетворення сонячної енергії. Їх цінність залежить від виду культури і кількості приораної зеленої маси. Вирощування поживних покривних культур на зелене добриво особливо перспективне у зоні достатнього зволоження. Зелена маса сидеральних добрив проорюється

соковитою, з високим вмістом води, тому вона розкладається і вивільняє елементи живлення швидше, ніж навіть підстилковий гній. Крім того, сидерати поліпшують водний, повітряний та тепловий режими.

Для сидератів найбільше підходять дві групи культур: *бобові*, які дають зелену масу багату поживними речовинами, особливо азотом; *капустяні*, що характеризуються швидким ростом і високою урожайністю зеленої маси.

Бобові (горох, вика, боби, люпин, пелюшка, кормові боби) можна вирощувати як поживні з висівом їх у другій половині липня. Вони забезпечують урожайність зеленої маси більше 10 т/га. Збагачують ґрунт азотом, оскільки симбіотичний азот не витрачається на формування зерна. Бобові покращують аерацію ґрунту, пригнічують бур'яни, розчиняють важкорозчинні форми фосфору та калію.

Ще більшу врожайність на рівні 20-30 т/га забезпечують швидкорослі капустяні культури – редька олійна, гірчиця, озимий та ярий ріпак, суріпиця. Приорюванні їх маси поповнює ґрунт органікою, забезпечує фітосанітарну очистку ґрунту, підвищує урожайність наступних культур.

Крім цих культур для сидерації використовують також фацелію, гречку, суданську траву, амарант тощо.

Із зеленою масою рослин-сидератів у ґрунт повертається значна частина поживних речовин (табл.1).

Таблиця 1 – Кількість поживних речовин у зеленій масі різних культур [за Цицюра з спів., 2022, з власними уточненнями та доповненнями].

Культура	Урожайність зеленої маси, ц/га	Накопичено в загальній біомасі поживних речовин, кг/га			Разом поживних речовин, кг/га
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Горох кормовий	350	120	70	110	300
Буркун білий	200	110	45	140	295
Вика яра	200	120	60	170	350
Кормові боби	200	110	70	140	320
Люпин однорічний	520	230	60	200	490
Гірчиця біла	250	60	40	90	190
Суріпиця	340	115	55	220	390
Редька олійна	450	85	65	245	395
Фацелія	300	80	50	200	330
Гречка	300	100	65	150	315
Серадела	300	110	50	180	340
<b>Амарант</b>	<b>500</b>	<b>220</b>	<b>40</b>	<b>400</b>	<b>660</b>

На наш погляд **амарант** може бути дуже цінним сидератом. Ця культура займає невеликі посівні площі як для використання на зерно, так і для вирощування на зелену масу, в тому числі і на сидерати. Цінність цієї важливої для сидерації культури полягає в тому, що амарант не вимагає великої кількості вологи для проростання та має низький коефіцієнт її використання під час вегетації. Він має швидкі темпи розвитку, через півтора місяця

зацвітає, формує орієнтовно 40 т/га вегетативної маси, багатой на азот. Завдяки змішаному типу кореневої системи стрижневому та мичкуватому (поверхневому) є чудовим розпушувачем переущільнених ґрунтів.

За даними Гопцій Т.І. та ін. за рахунок сильно розвинутої кореневої системи засвоює елементи живлення з глибших горизонтів ґрунту, які недоступні для більшості зернових культур. Тому велику перспективу має як сидеральна культура, особливо враховуючи низьку норму висіву (1,0-1,5 кг/га). Уміст елементів живлення у зеленій масі амаранту виду *A. hypochondriacus* у перерахунку на абсолютно суху речовину становить: азоту 2,20-2,55%, фосфору 0,40-0,51%, калію 3,86 – 4,80%. Тобто, навіть за відносно невисокої, як для амаранту, врожайності зеленої маси на рівні 50 т/га (10т/га сухої маси), в ґрунт за її приорювання повертається орієнтовно  $N_{220-255}P_{40-50}K_{390-480}$ . Ніяка інша сидеральна культура, навіть бобові, не забезпечують надходження в ґрунт в процесі мінералізації такої кількості елементів живлення [2].

За іншими даними, вміст елементів живлення в 1 т абсолютно сухої речовини вегетативної маси і насіння амаранту становить: азоту 30,4-35,4 кг (3,0-3,5%), фосфору – 16,7-18,6 кг (1,7-1,8%), калію 34,8-36,8 кг (3,1-3,6%) [6]. Як стверджують Рахметов Д., Рибалко Я., за формування урожаю на рівні 10 т/га сухої речовини він виносить  $N_{150-175}P_{90-100}K_{450-550}Ca_{210-250}Mg_{80-100}$ , переважна частина яких пізніше повертається в ґрунт [7].

Порівняння з даними табл. 1 свідчить про значну перевагу амаранту щодо надходження елементів живлення, порівняно з іншими сидеральними культурами.

Особливо необхідно враховувати високу врожайність амаранту. Так, навіть у посушливих умовах Дніпропетровської обл. урожайність зеленої маси амаранту становила 31,8 т/га, а в перерахунку на суху речовину 6,11 т/га [5].

Відзначається, що комплексна взаємодія зрошення та застосування розрахункової норми добрив сприяє подовженню продуктивного процесу та накопиченню в надземній масі 215,9 кг азоту, 107,9 кг фосфору та 566,7 кг/га калію [3].

Зустрічаються дані, що амарант – рослина нітрофіл, тобто може формувати велику біомасу в стресових, для більшості рослин, низьких дозах азоту в ґрунті [10].

Вирощування амаранту покращує родючість ґрунту. Його можна розглядати як цінний сидерат [12]. Залишки рослинної маси амаранту можуть підвищувати урожайність наступних культур [14].

Має зв'язок з азотфіксуючими бактеріями, збагачує ґрунт азотом [4]. Під впливом вирощування амаранту зростає біологічна активність ґрунту [13].

Амарант є дуже добрим попередником для всіх сільськогосподарських культур. Він залишає після себе багато вегетативної маси, як надземної так і підземної, збагачує ґрунт органікою. Його рослинні рештки дуже багаті на азот, після амаранту залишається більше азоту, ніж після гороху, сої та інших бобових культур [1].

Низка авторів зазначають, що амарант не тільки добрий попередник, фітомеліорант, підвищує родючість ґрунту, але також він може бути дуже перспективною культурою для рекультивації низькородючих ґрунтів [8].

Так, ряд авторів стверджують, що амарант є цінною культурою для фітореMediaції забруднених кадмієм ґрунтів. Зокрема, що амарант є сильним акумулятор кадмію (Cd) завдяки таким перевагам, як швидкий ріст, висока біомаса, легкість культивування та висока адаптивність до навколишнього середовища [15]. Про придатність амаранту для фітоекстракції (фітореMediaції) кадмію і свинцю зазначають також інші дослідники [11].



### Бібліографічний список

1. Амарант – золотоносна рослина для ланів України. *AgroNews*. URL: <https://agronews.ua/news/amarant-zolotonosna-roslyna-dlia-laniv-ukrainy/> (дата звернення: 26.03.2023)..
2. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія / Гопцій Т.І. та ін. Харків. ХНАУ. 2018. 362 с.
3. Войташенко Д.П. Вплив умов зволоження та рівня мінерального живлення на врожайність зерна амаранту в умовах південного Степу. Збірник наукових праць. *Зрошуване землеробство*. Інститут землеробства південного регіону УААН. Херсон. Айлант. 2005. Вип. 44. С.45 -49.
4. Дуда О., Капштик М. Ключові елементи вирощування амаранту. Пропозиція. 2021. <https://propozitsiya.com/ua/klyuchovi-elementy-tehnologiyi-vyroshchuvannya-amarantu> [Accessed 08.03.2023]
5. Дудка М. І. Агротехнічна і економічна ефективність вирощування амаранту волотистого (*Amaranthus paniculatus* L.) на зелений корм в північному Степу України. *Зернові культури*. Дніпро, 2019. Т. 4. № 2. С. 293–304.
6. Дудка М.І. Агротехнологічні основи підвищення продуктивності однорічних кормових культур в північному Степу України. Дис. докт. с.-г. наук 06.01.09 рослинництво. Дніпро. 2020. 480 с.
7. Рахметов Д., Рибалко Я. Амарант знову нагадує про себе. *Пропозиція*. 2005. №1. С. 52 -53.
8. Резніченко В.П., Андрієнко О.О., Васильковська К.В. Нові виклики часу – пластичні культури для зони ризикованого землеробства. *Topical aspects of modern science and practice*. Abstracts of I International scientific and practical conference, 21-24 September. Frankfurt am Main, Germany. 2020. С. 41-44. DOI 10.46299/isg.2020.II.I
9. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Монографія. Вінниця: Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с.
10. Andrusenko V.A. Formation of single-species and mixed crops of amaranth on leached chernozem of the southern Forest-steppe of the Republic of Bashkortostan: dis. ... cand. s.-g. sciences: 06.01.01. Ufa. 2016. 241 p.
11. Bosiacki M., Kleiber T., Kaczmarek J. Evaluation of Suitability of *Amaranthus Caudatus* L. and *Ricinus Communis* L. in Phytoextraction of Cadmium and Lead from Contaminated Substrates. *Archives of environmental protection*. 2013. 39. 3. 47-59. DOI:10.2478/aer-2013-0022
12. Mndzebele B., Ncube B., Fessehazion M., Mabhaudhi T., Amoo S., Plooy C., Venter S. and Mod A. Effects of Cowpea-Amaranth Intercropping and Fertiliser Application on Soil Phosphatase Activities, Available Soil Phosphorus, and Crop Growth Response. *Agronomy*. 2020. 10(1). 79. 2-20. doi.org/10.3390/agronomy10010079
13. Skwaryło-Bednarz B., Ocena właściwości biologicznych gleby pod uprawą szarłat (*Amaranthus cruentus* L.). *Acta Agrophysica*. 2008. 12(2): 527-534
14. Tejada-Sartorius O., Vaquera-Huerta H. & Cadena-Iñiguez J. Effect of amaranth residues (*Amaranthus hypochondriacus* L.) on weed control and yield of radish, onion and carrot. *Spanish J. of Agric. Res*. 2011. 9(1). 284-295. doi.org/10.5424/sjar/20110901-040-10

15. Xiaoying Cui, Peng Mao, Shuo Sun, Rong Huang, Yingxu Fan, Yongxing Li, Yingwen Li, Ping Zhuang, Zhian Li. Phytoremediation of cadmium contaminated soils by *Amaranthus Hypochondriacus* L.: The effects of soil properties highlighting cation exchange capacity. *Chemosphere*. 2021. Vol 283, 131067. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131067



## **БУРОЗЕМИ ПОДІЛЛЯ, ЯКІ ОПИСАВ, АЛЕ НЕ НАЗВАВ Г. АНДРУЩЕНКО**

*Ф. П. Топольний, доктор біологічних наук,  
Центральноукраїнський національний технічний університет*

Епоха, в яку працював Г. Андрущенко, відома як період практичного ґрунтознавства. Саме в той період вивченню ґрунтового покриву України надавалася велика увага. Рекогносцирувальне обстеження ґрунтів вперше проводилось ще на початку 20-х років минулого століття. Тоді ж були складені перші карти ґрунтів України. Проте в силу суспільно-політичних подій того часу праці періоду до другої світової війни були практично недоступні фахівцям із ґрунтознавства.

Перша карта ґрунтів України, де показані всі території в тодішніх межах, видана у 1949 році. Через два роки по тому, в 1951 році побачила світ монографія “Почвы УССР” При складанні карти ґрунтів, а також написанні монографії використані праці і Г. Андрущенка.

Наступним великим кроком як в житті Г. Андрущенка, так і українського ґрунтознавства, є підготовка і проведення обстеження ґрунтів і складання ґрунтових карт усіх сільськогосподарських земель України. Для цього були підготовлені і видані великими тиражами “Інструкція і методичні матеріали до обстеження ґрунтів колгоспів та радгоспів Української РСР” в 1957 році та “Методика крупно масштабного дослідження ґрунтів колгоспів і радгоспів Української РСР” у 1958 році. В цих працях узагальнено наявний на той час обсяг знань про ґрунти і закономірності їх просторового поширення.

Проте, спрогнозувати всі можливі відхилення від загальної схеми ніяка інструкція не може. Тому програма передбачала подальше вивчення ґрунтів на обласних сільськогосподарських дослідних станціях через мережу своїх опорних пунктів та агрохімлабораторій. Але з часом ґрунтознавців з дослідних станцій передали в штат обласних підрозділів Інституту землеустрою. По своїй суті то були не наукові заклади, а виробничі і в своїй діяльності з обстеження ґрунтів вони не могли виходити за межі діючих інструкцій і методичних вказівок. В результаті усі отримали повну нісенітницю. Ось як це описує Г. Андрущенко: “...трапляються сірі опідзолені ґрунти, у яких відсутня пластинчаста будова верхнього шару, мало виявлений, або зовсім відсутній ілювіальний горизонт і весь профіль має червонувато-бурий колір“. В результаті маємо на всіх сучасних картах ґрунтів на півдні Тернопільської, Хмельницької і Вінницької областей у Придністровському лісостепу крім чорноземів лише різні підтипи сірих опідзолених ґрунтів, які сформовані на лесах або лесоподібних породах. А чи так це в дійсності?

У 1961 році побачила світ фундаментальна праця П. Заморія “Четвертинні відклади Української РСР“, в якій чітко вказано відсутність лесу на значній території на півдні Тернопільської, Хмельницької і Вінницької областей, про що не вказано в “Методиці...” в розділі “Трунтотвірні породи УРСР“, написаному Г. Самбуром.

Наші дослідження ґрунтового покриву півдня Хмельницької області показали наявність в цьому краю всіх підтипів сірих опідзолених ґрунтів у класичному розумінні, а також таких, які зараховані до сірих лише тому, що їх не можна називати чорноземами як за морфологічними, так і за фізико-хімічними показниками. Для внесення ясності в природу цих ґрунтів нами було проведено спеціальні дослідження. Перше, на що було звернуто увагу, так це на значну строкатість ґрунтотворних порід, хоч на ґрунтових картах і у відповідних описах вказано, що ґрунтотворною породою виступає лес. Спостереження у ґрунтових розрізах показують наявність дуже різних за хімічним складом переважно елювіально-делювіальних відкладів, якими закриті переважно схили. На вододільних плато переважає лес. А в межах Товтрового кряжу ґрунтотворною породою часто виступає щербенистий елювій вапняків, якими складені коралові рифи Сарматського моря, яке існувало там у третинному періоді.

На цих породах, часто навіть карбонатних, формуються не чорноземні ґрунти. На відстані кількох сотень метрів, де ґрунтотворною породою виступає лес, формуються чорноземи типові. Визначення фракційного складу гумусу показало принципову відмінність між досліджуваними ґрунтами. У чорноземах і класичних ясно-сірих опідзолених ґрунтах основна маса гумусових кислот, як гумінових, так і фульвокислот, представлена фракціями, які зв’язані з кальцієм, в той час як у ґрунтах, які сформовані на інших породах, 2-га фракція гумінових кислот, яка зв’язана з кальцієм, представлена в абсолютному мінімумі.

Великий подив був зумовлений наявністю ґрунтів червонувато-бурого забарвлення, сформованих на елювії вапняків, де на поверхні поля видно уламки вапнякового щепеню. Фракційний склад гумусу таких ґрунтів показав дуже малу частку другої фракції як гумінових, так і фульвокислот. Чому на карбонатному елювії у складі гумусу фракція, яка зв’язана з кальцієм, знаходиться в мінімумі?

Для вирішення цього питання було поставлено дослід по розчинності карбонату кальцію, який знаходиться у лесі і у вапняковому щепені (крейді). Розмелені куски лесу та крейди засипали в колби, заливали дистильованою водою, збовтували і після відстоювання у аліквотних частинах розчину визначали вміст іону кальцію. Отримані результати, багато раз перевірені, виявились несподіваними. Насичений розчин крейди виявив 20-23 мг кальцію на 1 літр, що в переводі на карбонат кальцію дорівнює 50-57,5 мг на літр розчину. Згідно довідника по розчиненню карбонату кальцію при температурі +20°C складає 65 мг на 1 літр. Тобто, насичений розчин вапняку у воді може створити концентрацію не більше зазначених величин.

У варіанті дослід з лесом концентрація карбонату кальцію дорівнювала близько 100 мг на 1 літр води. Така велика розчинність карбонату кальцію у лесі ми пояснюємо лише захисною дією органічних колоїдів по відношенню до кальцію, якими виступають гумусові сполуки лесу. Адже лес містить в собі завжди близько 0,2-0,5% гумусу. Цей гумус і створює з карбонатами ґрунту гідрофільні колоїди, виконуючи по відношенню до карбонату кальцію стабілізуючу функцію. Така концентрація кальцію у ґрунтовому розчині є достатньою для створення органо-мінеральних комплексів з гумусовими сполуками ґрунту. Ці органо-мінеральні сполуки і забезпечують ґрунту ті риси і властивості, без яких ґрунт, незважаючи

ні на вміст в ньому гумусу, ні на глибину гумусового горизонту і ґрунтового профілю в цілому, не може бути зарахований до чорноземів.

Польовий визначник ґрунтів 1981 року, який також готувався за участю Г. Андрущенка, вже передбачає виділення на Буковині і Поділлі бурувато-сірих лісових ґрунтів і чорноземів буроземовидних, вважаючи їх фаціальними підтипами модальних ґрунтів. Буруваті і коричневі відтінки таких ґрунтів пояснювались поступовою зміною клімату від континентального до морського західноєвропейського. Вважаємо що цей чинник також слід враховувати, проте якщо справа лише в кліматі, то чому буроземовидні ґрунти не зустрічаються, наприклад, в межах Волинської височини?

Дослідження ґрунтів Карпатського краю показало наявність там ґрунтів, сформованих на елювії вапняків і мармурів. Гумус таких ґрунтів також утворює нерухомі комплекси не із катіонами кальцію, а із тривалентними катіонами переважно заліза..

Відсутність спорідненості до кальцію певних ґрунтів має не лише теоретичне, а й велике практичне значення. Ґрунти, в яких акумуляція гумусу відбувається за допомогою іонів кальцію і магнію є ґрунтами з нейтральною реакцією. Заміна кальцію на залізо впливає на реакцію ґрунтового розчину. Такі ґрунти кислі. Але це не означає що вони неродючі. У вітчизняній і в колишній радянській агрохімії вважається, що кислі ґрунти є малородючими і для ліквідації цього недоліку їх подібно вапнувати. На виконання цих робіт витрачались дуже великі кошти із державного бюджету. В країні проводились десятки польових дослідів по ефективності вапнування кислих ґрунтів. Не зупиняючись на проблемі, відзначимо лише монографію І. Сарішвілі, у якій на підставі багаторічних польових стаціонарних дослідів, проведених на червоноземах Грузії, показано, що у результаті вапнування цих ґрунтів відбувається втрата структури і, відповідно, втрата родючості.

Проїшли роки. Діяльність ґрунтознавця професора Г. Андрущенка, як і багатьох інших ґрунтознавців того часу, вже стала історією. Проте проблем в ґрунтознавстві стало не менше. А хто їх вирішуватиме? Де готують ґрунтознавців? Спеціалізовані факультети вже ліквідовано. Потроху закривають і кафедри ґрунтознавства в університетах. В територіальних наукових установах від такої тематики відмахуються, пояснюючи тим, що це проблема спеціалізованого інституту в Харкові. Але ж з одного центру, де б він не був, хіба бачать проблеми кожного конкретного краю? Пропонують подавати запит на фінансування теми за рахунок держбюджету. Але в запиті необхідно вказати, який економічний ефект дасть запропонована розробка, а на теоретичні розробки коштів нема.

Теперішня влада не розуміє значення теоретичних досліджень. А ґрунтознавство є теоретичною фундаментальною наукою, яка слугує базою для багатьох прикладних наук, котрі формують принципи сталого розвитку територіальних громад. В результаті – ні науки, ні сталого розвитку...



## ПРОФЕСОР ІВАН ГОГОЛЄВ ТА УКРАЇНСЬКЕ ГРУНТОЗНАВСТВО: ОДЕСЬКА НАУКОВА ШКОЛА

*В. Ів. Тригуб, к.г.н.*

*Одеський національний університет імені І.І.Мечникова*

Іван Миколайович Гоголев – видатний ґрунтознавець, географ, меліоратор, організатор багатьох ґрунтово-географічних досліджень. А ще лідер, який створив першу ґрунтознавчу експедицію у Львові, заснував кафедру ґрунтознавства і географії ґрунтів та Проблемну лабораторію в Одеському університеті, де започаткував різносторонні наукові напрями досліджень та створив потужну наукову школу.

Науково-дослідницька і навчально-педагогічна робота Івана Гоголева неодноразово висвітлювалася в працях багатьох вчених (А.В. Краснопольського, Ю.О. Амброз, С.П. Позняка, Я.М. Біланчина, Є.Н. Красехи, В.І. Тригуб). Однак і на тепер недостатньо визначено роль постаті Івана Миколайовича як лідера *Одеської наукової школи* вчених-ґрунтознавців другої половини ХХ сторіччя.

Явище „школа в науці” не є новим. Історично наукові школи виникли ще в Давній Греції. У ті часи вони виконували функцію ретрансляції ідей та знань вчителя-наставника від покоління до покоління через його учнів і послідовників [3].

Наукові школи в сучасному розумінні почали формуватися у другій половині ХІХ сторіччя, коли створювалися наукові лабораторії та інститути для проведення широких та систематичних досліджень, при яких стали функціювати колоквиуми (семінари), відкривалися спеціалізовані журнали і наукові товариства.

З другої половини ХХ сторіччя для науки більш характерною стає колективна діяльність формальних та неформальних дослідницьких структур, зокрема наукових шкіл.

Згідно з визначенням Ю. О. Храмова, сучасну наукову школу визначають як: *«неформальну творчу спільноту дослідників різних поколінь високої наукової кваліфікації на чолі з науковим лідером у певному науковому напрямі, об'єднаних однаковими підходами до розв'язання проблеми, стилем роботи й мислення, оригінальністю й новизною ідей і методів реалізації дослідницької програми, яка одержала значні наукові результати, здобула авторитет і громадське визнання в даній галузі знання»* [4]. Суттєвою ознакою наукової школи є те, що в ній одночасно реалізуються функції виробництва, поширення, захисту наукових ідей і навчання молодих учених. Отже, основними сучасними характеристиками наукової школи є: наявність наукового лідера; наукова ідеологія, науково-дослідна програма; високий рівень досліджень, їх оригінальність, особливий стиль роботи і методики досліджень; висока наукова кваліфікація лідера і дослідників; значимість отриманих результатів у певній галузі науки; висока наукова репутація, науковий авторитет та громадське визнання результатів досліджень; наукові традиції; спадковість поколінь.

Саме вище зазначені поняття наукової школи та основні її ознаки дозволяють говорити про створення в другій половині ХХ сторіччя Одеської наукової школи під керівництвом професора Івана Гоголева.

Назва наукової школи формується різними шляхами: за назвою міста, де вона утворилася; за назвою міст, де розташовані університети, у яких функціонують ті чи інші наукові школи або за прізвиськом її лідера (керівника) [1].

Про Одеську школу ґрунтознавства вперше заговорили ще на початку ХХ сторіччя. Її становлення і розвиток пов'язані з видатною особистістю – Набоких Олександром

Ігнатовичем, наукова спадщина якого й дотепер впливає на розвиток українського ґрунтознавства. З 1905 року, працюючи на посаді екстраординарного професора Новоросійського (Одеського) університету, вчений очолив перші широкомасштабні рекогносцирувальні дослідження ґрунтів на українських землях, підсумком яких стало складання перших 10-верстних карт колишніх Харківської, Подільської, Херсонської та Київської губерній, заснував водно-режимну концепцію ґрунтоутворення, профільно-генетичну класифікацію ґрунтів.

Протягом 1905-1928 рр. разом із О. І. Набоких Одеську школу ґрунтознавства на світовому рівні продовжує репрезентувати видатний вчений географ-ґрунтознавець, професор Г. І. Танфільєв. Так, класичні роботи Гаврила Івановича про природу степу лягли в основу сучасного степознавства. Вчений вперше розробив і використав на практиці метод скипання для визначення наявності карбонатів. Завжди приділяв багато уваги дослідженню ґрунтів та їх впливу на рослинність. Ретельно вивчав чорноземи, їх зв'язки з породами та кліматом.

Становлення ж *сучасної Одеської наукової школи ґрунтознавства* пов'язано з видатним науковцем і дослідником другої половини ХХ сторіччя, доктором сільськогосподарських наук, професором – Гоголевим Іваном Миколайовичем.

Наукова діяльність І. М. Гоголева як вченого-ґрунтознавця була започаткована 1947 року вивченням ґрунтового покриву територій державних сортодільниць. Детальні обстеження ґрунтів були проведені на територіях держсортодільниць Львівської та Тернопільської областей. За матеріалами цих обстежень Іван Миколайович у 1951 році захистив кандидатську дисертацію «Темнокольорові (рендзинні) ґрунти Західних областей України». Наукова робота вченого вирізнялася неординарністю трактування генези і властивостей цих специфічних ґрунтів. Актуальність, наукова новизна і практична значущість дисертаційних досліджень збереглися і дотепер.

Подальші наукові дослідження вченого стосувалися вивчення умов і процесів формування ґрунтів Малого Полісся, Карпат, Закарпаття та Передкарпаття, зокрема пов'язаних із їх меліорацією. Його рекомендації щодо використання меліорованих болотних ґрунтів донині не втратили свого значення.

Найбільш плідний «Львівський» період наукової і організаційної діяльності І.М. Гоголева розпочався з 1955 року, коли він почав працювати на посаді доцента кафедри фізичної географії Львівського університету імені Івана Франка (1955-1967 роки). У 1957 році вчений створив в університеті ґрунтовку експедицію, яка започаткувала великомасштабні обстеження та картографування ґрунтів України (Львівська, Волинська, Закарпатська, Полтавська області), Російської Федерації (Вологодська, Тверська, Пермська, Читинська області та Красноярський край), цілих земель Північного та Центрального Казахстану. На основі цих обстежень були складені первинні ґрунтові карти території кожного з досліджених господарств, розроблені практичні рекомендації з раціонального використання ґрунтів і підвищення їхньої родючості. Проведення великомасштабних ґрунтових обстежень заклало якісно новий підхід до використання земель, їх удобрення та меліорації [2].

Львівська ґрунтова експедиція під керівництвом Івана Миколайовича була однією з найбільших в колишньому Радянському Союзі. За матеріалами досліджень ґрунтового покриву різних регіонів було підготовлено і захищено 5 кандидатських дисертацій. Ґрунтова експедиція, яку створив І. М. Гоголев, донині функціонує як науково-дослідна лабораторія

Львівського національного університету імені Івана Франка, проводячи комплексні ґрунтово-меліоративно-екологічні обстеження [2].

Фундаментальні дослідження проводилися Іваном Миколайовичем і у Карпатському регіоні, де вчений досліджував природу високої кислотності ґрунтів західного регіону України, зокрема буроземів Карпат; організував мережу дослідно-виробничих ділянок у гірській і передгірській частинах Українських Карпат, де науковці вивчали еколого-економічну ефективність різних доз внесення гіпсу та органічних і мінеральних добрив.

Детальні й досконалі матеріали польових, лабораторних дослідно-експериментальних досліджень Карпатського регіону стали основою написання докторської дисертації «Бурі гірсько-лісові ґрунти Українських Карпат», яку Іван Миколайович успішно захистив у 1965 році. Наукові висновки роботи мали величезне значення для розвитку теоретичних основ ґрунтознавства. Вчений обґрунтував теорію фотопротонного гідролізу силікатів, згідно з якою, провідна роль у процесах вивітрювання гірських порід належить протонам водню, що прижиттєво виділяються автотрофною рослинністю в обмін на катіони поживних елементів, що поглинаються з ґрунту і порід.

У 1961 році за ініціативою І. М. Гоголева було організовано Проблемну лабораторію якісної оцінки земель, першочерговим завданням якої було ґрунтово-геохімічне вивчення ґрунтів Українських Карпат. Однак з 1962 року колектив лабораторії почав працювати над типізацією та бонітуванням сільськогосподарських земель та їх кадастровою економічною оцінкою. І це була перша спроба відтворення методики земельного кадастру після припинення зазначених робіт на початку тридцятих років. Проведені І.М. Гоголевим методичні і практичні розробки економічного оцінювання ґрунтів Західного регіону України не втратили свого значення і сьогодні, основні положення їх використовують для оцінювання земель фермерських господарств, колективних сільськогосподарських підприємств, акціонерних товариств тощо [2].

На мою думку, вище зазначені дослідження І. М. Гоголева стали підґрунтям для створення Львівської наукової школи ґрунтознавства під керівництвом С. П. Позняка, учня Івана Миколайовича, засновника кафедри ґрунтознавства у Львівському університеті на географічному факультеті (1993 рік). Сьогодні Львівська наукова школа є потужним та визнаним осередком ґрунтознавчої науки в Україні.

У 1967 році молодого доктора наук Івана Гоголева запросили на посаду професора в Одеський університет, де за ініціативи та активності вченого на геолого-географічному факультеті університету була відкрита кафедра ґрунтознавства і географії ґрунтів. Кафедра була заснована на базі факультетської лабораторії ґрунтознавства і науково-дослідної групи ґрунтознавства і ерозії ґрунтів та кабінету геодезії, топографії і картографії. Того ж року при кафедрі було організовано ґрунтознавчу експедицію, яка протягом двадцяти років проводила великомасштабні обстеження і картографування ґрунтового покриву України, Сибіру, Забайкалля, Центрального Казахстану. В результаті проведених робіт схарактеризовано ґрунтовий покрив, побудовані моделі структур ґрунтового покриву та проведена їх класифікація, розроблено ґрунтове районування і типологія земель. Удосконалено методику ґрунтово-географічних досліджень, складено великомасштабні ґрунтові карти, карти агровиробничих груп ґрунтів і забезпеченості їх елементами живлення рослин, розроблено рекомендації щодо використання земель, охорони та підвищення родючості ґрунтів [3]. Загалом, Львівською та Одеською ґрунтознавчими експедиціями під керівництвом Івана Миколайовича проведено великомасштабне ґрунтове знімання на площі понад 20 млн. га, на більшості територій такі дослідження проводились вперше.

Паралельно з ґрунтово-географічними експедиційними роботами професор І.М. Гоголев започаткував поглиблені дослідження генетико-виробничих особливостей та еволюції чорноземних і каштанових ґрунтів степової зони від Задністер'я на заході до Забайкалля на сході. Був зібраний значний фактичний матеріал щодо характеристики фаціально-кліматичних умов і процесів формування та еволюції цих ґрунтів у різних регіонах, морфологічної будови їхнього профілю, структури ґрунтового покриву, гранулометричного, хімічного та мінералогічного складів, фізичного і фізико-хімічного станів ґрунтів різних фаціальних підтипів. За відносно короткий час Іван Миколайович став одним із видатних фахівців у галузі меліоративного ґрунтознавства не тільки України, а й колишнього Радянського Союзу.

У 1971 році при кафедрі ґрунтознавства і географії ґрунтів було створено Проблемну науково-дослідну лабораторію географії та охорони ґрунтів чорноземної зони, незмінним науковим керівником якої протягом 25 років був професор І. М. Гоголев. Головним напрямом досліджень кафедри стало вивчення сучасних ґрунтоутворних і ландшафтно-геохімічних процесів у чорноземах в умовах зрошення і дренажу. На більшості зрошувальних систем півдня України було облаштовано мережу науково-дослідних стаціонарів для визначення змін у ґрунтах і ландшафтах загалом під впливом зрошення водами різної іригаційної якості. Були проведені дослідження впливу зрошення низькомінералізованими водами рік Дунаю, Дніпра, Дністра і Південного Бугу та вод підвищеної мінералізації озер-водосховищ Сасик, Китай і Ялпуг на властивості і продуктивність ґрунтів; відкрите явище різкого підлуження ґрунтів («лужний удар») у випадку зрошення в спекотні години дня та механізм вторинного (іригаційного) осолонцювання ґрунтів у разі зрошення навіть доброякісними низькомінералізованими водами рік півдня України.

У 1989 році науковцями кафедри сумісно із фахівцями геолого- і гідротехнічно-меліоративної служби країни були розроблені і опубліковані методичні рекомендації з організації і ведення моніторингу та оцінки стану чорноземів масивів зрошення. А з 1991 року, з ініціативи І.М. Гоголева та під його керівництвом, були започатковані роботи з організації дослідно-виробничої мережі моніторингу ґрунтів масивів зрошення Одеської області. В 1994-1995 рр. було закладено мережу стаціонарних ділянок довгострокових (до 100 років) ґрунтово-екологічних спостережень.

Вперше, за науковою редакцією І.М. Гоголева, результати наукових досліджень і досвіду ведення зрошуваного землеробства на Одещині впродовж 1965-1990 рр. висвітлено в колективній монографії «Зрошення на Одещині. Ґрунтово-екологічні і агротехнічні аспекти» (наукові редактори І.М. Гоголев і В.Г. Друзяк). Схарактеризовано зміну природно-меліоративних умов і ґрунтів в умовах зрошення водами різної іригаційної якості. За результатами багаторічних досліджень обґрунтовано рекомендації щодо запобігання негативних змін ґрунтово-меліоративної ситуації на зрошуваних землях і ліквідації їх наслідків та систему заходів з охорони ґрунтів і підвищення їх родючості.

Географія наукових інтересів та дослідницької діяльності професора Івана Гоголева як ґрунтознавця-географа велика і різноманітна. Вченим в межах досліджень кафедри були започатковані і продовжують розвиватися морфолого-генетичний, ґрунтово-меліоративний, ландшафтно-геохімічний, ґрунтово-картографічний, ґрунтово-ерозійний, ґрунтово-екологічний та історичний напрями наукових досліджень.

Завдяки наполегливій праці науковців кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів під керівництвом професора І. М. Гоголева Одеський університет у другій половині ХХ ст. став



одним із визнаних центрів українського ґрунтознавства, а професором *Гоголевим була створена наукова школа «Ґрунтоутворювальні процеси у чорноземах степової зони»*, в якій «виростили» доктори наук – Р.О. Баєр, Є.Н. Красєха, С.П. Позняк, В.І. Михайлюк, А.І. Кривульченко (науковий консультант С.П. Позняк), І.М. Волошин; кандидати наук – Я.М. Біланчин, З.В. Проскура, Г.С. Сухорукова, О.А. Грибський, Пранєш Кумар Саха, Т.Н. Хохленко (науковий керівник І.М. Гоголев), П.І. Жанталай, (науковий керівник Я.М. Біланчин), М.Й. Тортик, В.І. Тригуб (науковий керівник С.П. Позняк), В.А. Сич (науковий керівник Є.Н. Красєха), А.О. Буяновський (науковий керівник П.І. Жанталай), І.В. Леонідова, О.Є. Ходос (науковий керівник Я.М. Біланчин), Н.О. Попельницька (науковий керівник В.І. Тригуб).

Результати багаторічних ґрунтових обстежень вченими кафедри узагальнені та викладені в численних монографіях: «Зрошення на Одещині. Ґрунтово-екологічні і агротехнічні аспекти» (1992 р.), «Зрошувані землі Дунай-Дністровської зрошувальної системи: еволюція, екологія, моніторинг, охорона, родючість (2001 р.), «Острів Зміїний. Абіотичні характеристики» (2008 р.), «Фтор у чорноземах Південного Заходу України» (2008 р.), «Степи України» (2015 р.), «Чорноземи масивів зрошення Одещини» (2016 р.), «Ґеографо-генетичні особливості ґрунтотворення на острові Зміїний» (2017 р.) та інших наукових публікаціях.

Підсумовуючи викладене, можна зробити **висновок**, що ґрунтово-ґеографічні дослідження під керівництвом професора Івана Гоголева були глибокими і різнобічними. Основні напрямки діяльності наукової школи – теоретичне ґрунтознавство, картографія ґрунтів та екологія землекористування; дослідження сучасних ґрунтотворних процесів у чорноземах масивів зрошення Півдня України; використання стічних вод міст Причорномор'я для зрошення та інші.

Наукові напрями, започатковані І.М. Гоголевим, продовжують розвиватися і сьогодні в межах наукової школи *«Ґрунтоутворювальні процеси у чорноземах степової зони»*, створеної вченим у 1970 році. На жаль, відсутність фінансування фундаментальних досліджень як в Україні загалом, так і в класичних університетах зокрема, призвело до скорочення виробничих ґрунтових досліджень. Проте, поряд із вже розвиненими напрямками досліджень – ґрунтово-меліоративним, морфолого-генетичним, ґрунтово-картографічним, ландшафтно-ґеохімічним, ґрунтово-екологічним та ґрунтово-моніторинговими дослідженнями успішно розвиваються і нові напрями – екофілософський, історичний, медико-ґеографічний, дослідження ініціального ґрунтотворення та ландшафтно-ґеохімічних особливостей території острова Зміїний та узбереж лиманів, ґрунтів і земель міських і приміських територій, які набули пріоритетного значення в умовах сучасного використання ґрунтового покриву Одеського регіону зокрема та України в цілому.

### ***Бібліографічний список***

1. Євтух В. Діяльність наукових шкіл у контексті евалюаційних парадигм // Евалюація: наукові, освітні, соціальні проєкти. 2020. Вип. 4. С. 11–28.
2. Професор Іван Гоголев=Professor Ivan Gogolev /упоряд. С. Позняк, В. Тригуб; за ред. С. Позняка. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 586 с. (Серія «Українські ґрунтознавці»).
3. Саух, П.Ю. Феномен наукової школи в контексті реалій сучасної науки. Становлення і розвиток науково-педагогічних шкіл : проблеми, досвід, перспективи : зб.

наук. праць. / за ред. В. Кременя, Т. Левовицького. Житомир : ЖДУ імені Івана Франка, 2012. С. 44-51.

4. Храмов Ю. О. Наукові школи в НАН України // Наука та наукознавство, 2008. №4. С 122-133.



## ДІАГНОСТИКО-ОПТИМІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ

*Р. С. Трускавецький, доктор сільськогосподарських наук, професор  
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського», м. Харків*

Знання про ґрунти та їхню родючість, про закономірності перебігу ґрунтових процесів слугують теоретичною основою культури землеробства та прийняття всебічно обґрунтованих агротехнологічних, меліоративних і ґрунтоохоронних рішень. Високу результативність в системі управління родючістю ґрунтів можна очікувати виключно тільки за умов поглибленого вивчення ґрунтових режимів в тісному взаємозв'язку з рослиною та обов'язковим дотриманням відповідних принципів. Серед останніх слід назвати такі як багатогранність, відносність, динамічність, антагонізм-синергізм, зворотній інформаційний зв'язок, тощо, дефініція яких детально охарактеризована нами раніше [1].

Цільове завдання досліджень – удосконалення функціональної діагностики основних елементів родючості з метою поліпшення їхнього агроекологічного стану та побудови на цій основі відповідних діагностико-оптимізаційних моделей.

Ґрунти в агроекосистемах функціонують у двох діаметрально протилежних напрямках – в напрямку іммобілізації (депонування) елементів родючості та їх мобілізації (активізації) - переходу з поглинального комплексу ґрунту (ПКГ) в ґрунтовий розчин. Отже в агроекосистемах ґрунти виступають не тільки як середовище кореневого водно-мінерального живлення рослин, але й, залежно від генетичної природи вони здатні в різній мірі гальмувати цей процес. Тому в діагностиці родючості має значення не стільки сам вміст доступних для споживання рослинами форм елементів родючості в ґрунтовому середовищі на даний момент виміру, як динаміка їх змін в період вегетації рослин..

До основних елементів родючості, які підлягають обов'язковій та постійній діагностиці та оптимізації, ми відносимо продуктивну вологу ґрунту, доступні для споживання рослинами форми макроелементів (передусім NPK), показник кислотності (pH). З активністю (мобільністю) елементів родючості в ґрунтовому середовищі найтісніше пов'язані процеси росту й розвитку рослин та біологічного кругообігу. Про це свідчать численні літературні дані та проведені нами багаторічні дослідження - найбільш тісний зв'язок існує між активністю (потенціалом, концентрацією) елемента родючості в ґрунтовому розчині (т.з. «фактором інтенсивності» - ФІ) та урожаєм. Нажаль чинник динамічності ФІ, в часовому вимірі (передусім період вегетації рослин) донині в нашій вітчизняній діагностичній практиці не враховується. Тому наші дослідження якраз і спрямовані на максимально можливе усунення зазначеної прогалини

Аналіз літературних і експериментальних даних показав, що проблему «динамічності» найбільш перспективно вирішувати на основі вивчення буферних властивостей ґрунтів [2], тобто їх здатності до саморегуляції внутрішньогрунтових процесів і протидії зовнішнім навантаженням. Про буферну здатність ґрунту свідчать унікальні дослідження, які у свій час були проведені англійськими вченими П.Х. Найєм та П.Б. Тінкером [3] з міченими фосфатними іонами на всесвітньо відомій Ротамстедській дослідній станції. В ґрунті з високою фосфат-буферною ємністю прикоренева зона фосфатного виснаження за своїми розмірами виявилась у декілька разів меншою, аніж у ґрунті з низькою фосфат-буферною здатністю.

В ґрунтознавчій літературі донині дефініція буферності ґрунту трактується переважно тільки як його здатність чинити опір впливам і діям, що спрямовані на зміну показника кислотності (рН). Проте з появою низки наукових праць з «буферної» проблематики ґрунтів [4, 5, 6 і ін.], не тільки відносно гідрогенних іонів (рН), але й фосфатних (рР), калійних (рК), важких металів, термін «буферність ґрунту» істотно розширив свою дефініцію та зміст. Водночас виявилось, що тренд динамічності елемента родючості, який формалізується кривою буферності, сповна можна використати не тільки для підвищення діагностичної достовірності, але й для оптимізації його стану та нормативного прогнозування.

На сьогодні для якісної оцінки ґрунтів, їхнього агроекологічного стану існує чимало різноманітних показників. Проте не всі вони можуть слугувати в якості критеріїв вибору та нормування агротехнологічних операцій. Надлишок інформації створює такі ж самі складності в оптимізації родючості як і їх недостаток. В раніше опублікованих нами працях [1, 2 і ін.] уже представлялась графічна конструкція імітаційних моделей діагностики та оптимізації кислотно-основного, фосфатного та калійного режимів ґрунтів. Подальші дослідження показали, що аналогічний методичний підхід можна використати і до побудови діагностико-оптимізаційних моделей відносно водного, теплового, токсикологічного та інших основних ґрунтових режимів, що мають прямий вплив на ріст і розвиток рослин, як фактори родючості першого порядку.

Основними складовими моделей є криві буферності ґрунту відносно діагностованого елемента родючості, які імітують динаміку зміни потенціалу (активності) елемента родючості в процесі зростаючих зовнішніх навантажень. Важливо моніторити наскільки стабільно режим цих змін утримується в межах оптимально встановлених параметрів, мінімум і максимум яких відмічають на кривій буферності. Встановлена чітка закономірність: чим вища буферна ємність відносно того чи іншого елемента родючості, тим ширший відрізок кривої між мінімально-оптимальним і максимальним значеннями потенціалу (активності) елемента родючості. Оптимальні параметри, що підлягають постійній корекції, встановлюють у польових дослідах з різними культурами (принцип відносності). Загально відома, наприклад, закономірність динаміки урожаю в процесі зростаючих доз внесення мінеральних добрив в ґрунти з різною генетичною природою. З поступовим підвищенням дози мінерального добрива (на фоні оптимального ґрунтового середовища відносно всіх інших елементів родючості) величина урожаю зростає за висхідною лінією до відповідного максимуму і припиняється, виходячи на умовне «плато», довжина лінії якого (за графічного зображення) залежить від буферної ємності ґрунту. За певної підвищеної дози добрива та відповідно високої концентрації його в ґрунтовому розчині настає зниження урожаю. Така всім відома загальна закономірність впливу зростаючих доз того чи іншого виду мінерального добрива на формування урожаю,

основним і безпосереднім чинником якого виступає найбільш динамічна частина ґрунтового середовища - рідка «фаза», або ґрунтовий розчин.

Динамічність елементів родючості ґрунтового розчину найзручніше визначати в енергетичних потенціалах, оскільки для їх експрес-визначення агрономічна наука на сьогодні уже достатньо озброєна необхідною техніко-приладною базою. Постійному моніторингу першочергово підлягають: гідровсмоктувальна сила ґрунту (потенціал вологи -  $pF$ ), потенціали гідрогенних ( $pH$ ) та біогенних елементів ( $pP$ ,  $pK$ ,  $pN$ ,  $pCa$  і ін.). Названі та інші енергетичні інгредієнти ґрунтового розчину визначають в логарифмічних одиницях, а весь, подальший, доволі непростий алгоритм розрахунків та побудова діагностико-оптимізаційних моделей здійснюється за допомогою спеціальних комп'ютерних програм. Для  $pH$ ,  $pP$  і  $pK$  такі програми нами розроблено і верифіковано на низці ґрунтових різновидів зони Полісся та Лісостепу України. Проте настав час для їх подальшого удосконалення та розроблення нових моделей, серед яких першочергове значення слід надати проблемі управління водним режимом різноманітних за гідробуферною здатністю ґрунтів.

В загальному підсумку зазначимо, що подальше поглиблення наукових досліджень з проблем діагностико-оптимізаційних моделей елементів родючості з використанням їхніх буферних властивостей, закономірностей перебігу ґрунтових процесів і ефективного їх використання в практиці ґрунтового моніторингу, агрохімічної служби та землеробської культури слід вважати актуальними та перспективними завданнями фундаментальних і прикладних досліджень в галузі агроґрунтознавства та агрохімії. Важливо визнати також, що без успішного вирішення зазначених і піднятих нами проблем, ефективне управління ґрунтовими ресурсами України та їхньою родючістю унеможлиблюється.

### ***Бібліографічний список***

1. Основи управління родючістю ґрунтів. За наук. ред.. Р. С. Трускавецького; Харків: ФОП Бровін О В., 2016 . 388 с.
2. Трускавецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. Харків: Нове слово, 2003. 225 с.
3. Най П. Х., Тинкер П. Б. Движение растворов в системе почва-растение. Перев. с англ. М.: Колос, 1980. 360 с.
4. Нікіфоренко Л. І. Оцінка змін калійного режиму ґрунтів за даними їх термодинамічних параметрів // Вісник с.-г. науки. 1979. № 7. 7-14.
5. Хуа Ло. Буферность почв по отношению к тяжелым металлам и фтору в некоторых почвах КНР // Изв. ТСХА, вып.1, 1991. С.202-206.
6. Beckett P. H. T., White R. E. Studies of the phosphate potentials of soils. Part III: The pool of labile inorganic phosphate // Plant and Soil. 1964. V. 21. № 2-3. P. 253-282.



## ГЕОСИСТЕМНА ПАРАДИГМА У ЛЬВІВСЬКІЙ ГРУНТОЗНАВЧІЙ ШКОЛІ

*Юрій Чернобай, доктор біологічних наук, професор  
Державний природознавчий музей НАН України*

Наприкінці XIX ст. сприйняття механізмів цілісності охопило як суспільні, так і природничі науки, спонукавши до подальшого вивчення емерджентних властивостей соціо-природних комплексів, де повільність природної еволюції компенсується інноваційними результатами селекції та інформаційними інструментами цивілізаційного розвитку [6]. На рубежі XIX – XX століть ці процеси призвели до появи холістичних концепцій біосфери геоморфолога Є. Зюсса та геохіміка В. І. Вернадського, а також до революційних відкриттів у галузі політекономії.

Грунтознавство є цілком антропоцентричною наукою, оскільки існування людей важко уявити без землеробства та іншої аграрної діяльності, і тому має розглядатись у геосистемному аспекті [11]. Тобто, окрім ландшафтних (природних) чинників мають бути врахованими й чинники антропогенного походження [12]. Наукові школи Львівського університету, Природничого музею та Вищої рільничої школи у Дублянах наприкінці XIX - початку XX ст. стали осередками природничо-суспільного підходу до вивчення матеріальних та когнітивних ресурсів регіону, що призвело до видатних узагальнень світового рівня. Такими слід визнати концепцію природничо-суспільної ідентичності регіонального музеєзнавства В.Поля (1807-1872) та В. Дідушицького (1825-1899), основи глобальної субординації біогеографічної структури зоотаксонів Євразії проф. Б. І. Дибовського (1862-1929), теорію фітосоціології проф. Й. К. Пачоського (1864-1942), вчення соціально-етичної детермінації теорії еволюції проф. Й. Нусбаум-Гіляровича (1859 – 1917), теорію і практику охорони природи Я. Г. Павліковського (1860-1939), як і вихід на фундаментальні засади геосоціосистемології та ґрунтознавства у новітні часи [6;8;10;12].

Перші наукової інтерпретації зв'язку «людина-природа» в академічному середовищі Львова виникли значно раніше, і пов'язані вони з діяльністю професора медицини і ботаніки Шимона Сіренського (1540-1611), уродженця м. Освенцим, який у 1578 році повернувся з Італії до Галичини і поселився у Львові. Понад 10 років він досліджував місцеву флору, а також проводив віддалені подорожі на теренах Передкарпаття, Бескидів та Поділля, Професор Сіренський (Сіреніус) ставив пріоритетом флору лікарських рослин, а також рослин парків та приміських теренів. Таким чином, ботанічна наука того часу тісно пов'язувалася з практичними потребами медицини та рослинництва, а крім того, враховувала особливості природних і антропогенних ландшафтів (геосистем).

Фундаментальна праця Ш. Сіреніуса під назвою «Гербарій» у кількох фоліантах про корисні рослини. Окрім описів видів рослин, в ньому містяться докладні матеріали про регіональну флору Галичини. У роботі є описи 765 видів рослин, методи їх використання в медицині, ремеслах та ветеринарії. Фоліант «Гербарій» Сіреніуса був надійним довідником для багатьох поколінь дослідників природи до початку XIX століття. Він разом з іншими манускриптами родової бібліотеки Дідушицьких у Потурицях під Сокалем, став першоджерелом природничих знань для юного В. Дідушицького [15]. Нерозривний зв'язок людини і природи був для В. Дідушицького незмінним лейтмотивом під час створення Природничого музею (період 1836 – 1845 рр.) та закладення першого у Європі лісівничо-

орнітологічного резервату «Пам'ятка Пеняцька» у 1886 р. Цілісний підхід до вивчення природничо-соціальних комунікацій сформувався під впливом його першого вчителя, географа і культуролога В. Поля, автора програми соціо-природничого регіонального розвитку 1847 року, яка дістала назву меморандуму В. Поля, де автор зосередився на необхідності створення установи, метою якої має стати збереження етнографічної та природної спадщини і регіональних натуралій, які були би зібрані на теренах Галичині [22].

Члени Галицького господарського товариства відкриваючи 9 січня 1856 року Рільничу школу в Дублянах, ще не уявляли, яка цікава та наповнена важливими справами історія закладається у скромних стінах тодішнього осередку практичного землеробства. Продовж 20 років визрівав неординарний аграрно-економічного заклад, поки 1876 року був отриманий статус Вищої рільничої школи [14]. Значний вплив на розвиток Дублянської школи рільництва чинила співпраця з Кабінетом натуральної історії Львівського університету, перша згадка про якого припадає на 1805 рік. Значне місце у Кабінеті займав розділ саме рільничих музеалій під назвою *Museum agriculturae*. Після 1848 року колекція аграрних артефактів перейшла до Дублянської вищої Школи. Пізніше, у 1910 р. до природознавчої плеяди долучився Природничо-етнографічний музей НТШ.

Видатний зоолог професор Б.Дибовський увійшов до складу галицької наукової спільноти у 1884 р.. Професор гармонійно інтегрувався в товариство, яке складали вчені, часом з контрверсійними світоглядами. Учень Б. Дибовського, професор Й. Нусбаум-Гілярівич намагався створити зв'язок між біологією та філософією. Про це свідчить серія дисертацій його учнів та статей, де широко обговорюються різні питання у галузі природничої філософії. Він стверджував, що факти, які надходять у нашу свідомість через мислення та ідеї, а також і зміст навколишнього середовища, є доступними для нас через теоретично сформульовані ідеали. Саме через таку парадигму професор Нусбаум-Гілярівич впроваджував етичну цінність пізнання природи. Найвищий рівень мислення, писав він - це Біблія природи, її великі та вічні закони, які піднімають і підносять нас, і наші особисті інтереси залежно від публічних інтересів, як і від самої біологічної одиниці [19].

Полярні на перший погляд методологічні підходи натуралістів Дідушицького та Дибовського до формування колекцій та експозицій організмів неодмінно представляють структурну спорідненість рівнів локальної та глобальної організації живого. Зрозуміти таку єдність через пізнання усюдисущої еволюції було найважливішим завданням. Про міцний творчий зв'язок між негамовним реформатором професором Б. Дибовським та традиціоналістом і шляхтичем В.Дідушицьким свідчить дуже виразна подія, коли Львівський університет у 1894 році, за поданням проф. Б. Дибовського, присудив В. Дідушицькому ступінь почесного доктора (*honoris causa*).

Вчений провадив сам і закликав інших до здорового способу життя, до дотримання етичних правил, в тому числі й до етичного ставлення до природи. Світоглядні ідеали Б. Дибовського можна трактувати як утопічні, особливо для сучасної технократичної цивілізації [16]. Але у гносеологічному плані погляди професора багато в чому збігаються з поглядами сучасного руху зелених. Дибовський мав рацію, закликаючи до обмежень людської поведінки відповідно до незмінних законів природи. У наш час те ж саме, але вже за допомогою математичного моделювання, підтвердив у своїх постулатах про коеволюцію також і академік Н. М. Моїсєєв (1917-2000) [8].

Не без впливу Б. Дибовського почалася історія народження в Дублянах нової науки – фітосоціології, авторства новопризначеного професора Й. Пачоського. Першу версію нової концепції він опублікував у 1896 році [20]. Лише у 1925 році фітосоціологія була

представлена ним як специфічна (геосистемна) ботанічна наука [9]. Американський дослідник історії екології в СРСР Д. Вайнер вказує, що ідея Й. Пачоського екстраполювати висновки, отримані під час вивчення рослинних угруповань, до порівнянь з людським суспільством був сприйнятий офіційною наукою Радянській Росії як небезпечна політична ересь [3]. Таке ставлення до біосоціальних концепцій зберігалось до новітніх часів, хоча добре відомо, що теорія еволюції була розвинута Ч. Дарвином на підставі проєкції теорій економіста Мальтуса соціальної боротьби за існування на теорію походження видів у царстві природи. Антропоцентричний підхід до номенклатури ґрунтів ми простежуємо й в працях професора Г.О. Андрущенка.

Засадничі доробки ґрунтознавців, які працювали в Дублянах, докладно висвітлені у багатьох публікаціях [5]. Кафедра агрохімії в Дублянах була створена у 1919 році у складі рільничо-лісового факультету Львівської політехніки. Засновником і завідувачем підрозділу до 1923 р. став професор Мар'ян Гурський (1886-1961). Згодом новостворену Лабораторію ґрунтознавства у 1936–39 рр. очолював Б. Добжанський (1909-1987), автор підручника “Удобрення гірських лук-полонин”. Дублянські ґрунтознавці у 1899 р. долучилися до створення гірської Дослідної станції на полонині Пожижевській на висоті 1375 метрів над р.м. [24]. Від 1923 р. завідувачем станції став директор Львівської ботанічно-рільничої станції, ґрунтознавець від Інституту сільського господарства в Пулавах В. Сведерський (1885?-1947), а його помічником – майбутній професор ботаніки Т. Вільчинський (1888 – 1981), який з 1913 по 1919 рр. був асистентом хіміко-рільничої станції в Дублянах.

У міжвоєнні роки станція на полонині Пожижевській проводила активну дослідницьку діяльність, тут працювали науковці Державної ботаніко-рільничої дослідної станції у Львові, Державного НДІ сільського господарства в Пулавах, Природничого музею ім. Дідушицьких у Львові, Польської академії наук, а також Львівського університету, Ягеллонського у Кракові та інших університетів. Інтерпретації отриманих даних поширювалися на інші гірські ландшафти Карпат. Пріоритетним завданням була оцінка стану ґрунтів на основі новітніх на той час агрохімічних та агрофізичних методів [23].

За геосистемною парадигмою, ґрунт, як біокосне тіло (за Вернадським), є найповнішим сховищем інформації про історію ноосфери, біосфери, ґрунтового покриву, ландшафту, оселища – тобто структурних рівнів геосистем [7;13]. Існує навіть поняття «ґрунт-пам'ять». Засади історико-генетичного підходу до ґрунтів заклав ще В.В.Докучаєв за часів праці у Ново-Олександрівську (Пулави). Ця традиція була успадкована також професорами Вищої рільничої школи у Дублянах, не тільки ґрунтознавцями, а й економістами державного рівня, яким був професор Я. Г. Павліковський, засновник теорії і стратегії охорони природи на національному рівні [21]. Згодом такий напрям під назвою «созологія» був впроваджений у працях одного з учнів Я. Г. Павліковського, ректора Краківської Гірничо-Металургійної Академії В. Гьотля [17]. В. Гьотль розвинув ідею природничо-соціальної оцінки стану ландшафтів, яку сформулював паразитолог і редактор часопису «Kosmos», академік Польської АН проф. В. Михайлов [18].

По закінченню II Світової війни, від 1946 року, коли був відновлений у Дублянах вищий навчальний заклад – Львівський сільськогосподарський інститут, кафедру агрохімії очолив доцент М. Б. Гіліс. На кафедру прийшли працювати доцент Г. О. Андрущенко, асистент, а з 1952 року доцент І. М. Гоголев та ін. Слід зауважити, що Г. О. Андрущенко належав до наукової ґрунтознавчої школи академіка О. Н. Соколовського (1884-1959), відомого автора оригінальної системи індексації генетичних горизонтів, дослідника колоїдних властивостей засоленних ґрунтів. Дотримуючись геосистемного підходу до

вивчення ґрунтового покриву, як цілісної системи, особливо під час картування земельних об'єктів, він розробив специфічну методичку номенклатурних списків ґрунтів для геосистем різного рівня ландшафтної організації – від фації (оселища) до біогеоценозу та біогеоценотичного покриву.

Про природничо-соціальну парадигму ґрунтознавця Г.О.Андрущенка свідчить навіть назва його кандидатської дисертації, захищеної у 1946 році: «До питання зміни фізико-механічних властивостей засолених ґрунтів в гідротехнічних спорудах під впливом навантаження і фільтрації». Продовж 1957–1961 років професор Г.О.Андрущенко очолював експедицію при Кафедрі агрохімії та ґрунтознавства Львівського с.-г. інституту. За складеною ним методикою [1] була створена (у співавторстві) ґрунтова карта західних областей УРСР в масштабі 1:7 500 000.

У 1973 році Григорій Андрущенко захистив докторську дисертацію на тему: «Питання генезису, закономірності їх поширення та підвищення родючості ґрунтів в західних областях УРСР». Поняття «генезис» та «підвищення родючості» яскраво свідчили про геосистемні позиції вченого. Чиновники від науки, як і за часів Й. Пачоського, продовжили ганебну боротьбу з нетривіальними науковими поглядами. Все ж підсумком багаторічної наполегливої праці стала монографія Г. О. Андрущенка «Ґрунти західних областей УРСР» у 2-х частинах, яка й дотепер є актуальною для ґрунтознавців-практиків [2].

### **Висновки.**

Традиція геосистемного підходу до вивчення ґрунтових процесів та цілісної оцінки сільськогосподарських земель міцно закріпилася у діяльності дублянської ґрунтознавчої школи, у якій зародилися та розвиваються креативні ідеї сучасного ґрунтознавства [4]. Геосистемна парадигма обіймає кілька концептуальних напрямів розширення методичних можливостей валоризації ґрунтових об'єктів. Серед них найпомітнішими є:

- *концепція гносеологічної комунікації та біосферного мислення*, – за якою геосистемна методологія поширюється на ґрунтове середовище, а сам ґрунт набуває статусу спадщини;

- *концепція мережевого геосистемного музею*, – яка відбиває його комунікативні можливості і дозволяє реалізувати свою місію поза традиційними стінами. Сама місія за умов системної емерджентності може суттєво змінитись як у науковому, так і публічному сенсі;

- *концепція геоекомузею* – передбачає мережу територіально та адміністративно розподілених об'єктів, які через історично існуюче зібрання об'єктів репрезентує різноманіття природної і культурної спадщини регіону та його мешканців. Унікальність регіону полягає у взаємодії природних умов і діяльності людини, в історичному та сучасному аспектах. Геосистемний екомузей є закладом, який координує, досліджує і глибоко вкорінюється у традиції та спадщину традиційної музеології. Саме на перетині новітніх і традиційних течій визначальна роль належить геосистемній парадигмі;

- *концепція хронотопу* – полягає у впровадженні інноваційної інтерактивної (діалогової) комунікації. Ґрунтовий покрив за такою концепцією розглядається як гетерогенне сполучення різновекторних, різнорівневих та різноякісних явищ – від індивідуального включення у соціологічний простір до різнорівневого охоплення емпіричних дисциплін природознавства та природокористування.



Природні екосистеми найбільш повно виконують комунікативну функцію порівняно з іншими структурними елементами геосистем. Будь-який інший об'єкт в поєднанні з природними оселищами набуває додаткову цінність у підприємницькій і соціальній сферах.

Менеджерський тип геосистеми дозволяє досягти консенсусу навіть за розбіжності інтересів землевласників, землекористувачів і місцевої громади. Подібність природних умов, схожі або спільні риси етногенезу, спільне історичне минуле і подібні ідеали майбутнього дозволяють виробити загальну ефективну стратегію суспільних відносин, зокрема, в сфері транскордонного співробітництва землекористування та природоохоронних установ України із суміжними країнами.

Цивілізаційний зміст геосистемної парадигми Львівсько-Дублянської ґрунтознавчої школи, інтегровану до системної комунікації академічної спільноти, розкривають слова широкоглядного Яна Павліковського з Дублян: «Культура вийшла з природи і довго несла на собі її ознаки; згодом обернулася проти неї. А коли під новомодним гаслом «охорони» знову намагатиметься з нею примиритись, то під впливом цього натиску відновлена природа вже не буде тою, якою була здавна: вона буде неодмінно нести у собі особливості творинь культури...гасло повернення до природи – це не гасло зречення культури – то гасло боротьби культури справжньої проти псевдокультури, то гасло боротьби за найвищі культурологічні чесноти» [21, с.100].

Хвиля бурхливого економічного розвитку, яка докотилася до галицького регіону на межі ХІХ-ХХ ст., спричинила не менш бурхливу активність наукової та інноваційної думки, яка проявилася через появу визнаних світом наукових шкіл у галузях технологій (бальнеологія, хімія, нафта, агро- та лісопродукція), медицини, математики та природокористування.

### *Бібліографічний список*

1. Андрущенко Г. О. Номенклатурний список ґрунтів Карпатських гір і прилеглих територій. Методика крупномасштабного дослідження ґрунтів колгоспів і радгоспів Української РСР. Харків: Держсільгоспвидав УРСР, 1958. С. 188-225.
2. Андрущенко Г. О. Ґрунти Західних областей УРСР / Г. О. Андрущенко. – Львів; Дубляни, – Ч. 1. – 295 с.; – Ч. 2. 1970. 114 с.
3. Д. Вайнер (Уинер). Экология в Советской России. Архипелаг свободы: заповедники и охрана природы. М.: Прогресс, 1991. 400 с.
4. Гнатів П. Генетична типологія ґрунтів східних карпат у зв'язку з антропогенними процесами // ORCID ID: 0000-0003-2519. Агрохімія і ґрунтознавство. Львівський нац. аграрн. ун-т. 2019.- С. 244 – 248. <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.244>.
5. Гнатів П., Снітинський В. Ґрунтознавство й агрохімія у Львівському національному аграрному університеті крізь призму століть // Вісник ЛНАУ: Агрономія, №23. 2019. - С.177-183.
6. Голубець М. А. Вступ до геосоціосистемології.- Львів: вид-во Поллі. 2005.- 199 с.
7. Голубець М. А., Гнатів П. С. Фундаментально про екологію, середовищезнавство, охорону природи, охорону довкілля та геосоціосистемологію // Екологія та ноосферологія, 2007. т.18, № 1–2, - С. 7-15
8. Моисеев Н. Н. Быть или не быть... человечеству? М.: ЗАО «КРНТР», 1999. 288 с.

9. Пачоский И. К. Основы фитосоциологии. Курс, читанный на агрономическом факультете Херсонского политехнического института в 1919-1920 г. – Херсон: Изд. студ. комит. с-х. техникума, 1921. – 346 с.
10. Позняк С., Баранник А. Історія дослідження гірсько-лучно-буроземних ґрунтів Українських Карпат//Історія української географії. Всеукраїн. наук.-теорет. часопис. Тернопіль: Вип. 29, 30. 2014. С. 91-97.
11. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука.1978. 320 с.
12. Чернобай Ю. М. До історії методології цілісності та парадигми природничо-соціальної коеволюції // Львів: Наук. зап. ДПМ, вип. 35. 2019. С. 3-14.
13. Ямелинець Т. С. Історичні етапи формалізації ґрунтових даних і трансформація ґрунтової карти як інформаційної моделі даних про ґрунт.//Наук.записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. №1(48). 2020. С.32–42.
14. Au J. Historia i organizacja Krajowej Wyższej Szkoły Rolniczej w Dublanach //„Roczniki Krajowej Wyższej Szkoły Rolniczej w Dublanach” . z. 1, 1888. S. 1–96;
15. Brzęk G. Muzeum im. Dzieduszyckich we Lwowie i jego Twórca. – Lublin: Wyd-wo Lubelskie Nowe, 1994. 200 s.
16. Dybowski B. O światopoglądach starożytnych i naukowym, - Warszawa: Gebethner i Wolf. 1916. - Цит. по: L.Kuznicki Ewolucjonizm w Polsce 1883–1959, - Kosmos, 2009, T.58, - № 3 – 4.- S. 297–313.
17. Goetel W. Sozologia – nauka o ochronie przyrody i jej zasobów. Kraków: Kosmos, vol. 15, pt. 5, 1966. P. 473-482.
18. Michajłow W. Uwagi na temat nauki o ochronie przyrody jej podstaw teoretycznych i założeń metodologicznych, in: Kosmos, vol. VII, pt. 5, 1958. S. 533-536.
19. Nusbaum-Hilarowicz J. Idea ewolucji w biologii: przeszłość, stan obecny i wpływ na rozwój wiedzy ludzkiej, – Warszawa: Drukarnia Ludowa (Lwów: H. Altenberg), 1910. – 555 s.
20. Paczoski J. Życie gromadnę roślin // Wszechswiat. 1896. t. 15., № 26. S. 401-404; № 27. S. 420-423; № 28. S. 443-446.
21. Pawlikowski J. G. Kultura a natura. Łódź: "Obywatel", 2010. 140 s.
- 22) Pol W. Muzeum natury we Lwowie. – Lwów:„Biblioteka Nauk. Zakł. im. Ossolińskich”, – T. 1: № 4, s. 333-371; № 5, 1847. S. 445-499.
- 23) Swederski W., Szafran B. Dalsze badania nad podniesieniem wydajności połonin wschodnio-karpackich. Ibid.,; 16 (2):1936.180-237.
- 24) Szulc K . Spostrzezenia meteorologiczne na Potoninie Pozyzewskiej w pasmie Czarnohorskiem w Karpatach wschodnich w roku 1911’, Kosmos, v. 37, 1912. P. 483-490.



## ОЦІНКА ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СТЕПОВИХ ГРУНТІВ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ WIND EROSION EQUATION

*С. Г. Чорний, доктор сільськогосподарських наук,  
О. В. Письменний, кандидат сільськогосподарських наук  
Миколаївський національний аграрний університет*

Вітрова ерозія (дефляція) є одним з основних процесів, які знижують родючість ґрунтів в Степу України. Найбільш небезпечним для родючості ґрунтів є екстремальний прояв вітрової ерозії - пилові (або "чорні") бурі, коли дефляція охоплює площі в сотні квадратних кілометрів. На території України пилові бурі почали фіксувати з початку 19 століття, коли шляхом поступового переведення пасовищ під рілля почали освоювати степові землі.

Зараз, коли розораність території досягла свого максимального рівня, локальний прояв вітрової ерозії відбувається в українському Степу майже щороку, а регіональні та трансконтинентальні пилові бурі спостерігаються кожні 10-15 років. Площа сільськогосподарських угідь в Україні, вразливих до дефляції, оцінюється приблизно у 20 млн га, в тому числі степових земель - 16-18 млн. га (Чорний та ін., 2008). У 20 столітті було кілька трансконтинентальних пилових бур, які охопили євразійські степи від Алтаю до Карпат - у 1928, 1960, 1968, 1969, 1972, 1974 та 1984 роках. У 21 столітті найбільш катастрофічна пилова буря сталася 23 і 24 березня 2007 року, охопивши значну частину Одеської області, всю Миколаївську, Херсонську, Запорізьку області, північ Криму, південні райони Кіровоградської та Дніпропетровської областей, а також західні райони Донецької області. Загальна площа цієї пилової бурі склала близько 125 тис. км<sup>2</sup>, що складає близько 20% території України або 50% всієї степової зони. За нашими оцінками за три дні, втрати ґрунту складали від 50 до 400 т/га, що на кілька порядків вище річних допустимих норм. (Чорний та ін., 2008).

Ефективна розробка протидефляційних заходів можлива лише на об'єктивній кількісній основі. Зокрема, необхідно створити нову, або адаптувати вже розроблену математичну модель оцінки величини дефляції, яка дозволяє кількісно оцінити потенційні втрати ґрунту. Ці значення необхідно порівнювати з допустимою нормою, і таке порівняння допоможе створити науково обґрунтовану систему охорони ґрунтів для конкретної території, яка має включати лісомеліоративні та агротехнічні, а також правові заходи.

Враховуючи, що створення власної української технології кількісної оцінки вітрової ерозії пов'язане зі значними витратами, на нашу думку, в нинішній складній ситуації з фінансовими та інтелектуальними ресурсами слід адаптувати чинні напрацювання західних вчених до умов українського степу. У цьому плані є дуже позитивний досвід вчених з Австрії, Угорщини, Канади та Чехії (Klik, 2004; Huang at al., 2017; Mezos at al., 2013; Huang at al. 2017; Kozlovsky, Dufková at al., 2019), які адаптують до своїх природних і антропогенних умов рівняння вітрової ерозії (Wind Erosion Equation, Wind Equation - WEQ). Ця модель була створена в США в 50-90-х роках 20 століття, переважно для умов степових штатів Середнього Заходу (Woodruff, Siddoway, 1965; Skidmore Woodruff, 1968; National Agronomy Manual, 2002). Модифікована версія (RWEQ) використовувалася в США ще на початку нового тисячоліття, поки не була замінена новою технологією WEPS (система прогнозування вітрової ерозії) (Wagner, 2013).

Таблиця. Протидефляційна стійкість ґрунтів Степу України

№ №	Координати місця відбору зразків		Ґрунти та грунтоподібні субстрати	Ґранулометрич ний склад	Використання ґрунтів	Вміст агрегатів, %		I, т/га за рік	WEG
	Широта (N)	Довгота (E)				< 1 мм	< 0.84 мм		
1	47°51.050	31°34.467	Чорнозем звичайний	Легко глинистий	Рілля	68,8	72,0	22,5	7
2	47°53.429	31°33.819	Чорнозем звичайний	Легко глинистий	Рілля	56,5	59,2	42,2	7
3	47°51.050	31°34.467	Чорнозем звичайний	Легко глинистий	Переліг	83,2	87,1	10,7	7
4	47° 53.431	31° 33.000	Чорнозем звичайний	Легко глинистий	Переліг	78,1	81,8	13,9	7
5	46°50.766	32°13.183	Темно- каштановий	Важко суглинковий	Рілля	69,4	72,7	21,8	7
6	46°58.702	32°10.118	Чорнозем південний	Важко суглинковий	Рілля	62,4	65,3	31,2	7
7	46° 53.966	31°40.877	Чорнозем південний	Важко суглинковий	Переліг	80,2	84,0	12,5	7
8	46°56.441	31°40.348	Чорнозем південний	Важко суглинковий	Рілля	76,5	80,1	15,1	7
9	46° 53.821	31°39.905	Чорнозем південний	Важко суглинковий	Рілля	57,4	60,1	40,3	7
10	46°31.606	32°58.026	Піщаний субстрат	Піщаний	Переліг, ліс	1,4	1,5	713,6	1
11	46°31.571	32°57.220	Піщаний субстрат	Супіщаний	Переліг	32,8	34,3	142,5	5
12	46° 31,453	32°56.928	Піщаний ґрунт	Супіщаний	Зрошувана рілля	54,7	57,3	46,3	7
13	46° 24.817	33°02.355	Темно- каштановий	Супіщаний	Рілля	76,7	80,3	15,0	7
14	46° 23.774	33°06.191	Темно- каштановий	Легко суглинковий	Рілля	80,6	84,4	12,3	7
15	46° 41.189	31°52.421	Темно- каштановий	Середньо суглинковий	Рілля	54,9	57,5	45,9	7

WEQ була розроблена з метою прогнозування довгострокових середньорічних втрат ґрунту з поверхні конкретного агроландшафту, який має певні рослинні та ґрунтові характеристики, специфічні умови рельєфу, конкретний внутрішньорічний розподіл дефляційних вітрів, заздалегідь визначені агротехнічні заходи вирощування сільськогосподарських культур тощо.

До кінця 80-х років XX століття рівняння WEQ набуло більш-менш завершеного вигляду і дозволило розраховувати втрати ґрунту (E, т/га за рік) за формулою (National ..., 2002):

$$E=I \cdot K \cdot C \cdot L \cdot V, \quad (1)$$

де I - показник схильності ґрунтів до дефляції (протидефляційна стійкість ґрунтів); C - кліматичний параметр вітрової ерозії; K - показник шорсткості поверхні ґрунту; L - величина

"незахищеної відстані" (National ..., 2002); V - показник ґрунтозахисної ефективності рослинного покриву.

I-індекс (або I-фактор) - показник схильності ґрунтів до дефляції, визначається як величина умовних середньорічних дефляційних втрат ґрунту в тоннах на гектар за умови, що ця ділянка є (National ..., 2002):

- ізольована від зовнішніх дефляційних впливів, тобто відсутнє надходження засолення ґрунтових частинок ззовні;
- абсолютно рівною, тобто на ділянці відсутні пагорби, борозни, гряди або окремі незв'язані між собою агрегати;
- на території, де значення C-параметру (кліматичного параметру) дорівнює 100;
- за відсутності перешкод, що стримують вітер (балки, лісосмуги тощо);
- без рослинності;
- без наявної ґрунтової кірки.

В рамках верифікації рівняння (1) в США було класифіковано весь перелік ґрунтів степових та напівпустельних ґрунтів США та визначено I-фактор для кожної групи ґрунтів за групами вітрової еродованості (WEG). Для того, щоб довести значення I-фактора до широкого кола споживачів, визначення WEG були включені до бази даних ґрунтів США в Національній інформаційній системі ґрунтів. Слід зазначити, що класифікація ґрунтів ґрунтується на параметрах макроструктури, вмісту органічного вуглецю та карбонатів з урахуванням мінералогічному складі поверхневого шару ґрунту. Було визначено вісім класів ґрунтів за їх протидефляційною стійкістю (1, 2, 3, 4, 4L, 5, 6, 7 і 8) з найнижчим I-фактором 0 і найвищим I-фактором 766 тонн на гектар на рік (або 310 тонн на акр на рік). Поточна версія WEG опублікована в Національному керівництві з обстеження ґрунтів (National ..., 2019).

Згідно з методологією ідеолога WEQ В. Чепіла (1958), значення I-параметру тісно пов'язане з вмістом в поверхневому шарі ґрунту агрегатів діаметром понад 0,84 міліметра (0,033 дюйма). Окрім табличного визначення параметра I-існує визначення цього параметру (I-фактора з (1)) отримують за формулою (National ..., 2002):

$$I=766,78 \cdot \exp(-0,049 \cdot g), \quad (2)$$

де g – вміст фракцій розміром більше 0,84 мм (%).

Очевидно, що цей параметр є американським аналогом показника "грудкуватості", який широко використовується дослідженнях дефляції в Україні (вміст фракції більш ніж 1 мм). Слід також зазначити, що показник вмісту фракцій понад 0,84 міліметра часто використовується як самостійний індикатор протидефляційної стійкості. Наприклад, на основі цього показника була розроблена оцінка просторової небезпеки процесів вітрової ерозії в Західній Європі (Borrelli at al., 2014).

На сьогоднішній день у степовій зоні України накопичена значна база даних «грудкуватості» ґрунтів (Чорний та ін., 2008; Chornyy, Pismenny, 2014; Чорний, Волошенко, 2017), і перерахунок цього показника, тобто вмісту агрегатів більше 1 мм у вміст у ґрунті фракції більше 0,84 мм, є суто технічним питанням. Узагальнення частини цих даних по степових ґрунтах України показало (таблиця), що більшість не карбонатних ґрунтів суглинкового та глинистого гранулометричного складу потрапляють до групи WEG під номером 7 (Noncalcareous silt; noncalcareous silty clay, noncalcareous silty clay loam, and noncalcareous clay that have sesquic, parasquic, ferritic, ferruginous, or kaolinitic mineralogy (high content of iron oxide) and are Oxisols or Ultisols; and fibric soil materials) (National ...,

2019). Для цієї групи WEG середній I-фактор становить 94 т/га на рік. Два зразки (10 та 11 в таблиці), які були відібрані в районі Олешківських пісків (лівобережна частина Херсонської області), згідно з (National ... , 2019), віднесено до групи 1 («Very fine sand, fine sand, sand, or coarse sand», I=310 т/га на рік) та 5 («Noncalcareous loam that has less than 20 percent clay, noncalcareous silt loam with greater than or equal to 5 to less than 20 percent clay, noncalcareous sandy clay loam, noncalcareous sandy clay, and hemic soil materials», I = 766 т/га на рік).

### **Висновки.**

Проектування протиерозійних заходів можливе лише на об'єктивній кількісній основі, а тому для умов степової зони України рекомендується використовувати американську технологію WEQ, яка була розроблена з метою прогнозування довгострокових середньорічних втрат ґрунту з урахуванням параметрів ґрунту, умов шорсткості поверхні, внутрішньорічного розподілу дефляційно небезпечних вітрів та сільськогосподарської техніки, вирощування сільськогосподарських культур тощо.

Узагальнення даних щодо протидефляційної стійкості ґрунтів регіону показало, що більшість ґрунтів суглинкового та глинистого гранулометричного складу відносяться до групи WEG 7 (I-фактор становить 94 т/га на рік). Лише деякі піщані ґрунти району Олешківських пісків можуть бути віднесені до групи 1 (I = 310 т/га на рік) та групи 5 (I = 766 т/га на рік).

### ***Бібліографічний список***

1. Borrelli, P., Ballabio, C., Panagos, P. et al. Wind erosion susceptibility of European soils. *Geoderma*, 2014, 471-478. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.06.008>
2. Chepil W.S. Soil conditions that influence wind erosion. *USDA Tech. Bul.*, 1958, 1185.
3. Chorny S.G., Pismenny O.V. Wind erosion resistance of steppe soils of Ukraine// *Agricultural Science and Practice*. 2014. №3. Pp. 43-49.
4. Huang Q., Nasem B., Lobb D. et al. (Uncertainty and Sensitivity Analyses of the Modified Wind Erosion Equation for Application in Canada. 2017. 28 (7): 2298-2307. doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.2760>
5. Klik A. Wind erosion assessment in Austria using wind erosion equation and GIS. *OCDE, agricultural impacts on soil erosion and soil biodiversity: developing indicators for policy analysis*. 2004. 16:1-12.
6. Kozlovsky Dufková J., Mašíček T., Lackóová L. Using of Wind Erosion Equation in GIS. *Polish academy of sciences*. 2019. II/1:39-51. doi.org/10.14597/INFRAECO.2019.2.1.004
7. Mezosi G., Blanka V., Bata T. et al. Estimation of regional differences in wind erosion sensitivity in Hungary. *Hazards Earth Syst. Sci.*, 2015. 15:97-107. doi:10.5194/nhess-15-97-2015.
8. *National Agronomy Manual. Part 502. Wind Erosion. NRCS. USDA. 2002.*
9. *National Soil Survey Handbook. NRCS. USDA [Electronic resource]. Access mode: [https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2\\_054242](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054242). Last accessed: 21.11.2022.* Title from the screen.
10. Skidmore E.L., Woodruff N.P. Wind erosion forces in the United States and their use in predicting soil loss. *Agricultural Research Service. Agriculture Handbook*. 1968. USDA: 346.
11. Wagner L.E. A history of Wind Erosion Prediction Models in the United States *Department of Agriculture: The Wind Erosion Prediction System (WEPS). Aeolian Research*. 2013. 10:9-24.

12. Woodruff N.P., Siddoway F.H. A winds erosion equation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21965. 9(5): 602-608.

13. Чорний С.Г. Пилова буря 23-24 березня 2007 року на Півдні України: поширення, метеорологічні та ґрунтові чинники, втрати ґрунту. Вісник аграрної науки. 2008. № 9. С.46-51.

14. Чорний С.Г., Волошенюк А.В. Оцінка протидефляційної ефективності технології No-till в умовах Південного Степу України. Ґрунтознавство. 2017. Вип. 17. № 3-4. С. 50-63.

15. Чорний С.Г., Хотиненко О.М., Письмений О.В., Чорна Т.М. Вітростійкість ґрунтів у степових агроландшафтах України залежно від їх властивостей та погодних умов зимового періоду. Вісник аграрної науки Причорномор'я, 2008. Вип. 4(47). С. 150-160.



УДК: 631.615: 631.5

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОСУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ШАЦЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

*М. Й. Шевчук доктор с. г. наук, Волинський національний університет  
імені Лесі Українки*

*Стан проблеми.* Із загальної території Шацької територіальної громади 75,1 тис. га, осушені землі становлять 41,6 тис. га, з яких 12,5 тис. га - торфові: Копаївська система (3684 га, побудована в 1960-1966 рр., реконструйована у 1976-1989 рр., басейн р. З. Буг); осушувально-зволожуюча Верхньо-Прип'ятська система (26221 га, побудована в 1977-1988 рр., басейн р. Прип'ять) які, за виключенням закладених ягідників (біля 500 га) потребують реконструкції. (4, 10).

Ґрунтовий покрив осушувально-зволожуючої Верхньо-Прип'ятської системи представлений: дерново-підзолистими, дерновими та болотними відмінами в пониженій частині заплави р. Прип'ять.

*Дерново-підзолисті ґрунти* і їх відміни сформувалися на підвищених елементах рельєфу за умови глибокого залягання ґрунтових вод. Верхній їх горизонт (до 25 см) сформований із сірого мало забарвленого гумусом, розсипчастим піщаним або звязано-піщаним гумусовим горизонтом (HE). Під ним до 45-50 см залягає слабкоілювіальний горизонт (Pi), жовтий або жовтувато бурий пісок, у верхній частині якого присутні білясті, а у нижній - іржаво-бурі плями. Материнська порода - ясно-сірий або ясно-жовтий пісок. Глеюваті відміни залягають на більш вирівняних і знижених елементах рельєфу із високим рівнем залягання ґрунтових вод. У гранулометричному складі фракція піску становить 84-92 % і більше з низьким вмістом гумусу, фосфору і калію. рН ґрунтового розчину - нейтральна.

*Болотні ґрунти* охоплюють основну площу осушувальної системи і присутні на заплаві р. Прип'ять і представлені болотними, торфувато-болотними, торфово-болотними відмінами. Їх ґрунтовий профіль складається із торфовистого (до 30 см) горизонту, оглеєної мінеральної породи (Pgl), яка на межі з торфовистим горизонтом слабкогумусована із ґрунтоутворювальною породою супіщаного, піщаного й легкосуглинкового гранулометричного складу. Зольність торфу - 27-60 %, ступінь розкладу - 25-35 %, рН 3,4-6,0.

*Торфово-болотні ґрунти* сформовані на низинних торфовищах потужністю 30-50 см, відзначаються високою зольністю, зумовленою близьким заляганням мінеральної породи, яка в контакт з торфом вступає в сучасний процес ґрунтоутворення і трансформується у горизонт (НРgl) з рН 5,5-6,8.

*Торфові ґрунти* сформовані на низинних торфовищах з шаром торфу більше 50 см і присутні у заплаві р. Прип'ять уздовж всієї осушувальної системи. Залежно від товщини торфу (30-40 см) представлені середньо розкладеним, бурого кольору, густо пронизаним корінням торфом зольністю від 6 до 45 %. Їх родючість залежить від розкладу органічної речовини, яка представлена високою органогенністю торфу та заляганням ґрунтових вод, які часто перезвожують орний шар.

*Дернові глибокі глейові ґрунти* (оглеєні піщані й глинисто-піщані, супіщані й суглинкові) сформувалися на злегка хвилястих елементах рельєфу в умовах періодичного зволоження. Характерною їх ознакою - глибина гумусового горизонту до 40 см із розсипчастим, безструктурним профілем. До 30-40 см залягає гумусовий горизонт (Н), сірого забарвлення піщаний або глинисто-піщаний, до 40-60 см - перехідний (Нр) ясно-сірого кольору. Материнська порода (Р) - оглеєні піщані, зв'язанопіщані відклади. Вміст гумусу у верхньому горизонті - 2,0-2,6 %, рН4,9-5,2 (4).

ґрунтовий покрив *Копайівської осушувальної системи* сформований дерново-підзолистими, болотними і антропогенними ґрунтами з поділом ґрунтового профілю на горизонти вмивання колоїдів та оксидів з кислотністю ґрунтового розчину рН 4,2-4,4. Верхній горизонт дерново-підзолистих ґрунтів слабо гумусований, бідний на поживні речовини. Дерново-слабко- і середньо підзолисті піщані й глинисто-піщані ґрунти поширені на північному сході системи. Дерново-підзолисті глеюваті супіщані та легкосуглинкові ґрунти переважають на південь і північний схід системи на підвищених формах рельєфу.

*Болотні ґрунти* представлені торфувато-болотними, торфово-болотними і торфовими ґрунтами які сформувалися в умовах надмірного зволоження і різняться потужністю торфу.

*Антропогенні ґрунти* системи (до 2 %) утворилися переважно після спрацювання торфовищ і представлені опідзоленими гумусованими оглеєними ґрунтами із вмістом органічної речовини не більше 5 %; антропогенними оторфованими лучними супіщаними легкосуглинковими, гумусованими оглеєними із вмістом органічної речовини 20-10 %; оторфованими оглеєними із вмістом органічної речовини 45-15 %. Основними ґрунто-творними процесами в них є розклад, гуміфікація, зменшення вмісту органічної речовини, алювіальні процеси, опідзолення (4).

Аналіз кліматичних і погодних умов, агрохімічна характеристика ґрунтового покриву осушених систем Шацької територіальної громади вказує на те, що їх використання можливе не тільки для вирощування ягідників (лохини високої і жимолості їстівної, аронії...), але й енергетичних культур: енергетичної лози, міскантусу та топінамбургу (6, 7, 9, 10).

*Енергетична лоза (Salix)* - деревяниста кущова рослина, не вибаглива до родючості ґрунтів, забезпечуючи збір маси впродовж 25 років. Посадку проводять живцями довжиною 20-25 см та 0,7-1,5 см товщиною, із 5 сплячими бруньками (вартість 0,3-0,5 грн.) у підготовлений ґрунт на глибину до 20 см, з виступом понад поверхнею ґрунту на 2-3 см, під кутом 90 °. Відстань між саджанцями - 0,45-0,48 м, з міжряддям - 0,75 м (20-25 тис./га в маточниках і 15 в промислових насадженнях).

Перший зріз на висоті 5-10 см проводять вручну або механізовано для отримання посадкового матеріалу у перший рік посадки, що сприяє кращому розростанню куща,



збільшенню пагонів і виходу маси та отримання додаткового прибутку від реалізації черенків.

Дотримання технології вирощування в перший рік посадки покращує приживання 85-90 % живців і висоти рослин в 1,5 м, розраховуючи на урожай в межах 70-80 м<sup>3</sup>/га сирової біомаси із щорічним приростом 20 т/га.

Товарні плантації забезпечують щонайменше 7 укосів кожні 2-4 роки, а якщо підтримуються в доброму стані - до дев'яти із щорічним приростом до 2 м у висоту.

Збирання біомаси проводять механізовано на висоті 5-10 см від поверхні ґрунту, подрібнюючи її на 1-3 см. Тонна маси вологістю 40 % містить 1 Гкал тепла, а вологістю 15 % - 2 Гкал (17-18 Мдж/кг). З 1 га щорічно отримують 30-40 тонн альтернативного палива у вигляді паливних палет, шротів.

На вирощування 1 га енергетичної верби протягом перших трьох років вегетації орієнтовні витрати становлять 17,1 тис. грн, що дає змогу отримати за цей період до 22 т сировини. На 5-й і кожні наступні 2-3 роки до 24 т/га сировини із собівартістю 105 грн/т. Окупність насаджень 6-7 років (2).

*Міскантус* - слонова трава (*Miscanthus A.*) - багаторічна злакова культура висотою до 3-4 м, діаметром стебла 2 см, містить 60-75 % клітковини, розмножується тільки вегетативно - частиною кореневищ, які висаджують на глибину 5-6 см з шириною міжрядь 1,0 м, в рядку 0,5 м (18,5 тис./га кореневищ), де він буде продукувати суху масу травостою впродовж 30 років (починаючи з четвертого року після посадки).

Росте на сухих, заболочених, високо мінералізованих ґрунтах і торфовищах, добре зимує, відростає при +10-12 °С, а закінчує вегетацію з настанням приморозків, продукуючи до 30 т сухої маси калорійністю 17 Гдж/т, яку скошують при вологості до 17 % впродовж січня-березня і використовують як в подрібненому виді: виготовляють паливні брикети, шрот, етанол. 1 т паливних гранул з міскантуса по вмісту енергії еквівалентна: 440 кг сирової нафти, 820 кг кам'яного вугілля, 515 м<sup>3</sup> природного газу, 1,2 т деревини або 420 кг дизельного палива. Для нарощування 1 кг сухої маси витрачається біля 250 л води (3).

Існуючі технології забезпечують вихід зеленої маси на рівні - 75,7 т/га; сухої біомаси - 27,67 т/га; теплової енергії 470,4 ГДж/га; з рівнем рентабельності - 157,2 %; собівартістю продукції - 320,2 грн/га і Кеє - 14,7. Вирощують міскантус на одному місці, як показує практика, до 20-ти і більше років. Середня урожайність при плантаційному вирощуванні 202,5 т/га сухої речовини (1, 3, 5).

За літературними даними, вартість вирощеної маси з гектара 2160 \$.

Проблемним у вирощуванні міскантуса є:

- перші три роки, протягом яких проводять боротьбу з бур'янами (гербіцидами), а в подальшому потреба в них відпадає;

- висока вартість посадкового матеріалу (в загальних витратах 65-70%). Інвестований капітал почне давати віддачу з 4-го року експлуатації.

В Україні започатковано промислове вирощування міскантуса в багатьох регіонах.

*Соняшник бульбистий, топінáмбур, земляна груша* (*Helianthus tuberosus*) - багаторічна (30-40 річна) не вибаглива до умов вирощування рослина висотою 2-3 м, підземна частина - бульби різної форми і забарвлення, величиною 10-150 і більше грам.

Посадку проводять у травні цілими і різаними бульбами на глибину 6-8 см, з міжряддям 60-70 см, у рядку - 35-40 см, 1,2-2,0 т/га. (50-60 тис./га). При дотриманні агротехніки вирощування урожай сягає 100-150 т зеленої маси та 30-50 т бульб з гектара.

Збирають надземну масу для переробки на етанол, а висушену на пні до 10-20 % для паливних палет, шроту. Вихід спирту (96 %) з 1 т зеленої маси 50,0-83,2 л, а з 1 т бульб - 70-132 л (відповідно 3-4 і 3-7 т/га), або в 1,5-3,7 рази більше цукрових буряків, картоплі, зерна, кукурудзи, пшениці, ячменю.

Собівартість виробництва пелет із сухого стебла топінамбура - 15-20 євро/т, з відходів деревини - 40-45 євро.

Найдешевший вид пелет отримують при переробці деревних решток – відповідно 1195 і 1172 грн/т, міскантусу - 1050 та 922 грн/т, енергетичної верби - 1152 та 1043 грн/т. Собівартість виготовлення пелет дає можливість вести їх високоефективне виробництво, враховуючи їх високу ціну - \$150 за тону (1, 8).

При загальних позитивних факторах на користь вирощування енергетичних культур необхідно враховувати, що осушені землі розпайовані, проте не завжди використовуються за призначенням і потребують реконструкції; не відомі джерела фінансування для проведення реконструкції: держава не фінансує приватний сектор в цьому питанні, а приватному капіталу (за виключенням ягідників) необхідна державна підтримка для вирощування енергетичних культур, переважна більшість яких окуповуються на 3-4 рік.

### ***Бібліографічний список***

1. Віршовка В. М., Опанасенко О. Г., Перець С. В. Енергетичні – однорічні та багаторічні трав'янисті культури на вилучених з інтенсивного обробітку осушуваних торфових ґрунтах. Збірник Землеробство ННЦ «Інститут землеробства НААН». Чабани : 2017. № 2(93). С. 28–34.

2. Енергетична верба: технологія вирощування та використання : моногр. / під заг. ред. В. М. Сінченка. Вінниця : ТОВ „Нілан-ЛТД“, 2015. 340 с.

3. Гументик М. Я. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у західному Лісостепу України. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія. Львів, 2013. № 17(1). С. 76–82.

4. Зузук Ф.В., Колошко Л.К., Карпюк З.К. Осушені землі Волинської області та їх охорона., Луцьк, ВНУ, 2012. -294 с.

5. Кургак В. Г, Віршовка В. М, Опанасенко О. Г. Технології вирощування багаторічних і однорічних енергетичних трав'янистих культур для виготовлення твердих видів палива (паспорт технологій). ННЦ «Інститут землеробства НААН». Чабани, 2018. -21 с.

6. Роїк М. В. та ін. Концепція розвитку біоенергетики в Україні до 2035 року. Біоенергетика.

7. Слюсар І. Т., Ткачов О. І., Опанасенко О. Г. Природоохоронне та ефективне використання осушуваних органогенних ґрунтів гумідної зони. ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ, 2014. -25 с.

8. Слюсар І. Т., Соляник О. П., Сербенюк В. О. та ін. Продуктивність трав'янистих енергетичних культур на осушуваних заплавних органогенних ґрунтах. Зб. наукових праць ННЦ „ІЗ НААН“. Вип. 4. Київ : ВП „Едельвейс“, 2017. С. 109-118.

9. Трускавецький Р. С. Торфові ґрунти і торфовища України. Харків : Міськдрук, 2010. 278 с.

10. <https://shsrada.gov.ua/kompleksnij-plan-teritorii-shackoi-selischnoi-teritorialnoi-gromadi-09-42-08-13-12-2021/>



## ЗНАЧЕННЯ НІТРАПІРИНУ У ПІДВИЩЕННІ ВІДДАЧІ АЗОТНИХ І ФОСФОРНО-КАЛІЙНИХ ДОБРИВ

*В. Г. Шестак, Б. І. Коцюба, здобувачі РВО «Доктор філософії»,*

*П. С. Гнатів, д.б.н., проф.*

*Львівський національний університет природокористування*

**Вступ.** Деградація ґрунтів України триває понад 30 років за значного зменшення внесення оптимальних мінеральних і органічних добрив та активізується в умовах несприятливої трансформації клімату [3, 5, 8]. Розрахунки свідчать, що разом із сумарним збором зерна з українських полів у 2019 р. вилучено 1 888 тис. тонн азоту, 275 тис. тонн фосфору, 386 тис. тонн калію. Водночас 1 295 тис. тонн азоту, 187 тис. тонн фосфору і 262 тис. тонн калію транспортовано за кордони України у складі експортного зерна цього ж року. Пшениця озима містила найбільше Р і К, які експортовані із зерном за кордон. 144 тис. тонн N і 26 тис. тонн К експортовані із зерном сої. 100 тис. тонн азоту, 18 тис. тонн фосфору і 23 тис. тонн калію вивезено за кордони України 2019 року із зерном ячменю озимого.

Не вивченим залишається питання стабілізації азоту в ґрунті інгібіторами нітрифікації при вирощуванні ячменю озимого та сої в зонах промивного і напівпромивного режиму зволоження. Високі норми азотного удобрення, зазвичай, або діють надто активно, провокуючи ріст рослин у висоту, або за дощової погоди спричиняють втрати нітратних форм із ґрунту. Зокрема, внесення нітрапірину у різних препаратних формах запобігає втраті ґрунтового азоту через вилуговування або змив нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ), або газоподібних викидів азоту ( $\text{N}_2$ ) та закису азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Уже 40 років нітрапірин використовують у США, як інгібітор уреазы з метою підвищення врожайності культур і зменшення впливу на довкілля азотних добрив, які використовують в сільському господарстві [6].

**Мета досліджень** – з'ясувати дію фосфорно-калійних добрив за різних норм внесення азоту та застосування інгібітора уреазы N-Lok<sup>TM</sup>, який стримує утворення нітратів, на агрохімічні показники ґрунту. Ґрунт – темно-сірий лісовий опідзолений легкосуглинковий слабогумусований. Використані традиційні методи польових досліджень та стандартизовані методики лабораторних аналізів. Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакетів Microsoft Excel, Statistica 10, а також за допомогою власної розробленої програми Dispersion.exe., розміщеної в Інтернеті (<https://github.com/dimbaida/variance-analysis>).

### **Результати та обговорення.**

Генетично темно-сірий опідзолений ґрунт має такі природні усереднені агрохімічні показники [4]: рН<sub>KCl</sub> – 5,7–5,9; гідролітична кислотність і сума ввібраних основ становили, відповідно, 2,80–2,40 і 22,0–22,7 ммоль/100 г ґрунту, вміст гумусу – 2,18–2,38%, легкогідролізних сполук мінерального азоту – 71–91, рухомих сполук фосфору – 94–105 та обмінних сполук калію – 84–96 мг/кг ґрунту.

В районі Пасмового Побужжя, де знаходиться дослідне поле ЛНУП, внесення фосфорно-калійних туків у нормі  $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  перед сівбою озимого ячменю 2019 р. зумовлювало підвищення ресурсу рухомого фосфору на початку вегетації 2020 р. на 73% (від 112 мг/кг на неудобреному варіанті 1 до 154 мг/кг ґрунту на удобреному фоні). Такий рівень вмісту рухомого фосфору – 151–154 мг/кг ґрунту підтримувався на всіх 14 фонових варіантах, де змінювалася лише система азотного удобрення. Тільки на варіантах 8 і 9, де внесли під

ячмінь озимий по 120 кг/га азоту без фосфорно-калійного фону, ресурс фосфатів на весну залишався на рівні контролю без добрив.

Особливо велике зниження вмісту рухомих фосфатів виявлено за внесення 120 кг/га д.р. азоту без внесення фосфорно-калійних добрив (вар. 8 і 9). 2020 р. воно становило по 4 мг/кг ґрунту в орному і підорному пластах, 2021 р. – 3 мг/кг ґрунту в підорному шарі, порівняно з природним вмістом на неудобреному першому варіанті. Порівняно з удобреним третім варіантом, де внесли  $P_{60}K_{60}$  та  $N_{23}$ , зменшення становило 38–40 в орному та 34–36 мг/кг ґрунту в підорному пласті.

Отже, ресурси ґрунтового фосфору, який вагомо збільшується при внесенні  $P_{60}$  під осінню оранку, виснажуються до збирання врожаю тим більше, чим більше внесено під ячмінь озимий азотних добрив – 23, 60, 90 чи 120 кг/га д.р.

Застосування мінеральних добрив в нормі  $N_{30}P_{30}K_{30}$  та  $N_{45}P_{30}K_{30}$  під ячмінь ярий в умовах Пасмового Побужжя упродовж 2013–2015 рр. [3] супроводжувалося підвищення вмісту рухомого фосфору у орному шарі відповідно на 24 та 35 мг/кг ґрунту. З підвищенням норми добрив перевищення варіанту без удобрення сягало вже 32 і 41 мг/кг ґрунту відповідно. Найвищий вміст фосфатів спостерігали на фоні мінерального живлення  $N_{60}P_{45}K_{45}$  – 124 мг/кг ґрунту, що перевищувало контроль на 42 мг/кг ґрунту, або на 51%.

Бикін А. В. і Поліщук І. П. довели [2], що під впливом систематичного використання добрив під моркву столову помітно поліпшувався калійний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту. На початку вегетації вміст обмінного калію в орному шарі підвищувався на 17, у фазу 6–8 листків на 20, 9–10 листків – на 11%, на період технічної стиглості – на 30% порівняно з контролем (без добрив). На початку дослідів на неудобреному фоні забезпеченість вказаної ґрунтової відміни калієм відповідала низькому рівню, тоді як у варіантах із внесенням добрив вона досягла середнього рівня. Такі висновки опублікували й інші автори.

На неудобреному контролі у фазі відновлення вегетації 2020 р. в орному пласті темно-сірого лісового опідзоленого легкосуглинкового слабогумусованого ґрунту містилося 41 мг/кг ґрунту, у підорному 33 мг/кг ґрунту обмінного калію. Близькими були параметри у варіантах 8 і 9, де також не було фосфорно-калійного фону, відповідно містилося 42 і 39 мг/кг ґрунту та 42 і 37 мг/кг ґрунту обмінного калію.

Зауважимо, що внесення під ячмінь озимий 120 кг д. р. азоту, особливо з нітрапірином, спричинило глибше виснаження ґрунту як на рухомі фосфати, так і на обмінний калій, унаслідок вищого врожаю, ніж на варіанті 1 – зовсім без добрив. Залишок ресурсу калію до збирання врожаю становив у орному шарі 26–24 мг/кг ґрунту. Як бачимо, нітрапірин зумовлює додаткове виснаження ґрунту у зв'язку підвищенням врожаю зерна ячменю ярого. Децю менше калію винесено ячменем 2021 р., хоча закономірності повторюються у всіх варіантах.

У 2020 р. внесення калійних добрив під оранку у нормі  $P_{60}K_{60}$  забезпечило підвищення ресурсу обмінного калію як в орному, так і підорному шарах ґрунту, в середньому на 30 мг/кг ґрунту. За вегетаційний період ячмінь озимий асимілював орієнтовно 20–25 мг/кг ґрунту калію, залежно від фону азотного живлення. Чим більша норма удобрення культури – 23, 60, 90, 120 азоту, тим сильніше виснаження ґрунту на обмінні форми калію. Нітрапірин у кожному випадку застосування спричиняв ще більше збіднення ґрунту на калій.

У наших дослідженнях за відсутності удобрення спостерігали малий (природний) вміст легкогідролізного азоту в орному і підорному пласті ґрунту, і він ще зменшився до збирання врожаю до 44–67 мг/кг сухої маси. Внесення в ґрунт  $N_{120}P_{60}K_{60}$  ( $N_{23}$  перед сівбою та  $N_{97}$  при відновленні вегетації у формі карбаміду – вар. 5) спричинило збільшення концентрації легкогідролізного азоту на 31–37 мг/кг в пласті 0–20 см в обидва роки

досліджень. Нітрапірин у 2020 р. діяв ефективніше при внесенні препарату під передпосівну культивування ячменю (вар. 6) порівняно з його внесенням у період відновлення вегетації озимого. Збільшення ресурсу легкогідролізного азоту на початку вегетації ми спостерігали при внесенні  $N_{23}P_{60}K_{60}$  восени +  $N_{37}$  у відновлення вегетації (вар. 10). Внесення нітрапірину і збільшення норми на  $N_{37}$  (вар. 11) та на  $N_{67}$  (вар. 12) у відновлення вегетації ще більше підвищувало концентрацію легкогідролізного азоту в орному пласті. Проте, його вміст сягнув найвищого діапазону – 110–132 та 113–131 мг/кг, від внесення  $N_{23}P_{60}K_{60}$  восени +  $N_{97}$  у відновлення вегетації без нітрапірину (вар. 15) та з нітрапірином 111–135 та 116–135 мг/кг (вар. 16) у 2020 та 2021 рр. дослідження.

Інгібітор уреазі сприяв підвищенню вмісту легкогідролізного азоту в ґрунті як при внесенні до сівби (восени – на 3 мг/кг), так і у відновлення вегетації (весною – на 6 мг/кг) в обидва роки дослідження. У всіх варіантах поєднання дози азоту з внесенням нітрапірину спричиняло відносне підвищення ресурсу легкогідролізного азоту в орному та підорному пластах ґрунту. Про ефективність інгібіторів нітрифікації в регулювання азотного живлення є багато досліджень за рубежем [7].

До збирання врожаю рівень концентрації легкогідролізного азоту знижувався до природного для ґрунту вмісту, але стрімкіше у тих ефективних варіантах, які забезпечили вищий врожай ячменю озимого. Отже винос фітомасою ячменю там був інтенсивніший, ніж на менш врожайних варіантах досліду.

На темно-сірому опідзоленому ґрунті Північного Лісостепу України систематичне внесення роздільних доз мінеральних добрив ( $N_{50}P_{50}K_{100}$  +  $N_{20}P_{20}K_{20}$ ) за вирощування моркви столової сприяло мінеральному живленню і вимогам рослин. Порівняно з контролем (без добрив) на період сходів вміст форм азоту, що легкогідролізуються, підвищувався на 20%, а мінеральних сполук на 66%. До завершення вегетації підвищення становило відповідно на 20 і 42%, що свідчить про достатню забезпеченість рослин азотом.

Головним критерієм оцінювання дієвості певних концентрацій поживних речовин в ґрунті є їхній вплив на кінцевий результат росту і розвитку ячменю озимого – врожай зерна. Без мінеральних добрив представляється можливість отримувати на темно-сірому лісовому опідзоленому легкосуглинковому середньогумусованому ґрунті 4,33–4,55 т/га зерна, залежно від умов року. Внесення перед сівбою  $N_{23}P_{60}K_{60}$  ( $(NH_4)_2HPO_4 + NH_4NO_3 + KCl$ ) +  $N_{37}$  при відновленні вегетації ми прийняли за виробничий контроль.

У 2020 році поєднання фоновому удобрення  $N_{23}P_{60}K_{60}$  з різними нормами азоту  $N_{67-97}$  у формі аміачної селітри (вар. 12, 14 і 17) підвищувало врожай зерна в діапазоні від 0,26 до 0,44 т/га. Застосування нітрапірину на цих варіантах (вар. 13, 15, 16 і 18) максимально підвищувало врожайність ячменю ярого в діапазоні від 0,38 до 0,77 т/га відносно виробничого контролю –  $N_{23}P_{60}K_{60}((NH_4)_2HPO_4 + NH_4NO_3 + KCl)$  (перед сівбою) +  $N_{37}((NH_4)NO_3)$  (відновлення вегетації). Внесення під лише азотних добрив у максимальній нормі  $N_{120}$  у формі аміачної селітри без фосфорно-калійного фону не забезпечило істотного підвищення врожаю відносно виробничого контролю. Лише внесення весною нітрапірину істотно підвищило збір зерна на 0,28 т/га порівняно з контролем.

Використання карбаміду замість аміачної селітри за максимальної норми  $N_{120}$  і внесення добрива перед сівбою ячменю озимого мало позитивний результат лише у поєднанні з одночасним внесенням нітрапірину. Приріст врожайності становив у 2020 році 0,56 т/га, у 2021 – 0,38 т/га порівняно в контролем. Перенесення застосування нітрапірину на весну у фазу відновлення вегетації знівелювало його ефективність. Отже, за використання сечовини під озимий ячмінь з осені стабілізатор азоту слід вносити під передпосівну культивування.

2021 рік вирощування був дещо менше сприятливим за попередній. Проте, позитивна дія стабілізатора азоту проявилася ще виразніше. Приріст врожаю за внесення  $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl$  +  $N_{67}$  (у відновлення вегетації) +  $N_{30}$  (у початок колосіння) + N-Lok™ при відновленні вегетації (вар. 18) досяг 0,80 т/га відносно виробничого контролю –  $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4 + NH_4NO_3+KCl$  (перед сівбою) +  $N_{37}(NH_4NO_3)$  (відновлення вегетації). До збирання встановлювався тісний оберненопропорційний зв'язок вмісту нітратів із вмістом легкогідролізного азоту на старті вегетації. Проте у жнива вміст обох форм азотних сполук проявляв помірну і значну пряму кореляцію, що свідчить про збіднення ґрунту на доступні форми азоту. Величина врожаю прямо пропорційно тісно залежала від стартових ресурсів легкогідролізного азоту ( $r = 0,87-0,89$ ) та нітратів ( $r = 0,86-0,88$ ) у всій товщі ґрунту.

Розрахунок парних кореляцій дозволив припустити складніші залежності і побудувати 3Д-моделі зв'язків показника врожайності з параметрами відразу двох агрохімічних показників. Так на рисунку 1 – А бачимо, що за одночасного зростання ресурсів нітратів та азоту, який легкогідролізується, на старті весняної вегетації врожай пропорційно збільшується. За односторонньо зростання однієї форми азоту він менший. Рисунок. 1 – Б показує, що створення більших запасів доступних фосфору та калію сприяє росту врожайності, особливо за низьких початкових показників.

Ріст врожаю до 6,5–6,7 т/га не збіднює ґрунт на доступні форми фосфору, а подальше його підвищення до 7,5 т/га зменшує їх ресурс на 20 мг/кг ґрунту за максимального вмісту обмінного калію. Натомість дефіцит калію, що утворюється до збирання врожаю, супроводжується дефіцитом і фосфору за високих врожаїв. Позитивна тісна кореляція між цими поживними речовинами до збирання з'ясована на рівні  $r = 0,85$ .

Площини регресії ілюструють, що рівні вмісту доступних фосфатів і нітратів, які зв'язані з кислотністю ґрунту, вагомо впливають на збір зерна (рис. 1 – А і Б). Рисунок 1 – А показує, що тенденція до нейтралізації реакції ґрунту, яка супроводжується збільшенням кількості рухомих форм фосфору, пропорційно позитивно впливає на врожайність ячменю озимого. На рисунку 10 – Б чітко видно, що підвищена кількість нітратів супроводжується підкисленням ґрунту. Проте, не зважаючи на певне підкислення ґрунту вона позитивно впливає на збір зерна за рівня рНКСі не нижче 5,4-5,5. Це означає, що концентрація нітратів у ґрунті бажана не висока, але достатня упродовж періоду активного росту ячменю озимого.

### **Висновки.**

На фосфорно-калійному фоні  $P_{60}K_{60}$  у темно-сірому лісовому опідзоленому легкосуглинковому слабогумусованому ґрунті створюються сприятливі умови для живлення ячменю озимого. До початку весняної вегетації в орному пласті 0–20 см містилося на 35–45 мг/кг ґрунту більше (залежно від року) рухомих фосфатів та на 29–33 мг/кг більше обмінного калію, ніж без фону.

Системи азотного удобрення  $N_{97}(NH_4NO_3)$  при відновленні вегетації + N-Lok™ (перед сівбою) або  $N_{97}(NH_4NO_3)$  + N-Lok™ при відновленні вегетації на фосфорно-калійному фоні  $P_{60}K_{60}$  та сумарного  $N_{120}$  забезпечували стартовий вміст легкогідролізного азоту в орному шарі 132–136 мг/кг ґрунту, залежно від умов року.

У 2020 р. внесення під ячмінь озимий  $N_{97}(NH_4NO_3)$  + N-Lok™ при відновленні вегетації на фоні  $N_{23}P_{60}K_{60}$  під оранку забезпечило прибавку урожаю зерна 0,77 т/га, 2021 р. – 0,59 т/га порівняно з традиційною нормою  $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl$  (під основний обробіток з осені) +  $N_{37}(NH_4NO_3)$  (у відновлення вегетації), яка служила контролем. Натомість внесення  $N_{67}(NH_4NO_3)$  при відновленні вегетації + N-Lok™ восени

перед сівбою і підживлення  $N_{30}$  на початку колосіння на тому ж фоні сприяло підвищенню врожаю на 0,72 т/га 2020 р. та 0,80 т/га 2021 р. при урожаї з нормами  $N_{23}P_{60}K_{60}$  з осені та  $N_{37}$  при відновленні вегетації 6,52–6,65 т/га відповідно 2021 р. та 2020 р

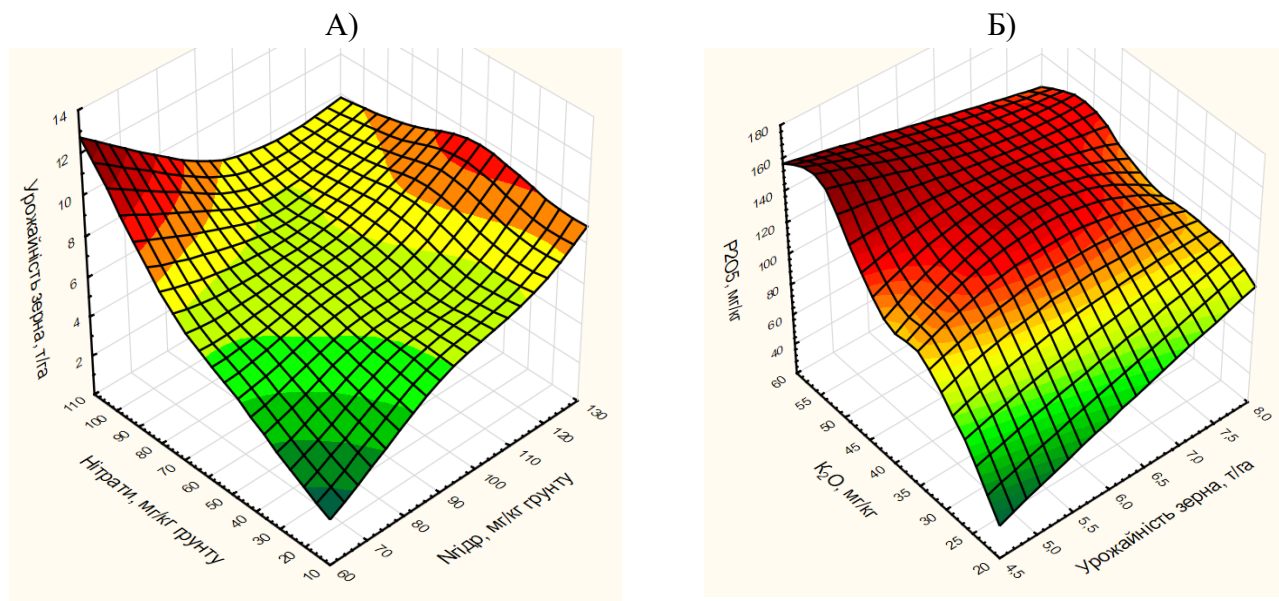


Рис. 1. 3D-моделі зв'язків параметрів форм доступного азоту орного (0–20 см) пласту темно-сірого лісового опідзоленого легкосуглинкового середньогумусованого ґрунту на старті весняної вегетації з урожайністю зерна ячменю озимого: А – вплив вмісту легкогідролізного азоту і нітратів; Б – вплив норм внесення азотних добрив і вмісту азоту, що легкогідролізується.

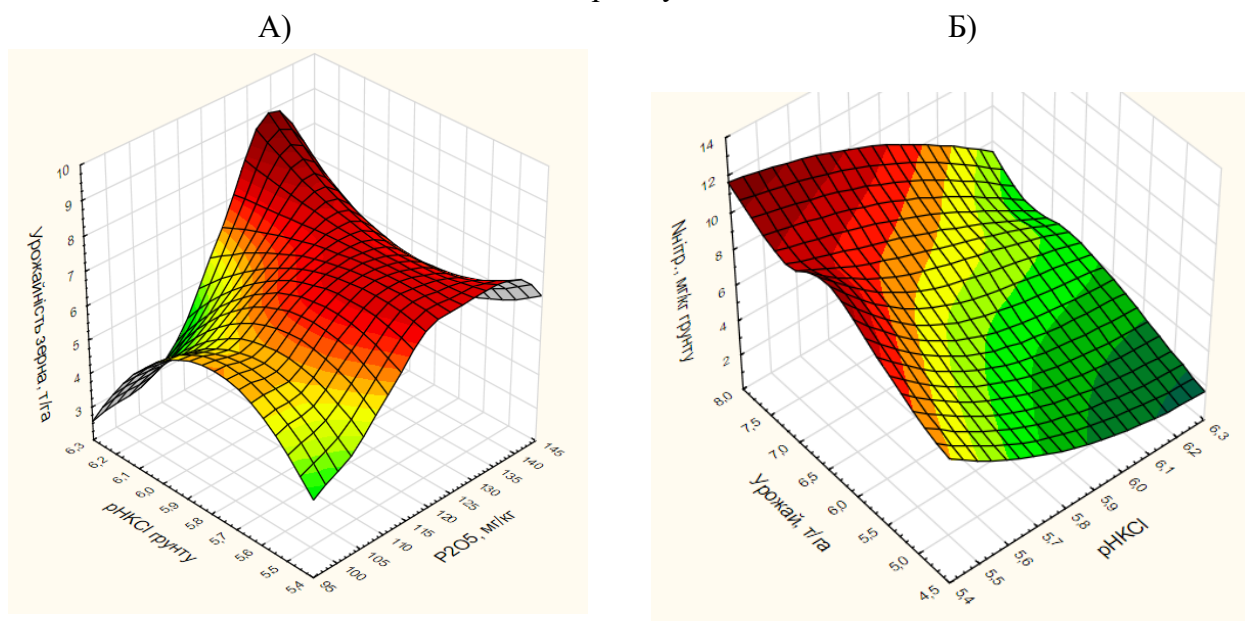


Рис. 2. 3D-моделі зв'язків параметрів доступних форм фосфору, нітратів та  $pH_{KCl}$  орного (0–20 см) пласту темно-сірого лісового опідзоленого легкосуглинкового середньогумусованого ґрунту на старті весняної вегетації з урожайністю зерна ячменю озимого: А – вплив вмісту  $P_2O_5$  і кислотності ґрунту; Б – вплив вмісту нітратного азоту в орному шарі та  $pH_{KCl}$  ґрунту на врожайність.

. Відсутність фосфорно-калійного фону в системі удобрення озимого ячменю зменшувало врожайність культури на 0,08–0,24 т/га, залежно від норм азоту та погодних умов вегетації. Урожай зерна за відсутності будь-яких добрив на природно родючому темно-сірому лісовому опідзоленому легкосуглинковому слабогумусованому ґрунті коливався по роках дослідження в межах 4,37–4,55 т/га. Але відсутність усіх видів добрив збіднювала орний шар на 12–15 мг/кг ґрунту рухомих фосфатів, та на 13–15 мг/кг ґрунту обмінного калію. За внесення лише N<sub>120</sub> кількість фосфатів зменшувалася ще на 7–9 мг/кг ґрунту, калію – на 6–7 мг/кг ґрунту у різні роки досліджень. Отже, внесення під ячмінь озимий азотних добрив без фосфорно-калійного фону виснажує ґрунт на фосфати і калій більше, ніж без добрив взагалі.

### *Бібліографічний список*

1. Балюк С. А., Медведєв В. В., Мірошніченко М. М., Скрильник Є. В., Тимченко Д. О., Фатєєв А. І, Христенко А. О., Цапко Ю. Л. Екологічний стан ґрунтів України. Український географічний журнал. 2012. № 2. С. 38–42. URL: [https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2012-2-38\\_0.pdf](https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2012-2-38_0.pdf)
2. Бикін А. В., Поліщук І. П. Вплив добрив на агрохімічні показники темно-сірого лісового ґрунту та продуктивність моркви столової. Науковий вісник НАУ. 2000. Вип. 32. С.185–188.
3. Лопушняк В. І., Вега Н. І. Вплив рівня мінерального живлення ячменю ярого на вміст рухомих сполук фосфору в темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2015. Вип. 2. Том 1. Ч.2. С.30–37. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1769/1/n85v2r2015t1lopushnyak.pdf>
4. Лопушняк В., Полюхович М., Лагуш Н. Вплив систем удобрення на родючість темно-сірих опідзолених ґрунтів та продуктивність культур польової сівозміни Західного Лісостепу України. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2017. Вип. 51. С. 214–223.
5. Haskevych, O., Snitynskyu, V., Hnativ, P., Lahush, N., Haskevych V., Ivaniuk V. Agro-ecological assessment of the farmlands of the Hologoro-Kremenetskiy Highlands. Soil under stress / by Yu. Dmytruk & D. Dent. Springer International Publishing. Switzerland. 2021. AG. XV. P. 143–151. DOI: 10.1007/978-3-030-68394-8\_14
6. Lykhochvor V., Gnativ P., Andrushko O., Ivanyuk V. & Olifir, Yu. The role of nutrients in the formation of yield and grain quality of winter wheat. Bulg. J. Agric. Sci. 2022 28 (1), P. 103–109. URL: <https://www.agrojournal.org/28/01-14.pdf>
7. Nitrogen Stabilizer Products that Must Be Registered under FIFRA. Substances excluded from the definition of a nitrogen stabilizer. U.S. Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/pesticide-registration/nitrogen-stabilizer-products-must-be-registered-under-fifra#substances>
8. Polovyy V., Hnativ P., Balkovskyy V., Ivaniuk V., Lahush N., Shestak V., Szulc W., Rutkowska B., Lukashchuk L., Lukyanik M., Lopotych N. The influence of climate changes on crop yields in Western Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. 2021. 11(1). 384–390. DOI: 10.15421/2021\_56





# ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ

Надія Ювчик

старший науковий співробітник

Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, с. Шубків

## Актуальність досліджен.

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є основною зерною культурою України, важливість якої обумовлена тим, що вона завдяки високим валовим зборам і цінним якісним властивостям зерна забезпечує продовольчу безпеку держави. Щорічно зростаючі потреби у продовольстві спонукають виробників сільськогосподарської продукції до збільшення обсягів виробництва зерна пшениці озимої з високими якісними характеристиками за умови одночасного підвищення показників економічної ефективності технологій її вирощування.

Формування врожаю пшениці озимої є складним процесом, що обумовлений як біологічними особливостями росту і розвитку культури так і факторів зовнішнього середовища. Головним фактором формування врожайності рослин є фотосинтез, на частку якого припадає до 95% усієї накопиченої в рослині енергії. Створення оптимальних умов для роботи фотосинтетичного апарату на протязі всієї вегетації рослин є необхідною умовою формування високого врожаю [1, 2].

Одним з найбільш динамічних показників фотосинтетичної діяльності рослин є площа листової поверхні. Потужність асиміляційного апарату і тривалість його роботи є вирішальними факторами продуктивності фотосинтезу, які визначають розміри врожаю та якість зернової продукції [3-5]. Регулювання площі листового апарату рослин може бути досягнуто створенням оптимальних умов вирощування. Зокрема одним із важливих факторів, що регулює величину площі асиміляційної поверхні, є режим живлення рослин. При внесенні мінеральних добрив можна збільшити як розмір, так і продуктивність асиміляційної поверхні рослин [6]. Традиційно задля підвищення поглинання світлової енергії збільшують дози азотних добрив, що сприяє зростанню площі асиміляційної поверхні посіву [7, 8].

Взаємозв'язок фотосинтетичного потенціалу листків, урожайності та показників якості зерна засвідчує про важливість регулювання потужності фотосинтетичного апарату рівнем мінерального живлення [9]. Виходячи з важливості цього питання, в своїх дослідженнях ми приділили увагу вивченню впливу мінерального удобрення та хімічної меліорації на формування площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, чистої продуктивності фотосинтезу в основні фази розвитку за вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся.

## Матеріали та методика досліджень.

Дослідження проводились у стаціонарному польовому досліді Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті. Чергування культур – пшениця озима, соя, кукурудза на зерно, соняшник.

Схема досліду включала варіанти: без добрив (контроль); фон –  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (1,0 Нг); фон +  $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$  +  $\text{S}_{40}$  + мікродобриво (двічі); фон +  $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$  +  $\text{S}_{40}$  + мікродобриво (двічі); фон +  $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$  +  $\text{S}_{40}$  + мікродобриво (двічі); фон +  $\text{N}_{130}$  +  $\text{S}_{40}$  + мікродобриво (двічі);

CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (1,5 Нг) + N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + S<sub>40</sub> + мікродобриво (двічі); CaCO<sub>3</sub> (1,0 Нг) + N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + S<sub>40</sub> + мікродобриво (двічі).

### **Результати досліджень.**

Встановлено, що на дерново-підзолистому ґрунті мінеральні добрива та хімічні меліоранти мали позитивний вплив на формування фотосинтетичної діяльності рослин пшениці озимої.

Свого максимуму площа фотосинтетичного апарату досягла у фазу виходу в трубку - 8,08-29,42 тис. м<sup>2</sup>/га, що на 172-195 % більше, ніж у фазу кущення. Внесення мінеральних добрив в нормі N<sub>150</sub>P<sub>50</sub>K<sub>125</sub> на фоні 1,0 дози меліоранту забезпечило формування достатньо потужної вегетативної маси, при цьому площа листової поверхні рослин пшениці озимої зростає до найвищого значення – 29,42 тис. м<sup>2</sup> /га, що майже в 3,5 рази перевищувало контрольний варіант. За удобрення лише N<sub>130</sub> + S<sub>40</sub> + мікродобриво (двічі) на фоні CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (1,0 Нг) даний показник був нижчим на 16,2-32,3% порівняно з варіантами з повним мінеральним удобренням.

За порівняння впливу доломітового борошна та вапна на площу листової поверхні встановлено, що за внесення 1,0 дози меліорантів і рекомендованої дози удобрення N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + S<sub>40</sub> + мікродобриво (двічі), на варіанті де застосовували доломітове борошно порівняно з вапном площа листової поверхні пшениці озимої була відповідно вищою на 2,5; 6,4; 6,0 %, по фазах розвитку.

В середньому, за роки досліджень внесення мінеральних добрив на фоні вапнування підвищувало величину показника фотосинтетичного потенціалу до 0,92 - 1,24 млн м<sup>2</sup>-днів/га, що більше порівняно з контролем в 2,6-3,5 рази. Найбільший показник рівня фотосинтетичного потенціалу посіву пшениці озимої сформувався за дози N<sub>150</sub>P<sub>50</sub>K<sub>125</sub> на фоні 1,0 дози доломіту.

За результатами досліджень кожний метр квадратний площі листової поверхні пшениці озимої сформував від 4,88 до 5,92 г сухої речовини за добу в залежності від досліджуваних варіантів. За внесення мінеральних добрив на фоні вапнування даний показник зростає на 15,4-21,3%, порівняно з контролем. Найвищою чистою продуктивністю фотосинтезу асиміляційного апарату рослин пшениці озимої була за внесення N<sub>150</sub>P<sub>50</sub>K<sub>125</sub> на фоні меліоранту і становила 5,92 г/м<sup>2</sup> за добу, що в 1,2 рази вище контролю.

### **Висновок.**

Отже, найбільша площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу у фазу кущення, виходу в трубку та колосіння сформувалася за внесення N<sub>150</sub>P<sub>50</sub>K<sub>125</sub> + S<sub>40</sub> + мікродобриво (двічі). Максимальні показники фотосинтетичної діяльності відзначені у фазу виходу в трубку.

### ***Бібліографічний список***

1. Ничипорович А. А. Пути управления фотосинтетической деятельностью растений с целью повышения их продуктивности. Физиология с. х. растений. Изд-во МГУ, 1967. Т.1. С. 309-353.
2. Адамень Ф. Ф., Радченко Л. А., Женченко К. Г. Особливості фотосинтетичної діяльності рослин пшениці різних біотипів. Вісник аграрної науки. 2011. С. 16-20.

3. Гамаюнова В.В., Дворецкий В.Ф., Сидьякіна О.В., Глушко Т.В. Формування надземної маси ярих пшениці та тритікале під впливом оптимізації їх живлення на півдні України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. №2 (61). Т.1. С. 20-28.
4. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: АН СССР, 1969. 137 с.
5. Желязков О.І., Самойленко О.А., Педаш О.О., Бондаренко А.С. Фотосинтетична діяльність рослин пшениці озимої залежно від технологічних прийомів вирощування в Присивашші. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН*. 2017. №2. С. 103-105.
6. Подоба Л.В. Модифікуючий вплив різних біопрепаратів на основні параметри росту, розвитку і продуктивності ярого ячменю. Л.В. Подоба, Ю. В. Подоба. *Вісник ХНАУ*. 2002. №5. С. 222–229.
7. Прядкіна Г. О., Стасик О. О., Капітанська О. С., Ярмольська О. Є., Цукренко Н. В. Ефективність використання фотосинтетично активної радіації посівами озимої пшениці. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2019. Вип. 1 (46). С. 23–34.
8. Yang D. Q., Dong W. H., Luo Y. L., Song W. T., Cai T., Li Y., Wang Z. L. Effects of nitrogen application and supplemental irrigation on canopy temperature and photosynthetic characteristics in winter wheat. *The Journal of Agricultural Science*. 2018. 156 (1). С. 13–23.
9. Серєда І. І. Площа листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал рослин пшениці озимої залежно від умов вирощування. *Бюлетень Інституту зернового господарства НААН*. 2011. № 40. С. 144–147.

## УДК 631.4

Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство. Матеріали. Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка. 24-26 квітня 2023. Укладачі і редактори: Петро Гнатів, Богдан Пархуць. Львів-Дубляни: ЛНУП. 204 с.

Soils, sustainable development and Ukrainian soil science. Materials. International scientific conference dedicated to the 120th anniversary of the birth of Hryhoriy Andrushchenko. April 24-26, 2023. Compilers and editors: Petro Hnativ, Bohdan Parkhuts. Lviv-Dubliany: LNEU. 204 p.

*Висвітлено історичне значення доробку Григорія Андрущенка для українського ґрунтознавства, окреслено прогрес ґрунтознавства у Європі, Україні та Світі, обговорені сучасні загрози, тенденції та перспективи охорони ґрунтів і поліпшення їх родючості для сталого розвитку, представлені технології охорони й керування якістю ґрунтів, відображено аспекти органічного землеробства та роль мікробіоти і сільськогосподарських культур у підтримці здоров'я ґрунту.*

*Для наукових працівників, фахівців аграрного виробництва, докторантів, аспірантів і студентів аграрних вищих навчальних закладів.*

Тексти - в редакції авторів.

© Львівський національний університет природокористування, 2023