

OLES HONCHAR DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY
(UKRAINE)

«TELEPRESINFORM» AGENCY (UKRAINE)

WITH THE ASSISTANCE OF:

CORDOBA UNIVERSITY (SPAIN)

SCIENTIFIC COUNCIL FOR SOIL SCIENCE ISSUES
OF NAS OF UKRAINE (UKRAINE)

RESEARCH AND TRAINING CENTER OF O. HONCHAR DNU –
A. L. BELGARD PRYSAMARYA BIOSPHERIC STATION

GRUNTOZNAVSTVO

SOIL SCIENCE

ґРҮНТОЗНАВСТВО

Vol. 18

no. 1–2

Scientific Journal
Founded in 2001

www.ussj.cv.ua

Kyiv – Dnipro
2017

EDITORIAL BOARD:

V. M. Zverkovsky (Editor-in-Chief); *J. M. Recio Espejo* (Associate Editor); *J. G. Ray* (Associate Editor); *V. M. Petrenko* (Associate Editor); *K. M. Sytnik* (Associate Editor); *V. G. Radchenko* (Associate Editor); *V. A. Nykorych* (Associate Editor); *V. V. Morguun* (Associate Editor); *A. V. Bogovin* (Associate Editor); *V. A. Gorban* (Managing Editor); *S. A. Balyuk*; *N. A. Bilova*; *M. K. Chartko*; *S. G. Chornyi*; *F. Gurbuz*; *V. I. Kanivets*; *N. R. Korpeyev*; *I. A. Mal'tseva*; *V. V. Medvedev*; *D. O. Mel'nychuk*; *L. P. Mytsyk*; *E. Nevo*; *V. V. Nykyforov*; *M. J. Opanasenko*; *V. I. Parpan*; *M. V. Polyakov*; *S. P. Poznyak*; *Yu. R. Shehyag-Sosonko*; *V. V. Shvartau*; *Gu Siyu*; *S. Skiba*; *O. O. Sozynov*; *P. C. Srivastava*; *V. S. Stogniy*; *D. G. Tikhonenko*; *N. N. Tsvetkova*; *I. Kh. Uzbek*; *N. V. Zaymenko*.

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

J. G. Ray (Associate Editor); *J. M. Recio Espejo* (Associate Editor); *M. K. Chartko*; *F. Gurbuz*; *N. R. Korpeyev*; *E. Nevo*; *Gu Siyu*; *S. Skiba*; *P. C. Srivastava*.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Д-р біол. наук ***В. М. Зверковський*** (голов. редактор); акад. УЕАН, д-р біол. наук ***J. M. Recio Espejo*** (заст. голов. редактора, Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук ***J. G. Ray*** (заст. голов. редактора, Індія); акад. НАНУ, д-р біол. наук ***К. М. Ситник*** (заст. голов. редактора); акад. НАНУ, д-р біол. наук ***В. Г. Радченко*** (заст. голов. редактора); канд. біол. наук ***В. А. Нікорич*** (заст. голов. редактора); канд. іст. наук ***В. М. Петренко*** (наук. редактор); акад. НАНУ, д-р біол. наук ***В. В. Моргун*** (наук. редактор); д-р біол. наук ***А. В. Боговін*** (наук. редактор); канд. біол. наук ***В. А. Горбань*** (відп. секретар); акад. НААНУ, д-р с.-г. наук ***С. А. Балюк***; д-р біол. наук ***Н. А. Білова***; д-р біол. наук ***Gu Siyu*** (Китай); д-р біол. наук ***F. Gurbuz*** (Туреччина); чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук ***Н. В. Заїменко***; д-р с.-г. наук ***В. І. Канівець***; акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук ***Н. Р. Корпєєв*** (Туркменістан); д-р біол. наук ***І. А. Мальцева***; акад. НААНУ, д-р біол. наук ***В. В. Медведєв***; акад. НАНУ, д-р біол. наук ***Д. О. Мельничук***; д-р біол. наук ***Л. П. Мицик***; акад. НАНУ, д-р біол. наук ***E. Nevo*** (Ізраїль); д-р біол. наук ***В. В. Никифоров***; д-р біол. наук ***М. Є. Опанасенко***; д-р біол. наук ***В. І. Парпан***; д-р геогр. наук ***С. П. Позняк***; чл.-кор. НАНУ, д-р фіз.-мат. наук ***М. В. Поляков***; д-р біол. наук ***С. Скіба*** (Польща); акад. НАНУ, акад. НААНУ, д-р с.-г. наук ***О. О. Созінов***; д-р біол. наук ***P. C. Srivastava*** (Індія); канд. техн. наук ***В. С. Стогній***; д-р с.-г. наук ***Д. Г. Тихоненко***; д-р біол. наук ***І. Х. Узбек***; д-р біол. наук ***Н. М. Цветкова***; д-р геогр. наук ***М. К. Чертко*** (Білорусь); д-р с.-г. наук ***С. Г. Чорний***; чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук ***В. В. Швартау***; акад. НАНУ, д-р біол. наук ***Ю. Р. Шеляг-Сосонко***.

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Акад. УЕАН, д-р біол. наук ***J. M. Recio Espejo*** (Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук ***J. G. Ray*** (Індія); д-р біол. наук ***Gu Siyu*** (Китай); д-р біол. наук ***F. Gurbuz*** (Туреччина); акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук ***Н. Р. Корпєєв*** (Туркменістан); акад. НАНУ, д-р біол. наук ***E. Nevo*** (Ізраїль); д-р біол. наук ***С. Скіба*** (Польща); д-р біол. наук ***P. C. Srivastava*** (Індія); д-р геогр. наук ***М. К. Чертко*** (Білорусь).

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара
(протокол № 8 від 22.12.2016 р.)*

Адреса редколегії: Асоціація засобів масової інформації України, вул. Івана Кудрі, 26, м. Київ, Україна; Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпро, Україна. *Телефони:* (056) 792–78–82, (0562) 76–83–81. Web-сторінка: www.ussj.cv.ua. *E-mail:* ecologgrunt@yahoo.com

© Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2017
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2017

TABLE OF CONTENTS

THEORETICAL AND PRACTICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE

<i>Medvedev V. V., Titenko G. V., Plisko I. V., Krylach S. I., Borodin A. L., Klysak G. O.</i> Physical degradation (non-structural and overdensing) is a factor in modern agriculture, which aggravated the ecological and productive functioning of the soil	5
<i>Smaga I. S., Kazimir I. I.</i> Formation of acid-basic buffer compression of the Precarpathians brownish-podzolic cleyed soil in different conditions of management	24
<i>Chorna V. I., Wagner I. V., Voroshylova N. V.</i> Ecological and biological justification of importance of silicon compounds in soil-plant system	32

SOIL PHYSICS

<i>Gorban V. A., Huslistyj A. O., Mandrygelia M. V., Pohribnyak V. O.</i> Influence of forest vegetation on dielectric permeability and electrophysical indices of chernozem	38
--	----

SOIL CHEMISTRY

<i>Skrylnik E. V., Shevchenko M. V., Popirny M. A.</i> The effect of soil tillage systems on distribution and quality of humic substances by typical black soil	46
---	----

LAND RECLAMATION

<i>Uzbek I. Kh.</i> Internal tracking translation of substances and energy as a self-protection mechanism of plants	55
<i>Tsapko Yu. L., Kholodna A. S.</i> Protease activity of urban soils of Kharkiv region under the influence of giant miscanthus cultivation	66
<i>Prysedskiy Yu. G.</i> The use of arboreal plants for biological reclamation of phosphogipse dumps	72

SOIL CARTOGRAPHY

<i>Cherlinka V. R.</i> Influence of resolution of digital elevation models on the quality of predicative simulation of soil cover	79
---	----

REVIEWS

<i>Kanivets V. I.</i> «Soil Science in Ukraine: Part 1 – History and Modernity» / D. G. Tikhonenko, V. A. Vergunov, M. O. Gorin, N. M. Novosad. – Kharkiv: «Maidan», 2016. – 408 p.	96
--	----

TO THE AUTHORS' ATTENTION	102
--	-----

З М І С Т

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПИТАННЯ ҐРУНТОЗНАВСТВА

<i>Медведєв В. В., Тітенко Г. В., Плisko I. В., Криlach C. I., Бopодін A. Л., Клисак Г. О.</i> Фізична деградація (знеструктурування і переущільнення) – чинник сучасного землеробства, що погіршує екологічне і продукційне функціонування ґрунту	5
<i>Смага І. С., Казімір І. І.</i> Формування кислотно-основної буферності бурувато-підзолистого оглеєного ґрунту Передкарпаття за різних режимів зволоження	24
<i>Чорна В. І., Вагнер І. В., Ворошилова Н. В.</i> Еколого-біологічне обґрунтування ролі кремнієвих сполук у системі «ґрунт – рослина»	32

ФІЗИКА ҐРУНТІВ

<i>Горбань В. А., Гуслистий А. О., Мандригеля М. В., Погрібняк В. О.</i> Вплив лісової рослинності на діелектричну проникність та електрофізичні показники чорноземів	38
---	----

ХІМІЯ ҐРУНТІВ

<i>Скрильник Є. В., Шевченко М. В., Попірний М. А.</i> Вплив систем обробітку ґрунту на розподіл та якість гумусових речовин чорнозему типового	46
---	----

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

<i>Узбек І. Х.</i> Внутрішньотканинна транслокація речовин і енергії як механізм самозахисту рослин	55
<i>Цапко Ю. Л., Холодна А. С.</i> Протеазна активність урбаноземів Харківської області за умов вирощування міскантусу гігантського	66
<i>Приседський Ю. Г.</i> Використання деревних рослин для біологічної рекультиваци відвалів фосфогіпсу	72

КАРТОГРАФІЯ ҐРУНТІВ

<i>Черлінка В. Р.</i> Вплив роздільної здатності цифрових моделей рельєфу на якість предикативної симуляції ґрунтового покриття	79
---	----

РЕЦЕНЗІЇ

<i>Канівець В. І.</i> «Ґрунтознавство в Україні: ч. 1 – Історія та сучасність» / Д. Г. Тихоненко, В. А. Вергунов, М. О. Горін, Н. М. Новосад. – Харків: «Майдан», 2016. – 408 с.	96
---	----

ДО УВАГИ АВТОРІВ	103
-------------------------------	-----

THEORETICAL AND PRACTICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE



V. V. Medvedev^{1,2}✉

Academician of NAAS
of Ukraine,

Dr. Sci. (Biol.), Professor

Cand. Sci. (Geog.), Assoc. Prof.

Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.

Cand. Sci. (Agri.)

G. V. Titenko¹

I. V. Plisko²

S. I. Krylach²

A. L. Borodin²

G. O. Klysak³

UDK 631.43

¹*V. N. Karazin Kharkov National University,
Svobody square, 4, Kharkov, Ukraine, 61022*

²*National Scientific Centre «O. N. Sokolovsky Institute
for Soil Science and Agrochemistry Research»,
Chajkovska str., 4, Kharkov, Ukraine, 61024*

³*Eastern European Institute of Agrobusiness,
Dnipro, Ukraine, 49000*

PHYSICAL DEGRADATION (NON-STRUCTURAL AND OVERDENSING) IS A FACTOR IN MODERN AGRICULTURE, WHICH AGGRAVATED THE ECOLOGICAL AND PRODUCTIVE FUNCTIONING OF THE SOIL

Abstract. Soil degradation – the obligatory satellite of unbalanced and their excessively intensive use. Soil degradation is shown in morphological transformation of a structure, dehumification, unstructural and overcompaction, decrease in the contents of nutritious elements, locally in pollution and is accompanied by a number of negative ecological consequences – in a water-air mode, a metabolism and energy, conditions of ability to live of various organisms, and also in decline of productivity of agricultural crops. Estimating propensity of the soils to occurrence of the crisis phenomena, it is necessary to emphasize the importance of natural and social and economic preconditions. Among natural preconditions – soil properties which can resist or promote the crisis phenomena. If the soil is rich on humus, mineral thindispersive part, has the high-grade microbiological pool, favorable physical and chemical parameters, it is capable to resist to negative anthropogenous influence actively, such soil has noticeably greater potential of restoration. On the contrary, the soil, poor on organic and mineral parts, such, that has other adverse physical and chemical and biological properties, is faster and is irreversible changes. Socio-economic factors, namely: 1) intensity of anthropogenous loading, quality of manufacture (the «pure» or «dirty» enterprises and technologies); 2) presence of rate-legal documents and their

✉ Tel.: +38057-704-16-69, e-mail: vvmedvedev@ukr.net

DOI: 10.15421/041701

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2017. Vol. 18, no. 1–2

effectiveness, erudition of the population and economic level of the country – all this the important arguments, which resist (or assist) to degradation and reduce (or increase) risk of the crisis phenomena. Ukraine, which owns a unique soil cover, the country that has proclaimed agrarian sector a priority of the development, should not postpone the decision of a question on overcoming degradation and protection of soils for the future. In article consequences of structure, miss and overcompaction of arable soils (mainly because of dehumification and reduction of water-stability of soil structure) for a water mode, activity of root systems and a crop of field cultures are considered. Owing to the raised pressure upon soil of running systems of machine-tractor units and a plenty of technological operations in a sowing layer it is formed a block structure in underseed layer and especially in plow pan – bulk of density which exceeds requirements of plants. These displays of physical degradation reduce quantity of an accessible moisture in root layer, cause abiotization of soil units and weak soddy formation process in chernozems. For reduction of negative consequences of degradation, it is necessary to observe at tillage the standard of admissible pressure of running systems MTA on soil, to reduce number of their passes on fields and it is obligatory to apply the actions promoting soil structure.

Key words: soil, physical degradation, density, structural composition.

УДК 631.43

В. В. Медведев^{1,2}

акад. НААН Украины,
д-р биол. наук, проф.

Г. В. Титенко¹

канд. геогр. наук, доц.

И. В. Плиско²

канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.

С. И. Крылач²

канд. с.-х. наук

А. Л. Бородин²

Г. О. Клысак³

¹*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,
пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022,
тел.: +38057-704-16-69, e-mail: vvmedvedev@ukr.net*

²*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии
им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024
Восточно-Европейский институт агробиомашинери,
г. Днепр, Украина, 49000*

ФИЗИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ (ОБЕССТРУКТУРИВАНИЕ И ПЕРЕУПЛОТНЕНИЕ) – ФАКТОР СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, КОТОРЫЙ УХУДШАЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И ПРОДУКЦИОННОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОЧВЫ

Аннотация. Рассмотрены следствия обесструктурирования и переуплотнения старопахотных почв для водного режима, деятельности корневых систем и урожая полевых культур. Вследствие повышенного давления на почву ходовых систем машинно-тракторных агрегатов и большого количества технологических операций в посевном слое формируется глыбистость, в подсеменной прослойке и особенно в плужной подошве – плотность сложения, которая превышает требования растений. Эти проявления физической деградации (главным образом из-за дегумификации и уменьшения водоустойчивости почвенной структуры) уменьшают количество доступной влаги в корнеобитаемом слое, абитизацию почвенных агрегатов, ослабляют секвестрацию углерода и дерновый почвообразовательный процесс в черноземах. Для уменьшения отрицательных следствий деградации нужно при обработке соблюдать стандарт допустимого давления ходовых систем МТА на почву, сократить число их проходов по полям и обязательно применять мероприятия, содействующие оструктуриванию почв.

Ключевые слова: почва, физическая деградация, плотность, структурный состав.

¹Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна,
пл. Свободи, 4, м. Харків, Україна, 61022,
тел.: +38057-704-16-69, e-mail: vvmedvedev@ukr.net

²Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024

³Східно-Європейський інститут агробіомашинерії,
м. Дніпро, Україна, 49000

ФІЗИЧНА ДЕГРАДАЦІЯ (ЗНЕСТРУКТУРЕННЯ І ПЕРЕУЩІЛЬНЕННЯ) – ЧИННИК СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА, ЩО ПОГІРШУЄ ЕКОЛОГІЧНЕ І ПРОДУКЦІЙНЕ ФУНКЦІОНУВАННЯ ҐРУНТУ

Анотація. Розглянуто наслідки знеструктурення і переущільнення давньоорних ґрунтів для водного режиму, діяльності кореневих систем і врожаю польових культур. Через надмірний тиск на ґрунт ходових систем машинно-тракторних агрегатів і велику кількість технологічних операцій в посівному шарі формується брилистість, у піднасіненному прошарку і особливо у плужній підшві щільність будови, що перевищує вимоги рослин. Ці прояви фізичної деградації (головним чином через дегуміфікацію і зменшення водостійкості ґрунтової структури) зменшують кількість доступної вологи в кореневмісному шарі, сприяють абіотизації ґрунтових агрегатів, послаблюють секвестрацію вуглецю і дерновий ґрунтоутвірний процес у чорноземах. Для зменшення негативних наслідків деградації потрібно за обробітку дотримувати стандарту припустимого тиску ходових систем МТА на ґрунт, скоротити число їхніх проходів по полях і обов'язково поширити застосування заходів, що сприяють оструктуренню ґрунтів.

Ключові слова: ґрунт, фізична деградація, щільність, структурний склад.

ВСТУП

Деградація ґрунтів – неминучий супутник незбалансованого і надмірно інтенсивного їх використання. Деградація ґрунтів проявляється у морфологічній трансформації будови, дегуміфікації, знеструктуренні, переущільненні, збідненні на поживні елементи, локально у забрудненні і супроводжується низкою негативних екологічних наслідків – у водно-повітряному режимі, обміні речовин і енергії, умовах життєдіяльності різноманітних організмів, а також у відчутному зниженні продуктивності сільськогосподарських культур.

Оцінюючи схильність земель до виникнення кризових явищ, слід підкреслити значимість природних і соціально-економічних передумов. Серед природних передумов – властивості ґрунту, які можуть протистояти чи сприяти кризовим явищам. Якщо ґрунт багатий на гумус, мінеральну дрібнодисперсну частину, має повноцінний мікробіологічний пул, сприятливі фізико-хімічні та хімічні параметри, він здатний активно протистояти негативному антропогенному впливу. Такий ґрунт має помітно більший потенціал відновлення. Навпаки, ґрунт, бідний на органічну і мінеральну дрібнодисперсну частини, такий, що має інші несприятливі фізико-хімічні і біологічні властивості, швидше і необоротно змінюється.

До соціально-економічних чинників належать інтенсивність антропогенного навантаження, якість виробництва («чисті» чи «брудні» підприємства і технології), а також наявність нормативно-правових документів та їх дієвість, освіченість населення і загалом економічний рівень країни – все це важливі аргументи, що протистоять (або сприяють) деградаціям і зменшують (чи збільшують) ризик кризових явищ.

Україна, яка володіє унікальним ґрунтовим покривом, країна, що проголосила аграрний сектор пріоритетом свого розвитку, не повинна відкладати вирішення питання про подолання деградації і охорону ґрунтів на майбутнє.

У статті, яку підготовлено колективом авторів, що тривалий час досліджували стан орних ґрунтів, привернуто увагу до фізичної деградації (головним чином знеструктурування і переущільнення), що погіршує екологічне і продукційне функціонування ґрунту.

МЕТОДИ І ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У статті використано результати тривалих польових, мікропольових і модельних експериментів на чорноземних ґрунтах середньо- і важкосуглинкового гранскладу, а також картографічні матеріали, підготовлені на основі бази даних «Властивості ґрунтів України» ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». Вимірювання фізичних властивостей ґрунтів здійснено за стандартними методами, прийнятими в Україні.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Прояви фізичної деградації в давньоорних ґрунтах

Знеструктурування ґрунтів – процес втрати переважно зернистої ізотропної форми агрегатів, властивої природному ґрунту, а також розпилення. Утворення брил, кірки й тріщин на поверхні ґрунту практично стало характерним для давньої ріллі. Треба звернути увагу на те, що великі ґрунтові агрегати якщо й присутні на цілині, мають міцність не більше 2–3 кПа, у той час як міцність брил на ріллі нерідко (в умовах зниженої вологості) досягає 30–40 кПа. Через підвищену механічну міцність і низьку пористість брили ріллі менш проникні для коріння і води, внаслідок чого здатні довго зберігатися практично без змін.

Як критерії знеструктурування використовуються структурний склад і різноманітні розрахункові коефіцієнти структурності, водостійкості й інші. Усі перераховані критерії узгоджено показали помітне погіршення структури у ґрунтах, що давно розорюються (табл. 1). Навіть у добре гумусованих чорноземах після плужної оранки може утворитися до 30 % брил. Майже вся рілля країни має ту чи іншу кількість брил. І якщо восени із цієї кількості брил можна примиритися, тому що взимку вони сприяють затриманню снігу на полях, а до весни їхня кількість звичайно стає меншою або вони зникають зовсім, то навесні навіть невелика кількість брил неприпустима, тому що вони не дозволяють провести якісну сівбу, гальмують появу сходів і сприяють непродуктивному випаровуванню ґрунтової води. Та обставина, що брили утворюються навіть у чорноземах за вологості, близької до фізичної стиглості, з безсумнівною доводить наявність процесів фізичної деградації ґрунтів.

Найбільшою схильністю до утворення брил характеризуються солонцюваті ґрунти важкого гранскладу півдня України, основний обробіток яких здійснюється переважно в підсушеному стані, осолоділі й солонцюваті ґрунти Середнього Придніпров'я, еродовані ґрунти Правобережного Лісостепу, оглеєні ґрунти Передкарпаття й Закарпаття.

Кірка як вид фізичної деградації також поширена на ріллі України. Крім того, є небезпека подальшого її поширення за інтенсифікації землеробства або за умови можливих змін клімату (зокрема, наростання зволоження взимку, тепла влітку і його

Таблиця 1

Структурно-агрегатний склад цілнинних і орних чорноземів

Варіанти	Глибина, см	Кількість агрегатів за сухого просіювання (%) розміром (мм)			Коефіцієнт структур- ності	Кількість агрегатів за мокрого просіювання (%) розміром, мм			Коефіцієнт водо- стійкості
		>10	10-0,25	>1		>3	>1	>0,25	
Чорнозем типовий	цїлина	7	84	65	91	9	26	65	35
	рїлля	17	72*	61	89	1	10	46**	54
Чорнозем звичайний	перелїг	9	77	50	86	4	11	41	59
	рїлля	15	66*	45	81	0	1	23**	77
Чорнозем пївденний	цїлина	0	81	42	81	2	20	53	47
	рїлля	41	59**	85	100	0	1	24**	76

* Розходження достовїрні за рївня ймовїрностї 0,90.

** Те саме за рївня 0,95.

контрастності в цілому). Ґрунти, де можливе утворення кірки, зосереджено в західній і північно-західній частинах України. Саме там від 20 до 60 % орних ґрунтів мають такі недоліки, а ступінь їхнього прояву – від сильної до слабкої (Medvedev, 2013). Утворення кірки найчастіше відзначається на початку вегетації культур.

У чорноземах типових кірка з'являється в результаті руйнування структури під впливом тривалого й інтенсивного обробітку й деякого збільшення фактора дисперсності (за Качинським), що, як відомо, характеризує потенційну здатність ґрунтів формувати мікро- і макроструктуру.

За підсихання кірка розтріскується, утворюючи тріщини, діаметр яких іноді досягає 5 см і більше. Легко собі уявити, наскільки несприятливі їхні наслідки для кореневмісного шару, рослин, їхніх кореневих систем і якості наступного осіннього основного обробітку. Чим більше тріщин, тим більша втрата вологи, морфологічно менш досконала й продуктивна коренева система, зростає опір обробітку й стає більше консолідованих агрегатів у результаті кришення. Тріщини – звичайне явище в другій половині вегетаційного періоду практично на всіх орних ґрунтах Лісостепу й Степу.

Поява в поверхневому шарі ріллі брил, кірки й тріщин є наслідком погіршення процесів структуроутворення й водостійкості ґрунтових агрегатів у контрастних умовах водно-температурного режиму, властивого орним ґрунтам. На жаль, комбіновані способи обробітку, що домінують в Україні, практично не сприяють зменшенню прояву несприятливих наслідків знеструктурування (утворення брил і кірки) в оброблюваному шарі ґрунту.

Тривала оранка чорноземів та їхнє сільськогосподарське використання без внесення добрив приводить до значних втрат гумусу (табл. 2). Це є причиною погіршення оструктуреності чорноземів, їхніх фізичних властивостей і режимів. Достовірне (за $P = 0,95$) зниження вмісту загального гумусу виявляється на всю проаналізовану глибину до 60 см.

Таблиця 2

Уміст (%) загального гумусу в цілинних і орних чорноземах (на цілині – без дернини)						
Глибина, см	Чорноземи					
	типовий, цілина	типовий, рілля	звичайний, переліг	звичайний, рілля	південний, цілина	південний, рілля
0–10	7,76	4,58	4,61	4,25	4,39	3,22
10–20	6,08	4,55	4,35	4,20	3,58	3,20
20–30	5,05	4,51	4,28	4,12	2,65	2,46
30–40	4,79	4,29	3,74	3,48	2,00	1,91
40–50	4,05	3,85	2,80	2,61	1,22	1,10
50–60	3,82	3,60	2,65	2,49	1,18	1,02

Переущільнення й консолідація – найнебезпечніший наслідок інтенсивного механічного обробітку для ґрунтів України. Незважаючи на те що з 2007 р. в Україні діє стандарт, який обмежує навантаження на ґрунт, у країні продовжують використовувати машинно-тракторні агрегати (МТА) з неприпустимим питомим тиском. Загроза переущільнення існує на 75 % ріллі України (Medvedev et al., 2007). Причиною широкого розвитку цих негативних процесів, крім МТА, є також численні ґрунтові фактори, що сприяють їм, зокрема переважно суглинковий грансклад, низька вихідна (перед обробітком) щільність будови й вологість навесні, близька до фізичної стиглості. Через велике число окремих технологічних операцій, виконуваних енергонасиченими тракторами й важкими комбайнами, переущільнення нерідко проявляється навіть на легких, погано сприйнятливих до ущільнення ґрунтах. Є дані (Pereuplotneniye ..., 1987), що продемонстрували переущільнення на глибині 1 м, де воно акумулюється й може зберігатися тривалий час. Зафіксоване також нове явище – консолідація, коли ущільненню піддаються агрегати агрономічно корисного розміру. При цьому з них видавлюється продуктивна волога, різко

зменшується внутрішньоагрегатна пористість і тим самим погіршується агрономічна цінність ґрунту як середовища перебування коренів рослин.

Факторний аналіз причин, що викликають переущільнення ґрунтів, перевагу віддав конструктивним особливостям ходових систем і кількості проходів МТА по полю (Medvedev et al., 2004). Тому для подолання переущільнення надто важливо вдосконалити МТА й технологію виконання механізованих польових робіт. Така стратегія поступово стає популярною в північних європейських країнах, США й Канаді, де все частіше можна побачити на полях МТА зі здвоєними й навіть строєними пневматичними шинами низького тиску. Важливо відзначити, що в країнах з розвинутою землеробською спеціалізацією активно обговорюються або вже введені приблизно такі самі, як і в Україні, нормативи припустимого питомого тиску на ґрунт (Hakansson et al., 1995; Hakansson, 2005; Tijink et al. 2001; Durr et al., 1995). Більше того, усе популярніше стає маршрутизація й ретельний контроль руху МТА по полях на сівбі, внесенні добрив, засобів захисту й збирання врожаю, що ставить за мету мінімізацію площі ущільнення полів (Dumas et al., 1972). Україна, хоча й ініціювала (одна з перших) прийняття нормативу припустимого питомого тиску на ґрунт, продовжує застосовувати багатоопераційні окремо виконувані обробітки за допомогою переважно енергонасичених МТА. Те й інше вимагає більш активної модернізації. Такі технічні засоби й технології поступово повинні йти в минуле внаслідок їх очевидного деградаційного впливу на ґрунт.

Переущільнення піднасіньового прошарку. У табл. 3 демонструються результати вимірів рівноважної (приблизно через 1–2 місяці після весняних обробіток і сівби ярих зернових культур) щільності будови у над-, піднасіньовому прошарках, а також у плужній підшві на чорноземних ґрунтах ріллі країни. Одночасно обраховано перевищення щільності будови в піднасіньовому прошарку і в плужній підшві до щільності попереднього прошарку, а також до тих самих глибин цілини (тривалого перелугу) аналогічних ґрунтів.

З таблиці видно, що в піднасіньовому прошарку рівноважна щільність будови, хоча й зростає після проведення весняних польових робіт відносно верхнього прошарку, значної небезпеки для появи сходів і розвитку коренів не створює, за винятком чорноземів опідзолених легко- та середньосуглинкових. Адже відповідно до численних літературних і наших досліджень за щільності нижче $1,30 \text{ г/см}^3$ безперешкодно формуються корені 1-го, 2-го й наступних порядків. Корені проникають у глиб ґрунту й формують глибоку розгалужену й продуктивну кореневу систему (Medvedev et al., 2004).

Переущільнення піднасіньового прошарку ґрунту негативно впливає на морфологію коренів, помітно зменшуючи їхню довжину та діаметр. За результатами проведених досліджень С. І. Криlach (Krylach, 2014) встановлено зменшення довжини та діаметру кореневої системи сільськогосподарських культур за збільшення рівня ущільнення ґрунту більше ніж $1,30 \text{ г/см}^3$. За такої щільності будови ґрунту відмічається зменшення загального об'єму кореневої системи, а також кількості та довжини кореневих волосків.

Далі порівняємо значення рівноважної щільності для різних орних ґрунтів із щільністю їхніх цілинних аналогів або тривалого перелугу. У цілинних (перелогових) умовах нами проводилися багаторічні спостереження за щільністю будови на добре відомих об'єктах – заповідниках Асканія-Нова (Херсонська область, чорнозем південний важкосуглинковий) і Михайлівській цілині (Сумська область, чорнозем типовий середньосуглинковий), а також на перелозі чорнозему звичайного важкосуглинкового (Дніпропетровська область, Синельниківська дослідна станція колишнього інституту кукурудзи). Виявилось, що досліджений показник становив відповідно в прошарку 0–5 см $1,00$; $1,15$ і $1,10 \text{ г/см}^3$, у прошарку 10–15 см – $1,02$; $1,17$ і $1,12 \text{ г/см}^3$, у прошарку 30–35 см – $1,05$; $1,15$ і $1,19 \text{ г/см}^3$. Дослідження на цілинах і перелозі, що тривали протягом 30 років (з 1967 по 1997 рр.), показали, що щільність

Таблиця 3

Щільність будови в окремих прошарках кореневищного шару в умовах цілини (перелогу) і ріллі
(над рискою – середні значення, під рискою – кількість дат, залучених до розрахунку)

Назва ґрунту та гранулометричний склад	Рівноважна щільність будови орного ґрунту (г/см ³) на глибині, см			Перевищення рівноважної щільності в орному ґрунті, + г/см ³ , до попереднього прошарку		Перевищення рівноважної щільності в орному ґрунті, + г/см ³ , до природного аналогу на глибині, см		
	0–5	10–15	30–35	у піднасіневому прошарку	у плужній підшві	0–5	10–15	30–35
Чорноземи опідзолені легко- та середньосуглинкові	$\frac{1,25}{12}$	$\frac{1,34}{3}$	$\frac{1,33}{9}$	0,09	0	–	–	–
Чорноземи типові середньо- та важкосуглинкові	$\frac{1,19}{29}$	$\frac{1,24}{12}$	$\frac{1,29}{12}$	0,05	0,05	0,04	0,07	0,14
Чорноземи звичайні важкосуглинкові та легкоглинисті	$\frac{1,08}{50}$	$\frac{1,18}{21}$	$\frac{1,25}{42}$	0,10	0,07	0,02	0,06	0,06
Чорноземи південні важкосуглинкові та легкоглинисті	$\frac{1,10}{17}$	$\frac{1,19}{11}$	$\frac{1,23}{5}$	0,09	0,04	0,10	0,17	0,18

будови мало змінювалася в часі (як за роками, так і протягом сезону). Через цю причину встановлені параметри щільності можна прийняти як фонові (абсолютні, еталонні, природні) і використати як точки відліку для оцінювання змін орних ґрунтів аналогічної генези під дією агрономічної практики.

Одночасно аналіз тієї ж таблиці доводить, що рівноважна щільність на ріллі зросла у всіх досліджених прошарках, але особливо помітно в плужній підшві. Характерно, що щільність у плужній підшві наблизилася до $1,30 \text{ г/см}^3$ – величини, що істотно обмежує можливості самого ґрунту розуцільнюватися під дією об'ємних змін. Як було встановлено, за такої величини ущільнення корені і волога гірше проникають у консолідовані агрегати, що істотно гальмує розуцільнення ґрунту (Medvedev et al., 2004). За цими самими даними, у суглинковому чорноземі вже за щільності $1,29 \text{ г/см}^3$ аерація досягає критичної межі у 15 %. Легко припустити, що саме в плужній підшві акумулюється ущільнення й створюються умови для поступового формування переущільнення в активній частині кореневмісного шару.

У той же час у піднасіньному прошарку внаслідок формування лише помірних рівнів щільності не створюються умови для гальмування процесів розуцільнення. Однак висновок про відсутність переущільнення в піднасіньному прошарку орних ґрунтів був би поспішним і необґрунтованим. Про можливість переущільнення в цьому прошарку свідчить карта щільності, побудована за масовими вимірами цього показника на чорноземних ґрунтах. Виявляється, що майже на 7,9 млн га щільність ґрунту після проведення весняних польових робіт і сівби перевищує припустиму величину $1,30 \text{ г/см}^3$, а на 3,5 млн га – наближається до неї (рис. 1, табл. 4). Підкреслимо, що перевищення рівноважної щільності будови припадає на найбільш цінні чорноземні ґрунти країни. Причина досить відома – у сільському господарстві на весняних польових роботах віддають перевагу важким потужним колісним тракторам підвищеного класу, бо вони дозволяють за рахунок широкозахватних причіпних знарядь і підвищеної швидкості виконати будь-яку операцію з високою продуктивністю. В умовах, коли щільність повсюдно не вимірюється, створюється помилкове уявлення про користь від використання таких тракторів. Але, на жаль, повністю ігнорується той факт, що питомий тиск ходової системи трактора класу 3т майже удвічі перевищує державний стандарт.

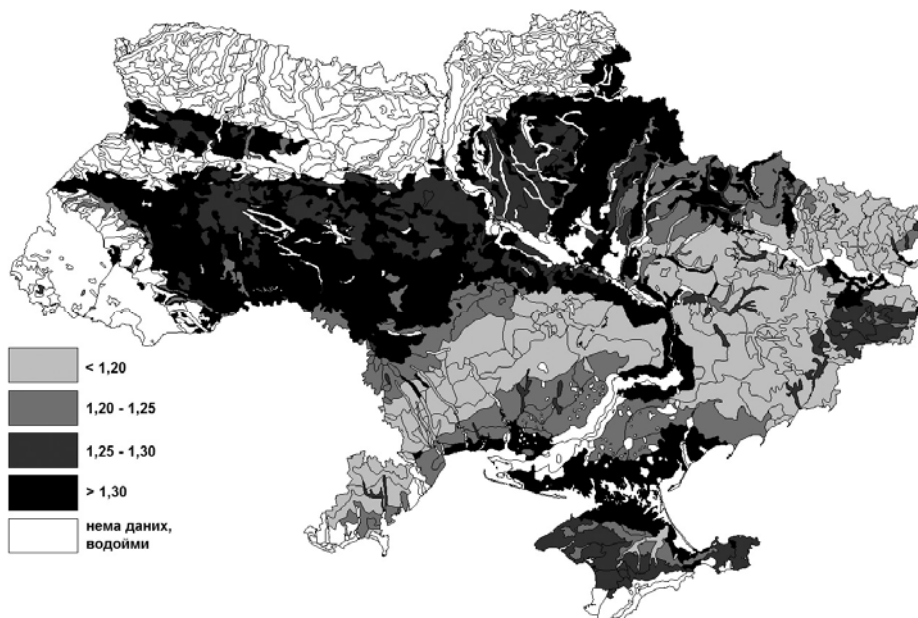


Рис. 1. Рівноважна щільність будови орних чорноземних ґрунтів у прошарку 10–15 см, г/см^3

Таблиця 4

Розподіл площ ріллі в чорноземній зоні за щільністю у прошарку 10–15 см

Щільність будови ґрунту в прошарку 10–15 см, г/см ³	Площа ріллі	
	%	млн. га
< 1,20	20,8	6,2
1,20–1,25	11,7	3,5
1,25–1,30	11,5	3,5
> 1,30	26,3	7,9
нема даних	29,7	8,9

Далі наведемо результати польового дослідження з вивчення щільності ґрунту під впливом різної кількості проходів тракторів класу 3т (табл. 5).

Таблиця 5

Щільність будови (г/см³) чорнозему типового важкосуглинкового в окремих прошарках кореневмісного шару під дією гусеничного і колісного тракторів класу 3т

Тип ходової системи	Кількість проходів	Глибина вимірювання, см		
		0–5	10–15	30–35
Гусеничний	0	1,15	1,15	1,17
	1	1,17	1,17	1,17
	2	1,25	1,23	1,20
	3	1,27	1,25	1,23
	4	1,27	1,27	1,23
	6	1,32	1,32	1,27
	8	1,35	1,35	1,28
	10	1,37	1,37	1,28
Колісний	0	1,15	1,15	1,17
	1	1,17	1,20	1,23
	2	1,26	1,27	1,25
	3	1,30	1,32	1,27
	4	1,33	1,34	1,30
	6	1,37	1,38	1,33
	8	1,37	1,38	1,35
	10	1,38	1,41	1,39

Якщо обрати за критерій припустимого ущільнення зазначений вище параметр ущільнення 1,30 г/см³, то для гусеничного трактора класу 3т не слід використовувати весною більше 4 проходів по одній й тій самій колії, а для колісного такого ж класу ще менше – не більше 3. Водночас треба підкреслити, що гусеничний трактор не впливає на ущільнення плужної підшви, тоді як колісний явно сприяє акумулюванню щільності на цій глибині, що вкрай небажано.

Плужна підшва. Про плужну підшву відомо лише те, що вона утворюється в результаті обробки ґрунтів плугом на ту саму глибину внаслідок надзвичайно високих тисків у контактній зоні між лезом плуга й ґрунтом (Кушнарев, 1987). Незважаючи на прийняті профілактичні міри (в основному шляхом періодичної зміни глибини оранки), ущільнений прошарок на межі між орним і підорним шарами присутній практично завжди.

Опираючись на зібрані нами дані (Medvedev et al., 2011), можна стверджувати, що якщо твердість у плужній підшві перевищує 35–40 кгс/см², ріст коренів у глибину обмежується. Це значить, що за такої твердості зменшуються адаптивні можливості культур, особливо в умовах нестачі доступної ґрунтової вологи. Адже ріст коренів у глибину ґрунту, де завжди є волога, у цих випадках вкрай важливий.

Одночасно це ж означає, що із плужною підшвою варто боротися не тільки профілактичними засобами, але й за допомогою глибокого розпушування.

Комбінована технологія, як правило, не передбачає проводити обробіток ґрунтів глибше 27–28 см, тому що більшість польових дослідів не супроводжувалася помітною користю від поглиблення оранки (Gordienko et al., 1998). Дійсно, збільшення врожаю від поглиблення оранки в більшості випадків було невеликим, часто нестабільне в часі, дуже залежало від якості дотримання інших елементів технології. Разом з тим не можна не звернути увагу на те, що в умовах дослідів дотримуються технологічні рекомендації, рідко використовуються енергонасичені МТА підвищеної маси й взагалі вище культура землеробства.

Тому, здається, доцільно провести дослід з поглибленням оранки в умовах виробництва за ретельного контролю твердості ґрунтів у плужній підшві.

Точно також, імовірно, виправдано вивчити роль підорного шару, особливо в умовах короткопрофільних ґрунтів, у живленні рослин. Адже це питання досі практично обійдено увагою й науковців, і виробників. У зв'язку із цим доречно нагадати, що в ґрунтах з неглибоким ілювіальним горизонтом, за наявності переуцільнення, викликаного осолонцюванням або залишковими явищами механічної дії на ґрунтах важкого гранскаду, а в деяких випадках і на легких ґрунтах глибоке меліоративне, переважно безвідвальне, розпушування виявляється досить корисним. В умовах широкого застосування важких МТА й частой присутності переуцільнення в підорних шарах активізація цих робіт представляється досить актуальною.

Про абіотизацію агрегатів (табл. 6). Звертає на себе увагу пористість окремих агрегатів і особливо їх повітряємність. Останній параметр виявився для нас зовсім несподіваним. Його величина, що дорівнює 2,0 %, може свідчити про можливе нагромадження усередині агрегатів продуктів неповного розкладання органічних речовин, істотне зниження мікробіологічної активності, локальну присутність відновних реакцій, зовсім не характерних для дернового процесу ґрунтоутворення. Це цілком імовірно навесні й під час тривалих опадів, коли рівень зволоження близький до найменшої вологості. Та й іншим часом також можливо, але приурочено до простору всередині агрегатів, тому що їхня пористість у край низька – 38,4 %, а щільність будови, навпаки, дуже висока – 1,57 г/см³. За таких показників мінералізація органічних речовин і трансформаційна діяльність мікроорганізмів уповільнюється.

Таблиця 6

Зміна водно-фізичних властивостей чорнозему південного на цілині й ріллі в рівноважному стані уцільнення (шар 0–20 см)

Показники	Рівноважна щільність будови, г/см ³	
	1,00 (цілина)	1,35 (рілля)
Загальна пористість, %	60,8	45,1
Пористість агрегатів 3–5 мм, %	41,9	38,4
Щільність агрегатів 3–5 мм, г/см ³	1,48	1,57
Повітряємність за НВ, %	35,3	8,7
Повітряємність агрегатів 3–5 мм, %	15,6	2,0
Водопроникність, мм/година	65	53

Можна гіпотетично представити, що дерновий процес в уцільненому (деградованому) ґрунті локалізується на поверхні агрегатів, де останні контактують із міжагрегатною пористістю. Усередині ґрунтових агрегатів типовий дерновий процес уже не є суцільним, він чергується з іншим процесом перетворення органічних речовин, що, як здається, варто вивчити докладніше й знайти йому місце в сучасній таксономії подібних процесів. Підкреслимо: у верхньому шарі, приблизно 0–30 см, через періодичний обробіток він виражений слабо або взагалі не виражений. Зате в

шарі 30–70 см його присутність зовсім очевидна. Це своєрідний метаморфізований (перетворений *in situ*) сучасний (новий) генетичний горизонт як наслідок багаторічного нагромадження в цьому шарі переущільнення. *Знижене надходження всередину агрегатів вологи, підвищена щільність агрегатів, погіршення умов для гумусоутворення – все це можна трактувати як ослаблення чорноземного ґрунтоутворення.*

За даними А. Л. Бородіна (Borodin, 2016), перехід від деформації кришення до вкрай негативної пластичної деформації (що саме й знижує агрономічну цінність агрегатів) відбувається приблизно за тиску 80 кПа (для чорнозему типового важкосуглинкового). Цей тиск співпадає з величиною національного стандарту припустимого тиску ходової системи МТА на ґрунт (Yevtenko et al., 2007).

Глибина кореневмісного шару і морфологічні ознаки коренів. Через стійке збільшення рівноважної щільності, появу плужної підшви, активізацію ерозійних процесів і інші причини глибина кореневмісного шару у довготривалій ріллі (порівняно з цілинним аналогом) зменшується, суттєво змінюються поглинальні морфологічно важливі характеристики коренів, погіршується коренепроникність структурних агрегатів і в цілому знижується біопродуктивність рослин (Bulyhin, Tymchenko, 1998; Medvedev et al., 2004).

Отже, тривала оранка чорноземів приводить до глибоких змін у їхній структурі, будові, процесах мікро- і особливо макроагрегації, фізичних і водних властивостях. Найбільш важливим представляється майже відсутній на цілині своєрідний пульсаційний процес зміни основних компонентів будови, за якого в ґрунті відразу після обробітку різко збільшується повітряємність, зменшується частка твердої фази в одиниці об'єму, а потім за рахунок релаксаційних процесів відбувається відновлення рівноважної щільності до більш високого рівня, ніж на цілині. Наслідком цього є, видимо, такий же пульсаційний хід всіх інших процесів, функціонально пов'язаних із щільністю будови ґрунту. У результаті орний чорнозем помітно відрізняється фізичними параметрами від цілини.

Не менш важливі зміни хімічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей, з яких потрібно підкреслити зміни реакції ґрунтового розчину, ємності поглинання, співвідношення обмінних катіонів, мікробного пула й мікробіологічної активності. Про правомірність висловлених міркувань можна судити з великої кількості різноманітних публікацій, наприклад з фундаментального узагальнення, виконаного за редакцією В. А. Ковди та О. М. Самойлової «Русский чернозем. 100 лет после В. В. Докучаева» (Kovda, Samoilova, 1983).

Преференційні потоки вологи (або провальна фільтрація великими порами) формуються в давно оброблюваному ґрунті за рахунок присутності в ній брилистих окремоностей. Добре відомо, що навіть невелике відхилення вологості в момент обробітку від вологості фізичної спільності приводить до утворення брил. Саме тому понад 82 % орних ґрунтів країни утворюють брили, причому близько 12 % ріллі схильні до цього в значній мірі (Medvedev, 2008). Географічно – це солонцюваті ґрунти сухого Степу, Вінницький острів еродованих сірих опідзолених ґрунтів, оглеєні ґрунти Передкарпаття й Закарпаття, а також повсюдно багато регіонів Лісостепу й Степу. Це явище характерно майже для всіх ґрунтів, крім піщаних і супіщаних різновидів. У Степу України, де час перебування ґрунту в стані фізичної спільності дуже нетривалий, імовірність утворення брил за обробітку значно зростає.

Саме за рахунок брил волога атмосферних опадів великими порами провалюється в глиб профілю. Як показують порівняльні дослідження фільтраційної здатності різних структурних фракцій, для майже миттєвого спадного пересування вологи потрібно всього лише невелика кількість брил і відповідно великих пор (Medvedev et al., 2003). Причому, якщо в оброблюваному шарі преференційні потоки формуються за рахунок брил, то в глибині профілю – за рахунок великих пор біологічного походження (Medvedev et al., 2003; Begun, 2012). У дослідженнях

підтверджено експонентний зв'язок, тобто багаторазове наростання фільтрації як тільки в ґрунті з'являється лише невелика кількість брил (Vershynyn, 1959).

Цілком обґрунтовано до преференційних можна віднести й висхідні потоки вологи, які приводять до непродуктивних втрат продуктивної вологи в результаті процесів фізичного випару. І знов-таки цьому сприяють брили в поверхневому шарі (Medvedev et al., 2004; Medvedev, 2008). Отже, під впливом тривалого механічного обробітку й майже неминучого знеструктурення ґрунту при цьому його водний режим погіршується – за рахунок спадних (за межі кореневмісного шару) і висхідних (у результаті посилення випару) водних потоків.

Далі розглянемо деякі інші аспекти впливу фізичних властивостей і особливо структурного стану на виконання ґрунтом продуктивних і екологічних функцій.

Роль структури в стійкому забезпеченні населення ґрунту вологою. Добре відомо, що структурний ґрунт здатний у сотні й навіть тисячу разів ефективніше вбирати вологу, ніж безструктурний, розпилений. Про це свідчить експонентна залежність (Vershynyn, 1959), причому розходження між ґрунтами, що мають неоднаковий структурний склад, починають відчуватися вже за мінімальної кількості в ньому пилу. Якщо при цьому структурний ґрунт має ще й водостійкі в часі агрегати, це забезпечить величезні екологічні переваги такому ґрунту. Адже такий ґрунт за рахунок головним чином преференційних потоків вологи здатний зволожитися практично дуже швидко на всю глибину кореневмісного шару. Неважко передбачати подальшу долю цієї вологи. З міжагрегатних проміжків за рахунок перепаду тисків вона поступово переміститься у внутрішньоагрегатні пори, де буде збережена й стане доступною для численних мешканців у ґрунті. Звичайно, у реальних умовах, де в ґрунті, особливо в її поверхневому шарі, завжди є деяка кількість пилу, а в профілі майже обов'язково присутні перешкоди (у вигляді плужної підшови або переуцільнених ілювійованих горизонтів) для безперешкодного спадного преференційного потоку, зволоження проходить не настільки швидко й не настільки закономірно. Але все-таки безпосередні спостереження за такими процесами доводять, що описана схема підтверджується (Medvedev et al., 2003).

Роль структури в зменшенні швидкості мінералізації. Добре оструктурений ґрунт, як ми встановили, має бімодальну структуру порового простору, причому зі збільшенням у складі структур дрібних агрегатів частка тонких пор зростає. Відповідно до цього погіршуються умови для мінералізації, і частина органічних речовин виявляється захищеною від процесу прискореного розкладання. Адже в цьому процесі бере участь винятково анаеробна мікрофлора, а в тонких порах умови для її активної життєдіяльності несприятливі. Прямих досліджень у цьому напрямку ми не проводили, але в літературі на цей рахунок є чимало доказів. Так, A. G. Seech et al. (1998) і J. A. Van Veen et al. (1990) установили, що присутність у ґрунті невеликих пор зменшує доступність органічних матеріалів для розкладання, тим самим знижуючи мінералізацію вуглецю й азоту. Незалежно від цих робіт J. D. Jastrow et al. (1991) установили просторову локалізацію мікробів і мезофауни залежно від розміру структурних агрегатів. Бактерії також приурочені до пор різних розмірів у межах ґрунтового агрегату, вибираючи їх залежно від аерації й обводненості (Hattori et al., 1976; Winding, 1994). Так, високий рівень денітрифікації відзначається в центральній частині макроагрегатів невеликих розмірів (Sextone et al., 1985).

Роль структури в підтримці біорізноманіття. Наявність у ґрунті структурних одиниць і відповідно пор різного розміру обумовлює просторову різноякісність умов і, насамперед, у забезпеченості вологою й повітрям. Ця обставина служить основною причиною неоднорідності, точніше, локалізації фауни в ділянках з підвищеною або зниженою гідроморфністю й ксероморфністю відповідно їхнім вимогам до середовища. Таким чином, у ґрунті створюються умови для збереження біорізноманіття в роки з несприятливими кліматичними умовами. Чисельність фауни

в несприятливі роки хоча й скорочується, при відновленні модальних умов мікробіологічний пул здобуває колишні риси. На цю особливість структурного ґрунту звернули увагу Є.В. Шеїн та ін. (Shein, Mylanovsky, 2001). Згодом С. Я. Трофимов та ін. (Trofimov et al., 2004) констатували, що неоднорідний розподіл вологи в ґрунтовому просторі (додамо від себе, що є наслідком наявності структур і пор різного розміру) з'явився фактором еволюції, що привів до формування найпростіших мініатюрних розмірів, адаптованих до життя у водних примікроагрегатних плівках.

Підкреслимо: внутрішні і міжагрегатні проміжки по-різному забезпечені водою й повітрям, тут по-різному здійснюються обмінні процеси, трансформація органічних речовин, різні трофічність і в цілому умови життя. Так, поверхневі зони агрегатів завжди збагачені аеробною, внутрішні, навпроти – анаеробною мікрофлорою. У посушливих умовах на чорноземах у внутрішньоагрегатному просторі завжди зберігаються умови для виживання вологолюбних мікроорганізмів.

Роль структури в секвестрації вуглецю. На жаль, роль структури ґрунтів, як і особливо способів їхнього обробітку, у балансі атмосферного й ґрунтового вуглецю досліджена в Україні зовсім недостатньо, що варто було б виправити у зв'язку з міждержавними дискусіями з цього приводу. Є всі підстави припускати, що підтримка поверхневого шару ґрунтів у добре оструктуреному стані буде сприяти консервації вуглецю ґрунту на існуючому рівні. Тут доречно згадати роботу австралійських дослідників, виконаних ще в 50-ті роки минулого сторіччя (Rovira et al., 1957). У ній було показано, що підтримка ґрунту в агрегованому стані запобігала втратам поживних речовин із ґрунту, доступу мікроорганізмів до органічної речовини, розташованої всередині агрегатів. Навпроти, штучне руйнування агрегатів підвищувало вміст у ґрунті рухомих елементів живлення й стимулювало мікробіологічну активність.

Досвід довгострокового застосування мінімальних способів обробітку й особливо його нульового варіанта, що супроводжується поліпшенням структурного стану ґрунту, доводить можливість не тільки призупинення втрат гумусу, але й деякого збагачення ним орного ґрунту (Medvedev et al., 2006).

Наші припущення виправдані, якщо звернутися до закордонного досвіду дослідження секвестрації вуглецю. Виявилося, що ця проблема в останні роки привертає увагу багатьох учених. Секвестрація вуглецю ґрунту – його здатність утримати вуглець від емісії в атмосферу й тим самим зм'якшити парниковий ефект. Секвестрація вуглецю розглядається як важлива частина проблеми охорони навколишнього середовища. У США видана книга (російською мовою), у якій уперше оцінено потенціал орних земель відносно можливості секвестрації вуглецю (Lal et al., 1998). Як і слід було сподіватися, у секвестрації вуглецю вирішальне значення має якість поверхневого шару ґрунтів, що залежить від способів їхнього обробітку, а із властивостей ґрунтів – від умісту в них гумусу й структурного складу. У книзі приводиться ряд посилань на дослідження, які показали наявність тісного зв'язку між секвестрацією вуглецю й розміром структурних агрегатів (Angers, 1992; Beare et al., 1994; Tisdal, 1996). Агрегати ґрунту розглядаються як орґано-мінеральні утворення, у яких вуглець захищений від мікробного розкладання і, отже, від емісії.

У США не випадково вже давно звернули увагу на втрати ґрунтового вуглецю. Наведемо рис. 2 із цієї книги, що ілюструє значне зменшення вмісту вуглецю в ґрунті, що відбулося з 1907 р., коли були розорані степи в центральних районах і почалося вирощування зернових культур, переважно кукурудзи, до 1990 р. За цей час ґрунти втратили понад 50 % запасу свого вуглецю. І лише починаючи з 60-х років, із часу впровадження ґрунтозберезувальних технологій, втрата вуглецю призупинилася, і навіть, приблизно з 80-х рр., стала відзначатися протилежна тенденція (+8 %). Інакше кажучи, внесок агросфери США в емісію вуглецю протягом, принаймні, двох третин 20 століття був досить значний.

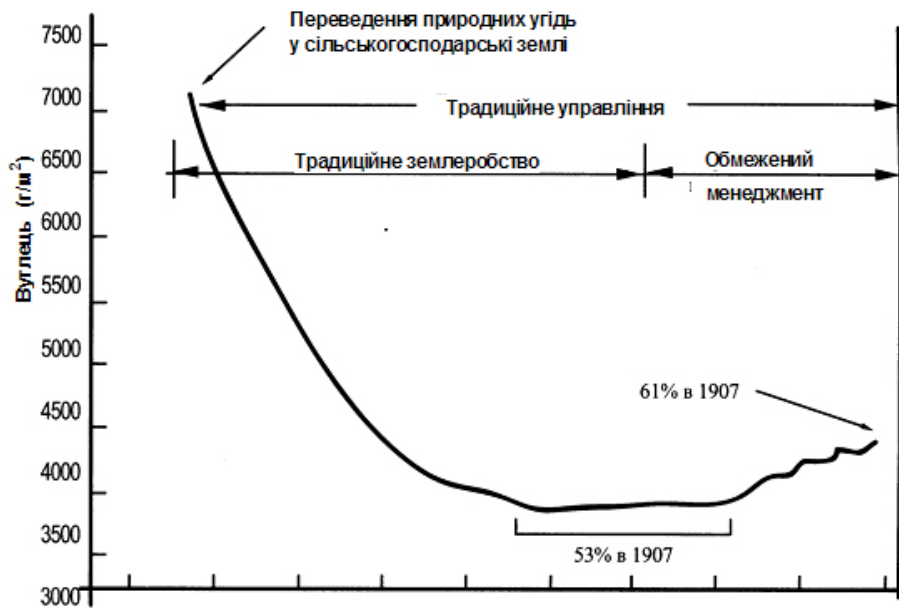


Рис. 2. Зміни вмісту вуглецю в шарі 0–20 см у ґрунтах центрального зернового поясу США з 1907-го по 1990 р.

Становить інтерес зіставити втрати ґрунтового вуглецю приблизно за той же період з аналогічними втратами в Україні. Такі дані в нас є (Zubetz et al., 2007; та ін.). Втрати в Україні були приблизно в 2 рази меншими (22 % до початку 60-х років), тобто рівень інтенсифікації землеробства в США (точніше, рівень його незбалансованості), якщо опиратися тільки на динаміку вмісту гумусу в ґрунті, був у 2 рази вищий, ніж в Україні. Тенденція призупинення втрат гумусу до кінця 80-х років також мала місце в Україні, але пов'язана вона, швидше за все, з досягненням майже бездефіцитного балансу органічної речовини. Розглянемо це питання докладніше.

Для визначення зміни в орних ґрунтах умісту органічної речовини були зібрані відповідні дані більш ніж за 100 років, із часу досліджень В. В. Докучаєва. Матеріали були піддані обробці з використанням методології Дж. Бокса та ін. (Boxing, Jenkins, 1974). Модель імітує динаміку вмісту гумусу в ґрунтах як стаціонарний процес, що має елементи інерції, відновлення (після того як призупиниться дія зовнішнього фактора) і розсіювання. Як здається, ці елементи методології щонайкраще відбивають суть взаємодії ґрунту із зовнішніми факторами, які мають фізичну або соціально-економічну природу. Зокрема, модель здатна зіставити інерційність ґрунту як тіла природи, що підтримує в просторі й у часі свої модальні параметри (тобто тіла, що розсіює зовнішнє навантаження) і динамічні зовнішні фактори, які здатні підсилюватися, послаблятися або зникати зовсім. Обробка даних здійснюється за допомогою диференціальних рівнянь, які ускладнюються на кожному наступному етапі. Нарешті, у результаті аналізу одержали рівняння високого порядку, що могло описати навіть мало помітні зміни в довгому ряді показників. Зрозуміло, нас найбільше цікавив сучасний етап, після 1990 р., коли дія зовнішнього навантаження на ґрунт стала слабкішою, а також найближчі й віддалені роки. Виявилося, що вміст гумусу в ґрунті постійно, з кінця 19 сторіччя й приблизно до 60–70 рр. 20 сторіччя знижувався, потім відчувалося помітне гальмування втрат (до кінця 80-х років), після якого, незважаючи на відомі катаклізми в аграрному секторі країни, – стабілізація. У перший явно дефіцитний період втрати гумусу досягли майже 22 % від вихідної кількості, прийнятого за 100 %, у другий – втрати становили менш 5 %. Саме це домінуюче місце мінералізаційних процесів у чорноземах протягом більшої частини

20 сторіччя, що змінилося стабілізацією, і доводить досягнення простого відтворення родючості ґрунтів в 90-х рр. (після майже 25 років успішної хімізації). Відсутність падіння вмісту гумусу в ґрунтах протягом наступних 10–15 років свідчить про інерційність самого ґрунту. Скільки буде діяти інерційність, не ясно, але можна передбачати два сценарії. Перший – консервація запасу гумусу, за умови простого відтворення, другий – продовження падіння, за умови збереження дефіцитного балансу, тобто сучасного соціально-економічного стану аграрної сфери.

Основні закономірності динаміки вмісту гумусу в чорноземах України протягом більш ніж 120-літнього періоду й можливі сценарії її подальшого розвитку представлені на рис. 3.

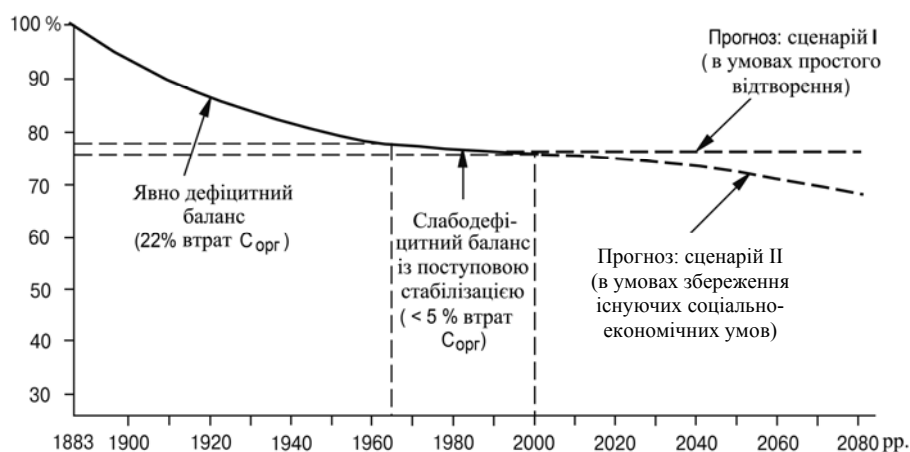


Рис. 3. Динаміка вмісту гумусу в чорноземних ґрунтах середнього гранскладу за період 1883–2000 рр. і прогноз його зміни до 50-х – 80-х рр. 21 сторіччя

Нарешті, важливо відзначити цікаву закономірність: середні втрати гумусу в орних ґрунтах України за 100 років майже повністю збігаються із втратами водостійкості структури (нагадаємо, що вона зменшилася приблизно з 70–80 % на цілині до приблизно 50 % на орних ґрунтах). Хіба це не доказ недосконалості традиційного землеробства й необхідності заміни його на ґрунтозбережувальне? Тому нам варто уважніше поставитися до досвіду дослідження процесу секвестрації вуглецю в США й, головне, до заходів, які реально здатні повернути тенденцію в протилежну сторону, як це знов-таки цілком переконливо демонструється в згаданій книзі.

Відразу ж підкреслимо, що в контексті статті ми не можемо не помітити, що підтримка структури ґрунту й недопущення її руйнування саме є чи не головним фактором секвестрації вуглецю. Більше того, майже всі заходи, відзначені в роботі Р. Лала і його співавторів як високоефективні в аспекті секвестрації, одночасно є й структурозбережувальними. Це – переведення частини оброблюваних земель під пасовища й ліси, сівозмінна й мінімальна (нульова) технологія обробітку, залишення рослинних залишків на поверхні поля, мульчування, зменшення частки в сівозміні просапних культур і парів, посів пожнивних і поукісних культур, особливо обережна оранка органогенних ґрунтів, підвищення родючості малопродуктивних ґрунтів, внесення речовин, що сповільнюють нітрифікацію, й інші.

Фізична деградація і врожай сільськогосподарських культур. Нами узагальнено власні та літературні дані про зниження врожайності культур за умов зростання щільності. Виявилось, зниження врожайності від збільшення щільності підкоряється квадратичній залежності, типова форма якої демонструється на рис. 4. Подальша обробка отриманих даних дозволила одержати наступні нормативні параметри (табл. 7).

Характерно, що майже для всіх досліджених культур пік кривих розташовується в інтервалі щільності будови 1,1–1,3 г/см³. За подальшого наростання щільності врожай

різко знижується і навіть може досягти нуля, якщо щільність стане більше 1,5–1,6 г/см³. Для зернових колосових культур криві мають більш пологий вид, ніж для просапних, що означає: останні культури більш вимогливі до умов щільності і потенційно відгукуються більш значним зниженням урожаю на деградованих ґрунтах. Для просапних культур більш значний норматив зниження врожайності при зростанні щільності (на спадаючій частині кривої). Розрахунок нормативу зроблено з використанням правої частини апроксимованої кривої.

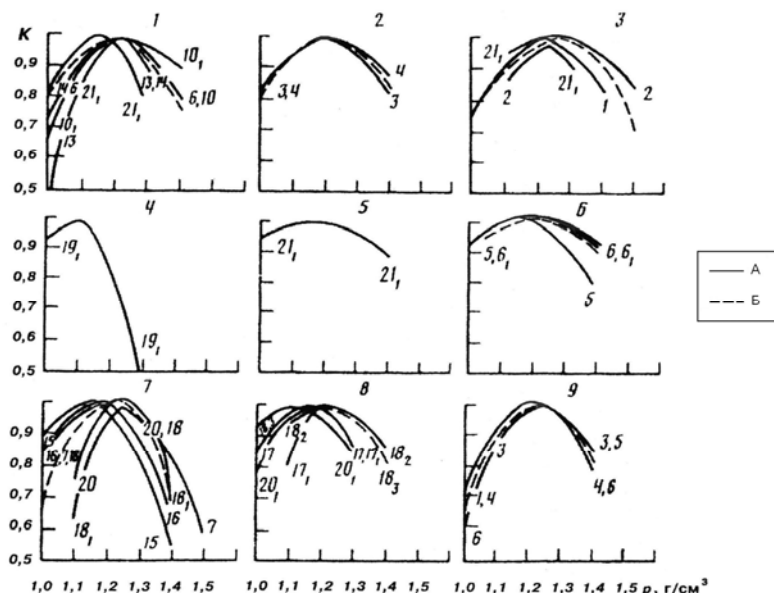


Рис. 4. Динаміка врожайності польових культур за різної рівноважної будови орного шару чорноземів типових середньосуглинкових (1–5) і важкосуглинкових – легкоглинистих (6–9): 1 – озимі, $K=1-6,78(p-1,22)^2$; 2 – цукрові буряки, $K=1-4,37(p-1,21)^2$; 3 – кукурудза, $K=1-4,17(p-1,24)^2$; 4 – горох, $K=1-10,83(p-1,08)^2$; 5 – ярі, $K=1-2,07(p-1,17)^2$; 6 – цукрові буряки, $K=1-2,50(p-1,20)^2$; 7 – озимі, $K=1-8,33(p-1,21)^2$; 8 – ярі, $K=1-4,37(p-1,19)^2$; 9 – кукурудза, $K=1-6,81(p-1,24)^2$.
А – залежність урожаю культури в конкретному досліді; Б – узагальнена залежність;
К – відношення фактичної щільності до оптимальної.

Таблиця 7

Нормативи зниження врожайності польових культур за підвищення рівноважної щільності будови на 0,1 г/см³

Культура	Нормативи, ц/га
Озима пшениця	4–5
Ячмінь	3–4
Горох	3–4
Цукрові буряки	20–30
Кукурудза	10–12

Також виразне зниження врожаю за накопичення в ґрунті брилистих або пилюватих структур.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У статті звертається увага на деякі прояви фізичної деградації в орних чорноземах, що є наслідком використання в землеробстві машинно-тракторних агрегатів з високим тиском ходових систем. Зокрема: підвищена брилистість

посівного шару, формування надмірних показників щільності будови в піднасіннєвому прошарку і особливо в плужній підшві, виникнення небажаних преференційних потоків доступної вологи за межі кореневмісного шару, від'ємна пластична деформація ґрунтових агрегатів. Ці прояви погіршують якість сівби, сходів і гальмують їхню появу, перешкоджають розвитку кореневої системи та її якості. Для зменшення негативних наслідків переущільнення потрібно за обробітку дотримувати стандарту припустимого тиску ходових систем МТА на ґрунт, скоротити число їхніх проходів по полях, а також поширити застосування заходів, що сприяють оструктуренню ґрунтів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Begun, O. M., 2012. Vzeyemodiya ґрунту ta yoho strukturnykh komponentiv z volohoyu yak kryteriy fizychnoho stanu chornozemu [The interaction of soil and its structural components from moisture as a criterion the physical condition of black soil] Candidate thesis. Agricultural Science. Kharkiv (in Ukrainian).
- Borodin, A. L., 2016. Ahrofizychni vlastyivosti posivnoho sharu ґрунту pered sivboyu yarykh kultur [Agrophysical properties sowing soil before sowing of spring crops]. Agrochemistry and soil science 85, 96–99 (in Ukrainian).
- Boxing, J., Jenkins, G., 1974. Analiz vremennykh ryadov. Prognoz i upravleniye [Time series analysis. Forecast and Management] Moscow. 1 (2), 406, 197 (in Russian).
- Bulyhin, S. Yu., Tymchenko, D. O., 1998. Vplyv eroziyi na stan zemelnykh resursiv [The impact of erosion on the state of land resources]. Land Resources of Ukraine, 36–38 (in Ukrainian).
- Dumas, W. T., Komurer, F. A., Smith, K. A., 1972. Controlling traffic increases cotton yields. Highlights Agr. Res. 19(2), 16.
- Durr, H. J., Petelkau, H., Sommer, C., 1995. Literaturstudie Bodenverdichtung. Institut fur Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt fur Landwirtschaft Braunschweig-Volkenrode (Fal), 203 p.
- Gordienko, V. P., Malienko, A. M., Grabak, N. H., 1998. Progresivni sistemi obrobіtku ґрунту [Progresivni Sistemi obrobіtku ground]. Simferopol (in Russian).
- Hakansson, I., 2005. Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence-consequences-counter measures. Uppsala. Report of Soils Sciences Department. Swedish University of Agricultural Sciences 109, 153 p.
- Hattori, T., Hattori, R. 1976. The physical environment in soil microbiology: an attempt to extend principles of microbiology to soil microorganisms. Crit. Rev. Microbiol. 4, 423–461.
- Jastrow, J. D., Miller, R. M., 1991. Methods for assessing the effects of biota on soil structure. Agric. Ecosyst. Environ. 34, 279–303.
- Kovda, V. A., Samoilova, E. M., 1983. Russkiy chernozem. 100 let posle Dokuchayeva [Russian black earth. 100 years after Dokuchaev]. Moscow (in Russian).
- Krylach, S. I., 2014. Vliyaniye agrofizicheskikh parametrov pakhotnogo sloya pochvy na rost i razvitiye sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Influence of agro parameters topsoil on the growth and development of crops]. Soil Science and Agricultural Chemistry 2(53), 51–58 (in Russian).
- Kushnarev, A. S., 1987. Mekhanika pochvy: zadachi i sostoyaniye rabot Soil [Mechanics: challenges and status of work]. Mechanization and electrification of agriculture 3, 9–13 (in Russian).
- Lal, R. et al., 1998. Potentsial obrabatyvayemykh zemel' SSHA po sekvestratsii ugleroda i smyagcheniyu parnikovogo effekta [US potential arable land for carbon sequestration and mitigate the greenhouse effect]. Sleeping Bear Press, Inc. (in Russian).
- Medvedev, V. V. et al., 2006. Innovatsiyni tendentsiyi v obrobіtku hruntiv (za rezultatamy mizhnarodnoho proektu) [Innovative trends in tillage (according to the international project)]. Agricultural Chemistry and Soil Science. Special edition 7 USSA Congress, Kharkiv, 1, 79–94 (in Ukrainian).
- Medvedev, V. V., 2007. Neodnorodnost' pochvy i tochnoye zemledeliye [Soil Heterogeneity and precision farming]. Kharkiv (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2008. Struktura pochvy (metody, genezis, klassifikatsiya, evolyutsiya, geografiya, monitoring, okhrana) [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, security)]. Kharkiv (in Russian).

- Medvedev, V. V., 2013. Fizicheskiye svoystva i obrabotka pochv v Ukraine [Physical properties of soils and treatment in Ukraine]. Kharkiv (in Russian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. N., 2011. Granulometricheskii sostav pochv Ukrainy (geneticheskii, ekologicheskii i agronomicheskii aspekty) [Particle size distribution of soils of Ukraine (genetic, environmental and agronomic aspects)]. Kharkiv (in Russian).
- Medvedev, V. V., Lyndina, T. E., Laktionova, T. N., 2004. Plotnost' slozheniya pochv [The density of the soil adding]. Kharkiv (in Russian).
- Medvedev, V. V., et al., 2003. Osobennosti formirovaniya vertikal'nykh vodnykh potokov v chernozeme tipichnom [Features of formation of the vertical water flows in a typical black soil]. News HNA 1, 37–43 (in Russian).
- Pereuplotneniye pakhotnykh pochv, 1987 [Compaction of arable soils]. Ed. V. A. Kovda. Moscow (in Russian).
- Rovira, A. B., Greacen, E. L., 1957. The effect of aggregate disruption on the activity of microorganisms in the soil. Austral. J. of Agr. Res. 8 (6), 659–663.
- Seech, A. G., Beauchamp, E. G., 1998. Denitrification in soil aggregates of different sizes. Soil Sci. Soc. Am. J. 52, 1616–1621.
- Sextone, A. J., et al., 1985. Direct measurement of oxygen profile and denitrification rates in soil aggregates. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 645–651.
- Shein, E. V., Mylanovsky, E. Y., 2001. Prostranstvennaya neodnorodnost' svoystv na razlichnykh iyerarkhicheskikh urovnyakh – osnova struktury i funktsiy pochv. Masshtabnyye effekt pri issledovanii pochv [Spatial heterogeneity of the properties on the various hierarchical levels – the basis of soil structure and functions. Scale effect in soil research], 47–61 (in Russian).
- Tijink, F.G.J., van den Linden, J. P., 2001. Engineering approaches to prevent subsoil compaction in cropping system with sugar beet. Advances in Geoecology 32, 442–452.
- Trofimov, S. Y., Bobrov, A. J., Dorofeeva, E. I., 2004. Pochvy i raznoobraziye – analiz vzaimnogo vliyaniya [Soils and diversity – an analysis of mutual influence]. Moscow State University and Russian Academy of Sciences Proceedings 4, 8–20 (in Russian).
- Van Veen, J. A., Kuikman, P. J., 1990. Soil structure aspects of decomposition of organic matter by microorganisms. Biogeochemistry 11, 213–233.
- Vershynyn, P. V., et al., 1959. Osnovy ahrofizyky [Fundamentals ahrophysics]. Moscow (in Russian).
- Winding, A., 1994. Fingerprinting bacterial soil communities using Biolog microtitre plates. Beyond the biomass: Compositional and Functional Analyses of soil Microbial Communities. Wiley, Chichester, UK, 85–93.
- Yevtenko, V. G., Lyndina, T. E., Medvedev, V. V., Tsybulko, V. G., 2007. Tekhnika silskohospodarska mobilna (normy diyi khodovykh system na hrunt) [Agricultural mobile (the norms of action on the ground running)]. DSTU 4521:2006. Kyiv (in Ukrainian).
- Zubetz, M. V. et al., 2007. Environmental protection in the Ukraine. Agro-ecosystems in technogenesis conditions. Proc. of Meeting of the Union of European Agrarian Academies. Kyiv, Agrarna nauka, 9–58.

Стаття надійшла в редакцію: 15.03.2017

THEORETICAL AND PRACTICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE



I. S. Smaga ✉
I. I. Kazimir

Dr. Sci. (Biol.), Professor
Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 631.47

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
Kotsubinsky Str., 2, Chernivtsi, Ukraine, 58012*

FORMATION OF ACID-BASIC BUFFER COMPRESSION OF THE PRECARPATHIANS BROWNISH-PODZOLIC CLEYED SOIL IN DIFFERENT CONDITIONS OF MANAGEMENT

Abstract. The results of the study of the patterns of formation and parameters of the acid-base state and acid-base buffer capacity of the Buruk-podzolic gleyed soil of the Precarpathian region in the conditions of its development in artificially created humidification regimes, which enable to change the course of soil formation processes in a particular direction and to trace their impact on change indicators of the main properties of the soil. Simulation simulation of moisture modes in soil samples under the cover of the forest was conducted in laboratory conditions in soil columns for one year. Operation of the soil under conditions of washing, water-tight and contrasting (alternating change of washing conditions and water tightness) humidification regimes contributes to the prevailing development of elemental soil processes of pouring, gelling and gluing-eluvium, respectively. Before modeling and after an annual exposure in soil samples, the indexes of actual acidity, content of exchange cations, neutralization and absorption capacity of the soil for acids in the range from (the starting point of buffer curves) to pH 3.0, the potential buffer capacity in the acid and alkaline shoulders were determined, and also a pH gradient of a soil suspension with the addition of a minimum (0.005 N solution) of acid and alkaline concentrations. The buffer of the soil suspension in each single interval of the pH values pH_{CaCl_2} of the acid and alkaline shoulder and its general value are determined. The distribution of the indicator of the actual acidity and exchange-absorbed calcium and magnesium cations within the soil profile prior to and after the laboratory simulation of the corresponding humidification regimes has been observed. The most intense acidification occurs in the upper elution layer after the action of the washing regime of moisture due to increased leaching of exchange calcium, and the least intense – under conditions of stagnant-washing regime of moisture. Under the conditions of the water-dispersal humidification regime, the soil acquires the maximum neutralizing and absorption capacity for acids and increases the value of the potential buffer capacity in the acid range. The development of both washing and water retention modes of soil moisture causes the formation of close values of the acid-base buffer indexes, which makes it impossible to use them for genetic soil diagnostics. The soil suitability for the shift of the acid-base equilibrium from its initial point is characterized by the value of the pH gradient of the soil suspension from the addition of minimum concentrations of acid or alkali. Regardless of the humidity regime, the soil's acid

✉ Tel.: +38037-258-47-41, e-mail: i.smaga@chnu.edu.ua

DOI: 10.15421/041702

buffering capacity for the minimum acid load decreases, and, with respect to the bases for minimal alkaline, increases compared to the control.

Key words: *acid-base buffer of soil, neutralizing ability of soil in relation to acids, brown-podzolic gleyed soil, gleying, podzol, gley-eluvium, model experiment, water retention mode of humidification, washing regime of moisture, stagnant-washing regime of moisture.*

УДК 631.47

И. С. Смага
И. И. Казимир

д-р биол. наук, проф.
канд. биол. наук, доц.

*Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича,
ул. Коцюбинского, 2, г. Черновцы, Украина, 58012,
тел.: +38037-258-47-41, e-mail: i.smaga@chnu.edu.ua*

ФОРМИРОВАНИЕ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОЙ БУФЕРНОСТИ БУРОВАТО-ПОДЗОЛИСТЫХ ОГЛЕЕННЫХ ПОЧВ ПРЕДКАРПАТЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ УВЛАЖНЕНИЯ

Аннотация. Приведены результаты изучения закономерностей формирования кислотно-щелочной буферности буровато-подзолистой оглеенной почвы Предкарпатья в условиях искусственного создания промывного, водозастойного и застойно-промывного режимов увлажнения на протяжении одного года, которые способствуют преимущественному развитию процессов оподзоливания, оглеения и глее-элювиирования соответственно. Имитацию режимов увлажнения проводили в лабораторных условиях в почвенных колонках.

Перед моделированием и после годичной экспозиции в образцах почвы определяли степень актуальной кислотности, содержание обменных катионов, нейтрализующую и поглотительную способности почвы по отношению к кислотам в интервале от pH_{CaCl} (начальной точки буферных кривых) до pH 3,0, потенциальную буферную ёмкость в кислотном и щелочном плече, а также градиент pH почвенной суспензии при добавлении минимальных (0,005н раствор) концентраций кислоты и щелочи. Определена буферность почвенной суспензии в каждом единичном интервале значений pH кислотного и щелочного плеча и общие её значения.

Ключевые слова: *кислотно-щелочная буферность почвы, нейтрализующая способность почвы по отношению к кислотам, буровато-подзолистая оглеенная почва, оглеение, оподзоливание, глее-элювиирование, модельный эксперимент, водозастойный режим увлажнения, промывной режим увлажнения, застойно-промывной режим увлажнения.*

УДК 631.47

I. С. Смага
I. I. Казімір

д-р біол. наук, проф.
канд. біол. наук, доц.

*Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012,
тел.: +38037-258-47-41, e-mail: i.smaga@chnu.edu.ua*

ФОРМУВАННЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНОЇ БУФЕРНОСТІ БУРОВАТО-ПІДЗОЛИСТОГО ОГЛЕЄНОГО ҐРУНТУ ПЕРЕДКАРПАТТЯ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ ЗВОЛОЖЕННЯ

Анотація. Наведено результати вивчення закономірностей формування кислотно-основної буферності буровато-підзолистого оглеєного ґрунту Передкарпаття за умов штучного створення промивного, водозастійного та застійно-промивного режимів зволоження на протязі одного року, які сприяють переважаючому розвитку процесів опідзолення, оглеєння та глее-елювіювання відповідно. Імітацію режимів зволоження проводили в лабораторних умовах у ґрунтових колонках.

Перед моделюванням та після річної експозиції в зразках ґрунту визначали показники актуальної кислотності, вмісту обмінних катіонів, нейтралізуючої та поглинальної здатності ґрунту щодо кислот в інтервалі від pH_{CaCl} (початкової точки кривих буферності) до pH 3,0, потенційну буферну ємність в кислотному та лужному плечі, а також градієнт pH ґрунтової суспензії при додаванні мінімальних (0,005 н розчин) концентрацій кислоти та лугу. Визначено

буферність ґрунтової суспензії в кожному одиничному інтервалі значень рН кислотного та лужного плеча та загальні її значення.

Ключові слова: *кисотно-основна буферність ґрунту, нейтралізуюча здатність ґрунту щодо кислот, бурувато-підзолистий оглеєний ґрунт, оглеєння, опідзолення, глее-елювіювання, модельний експеримент, водозастійний режим зволоження, промивний режим зволоження, застійно-промивний режим зволоження.*

ВСТУП

При встановленні генезису ґрунтів крім методів морфолого-генетичного вивчення їх у польових умовах великого поширення набуло лабораторне моделювання різних умов функціонування ґрунту (режим зволоження, рослинний опад тощо). Такий метод дослідження застосовується задля того, щоб змінити перебіг процесів ґрунтоутворення у бажаному для дослідника напрямі, виокремити діагностичні критерії окремих процесів за наслідками їх проходження та здійснювати пошук раціональних способів регулювання і управління ґрунтовими процесами.

Відомо, що метод моделювання як у лабораторних, так і в польових умовах застосовують для вивчення специфіки розвитку процесів оглеєння (Zaydel'man, 1998), лесиважу, оглинення, гумусоутворення (Modelyovanye ..., 1985), а також наслідків дії кислотних опадів на кислотно-основну буферну здатність ґрунту (Sokolova et al., 2000). На прикладі бурувато-підзолистого ґрунту Передкарпаття за умов лабораторного моделювання відповідних режимів зволоження було виокремлено діагностичні критерії опідзолення, оглеєння, глее-елювіювання, буроземного та дернового процесів за кількісно-якісним складом мікробоценозів (Nikorych, 1999) і формами сполук заліза й алюмінію (Bespalko, 2000). Визначення таких показників ґрунтових властивостей зазвичай відзначається високою трудомісткістю та складністю. Натомість, показники кислотно-основної буферності ґрунту є досить простими у визначенні та вміщують важливу інформацію щодо його генезису.

Мета досліджень – встановити вплив переважаючого розвитку опідзолення, оглеєння та елювіально-глеевого процесу, зумовленого відповідними їм режимами зволоження на формування кислотно-основної буферної здатності бурувато-підзолистого оглеєного ґрунту Передкарпаття.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Лабораторне моделювання умов ґрунтоутворення є досить поширеним методом вивчення специфіки проходження ґрунтових процесів. На основі таких досліджень було зроблено висновок про вирішальну роль глееутворення на фоні застійно-промивного водного режиму у формуванні освітлених елювіальних горизонтів кислих елювіально-ілювіально диференційованих ґрунтів (Zaydel'man, 1998).

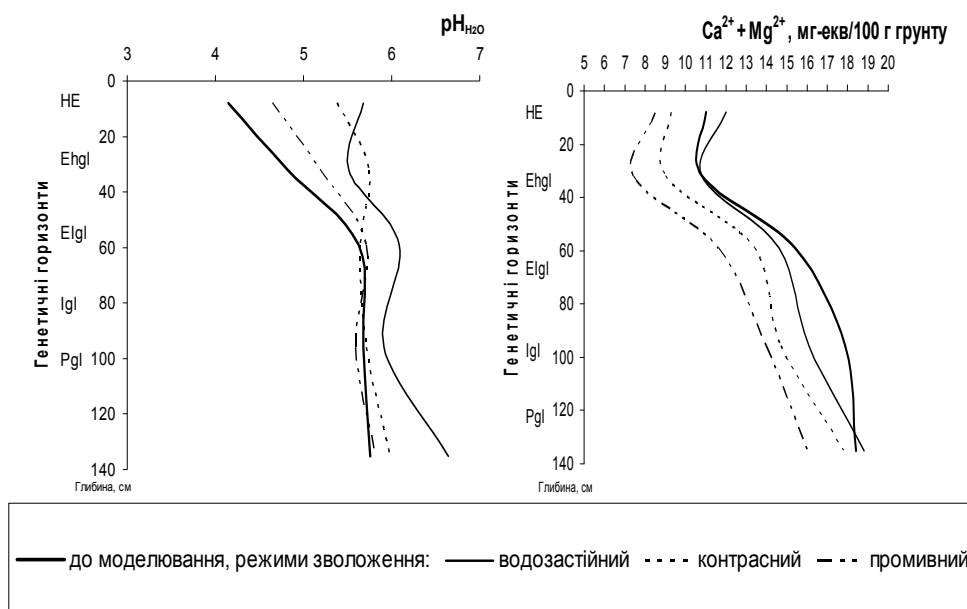
Вивчення можливості виокремлення діагностичних критеріїв окремих елементарних ґрунтових процесів (опідзолення, оглеєння та глее-елювіювання) за показниками кислотно-основної буферності ґрунту проведено в модельному експерименті. Варіанти дослідів: 1) контроль; 2) водозастійний режим зволоження; 3) застійно-промивний режим зволоження; 4) промивний режим зволоження. Детальніше умови моделювання було описано в одній з попередніх наших публікацій (Tsuyk, Smaga, 2010). Після річної експозиції відбирали зразки ґрунту, просувували їх, готували до аналізу й визначали показники, що характеризують його кислотно-основну буферність і фізико-хімічні властивості за відповідними методиками (Zaytseva, 1987; Ponyzovskyy, Pampura, 1993; Truskavetskiy, 2003).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Кисла реакція середовища – одна з визначальних генетичних особливостей профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття. Найкисліші зазвичай верхні

генетичні горизонти, в яких значення pH_{H_2O} фіксуються на рівні 4,15–4,82 од. (рисунк). З глибиною відмічено підвищення величин даного показника. Вміст обмінно-поглинутого кальцію в кілька разів перевищує вміст обмінного магнію. У досліджуваних ґрунтах простежувався рівномірний профільний розподіл обмінного магнію та чіткий елювіально-ілювіальний перерозподіл по профілю обмінного кальцію, а також суми катіонів кальцію і магнію.

Функціонування ґрунту в умовах різних режимів зволоження зумовило зміни його кислотно-основного стану. Відмічається зростання величини pH_{H_2O} в усіх варіантах, особливо за водозастійного режиму зволоження (див. рисунок). У варіанті зі створеним промивним режимом зволоження та кислим рослинним опадом створилися найкисліші умови, а параметри ступеня актуальної кислотності склали 4,64–5,82 од. в межах профілю. При водозастійному режимі зволоження величина pH_{H_2O} істотно зростає, що підтверджується й іншими дослідниками (Dron', 2007). Параметри даного показника за контрастних умов зволоження займають проміжне положення: вони нижчі, ніж за водозастійного, й вищі, ніж за промивного режимів зволоження. Функціонування ґрунту за умов промивного режиму зволоження призвело до сильного вилугування обмінного кальцію з його верхньої елювіованої частини профілю.



Профільний розподіл ступеня актуальної кислотності та обмінних катіонів у ґрунті за змодельованих режимів зволоження

Отже, промивний та застійно-промивний (контрастний) режими зволоження сприяють підкисленню ґрунтового середовища, створюючи в ґрунті передумови для інтенсивнішого руйнування його мінеральної частини. В обох випадках формуються близькі параметри показників кислотно-основного стану ґрунту.

Визначення кислотно-основної буферності ґрунту за методом Т. Ф. Зайцевої (Zaytseva, 1987) дає змогу визначити протикислотну нейтралізуючу та поглинальну здатність ґрунту в інтервалі від pH_{CaCl} (початкова точка буферної кривої) до pH 5,0 (тобто в певній частині кислотного діапазону). Однак, зважаючи на те, що в бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтах величини pH_{CaCl} , у більшості випадків є нижчими, то нами запропоновано визначати даний показник в інтервалі від pH_{CaCl} до pH 3,0 (Smaha, Kazimir, 2009).

Раніше проведеними дослідженнями було встановлено, що зростання величини pH_{CaCl} порівняно з ґрунтом до моделювання відбулося за розвитку всіх режимів зволоження, а особливо – застійно-промивного. Нейтралізуюча і поглинальна здатність ґрунту щодо кислот в інтервалі від pH_{CaCl} до pH 3,0 набуває максимальних значень за його функціонування в умовах водозастійного режиму зволоження, а за промивного й застійно-промивного вона дещо знижується порівняно з контролем. Функціонування ґрунту в умовах промивного режиму зволоження зумовило підвищення його буферності в лужному плечі. Однак різниця у значеннях потенційної буферної ємності в лужному плечі (ПБЄл) між окремими варіантами не така значна, як у значеннях потенційної буферної ємності в кислотному плечі (ПБЄк), а характер її профільного розподілу виявився аналогічним з ґрунтом до моделювання. За промивного режиму зволоження формуються близькі до контрольного варіанта параметри ПБЄк і ПБЄл (Smaha, 2016).

Таблиця 1

Буферність ґрунтової суспензії до підкислення за інтервалами значень pH

Генетичний горизонт	Об'єм 0,02 н розчину HCl, мл					ΔpH
	7,0–6,0	6,0–5,0	5,0–4,0	4,0–3,0	всього	
До моделювання (контроль)						
HE	–	–	0,13	1,34	1,47	0,57
Egl	–	–	0,48	0,03	0,51	0,67
EIgl	–	0,34	0,92	0,95	1,87	1,55
Igl	–	–	0,77	2,31	3,08	0,93
Pgl	–	0,18	0,21	1,30	1,51	1,30
Водозастійний режим зволоження						
HE	–	0,38	0,59	1,57	2,54	2,47
Egl	–	0,38	0,19	1,92	2,49	2,17
EIgl	0,1	0,32	0,21	1,39	2,02	2,29
Igl	–	–	0,34	1,52	1,86	2,59
Pgl	0,15	0,14	1,08	3,10	4,47	1,95
Застійно-промивний режим зволоження						
HE	0,34	0,15	0,13	1,15	1,77	3,03
Egl	0,51	0,20	0,30	0,95	1,96	1,47
EIgl	–	0,25	0,45	0,61	1,31	2,17
Igl	–	–	0,38	1,05	1,43	2,87
Pgl	–	0,29	0,20	0,61	1,10	2,25
Промивний режим зволоження						
HE	–	–	0,36	0,92	1,28	2,45
Egl	–	0,19	0,36	1,46	2,01	2,15
EIgl	–	0,09	0,48	0,89	1,46	2,11
Igl	–	0,07	0,88	0,54	1,49	2,48
Pgl	–	0,24	0,19	0,97	1,40	1,82

У зразках ґрунту після закінчення лабораторного моделювання визначалися параметри буферності ґрунтової суспензії за інтервалами значень рН, тобто методом безперервного потенціометричного титрування. У варіантах водозастійного та застійно-промивного режимів зволоження порівняно з контролем початкова точка титрування змістилася на інтервали рН 5,0–6,0 або 6,0–7,0 залежно від генетичного горизонту (табл. 2). Також істотно зросла буферна здатність ґрунтової суспензії в діапазоні зі значеннями рН 5,0–6,0. При цьому зменшилася частка буферності, що припадає на діапазон рН 4,0–5,0. Незалежно від варіанта дослідів найвищий прояв буферної здатності відмічено в діапазоні рН 3,0–4,0 (сумарний об'єм витраченого 0,02н розчину НСІ становить від половини до 2/3).

Таблиця 2

Буферність ґрунтової суспензії до підлогування за інтервалами значень рН								
Генетичний горизонт	Об'єм 0,02 н розчину NaOH						всього	ΔрН
	4,0–5,0	5,0–6,0	6,0–7,0	7,0–8,0	8,0–9,0	9,0–10,0		
До моделювання (контроль)								
HE	0,19	0,14	0,17	0,49	0,54	0,42	1,95	1,04
Egl	0,08	0,36	0,12	0,07	0,35	0,38	1,36	0,76
EIgl	–	0,10	0,12	0,09	0,11	0,42	0,84	0,20
Igl	–	0,12	0,07	0,42	0,59	0,54	3,02	0,20
Pgl	–	0,20	0,14	0,31	0,29	0,33	1,27	0,50
Водозастійний режим зволоження								
HE	–	0,18	0,17	0,49	0,54	0,42	1,80	0,78
Egl	–	0,19	0,12	0,07	0,35	0,38	1,11	0,75
EIgl	–	0,06	0,12	0,09	0,11	0,42	0,80	0,31
Igl	–	0,14	0,07	0,42	0,59	0,54	1,76	0,40
Pgl	–	0,12	0,14	0,31	0,29	0,33	1,19	0,50
Застійно-промивний режим зволоження								
HE	–	–	0,22	0,17	0,29	0,60	1,28	0,40
Egl	–	–	0,18	0,23	0,25	0,42	1,08	1,08
EIgl	0,17	0,24	0,30	0,32	0,41	0,53	1,97	0,10
Igl	–	0,08	0,19	0,17	0,20	0,81	1,45	0,15
Pgl	0,15	0,20	0,18	0,22	0,20	0,51	1,46	0,43
Промивний режим зволоження								
HE	–	0,34	0,30	0,28	0,56	0,97	2,45	0,70
Egl	–	0,22	0,18	0,19	0,37	0,41	1,37	0,23
EIgl	–	0,29	0,36	0,24	0,22	0,86	1,97	0,10
Igl	–	0,21	0,39	0,30	0,42	0,80	2,12	0,10
Pgl	–	0,38	0,25	0,24	0,25	0,93	2,05	0,07

Визначення значень ΔрН ґрунтової суспензії при додаванні мінімальних концентрацій кислоти або лугу відносно його початкової величини дозволяє

визначити піддатливість ґрунту щодо зрушення кислотно-основної рівноваги, тобто кислотно-основну буферність у початкових відрізках кислотного і лужного плеча. За мінімального кислотного навантаження буферна здатність знизилася у всіх варіантах модельованих режимів зволоження (див. табл. 1).

Буферність ґрунтової суспензії проти підлугування проявлялася більш рівномірно за інтервалами значень рН порівняно з буферністю проти підкислення (табл. 2). Значних відмінностей між окремими варіантами дослідів не спостерігалось. Іноді фіксувалися значні відхилення показників в окремих генетичних горизонтах. Наприклад, внаслідок тривалої дії промивного режиму зволоження різко збільшився об'єм 0,02 н розчину лугу на титрування ґрунтової суспензії в діапазоні зі значеннями рН 8,0–9,0 і 9,0–10,0 у верхніх генетичних горизонтах.

При водозастійному режимі зволоження об'єм 0,02 н розчину NaOH, що пішов на титрування, був нижчим. Відмічено випадки, коли на діапазон з нижчими значеннями рН припадає більша частка буферної здатності, ніж на наступний за ним з вищим значенням рН. Однак найвища частка буферності ґрунту до лугу в усіх варіантах дослідів припадала на діапазон зі значенням рН 9,0–10,0. Це цілком закономірно, оскільки саме в цьому діапазоні нейтралізацію лугу здійснюють найбільш важкорозчинні сполуки. Інша закономірність полягає в тому, що буферна здатність на початкових відрізках лужного плеча зростає у всіх варіантах дослідів.

Виявлене підвищення протикислотної буферності за функціонування ґрунту при водозастійному режимі зволоження вважаємо цілком закономірним, адже глесутворення супроводжується утворенням летких сполук, що підвищують величини рН середовища. Зниження даного показника після моделювання промивного режиму зволоження, що зумовлює процес опідзолення, можливо пояснити вилугуванням обмінних катіонів та підкисленням реакції середовища.

Підвищення протилужної буферності ґрунтового розчину відмічено у варіанті дослідів з промивним режимом зволоження ґрунту та кислим рослинним опадом. Величини показників буферної здатності за застійно-промивного режиму зволоження ґрунту були вищими, ніж за водозастійного, та нижчими, ніж за промивного. Це узгоджується з підвищенням у цьому ж варіанті значень ПБЄк, про що зазначалося вище. Проходження промивного режиму зволоження в ґрунті сприяє підвищенню його протилужної буферності. Це дає підстави стверджувати, що зміни кислотно-основної буферності ґрунту за умов функціонування його при різних режимах зволоження виявляються як за оцінними її показниками, отриманими за методикою Р. С. Трускавецького (Truskavetskiy, 2003), так і за показниками, отриманими з буферних кривих згідно з методикою Т. Ф. Зайцевої (Zaytseva, 1987), а також визначеними за методом безперервного потенціометричного титрування ґрунтової суспензії розчином кислоти чи лугу (Ponyzovskyy, Pampura, 1993).

ВИСНОВКИ

Кожен з режимів зволоження зумовлює певну специфіку формування кислотно-основного стану буровато-підзолистого оглеєного ґрунту та значною мірою визначає параметри показників його кислотно-основної буферної здатності в кислотному і лужному плечі. Істотне зростання буферної здатності ґрунту щодо кислот відбувається за його функціонування в умовах водозастійного режиму зволоження, тобто при глесутворенні. Після річного моделювання режимів зволоження буферність ґрунту на початкових відрізках кислотного плеча знижується, а лужного – зростає.

Промивний та застійно-промивний режими зволоження ґрунту, які сприяють посиленню процесів опідзолення та глес-елювіювання відповідно, здійснюють аналогічний вплив на формування кислотно-основної буферної здатності ґрунту. Виокремити діагностичні критерії цих процесів на основі показників кислотно-основної буферності ґрунту неможливо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Ahrokhimichnyy analiz, 2005 [Agrochemical analysis]. M. M. Horodniy, A. P. Lisoval, A. V. Bykin, ed. M. M. Horodn'oho. Aristey, Kyiv (in Ukrainian).
- Bespalko, R. I., 2000. Transformaciya grup ta form zaliza v buruvato-pidzolistih ogleenih gruntah pivdenного Peredkarpattya pid vplivom elementarnih gruntovih procesiv ta vikoristannya [Transformation of groups and forms of iron and aluminum in brownerde-podzolic gleey soils of the southern Pre-Carpathians under influence of elementary soil processes and use]: Avtoreferat dysertatsiyi na zdobuttya naukovoho stupenya kandydata biolohichnykh nauk: 03.00.27 – Hruntoznastvo (in Ukrainian).
- Dron', Yu. S., 2007. Ekolohichni chynnyky formuvannya vidnovnykh umov ta yikh rol' u henezysi buruvato-pidzolistykh ohleyenikh gruntiv Peredkarpattya [Ecological factors in formation of reducing conditions and their role in genesis of brown-podzol gleic soil of Pre-Carpathian region]: Avtoreferat dysertatsiyi na zdobuttya naukovoho stupenya kandydata biolohichnykh nauk: 03.00.16 – Ekolohiya (in Ukrainian).
- Modelyrovanye pochvoobrazovatel'nykh protsessov, 1985. [Modeling of soil-forming processes]: Sb. nauch. tr.; otv. red. Pachepskyy A. Ya. Pushchyno: NTsBY (in Russian).
- Nikorych, V. A., 1999. Ekologiya ta dinamika mikroflori buruvato-pidzolistih ogleenih gruntiv pivdenного Peredkarpattya etalonnih ta antropogenno-transformovanih biogeocenoziv [Ecology and dynamics of microflora of brown-podzolic gleyed soils of southern Pre-Carpathians of reference and anthropogenically transformed biogeocoenoses]: Avtoreferat dysertatsiyi na zdobuttya naukovoho stupenya kandydata biolohichnykh nauk: 03.00.16 – Ekolohiya (in Ukrainian).
- Ponyzovskyy, A. A., Pampura, T. V., 1993. Prymenenye metoda potentsyometrycheskoho tytrovaniya dlya kharakterystyky bufernoy sposobnosti pochv [Application of the potentiometric titration method to characterize the buffering capacity of soils] Eurasian Soil Science 3, 106–115 (in Russian).
- Smaga, I. S., 2016. Problemy diahnostryky elementarnykh gruntovykh protsesiv i profil'no-dyferentsiyovanykh gruntiv u Peredkarpatti [Diagnostic problems of elementary soil processes and profile-differentiated soils of the Precarpathian region]. Gruntoznastvo 17(1-2), 40–48 (in Ukrainian).
- Smaha, I. S., Kazimir, I. I., 2009. Ekoloho-henetychna zumovlenist' formuvannya kyslotno-osnovnoyi bufernosti buruvato-pidzolistykh ohleyenikh hruntiv Peredkarpattya ta informatyvnist' yiyi pokaznykiv [Ecological-genetic investigation of a formation of the acid-alkaline buffer capacity in case of the brownish-podzolic gleized soils of the precarpathians region]. Gruntoznastvo 10(3-4), 82–92 (in Ukrainian).
- Sokolova, T. A., Yvanova, S. E., Luk'yanov, O. N., 2000. Yzmenenye kyslotno-osnovnoy bufernosti lesnykh podzolistykh pochv pod vlyyanyem model'nykh kyslykh osadkov [Changes in acid-base buffer of forest podzolic soils under the influence of model acidic sediments]. Eurasian Soil Science 5, 548–556 (in Russian).
- Truskavetskiy, R. S., 2003. Buferna zdattist gruntiv ta inosnovni funktsii [The buffer capacity of soils and their basic functions] (in Ukrainian).
- Tsyvk, T. I., Smaga, I. S., 2010. Vpliv sposobiv zemlevikoristannya ta umov transformatsii roslinnogo opadu na kyslotno-osnovnu rivnovagu buruvato-pidzolistih ogleenih gruntiv [Impact of land use and methods of plant transformation cnditions precipitation of acid-base balance brownish-podzolic gleyed soils]. Scientific Bulletin of Chernivtsi University. «Biological systems» 4/2, 79–83 (in Ukrainian).
- Zaydel'man, F. R., 1998. Protess hleeobrazovanyya y eho rol' v formirovaniy pochv [The process of glee formation and its role in the formation of soils]. MSU, Moscow (in Russian).
- Zaytseva, T. F., 1987. Bufermost' pochv y voprosy dyahnostryky [The buffer capacityof soils and diagnostic issues]. Yzv. SO AN SSSR. Seryya byolohyya 14/2, 64–80 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 18.04.2017

THEORETICAL AND PRACTICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE



V. I. Chorna ✉

Dr. Sci. (Biol.), Professor

I. V. Wagner

N. V. Voroshylova

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 631.416.3

*Dniprovsk State Agrarian and Economic University,
str. Serhiy Yefremov, 25, Dnipro, Ukraine, 49000*

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL JUSTIFICATION OF IMPORTANCE OF SILICON COMPOUNDS IN SOIL-PLANT SYSTEM

Abstract. Agroecosystems formed on reclaimed lands mostly have no ecological stability and high agrophytocenose productivity. Wide amplitude of annual and zonal variations in cultivar yields is typical for such ecosystems due to low adaptability of «agrocenose-ecotope» system. Agroecological justification for possibility of economic use of artificial edaphotopes is relevant in agricultural development of disturbed land, since such edaphotopes are most adapted to the specific and climatic conditions of the Southern steppe in Ukraine. Despite the widespread occurrence of silicon and its compounds in nature, content of plant-available low molecular silicone compounds in soil is extremely low, whereas global crop removal of silicon reached 210 to 224 million tons per a year. Requirement on treatment the soil-plant system with available forms of silicon-containing fertilizers or substances that increase availability of soil silicon for plant is obvious. Processing of seed grain is one of the most cost-effective methods to increase agricultural crops production. Currently, biologically active compounds increasingly used along with conventional chemicals in diseases and pest management; such compounds contribute to plant growth stimulation, enhancing of plant resistance to adverse factors, increase the crop productivity, and improve yield class. Influence of active silicon compounds (0,6 % and 1,0 % SiO_2) on intensity of growth processes for common barley at 7 days growing on the artificially created soil layered onto loess-like loam. Silicon is the biophilic element involved in many physiological and biochemical processes; it increases the yield and quality of plant products. In soil, the greater part of silicon is a part of slightly soluble compounds not available to plants. Content of extractable silicon compounds in the soil is quite low and does not exceed 150–200 mg SiO_2/kg of soil. The most important link of biogeochemical cycle of silicon is intake and accumulation in plants and relationship of this process with the other biophilic elements nutrition. Content of silicon in plants comparable with content of major nutrient elements. Dry-weighted plants contain 1–2 % Si, and their ash contains 20 to 91 %. Silicon acid form soluble complexes with organic and inorganic ligands. Our work also established a relationship between the content of humus and total silicon. Correlation coefficient was 0,84 that characterized as high. The soil was sampled within the research areas of the Research Station of Land Recultivation, the Dniprovsk State Agrarian and Economic University (near Pokrov town, Dnipropetrovsk oblast). Index ratio of stem length to root length ($I_{s/r}$) on common barley was calculated. It was established the trend of acceleration on linear stem and root growth while adding an active silicon. It was shown that common barley is an effective phytotester for disturbed soils. The study has established positive effect of silicon-containing compounds on the agricultural crop productivity.

Key words: soil reclamation, silicates, soil onto a loess-like loam, agricultural crops, growth processes intensity.

✉ Tel.: +38097-268-38-71, e-mail: khlyzina@ukr.net

DOI: 10.15421/041703

УДК 631.416.3

В. И. Черная

д-р биол. наук, проф.

И. В. Вагнер

Н. В. Ворошилова

канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. Сергея Ефремова, 25, г. Днепр, Украина, 49000,
тел.: +38097-268-38-71, e-mail: khlyzina@ukr.net*

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РОЛИ КРЕМНИЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ»

Аннотация. Обработка семенного материала – один из наиболее экономически выгодных приемов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. В настоящее время наряду с препаратами, которые традиционно используются для борьбы с болезнями и вредителями, все чаще применяют биологически активные соединения, способные стимулировать рост растений, повышать их устойчивость к неблагоприятным факторам, увеличивать урожай и улучшать его качество. Исследовано влияние активных форм кремниевых соединений (0,6 % и 1,0 % SiO_2) на интенсивность ростовых процессов семисуточного ячменя на педоземах на лессовидном суглинке. Установлена тенденция усиления линейного роста стебля и корня при добавлении активных форм кремния. Показано, что ячмень является эффективным фитотестером для техногенно-нарушенных почв. Установлено положительное влияние кремнийсодержащих соединений на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: рекультивация, силикаты, педозем на лессовидном суглинке, биомасса, сельскохозяйственные культуры, интенсивность ростовых процессов.

УДК 631.416.3

В. І. Чорна

д-р біол. наук, проф.

І. В. Вагнер

Н. В. Ворошилова

канд. біол. наук, доц.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000,
тел.: +38097-268-38-71, e-mail: khlyzina@ukr.net*

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЛІ КРЕМНІЄВИХ СПОЛУК У СИСТЕМІ «ҐРУНТ – РОСЛИНА»

Анотація. Обробка насіннєвого матеріалу – один з найбільш економічно вигідних прийомів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. У даний час поряд з препаратами, що традиційно використовуються для боротьби з хворобами та шкідниками, все частіше застосовують біологічно активні сполуки, здатні стимулювати ріст рослин, підвищувати їх стійкість до несприятливих факторів, збільшувати урожай і покращувати його якість. Досліджено вплив активних форм кремнієвих сполук (0,6 % та 1,0 % SiO_2) на інтенсивність ростових процесів семидобового ячменю звичайного на педоземах на лесоподібному суглинку. Відбір зразків ґрунту проводився на дослідних ділянках науково-дослідного стаціонару з рекультації земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету (поблизу м. Покров Дніпропетровської області). За показниками довжини стебла та коренів ячменю звичайного розраховували індекс відношення довжини стебла до довжини кореня (І с/к). Установлено тенденцію посилення лінійного росту стебла та кореня при додаванні активних форм кремнію. Показано, що ячмінь звичайний є ефективним фітотестером для техногенно-порушених ґрунтів. Установлено позитивний вплив кремнієвмісних сполук на продуктивність сільськогосподарських культур.

Ключові слова: рекультація, силікати, педозем на лесоподібному суглинку, біомаса, сільськогосподарські культури, інтенсивність ростових процесів.

ВСТУП

Проблема збереження і відтворення екологічного стану навколишнього природного середовища завжди була надзвичайно важливою для промислово

розвинених регіонів. Придніпровський регіон з його потужними хімічними та гірничо-металургійним комплексам і перевищуючою екологічну доцільність сільськогосподарською освоєністю територій, безумовно, є найбільш наглядним прикладом необхідності розв'язання проблем відновлення територій, що втратили стійкість та стабільність через антропогенне порушення структурно-функціональних зв'язків в екосистемах (Tarika, 2006). Проблема рекультивациі потребує глибокого теоретичного дослідження, прогнозування екологічних ситуацій, створення спеціальних безпечних технологій біологічної рекультивациі, техногенних ландшафтів. Сільськогосподарський напрямок біологічної рекультивациі обумовлює створення продуктивних агроєкосистем інтенсивного використання, які пред'являють високі вимоги до використання гірничо-технологічного етапу рекультивациі (форма рельєфу, якість підстиляючих гірських порід та родючого шару ґрунту, товщина насиченого шару ґрунту та ін.). Ученими наукової школи Бекаревича–Масюка в процесі наукових досліджень з рекультивациі розроблено загальнотеоретичні питання: теоретично-методологічне уявлення про родючість гірських порід і біогеоценотичну систему; моделювання штучних ґрунтово-екологічних структур у техногенних ландшафтах; спрямованість сучасного ґрунтоутворення в штучних едафотопях різних конструкцій; еколого-біологічне обґрунтування раціональних агроєкосистем на порушених територіях степової чорноземної зони; класифікація геологічних відкладів за ступенем придатності для біологічного освоєння; класифікація сільськогосподарських культур на еколого-трофічні групи з урахуванням їх біологічної продуктивності на гірських породах і на різних варіантах штучно створених ґрунтів (Tarika, 2006).

Сформовані на рекультивованих землях агроєкосистеми переважно не відзначаються екологічною стійкістю та високою продуктивністю агрофітоценозів. Для них характерна амплітуда річних та зональних коливань урожайності вирощуваних культур унаслідок низької адаптивності системи «агроценоз – екотоп».

При сільськогосподарському освоєнні порушених земель актуальним є агроєкологічне обґрунтування можливості господарського використання штучного едафотопу агрофітоценозів, які найбільш адаптовані до специфічних та кліматичних умов південного Степу України (Chorna, Vagner, 2015; DSTU 4138-2002).

Незважаючи на широку поширеність кремнію і його сполук у природі, вміст доступних для рослин низькомолекулярних кремнієвих кислот в ґрунті вкрай низький, при цьому щорічний винос кремнію з урожаєм у світі становить 210–224 млн т. Очевидною є необхідність внесення в систему «ґрунт – рослина» кремнієвмісних добрив у доступній формі або речовин, що сприяють підвищенню доступності ґрунтового кремнію для рослин (Matyichenkov, 2012).

Первинна акумуляція кремнію відбувається в кореневих епідермальних тканинах, причому корені рослин здатні концентрувати його з розбавлених розчинів. Оптимізація кремнієвого живлення рослин призводить до збільшення ваги коренів на 20–50 % їх обсягу, покращує кореневе дихання. Чим вища концентрація кремнію в рослині, тим більше сухої речовини утворюється на одиницю використаної води (Tsujimoto, Muranaka, Saito, Asai, 2014).

Метою досліджень є обґрунтування використання активних форм кремнію для підвищення врожаю сільськогосподарських культур на техногенно-порушених ґрунтах (на педоземах на лесоподібному суглинку), для відновлення їх якості та повернення в сільськогосподарське використання.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У даній роботі оцінено можливість покращення якості техногенно-порушених ґрунтів (з насипним шаром чорнозему південного на лесоподібному суглинку) за допомогою внесення кремнієвих сполук на прикладі вирощування ячменю звичайного (*Hordeum vulgare*). Дослідження якості техноземів проводили в науково-

дослідній лабораторії гідроекології Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Зразки відбирали на дослідних ділянках науково-дослідного стаціонару з рекультивації земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету (м. Покров, Дніпропетровська обл.) (Demidov, Kobets, Gritsan, Zhukov., 2013; Matyichenkov, 2012; Tarika, 2006).

Обробка насіннєвого матеріалу – один з найбільш економічно вигідних прийомів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. У даний час поряд з препаратами, що традиційно використовуються для боротьби з хворобами та шкідниками, все частіше застосовують біологічно активні сполуки, здатні стимулювати ріст рослин, підвищувати їх стійкість до несприятливих факторів, збільшувати урожай і покращувати його якість. Тест-об'єктом у запропонованій системі біотестів для визначення можливості підвищення якості техногенно-порушених ґрунтів стали вищі рослини, а саме ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare*), оскільки продуктивність є найважливішим критерієм якості ґрунту та головною метою для повернення ґрунтів у сільськогосподарське використання.

Відбір проб проводили відповідно до ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» (DSTU 4138-2002). Контролювали вологість, температуру і вентиляцію в термостаті, термін визначення енергії проростання і схожість протягом 10 діб. У чашки Петрі поміщали 100 відкаліброваних насінин ячменю звичайного з додаванням витяжки з досліджуваних ґрунтів та розчинів метасилікату натрію. Температура та вологість повітря підтримувались у діапазоні 21–23 °C та 50–70 % відповідно. Для проведення дослідження були обрані 0,6- та 1%-ві розчини натрію метасилікату, що в перерахунку на SiO₂ відповідало 6 мг SiO₂/10 мл H₂O та 10 мг SiO₂/10 мл H₂O. Оцінку енергії проростання проводили через 3 доби. Збір зразків відбувався на 10-й день з вимірюванням довжини кореня і стебла. Усі отримані дані обробляли за допомогою програми STATISTIKA 10.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У попередніх роботах визначили, що вміст загального кремнію змінюється від 52 до 32 % з тенденцією зниження за глибиною (Chorna, Vagner, 2015), а кількість рухомих сполук кремнію коливається від 6,4 до 13,4 мг/100 г, що свідчить про високий дефіцит цього елементу. Енергія проростання фіксувалась на третю добу, у варіантах з водою, 0,1%-вим, 0,2%-вим розчинами Na₂SiO₃ становила більше 80 %. У ячменя при додаванні 0,3%- та 0,4%-вих розчинів Na₂SiO₃ енергія проростання зменшувалась до 65–70 %.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що педоземи на лесоподібному суглинку позитивно відреагували на внесення 0,6- та 1%-вих розчинів монокремніевої кислоти: відношення довжини стебла до довжини кореня (далі – Lc/Lk) збільшилось на 20–33 % по відношенню до контролю. Відношення Lc/Lk ячменя звичайного (*Hordeum vulgare*) на контролі та ґрунтових витяжках з досліджуваних ґрунтів становило в середньому 1,15.

Рослина на техногенно-порушених ґрунтах, відчуваючи потребу в поживних елементах, реагує збільшенням довжини коренів, щоб була можливість за рахунок збільшення площі розповсюдження отримати потрібні елементи.

Кремній є біофільним елементом, який бере участь у ряді фізіологічних і біохімічних процесів і сприяє підвищенню врожаю та якості рослинної продукції. У ґрунті велика частина кремнію знаходиться в складі малорозчинних сполук, що недоступні рослинам. Вміст рухомих сполук кремнію в ґрунті досить низький і не перевищує 150–200 мг SiO₂/кг ґрунту (Biel, Matichenkov, Fomina, 2008). Найважливішою ланкою біогеохімічного кругообігу кремнію є надходження і накопичення його в рослинах, взаємозв'язок цього процесу з живленням іншими біофільними елементами. Вміст кремнію в рослинах можна порівняти з вмістом

основних макроелементів. У сухій масі рослин міститься 1–2 % Si, в їх золі – від 20 до 91 %. Кремнієва кислота може утворювати розчинні комплекси з органічними і неорганічними лігандами. У наших роботах також встановлена певна залежність між вмістом гумусу та загальним кремнієм. Коефіцієнт кореляції становить 0,84, що характеризується як високий (Chorna, Vagner, 2015).

Відношення довжини стебла до довжини кореня (L_c / L_k) від концентрації натрію метасилікату (П – педоземи на лесоподібному суглинку)

Варіант (V=10 мл)	L стебла, см	L кореня, см	(L) стебла / (L) кореня	Коефі- цієнт варіації (L) стебла	Коефі- цієнт варіації (L) кореня	Віднос- на помилка вибірки стебла, %	Віднос- на помилка вибірки кореня, %
Контроль H ₂ O	8,58±2,13	7,26±1,73	1,18	33,45	30,58	11,42	11,35
1%-вий розчин SiO ₂	8,90±1,37	5,66±0,93	1,58	22,13	23,32	7,42	9,80
0,6%-вий розчин SiO ₂	7,39±1,34	6,99±1,26	1,06	23,68	23,32	8,71	8,82
0–10 П	7,94±1,67	6,79±1,44	1,17	28,84	26,51	10,24	10,17
10–20 П	9,02±1,52	7,66±1,29	1,18	23,28	22,32	7,75	8,07
0–10 П+ 0,6%-вий розчин Na ₂ SiO ₃	8,17±1,63	6,57±1,28	1,21	26,19	24,20	9,16	9,44
10–20П+ 0,6%-вий розчин Na ₂ SiO ₃	7,13±1,02	3,74±0,75	1,41	18,79	29,41	7,04	15,21
0–10 П+ 1%-вий розчин Na ₂ SiO ₃	9,23±2,15	7,24±1,91	1,32	31,31	32,73	10,31	12,17
10–20 П+ 1%-вий розчин Na ₂ SiO ₃	9,60±1,75	6,86±1,61	1,90	24,27	30,76	7,83	11,74

Відомо, що рослини поглинають кремній через кореневу систему в формі мономірної ортокремнієвої кислоти, а також низькомолекулярної форми колоїдної кремнієвої кислоти та її ефіру. Кремній надходить у рослини у вигляді аніону кремнієвої кислоти (SiO₃²⁻), молекул кислот Si(OH)₃, Si(OH)₄, різних ефірів. Крім того, кремній може поглинатися рослинами через листя у формі силікатів калію і натрію (Tarika, 2006).

Отже, встановлено, що педоземи на лесоподібному суглинку краще відреагували на внесення 0,6- та 1%-вого розчинів монокремнієвої кислоти: відношення довжини стебла до довжини кореня збільшилось на 16–81 % по відношенню до пророщування на воді, та на 3–61 % по відношенню до пророщування на ґрунтових витяжках. Ріст та розвиток рослин на перших етапах є важливою характеристикою в регуляції їх продуктивності та отримання високих урожаїв. Інтенсивність зростання стебла на ранніх етапах онтогенезу сприяє швидкому розвитку фотосинтезуючого апарату рослин, що підвищує їх конкурентоспроможність по відношенню до бур'янової рослинності.

Фіточутливість рослин можливо характеризувати за допомогою аналізу мінливості морфологічних ознак. Амплітуда мінливості ознак визначається

величинами коефіцієнтів варіації. Тому було визначено коефіцієнти варіації довжини стебла та коренів. Вважається, що ознака постійна у випадку, коли значення коефіцієнта варіації не перевищує 33 %, і можна стверджувати, що отримані результати є постійними з коливанням від 17 до 32 % та відносною похибкою вибірки не більше 12 %.

Таким чином, штучні едафотопи (на педоземах на лесоподібному суглинку) можуть бути об'єктом освоєння і використовуватись як спеціальна модель сільськогосподарської рекультивациі земель.

ВИСНОВКИ

1. Ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare*) є ефективним фітотестером на техногенно-порушених ґрунтах до дії кремнієвих сполук. Навіть при внесенні малих концентрацій (від 0,6%-вого розчину) Na_2SiO_3 він проявляє чутливість до речовини.

2. Монокремнієва кислота в 1%-вому розчині позитивно впливає на схожість насіння та ріст наземної фітомаси і підземної кореневої системи.

3. Лінійний ріст стебла на ранніх етапах розвитку переважає лінійний ріст кореня в 1,05–1,9 разу у всіх варіантах експерименту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Biel, K. Y., Matichenkov, V. V., Fomina, I. R., 2008. Protective role of silicon in living systems. Functional Foods for Chronic Diseases. Advances in the Development of Functional Foods / Eds. Martirosyan D., Richardson M. Texas, D&A Inc., 3, 208–231.
- Chorna, V. I., Vagner, I. V., 2015. Doslidzhennja vmistu zagal'nogo kremniju u chornozemi zvyčajnomu ta tehnazemi [Study of total silicon content in ordinary chernozem and technogenic soil]. SWorld–International Scientific Journal 1(38), 24, 30–35.
- Demidov, A. A., Kobets, A. S., Gritsan, Yu. I., Zhukov, A. V., 2013. Prostranstvennaya agroekologiya i rekultivatsiya zemel [Spatial agroecology and land recultivatijn]. Dnepropetrovsk (in Russian).
- Matyichenkov, I. V., 2012. Izuchenie vzaimovlianiya kremnievyih, fosfornyih, azotnyih udobreniy v sisteme pochva-rastenie, diss.k.b.n. [Study on interaction of silicon, phosphorous, and nitrogen fertilizers in soil-plant system, Cand. biol. sci. Diss.]. Moscow (in Russian).
- Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti: DSTU 4138-2002. [Chynnyi vid 28.12.2002]. [Agricultural seeds. Methods of quality determination: DSTU 4138-2002]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003 (in Ukrainian).
- Tarika, O. H., 2006. Ahroekolohichne obgruntuvannia osvoiennia i vykorystannia lesopodibnoho suhlynku pry rekultyvatsii zemel v Nikopolskomu marhantsevorudnomu basini, avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. s/h nauk, spets. 03.00.16 – «Ekolohiia» [Agroecological basing of the loess-like loam usage and developing during mine-land reclamation in the Nikopol manganese ore basin: Cand. agricult. sci. diss, specialty 03.00.16 – «Ecology»]. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Tsujimoto, Y., Muranaka, S., Saito, K., Asai, H., 2014. Limited Si-nutrient status of rice plants in relation to plant-available Si of soils, nitrogen fertilizer application, and rice-growing environments across Sub-Saharan Africa Field Crops Res. 155, 1–9.

Стаття надійшла в редакцію: 21.05.2017

SOIL PHYSICS



V. A. Gorban 
A. O. Huslistyj
M. V. Mandrygelia
V. O. Pohribnyak

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 631.437:504.53

*Oles Honchar Dnipro National University,
Gagarin av., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

INFLUENCE OF FOREST VEGETATION ON DIELECTRIC PERMEABILITY AND ELECTROPHYSICAL INDICES OF CHERNOZEM

Abstract. The study of electrophysical properties is very rarely used in determining the properties and genesis of soils. At the same time, certain simplicity and speed of determination, as well as a wide range of these indicators due to changes in the physical factors of the environment indicate their benefit. Electrophysical properties are important in assessing the physical characteristics of soils, which reflect other soil properties (for example, mineralogical composition, qualitative composition of organic soils, etc.). The main electrical physical properties of the soil include electrical conductivity, resistivity, dielectric constant and magnetic properties. The purpose of the work is to determine the features of the influence of forest vegetation on the electrophysical properties of chernozems. The study of the influence of forest vegetation on dielectric permeability and the electrophysical indices of chernozems was carried out on soil samples taken from ordinary chernozem (steppe virgin), soil of artificial oak plantations and soil of natural hilly forest. Determination of the permittivity of soils was performed using a digital CM-9601A capacity meter. Determination of electrophysical indices (specific electrical conductivity, mineralization and salinity) was performed using a conductivity meter-solenoid-thermometer Ezodo-7021. As a result of the study of dielectric permeability of chernozems, it was established that there is a reciprocal relationship between this value and the content of organic matter. The values of dielectric permeability of the genetic horizons of common chernozems are characterized by more gradual changes in comparison with the horizons of chernozems of forest-treated and chernozem forests. The influence of forest vegetation on chernozems leads to the formation of a boundary between the humus horizons and the lower horizons (characteristic for chernozems of the forests), as well as the boundaries between the eluvial and illuvial horizons (characteristic for chernozem forest) by the magnitude of dielectric permeability. In chernozems of ordinary, there is a gradual decrease with the depth of the specific electrical conductivity, mineralization and salinity. For the chernozems of the forest-corrected by the values of specific conductivity, and for the chernozems of the forests – also by the values of mineralization and salinity, there is a formation of the boundary between the eluvial and the illuvial horizons. The influence of forest vegetation on chernozem soils leads to increased heterogeneity between the genetic horizons by the values of dielectric constant, specific conductivity, mineralization and salinity. The values of dielectric permeability and electrophysical indices of chernozems can be reliable indicators of genetic changes occurring in soils due to the influence of forest vegetation.

Key words: *chernozems, dielectric permittivity, specific electrical conductivity, mineralization, salinity, forest vegetation.*

 Tel.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm

DOI: 10.15421/041704

УДК 631.437:504.53

В. А. Горбань
А. А. Гуслистый
М. В. Мандригеля
В. О. Погребняк

канд. биол. наук, доц.

*Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМОВ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования диэлектрической проницаемости, а также удельной электропроводности, минерализации и солёности генетических горизонтов черноземов обыкновенных (сформировались под зональной степной растительностью), черноземов лесополосных (сформировались под искусственной лесной растительностью) и черноземов лесных (сформировались под естественной лесной растительностью). Выявлено, что между величиной диэлектрической проницаемости почв и содержанием органического вещества существует обратная зависимость. Установлено, что влияние лесной растительности на черноземы проявляется в виде формирования границы (особенно четкой в черноземах лесных) между элювиальными и иллювиальными горизонтами по величинам диэлектрической проницаемости и электрофизических показателей. Показано, что величины диэлектрической проницаемости и электрофизических показателей черноземов могут служить надежными показателями генетических изменений, которые происходят в почвах в результате воздействия лесной растительности.

Ключевые слова: черноземы, диэлектрическая проницаемость, удельная электропроводность, минерализация, солёность, лесная растительность.

УДК 631.437:504.53

В. А. Горбань
А. О. Гуслистый
М. В. Мандригеля
В. О. Погрібняк

канд. біол. наук, доц.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

ВПЛИВ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ДІЕЛЕКТРИЧНУ ПРОНИКНІСТЬ ТА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЧОРНОЗЕМІВ

Анотація. У роботі наводяться результати дослідження діелектричної проникності, а також питомої електропровідності, мінералізації та солоності генетичних горизонтів чорноземів звичайних (сформувалися під зональною степовою рослинністю), чорноземів лісопокрощених (сформувалися під штучною лісовою рослинністю) та чорноземів лісових (сформувалися під природною лісовою рослинністю). Виявлено, що між величиною діелектричної проникності ґрунтів та вмістом органічної речовини існує зворотна залежність. Установлено, що вплив лісової рослинності на чорноземи проявляється у вигляді формування межі (особливо чіткою в чорноземах лісових) між елювіальними та ілювіальними горизонтами за величинами діелектричної проникності та електрофізичних показників. Показано, що величини діелектричної проникності та електрофізичних показників чорноземів можуть слугувати надійними показниками генетичних змін, які відбуваються в ґрунтах унаслідок впливу лісової рослинності.

Ключові слова: чорноземи, діелектрична проникність, питома електропровідність, мінералізація, солоність, лісова рослинність.

ВСТУП

Дослідження електрофізичних властивостей дуже рідко використовуються при встановленні властивостей та генезису ґрунтів. При цьому, як зазначають О. Ф. Вадюніна

та З. О. Корчагіна (Vadyunina, Korchagina, 1986), певна простота та швидкість визначення, а також широкий діапазон цих показників у зв'язку зі змінами фізичних факторів середовища свідчать на їх користь.

Електрофізичні властивості мають важливе значення при оцінці фізичних характеристик ґрунтів, які відображають інші властивості ґрунтів (наприклад, мінералогічний склад, якісний склад органічних речовин ґрунту тощо). До основних електрофізичних властивостей ґрунту належать електропровідність, питома опірність, діелектрична проникність та магнітні властивості (Vadyunina, Korchagina, 1986; Gorban, 2006).

Електропровідність – здатність ґрунту пропускати електричний струм під впливом електричної напруги. Електропровідність 1 см³ ґрунту називають питомою. Електропровідність визначається головним чином наявністю в ґрунті вільних електронів, які сприяють проведенню електричного струму, та його зволоженням (Bedernichek et al., 2009).

Діелектрична проникність характеризує здатність ґрунту формувати електроємність, його поляризацію. Вона залежить від складу ґрунту, зменшується зі збільшенням частоти струму, що подається на конденсатор (Vadyunina, Korchagina, 1986; Gorban, 2016).

Як ми вже зазначали раніше (Gorban, 2006), електрофізичні властивості успішно можуть використовуватися при дослідженні генезису ґрунтів.

Метою нашої роботи є встановлення особливостей впливу лісової рослинності на електрофізичні властивості чорноземів.

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження впливу лісової рослинності на діелектричну проникність та електрофізичні показники чорноземів виконували на ґрунтових зразках, відібраних з чорноземів звичайних (пробна площа № 201 – еталон, степова цілина), чорноземів лісопокрощених (пробна площа № 224 – штучне дубове насадження) та чорноземів лісових (пробна площа № 107 – природний байрачний ліс).

Нижче наводимо стислий опис пробних площ із ґрунтовими розрізами, з яких було відібрано зразки для подальшого дослідження електрофізичних властивостей.

Пробна площа № 201. Розташована на вододілі річок Самари та Сороковушки. Це мікроплато зі схилом 4–5° північно-східної експозиції. Займає площу майже 120 га. Режим зволоження відповідає сухим місцезростанням СГ₀₋₁.

У живому покриві ковила Лессінга (*Stipa Lessingiana*); інколи на більш крутих ділянках схилів – ковила волосиста (*S. capillata*); костриця валіська (*Festuca valesiaca*); чебрець Маршаллів (*Thymus marschalliana*); сальвія зникла та дібровна (*Salvia nutans*, *S. nemorosa*); самосил білоповстистий (*Teucrium polium*); люцерна румунська (*Medicago romanica*); деревій звичайний (*Achillea millefolium*); молочай (*Euphorbia sp.*); парило звичайне (*Agrimonia eupatoria*).

Макроморфологічний опис ґрунтового розрізу ПП № 201

H₀ (0–1 см) – одношаровий фрагментарний калдан.

H₁ (0–7 см) – темно-сірий сухуватий суглинок зернистої структури з пилуватістю. Пухкий, корененасичений, з рідкими вкрапленнями присипки. Велика кількість пор. Горизонт насичений копролітами. Перехід поступовий за кольором.

H₂ (7–26 см) – темно-сірий з буруватістю, яка зростає донизу; сируватий, структура зерниста, пухкий, з присипкою, багато копролітних утворень; проникність коренями помітно менша, перехід більш-менш різкий за кольором та структурністю.

Нр (26–56 см) – сіро-бурий та буруватий із затіками та плямами сірого та темно-сірого кольору; свіжуватий суглинок; пласти розпадаються на зернисті та грудкуваті окремість; більш щільний, але ще пухкий; невелика тріщинуватість; проникнений великими коренями; місцями псевдоміцелій; на межі з лежачим нижче горизонтом закипає; перехід помітний за кольором, структурою, щільністю.

Ph (56–85 см) – палево-жовтий з сіро-бурими та бурими варіаціями; свіжуватий; вертикальні стовпчасті пласти розпадаються на грудкуваті окремість та піскоподібну масу; суглинок; розвинена тріщинуватість; окремі затіки гумусової речовини, окремі великі корені, кротовина; по нижній межі починається білозірка; перехід різкий.

Рк (85–150 см) – палево-жовтий, жовто-бурий, свіжуватий, пухкий стовпчастий макроструктурний лесовий суглинок (материнська порода); рясна білозірка; тріщинуватість; окремі затіки сірої речовини по кореневих ходах; корені рідко зустрічаються; кротовина; перехід різкий за структурою, щільністю та кольором.

Грунт – чорнозем звичайний карбонатний малогумусовий слабкозмитий середньосуглинковий на лесових відкладах (Belova, Travleyev, 1999).

Пробна площа № 224. Знаходиться на вододільному плато західніше с. Всесвятського Новомосковського р-ну Дніпропетровської обл. Тип лісорослинних умов – СГ₁ (суглинок сухуватий). Грунтові води з глибини 40 м. Тип світлової структури – тінювий. Світловий стан нормальний. Чагарниковий підлісок – з клену татарського, зімкнутість 0,5. Тип деревостану – 10 Д. зв., вік насадження – 65 років, висота – 6–8 м, діаметр стовбурів – 8–12 см. Зімкнутість деревостану – 0,9.

Макроморфологічний опис ґрунтового розрізу ПП № 224

H₀₁ (0–3 см) – лісова підстилка складається з листя дубу.

H₀₂ (3–5 см) – напіврозкладена, трухоподібна маса, міцно поєднана з ґрунтом.

H₁ (0–10 см) – темно-сірий, сухуватий, грудкуватий, суглинковий, пухкий. Включає багаточисельні корені трав'янистої рослинності. Перехід за щільністю, кольором та насиченістю коренями.

H₂ (10–35 см) – темно-сірий, сухуватий, грудкуватий, суглинковий, щільніший за попередній. Корененасиченість зменшується, зустрічаються поодинокі корені дуба. Перехід за кольором та щільністю.

H_p (35–70 см) – перехідний горизонт. Сірий з вкрапленням бурого кольору, сухуватий, дрібногрудкуватий, суглинковий, щільний. Перехід за кольором. Закипання з 43 см.

Phk (70–100 см) – сірувато-бурий, сухуватий, грудкуватої структури, суглинковий, щільний. Перехід за кольором та щільністю.

Рк (100–150 см) – материнська порода – лесоподібний суглинок. Бурий, сухуватий, суглинковий, дуже щільний.

Грунт – чорнозем звичайний лісопокрощений карбонатний малогумусовий середньосуглинковий на лесах (Belova, 1997).

Пробна площа № 107. Розташована на середній третині схилу північної експозиції байраку Глибокого. Ділянка має нахил в 15° північної експозиції. Тип лісорослинних умов – суглинок свіжий (СГ₂).

Деревний ярус складають липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), клен польовий (*Acer campestre* L.) і в'яз граболистий (*Ulmus minor* Mill.). У підліску бруслина бородавчаста (*Euonymus verrucosa* Scop.) та липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.).

Макроморфологічний опис ґрунтового розрізу ПП № 107

H₀ (0–3 см) – лісова підстилка з листя різного ступеня розкладення.

H_{1el} (0–12 см) – поверхневий гумусо-аккумулятивний елювіальний лесивований горизонт. Однорідного темно-сірого забарвлення. Свіжий. Середньосуглинковий. Дрібнозернисто-грудкуватої структури. Дуже пухкого складення, розсипчастий, рясно переплетений кореневими системами трав'янистих рослин. Перехід за структурою і щільністю складення.

H_{2el} (12–33 см) – другий гумусо-аккумулятивний елювіальний лесивований горизонт. Однорідного темно-сірого забарвлення. Свіжий. Важкосуглинковий. Структура горіхувато-зернисто-грудкувата. Пухкого складення, але дещо ущільнений, порівняно з поверхневим горизонтом. Містить дуже багато коренів трав і дерев. Перехід за щільністю, структурою і забарвленням.

H_{3el} (33–67 см) – третій гумусо-аккумулятивний елювіальний лесивований горизонт. Однорідного палевого забарвлення. Свіжий. Глинистого гранулометричного складу. Структура зернисто-горіхувато-грудкувата, подібна до попереднього горизонту. Значно щільнішого складення за горизонт H_{2el}. Характеризується меншим вмістом корневих систем, переважно деревних. Перехід за щільністю, структурою і забарвленням.

H_{4el} (67–96 см) – гумусо-аккумулятивний ілювіальний лесивований горизонт. Темно-жовтувато-бурого кольору. Вологий. Глинистого гранулометричного складу. Різко зростає ущільнення ґрунтового матеріалу. Значний вміст коренів. Перехід за забарвленням.

H_{pi1} (96–140 см) – перший перехідний ілювіальний лесивований горизонт. Сірувато-коричневого забарвлення. Характеризується появою дещо світліших від загального фону плям. Вологіший за попередній горизонт. Важкосуглинкового гранулометричного складу. Характеризується подібною до горизонту H_{4el} структурою й щільністю. Містить значно менше коренів. Перехід за кольором.

Phil (140–166 см) – другий перехідний ілювіальний лесивований горизонт. Неоднорідне світло-бурувато-жовте забарвлення. Вологий. Глинистого гранулометричного складу. Структура подібна до першого перехідного горизонту. Дуже щільний. Значно менше коренів. Перехід нерівний за забарвленням, структурою, липкістю.

Pilk (166–230 см) – ілювіальний лесивований карбонатний горизонт делювіальної материнської породи. Колір світло-коричневий. Вологий. Глинистого гранулометричного складу. Структура подібна до попереднього горизонту. Дуже щільного складення. Ґрунтовий матеріал дуже липкий і пластичний. Лінія закипання 10%-ї HCl нерівна: коливається від 166 до 175 см.

Ґрунт – чорнозем лісовий вилугуваний лесивований надпотужний суглинковий на делювіальних відкладах (Yakovenko, 2014).

Визначення діелектричної проникності ґрунтів виконували з використанням цифрового вимірювача ємності CM-9601A. Детальну методику визначення цього показника наведено в нашій попередній роботі (Gorban, 2016).

Визначення електрофізичних показників (питому електропровідність, мінералізацію та солоність) виконували з використанням кондуктометру-солеміру-термометру Ezodo-7021. Детальну методику визначення цих показників наведено в роботах Ю. В. Дегтярьова (Dehtyaryov, 2014, 2015).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті дослідження діелектричної проникності чорноземів звичайних пробної площі № 201 встановлено, що її мінімальна величина (28,12) характерна для верхнього горизонту H₁ (табл. 1), який характеризується максимальним накопиченням органічної речовини порівняно з іншими горизонтами (Belova, Travleyev, 1999). З глибиною спостерігається поступове збільшення величини діелектричної проникності, максимальне значення якої (87,22) виявлено в горизонті P_k, який характеризується мінімальним умістом органічної речовини. При цьому горизонти H₁ та H₂ за величиною діелектричної проникності, яка лежить в інтервалі 25–55, можна поєднати в один шар, а інші горизонти, діелектрична проникність яких лежить у межах 80–90, – у другий шар.

Верхні горизонти H₁ та H₂ чорноземів лісопокращених пробної площі № 224 характеризуються зменшеними величинами діелектричної проникності порівняно з горизонтами H_p, P_{hk} та P_k. При цьому величини діелектричної проникності нижніх трьох горизонтів практично не відрізняються (табл. 1). Таким чином, за величиною діелектричної проникності ґрунти пробної площі № 224 можна поділити на два шари: до першого входять горизонти H₁ та H₂, до другого – горизонти H_p, P_{hk} та P_k. У цілому спостерігається збільшення величин діелектричної проникності з глибиною.

Подібним чином на два шари за величиною діелектричної проникності поділяються ґрунтові горизонти пробної площі № 107. До першого шару, діелектрична проникність якого є менше 10, входить чотири елювіальних горизонти. До другого шару, діелектрична проникність якого лежить у межах 10–20, входять горизонти H_{pi1}, Phil та Pilk.

Таким чином, у результаті дослідження діелектричної проникності чорноземів трьох пробних площ встановлено, що найменші її показники характерні для горизонтів, значно збагачених органічною речовиною. При цьому зі збільшенням величини діелектричної проникності спостерігається зменшення вмісту органічної речовини в ґрунтах. Вплив штучної лісової рослинності на чорноземи в умовах

пробної площі № 224 сприяв виникненню більш різких змін на межі другого гумусового горизонту Н₂ та перехідного горизонту Н_р порівняно з чорноземами звичайними пробної площі № 201. Вплив природної байрачної рослинності на ґрунти в умовах пробної площі № 107 сприяв формуванню різкої межі за величиною діелектричної проникності між елювіальними та ілювіальними горизонтами.

Таблиця 1

Діелектрична проникність чорноземів під різними типами рослинності			
Генетичний горизонт	Глибина, см	Діелектрична проникність	Щільність ґрунтового зразка, г/см ³
Пробна площа № 201 (чорноземи звичайні)			
H ₁	0–7	28,12±4,68	1,22±0,08
H ₂	7–26	53,23±5,72	1,11±0,07
H _p	26–56	84,87±3,53	1,16±0,09
Ph	56–85	83,22±5,55	1,27±0,10
Pk	85–150	87,22±3,69	1,19±0,03
Пробна площа № 224 (чорноземи лісопокращені)			
H ₁	0–10	32,10±3,22	1,14±0,03
H ₂	10–35	47,44±3,88	1,20±0,06
H _p	35–70	87,43±1,91	1,15±0,05
Phk	70–100	85,77±9,39	1,11±0,02
Pk	100–150	86,57±6,83	1,17±0,15
Пробна площа № 107 (чорноземи лісові)			
H _{1el}	0–12	7,93±0,70	0,86±0,01
H _{2el}	12–33	9,41±0,67	0,85±0,01
H _{3el}	33–67	8,66±1,26	0,84±0,01
H _{4el}	67–96	9,27±2,95	0,87±0,02
H _{pil}	96–140	14,30±1,46	0,92±0,04
Phil	140–166	15,30±4,63	1,00±0,04
Pilk	166–230	20,28±1,70	0,98±0,02

Дослідженнями електрофізичних показників чорноземів звичайних пробної площі № 201 виявлено, що їх величини поступово зменшуються з глибиною. При цьому максимальні значення питомої електропровідності, мінералізації та солоності пов'язані з поверхневим горизонтом Н₁ (табл. 2), що можна пояснити збагаченням цього горизонту мінеральними солями, органічною речовиною у вигляді колоїдів та іншими сполуками внаслідок процесів імпульверизації (Vysotsky, 1962; Belova, Travleyev, 1999; Gorban, 2017).

У чорноземах лісопокращених пробної площі № 224 в результаті дослідження електрофізичних показників встановлено межу, що знаходиться між горизонтами Н₂ та Н_р, від якої доверху та донизу спостерігається збільшення показників питомої електропровідності (табл. 2). Величини мінералізації та солоності поступово збільшуються з глибиною, досягаючи максимальних значень у горизонті Рк (70 та 85 мг/кг відповідно).

Подібну межу, уже між елювіальними та ілювіальними горизонтами ґрунтів пробної площі № 107, встановлено в результаті вимірювання питомої електропровідності, мінералізації та солоності. При цьому збільшені величини зазначених показників характерні як для верхнього горизонту Н_{1el}, так і для нижнього горизонту Pilk.

Отже, для чорноземів звичайних пробної площі № 201 максимальні величини електрофізичних показників характерні для верхнього горизонту, з глибиною спостерігається зменшення їх величин. У чорноземах лісопокращених пробної площі № 224 за величиною питомої електропровідності спостерігається початкове

Таблиця 2

Електрофізичні показники чорноземів під різним типом рослинності

Генетичний горизонт	Глибина, см	Питома електропровідність, мкСм/см	Мінералізація, мг/кг	Солоність, мг/кг
Пробна площа № 201 (чорноземи звичайні)				
H ₁	0–7	105±4,36	97±3,61	56±1,15
H ₂	7–26	64±3,61	80±1,00	29±4,04
Hp	26–56	62±2,65	42±4,36	34±2,52
Phk	56–85	35±2,65	53±4,16	39±2,08
Pk	85–150	19±1,73	34±2,08	37±1,73
Пробна площа № 224 (чорноземи лісопокрашени)				
H ₁	0–10	26±3,61	25±2,52	49±4,04
H ₂	10–35	19±2,65	28±2,08	54±1,15
Hp	35–70	30±2,08	46±3,61	74±3,61
Phk	70–100	38±4,04	62±4,04	80±4,36
Pk	100–150	32±1,73	70±3,61	85±4,04
Пробна площа № 107 (чорноземи лісові)				
H _{1el}	0–12	91±4,04	66±4,04	51±1,73
H _{2el}	12–33	21±3,65	20±1,73	17±1,00
H _{3el}	33–67	17±1,73	14±1,00	11±1,00
H _{4el}	67–96	20±1,00	11±1,00	8±1,15
Hpil	96–140	13±1,00	8±1,00	6±1,00
Phil	140–166	18±2,65	15±1,73	16±1,15
Pilk	166–230	103±4,36	56±3,61	45±2,08

формування межі, яка розділяє гумусові горизонти (H₁ та H₂) та горизонти, що лежать нижче (Hp, Phk та Pk). Це може бути ознакою поступового посилення елювіально-ілювіальних процесів, які відбуваються в цих ґрунтах внаслідок впливу штучної лісової рослинності. Від верхніх горизонтів чорноземів лісопокрашених до нижніх спостерігається зростання величин мінералізації та солоності. У чорноземах лісових пробної площі № 107 в результаті дослідження електрофізичних показників виявлено чітко сформовану межу між елювіальними та ілювіальними горизонтами, яка сформувалася в результаті тривалого впливу на ґрунти природної байрачної рослинності.

ВИСНОВКИ

1. У результаті дослідження діелектричної проникності чорноземів встановлено, що між цією величиною та вмістом органічної речовини існує зворотна залежність.
2. Величини діелектричної проникності генетичних горизонтів чорноземів звичайних характеризуються більш поступовими змінами порівняно з горизонтами чорноземів лісопокрашених та чорноземів лісових.
3. Вплив лісової рослинності на чорноземи призводить до формування межі між гумусовими горизонтами та горизонтами, що лежать нижче (характерно для чорноземів лісопокрашених), а також межі між елювіальними та ілювіальними горизонтами (характерно для чорноземів лісових) за величиною діелектричної проникності.
4. У чорноземах звичайних спостерігається поступове зменшення з глибиною величин питомої електропровідності, мінералізації та солоності.
5. Для чорноземів лісових – також і за величинами мінералізації та солоності спостерігається формування межі між елювіальними та ілювіальними горизонтами.
6. Вплив лісової рослинності на чорноземні ґрунти призводить до посилення гетерогенності між генетичними горизонтами за величинами діелектричної проникності, питомої електропровідності, мінералізації та солоності.

7. Величини діелектричної проникності та електрофізичних показників чорноземів можуть бути надійними показниками генетичних змін, які відбуваються в ґрунтах внаслідок впливу лісової рослинності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Bedernichek, T. Yu., Kopyi, S. L., Partyka, T. V., Hamkalo, Z. G., 2009. Elektroprovidnist yak espres-indykator yonnoyi aktyvnosti edafotopu lisovykh ekosystem [Electrical conductivity as espresso indicator of ion activity edafotopu forest ecosystems]. *Biological systems* 1(1), 85–89 (in Ukrainian).
- Belova, N. A., 1997. *Ekologiya, mikromorfologiya, antropogenez lesnykh pochv stepnoy zony Ukrainy* [Ecology, micromorphology, antropogenesis of forest soils in the Steppe zone of Ukraine], Dnipropetrovsk University Press, Dnipropetrovsk (in Russian).
- Belova, N. A., Travleyev, A. P., 1999. *Estestvennye lesa i stepnye pochvy (ecologiya, mikromorfologiya, genesis)*, 1999 [Forest and steppe soils (ecology, micromorphology, genesis)]. Dnipropetrovsk (in Russian).
- Dehtyaryov, Yu. V., 2014. Elektroprovidnist vodnykh suspenziy chornozemiv tipovykh pid riznymi fitotsenozamy [Electrical conductivity of water suspensions of typical chernozem under different phytocenoses]. *Bulletin of KhNAU named after V. V. Dokuchayev* 1, 42–48 (in Ukrainian).
- Dehtyaryov, Yu. V., 2015. Elektrofizychni pokaznyky chornozemiv tipovykh pid riznymi fitotsenozamy [Electrophysical indicators typical chernozems under different phytocenoses]. *Bulletin of KhNAU named after V. V. Dokuchayev* 2, 18–23 (in Ukrainian).
- Gorban, V. A., 2006. Fizychnyy stan gruntiv yak ekolohichnyy faktor [Soils physical condition as ecological factor]. *Gruntoznavstvo* 7 (3–4), 102–111 (in Ukrainian).
- Gorban, V. A., 2016. K metodike izucheniya dielektricheskoy pronitsayemosti pochv (na primere pochv bayrachnykh lesov severnogo varianta stepnoy zony Ukrainy) [To the method of studying the permittivity of soils (on an example of soils of ravine forests of the northern variant of the Steppe zone of Ukraine)]. *Gruntoznavstvo* 17 (3–4), 90–97 (in Russian).
- Gorban, V. A., 2017. Eolovo-hruntovi vidklady ta yikh vplyv na formuvannya edafotopiv lisovykh kulturbioheotsenoziv stepovoyi zony Ukrainy [Eolian-soil deposits and their influence on the formation of edaphotop of forest artificial biogeocenoses of the steppe zone of Ukraine]. *Svidler AL, Dnipro* (in Ukrainian).
- Vadyunina, A. F., Korchagina, Z. A., 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochvy* [Methods of study of the physical properties of soil]. Moscow (in Russian).
- Vysotsky, G. N., 1962. *Materialy po izucheniyu chernykh bur v stepyakh Rossii* [Materials on the study of black storms in the steppes of Russia]. Selected Works. Vol. 2. Soil and soil-hydrological work. AN SSSR, Moscow, 9–18 (in Russian).
- Yakovenko, V. M., 2014. Vplyv delyuvialnykh protsesiv na macro- ta mikromorfologiyu bairachnykh lisovykh gruntiv [The influence of deluvial processes on macro- and micromorphology of ravined forest soil]. *Gruntoznavstvo* 15(3–4), 74–88 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 21.06.2017

SOIL CHEMISTRY



E. V. Skrylnik¹

Dr. Sci. (Agri.)

M. V. Shevchenko²

Dr. Sci. (Agri.)

M. A. Popirny¹✉

UDK 631.421:631.417.2

¹National Scientific Center «O. N. Sokolovsky Institute
for Soil Science and Agrochemistry Research»,
Chaikivska St., 4, Kharkiv, Ukraine, 61024

²V. V. Dokuchayev Kharkiv national agrarian university,
p/d Dokuchayev, 2, Kharkiv dis., Kharkiv reg.,
Ukraine, 62483

THE EFFECT OF SOIL TILLAGE SYSTEMS ON DISTRIBUTION AND QUALITY OF HUMIC SUBSTANCES BY TYPICAL BLACK SOIL

Abstract. The importance of humic substances (HS) function and distribution in soil layer is well known, but nature of the response different factions of HS, namely the main fraction humic acids (HA) at the molecular level that determine the mechanisms of changes induced by agriculture loads such as tillage practices are still being researched. In the present paper were studied the effect of soil tillage systems on quantitative and qualitative indicators of organic matter of typical black soil – the content of the HS, response to particular factions of HS, namely HA at the molecular level. The mechanisms of molecular changes of HA was study through ultraviolet (UV) spectroscopy in region from 90 nm to 410 nm that shows condition of considerable and functionality structural elements such as aromatic double bonds (C=C) and activity (different polarization due to change dipole moments) of keto-groups (C=O) that may indicate conformation changes of humic supramolecular conformation. A novel understanding of humus chemistry and implication in soil science is based that HS is represented by functional supramolecular associations of self-assembling heterogeneous and relative small molecular deriving from the degradation and decomposition of biological materials. A major aspects of humic supramolecular structure conformation is that its predominantly stabilized by different weak dispersive force such as hydrophobic, Van der Waals, π - π , π -CH and hydrogen bonds, last becoming more important with the decrease pH. The irreversible destruction stable humic supramolecular structure conformation that protect SOM leads to decrease of humus. The quality and dynamics of humus are closely related to tillage practices. The deep quality transformation of SOM caused by molecular organization of HS, especially more stable fraction HA which self-assembling due to intermolecular interactions that form the conformations promote the accumulation of SOM but intensive and continued agricultural practices such as intensive plowing have caused enormous losses of humus. To increase accumulation of humus used minimized, zero tillage system (No till), which have been used successfully in North America and various European countries to enhance the quantity and quality SOM and stabilize global CO₂. Unfortunate consequences, according to supporters of such technologies, explains sufficient period of their application, which should be at least 6–8 years to fully restore the natural state of the soil and create the necessary conditions. Therefore needs to study directions of humus transformation processes that

✉ Tel.: +38068-879-24-50, e-mail: max.popirny@gmail.com

DOI: 10.15421/041705

cause the most promising for the specific soil and climatic zone combinations cultivation system adopted by rotation. It has been demonstrated that increase of the tillage intensity of the typical black soil leads to decrease mature fractions of HS content, but the increase of labile and mobile fractions of HS due to displacement of balance between the conjugated processes of humus synthesis and decay towards destruction by intense mineralization process of SOM. It has been shown that a 9-year use of No tillage system (No till) leads to accumulation of inert and stable humus (mature) fractions and reduces labile humus, which adversely affects in the accumulation of humus and effective soil fertility. The degree of condensation of HA fractions indicates a more condensed structures in mobile fractions for plowing and disking that causes with covalent and strong link between structure element of HA. The UV spectroscopy in the range of 0.1 N NaOH after drawing decalcification soil indicates a supramolecular structure reorganized for the intensification of tillage of typical black soil. The UV spectroscopy has been found that by plowing in the HA is intense absorption (hyperchromic effect) in the range of ~210–250 nm and 280–350 nm due to the active π - π^* electronic transitions in conjugated system of double bonds ($C = C$ at ~210–250 nm), which leads to active donor-acceptor interactions with a more polarized oxygen contained groups such ketones ($-C = O$ by ~280–350 nm). For disking and with the No till systems in UV spectra intensity, a decrease in absorption due to decreased activity of donor-acceptor interactions. For systems No till, shift the absorption intensity in a short-wave zone due to the $C = C$ bonds by disking slight increase in absorption in the long wavelength range is associated with a more polarized ketone group ($-C = O$).

Keywords: soil tillage systems, humus, humic substances, humic acids, supramolecular structure, spectroscopy, ketone group, donor-acceptor interactions.

УДК 631.421:631.417.2

Е. В. Скрыльник¹

д-р с.-х. наук

Н. В. Шевченко²

д-р с.-х. наук

М. А. Попирный¹

¹Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024, тел.: +38068-879-24-50, e-mail: max.popirny@gmail.com

²Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева, п/о «Докучаевское 2», Харьковский р-н, Харьковская обл., Украина, 62483

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И КАЧЕСТВО ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

Аннотация. Целью данной работы было изучение влияния систем обработки на распределение гумусовых веществ (ГВ) и их качество, а именно структурные показатели важнейшей фракции ГВ – гуминовых кислот (ГК) чернозема типичного. Доказано, что при интенсификации обработки происходит снижение содержания зрелых фракций ГВ при одновременном увеличении содержания лабильного органического вещества и подвижных фракций ГК через смещение равновесия между синтезом и распадом гумуса в сторону распада и высвобождение доступных органических веществ. Показано, что за 9-летнее использование нулевой обработки (No till) наблюдается накопление инертных и стабильных фракций органического вещества, при одновременном уменьшении лабильного гумуса, что негативно влияет на эффективное плодородие почвы. Степень конденсированности фракций ГК указывает на формирование более конденсированных структур в подвижных фракций при применении вспашки и дискования.

Спектроскопия в УФ-диапазоне 0,1 н NaOH вытяжки после декальцирования почвы указывает на переорганизацию надмолекулярной структуры ГК чернозема типичного при интенсификации обработки. Показано, что при вспашке в ГК происходит интенсивное поглощение (гиперхромный эффект) в диапазоне ~210–250 нм и 280–350 нм, что связано с активными π - π^* -электронными переходами в сопряженной системе двойных связей ($C = C$ при ~210–250 нм), и приводит к активным донорно-акцепторным взаимодействиям благодаря более поляризованным кислородсодержащим группам типа кетонов ($-C = O$ при ~280–350 нм). При дисковании и системе No till происходит снижение интенсивности поглощения, что обусловлено снижением активности донорно-акцепторных взаимодействий. При системе No till на УФ-спектрах происходит смещение интенсивности поглощения в более

коротковолнову зону, связанную с C = C-связями, при дисковании – некоторое увеличение поглощения в длинноволновом диапазоне, связанное с кетонными группами.

Ключевые слова: системы обработки почвы, гумус, гумусовые вещества, гуминовые кислоты, надмолекулярная организация, кетонные группы, донорно-акцепторные взаимодействия.

УДК 631.421:631.417.2

Є. В. Скрильник¹

д-р с.-г. наук

М. В. Шевченко²

д-р с.-г. наук

М. А. Попірний¹

¹Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024, тел.: +38068-879-24-50, e-mail: max.popirny@gmail.com

²Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, п/в «Докучаєвське 2», Харківський р-н, Харківська обл., Україна, 62483

ВПЛИВ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА РОЗПОДІЛ ТА ЯКІСТЬ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

Анотація. Метою даної роботи було вивчення впливу систем обробітку ґрунту на розподіл гумусових речовин (ГР) та їх якості, а саме на структурні показники найважливішої фракції ГР – гумінових кислот (ГК) чорнозему типового. Доведено, що за інтенсифікації обробітку відбувається зниження вмісту загального вуглецю і зрілих фракцій ГР, але збільшення вмісту лабільної органічної речовини та рухомих фракцій ГР через зсув рівноваги між синтезом та розпадом гумусу в бік розпаду та вивільнення доступних органічних сполук. Показано, що за 9-річне використання нульового обробітку (No till) спостерігається збільшення інертних та стабільних фракцій органічної речовини і зменшення лабільного гумусу, що негативно впливає на ефективну родючість ґрунту. Ступінь конденсованості фракцій ГК указує на формування більш конденсованих структур у рухомих фракціях у разі застосування оранки та дискування.

Спектроскопія в УФ-діапазоні 0,1 н NaOH витяжки після декальціювання ґрунту вказує на переорганізацію надмолекулярної структури ГК чорнозему типового за інтенсифікації обробітку. Доведено, що за оранки в ГК відбувається інтенсивне поглинання (гіперхромний ефект) у діапазоні ~210–250 нм та 280–350 нм, це пов'язано з активними π - π^* електронними переходами в сполученій системі подвійних зв'язків (C=C за ~210–250 нм), що приводить до активних донорно-акцепторних взаємодій завдяки більш поляризованим оксигеновмісним групам типу кетонів (-C=O за ~280–350 нм). За дискування та нульового обробітку на УФ-спектрах відбувається зниження інтенсивності поглинання, що обумовлено зниженням активності донорно-акцепторних взаємодій. За системи No till зміщення інтенсивності поглинання в більш короткохвильову зону пов'язане із C=C-зв'язками, за дискування деяке збільшення поглинання в довгохвильовому діапазоні пов'язане з кетонними групами (-C=O).

Ключові слова: системи обробітку ґрунту, гумус, гумусові речовини, гумінові кислоти, надмолекулярна організація, спектроскопія, кетонні групи, донорно-акцепторні взаємодії.

ВСТУП

Інтенсивне та тривале сільськогосподарське використання чорноземів за традиційної оранки призводить до втрати органічної речовини ґрунту (ОРГ) та її складової частини – гумусу. Вважається, що втрати гумусу в ґрунтах України за більше ніж 120-річний період досягли 22 % – у Лісостепу, 19,5 % – у Степу, 19 % – у Поліссі (Kravchenko et al, 2012). Відсутність постійної компенсації рослинними рештками і органічними добривами поточних витрат органічної речовини головним чином через біологічну мінералізацію (біодеградацію), зміну співвідношення між мінералізацією свіжої органічної речовини, утворення і стабілізацію нових органічних речовин є основними факторами зменшення вмісту гумусу і погіршення

його якісних характеристик (Skrilnik et al, 2008). Гумус – поліфункціональна, гетерогенна суміш полідисперсних органічних сполук перемінного складу, що відіграє важливу роль у формуванні ефективної родючості як резерву мінерального живлення рослин і як фактор, який позитивно впливає на агрофізичні та фізико-хімічні властивості ґрунту (Orlov, 1990).

У природних ценозах процеси синтезу та розпаду ОРГ збалансовані через саморегуляцію гумусової системи, що зумовлено супрамолекулярною (надмолекулярною) самоорганізацією у водній суміші гетерогенних низькомолекулярних асоціатів гумусових речовин (ГР) у стійкі та функціональні супрамолекулярні ансамблі (Piccolo, 2001). Поліфункціональність надмолекулярних ансамблів ГР обумовлена різними міжмолекулярними взаємодіями між структурними елементами ГР (Nebbioso, 2012; Piccolo, 2001). Надмолекулярні ансамблі (комплекси) ГР стабілізовані різними слабкими міжмолекулярними (гідрофобними, Ван дер Ваальсовими, π - π -, π -CH) та водневими (H-) зв'язками, що переорганізуються під дією органічних кислот (під час ексудації в ризосфері ґрунту), іонів та інших агентів, що приводять до переорганізації надмолекулярного гумусового комплексу з вивільненням біологічно активних речовин або призводять до необоротної дисоціації ГР до менших за розміром (Nebbioso, 2012).

За інтенсивним обробітком ґрунту втрати ОРГ обумовлені зміщенням процесів синтезу та розпаду гумусу в бік розпаду надмолекулярного комплексу ГР, формуючи, таким чином, екологічно-нестійкі ґрунтові ділянки (Haynes, 2005; Ovchinnikova, 2012). Через вичерпання та слабку стабілізацію лабільного пулу, що веде до CO₂ асиміляції гетеротрофними мікроорганізмами і повної мінералізації стабільної частини гумусу (Skrilnik et al, 2008), відбувається дегуміфікаційні процеси, що зумовлено необоротним порушенням надмолекулярного функціонального комплексу ГР (Piccolo, 2001; Nebbioso, 2012; Tsapko, 2014). Так, М. А. Єгоров відмічав (Degtyarov, 2011), що роль у забезпеченні сприятливих умов для розвитку рослин належить рухомій частині гумусу, що, крім того, визначає ступінь окультуреності ґрунту. Завищення оптимальних показників вмісту лабільних форм гумусу може призвести до підсилення мінералізаційних процесів ОРГ, які вплинуть на ефективну родючість (Ovchinnikova, 2012), через необоротний розпад функціонального надмолекулярного комплексу гумусу. У землеробстві одним із способів повернення втраченого органічного вуглецю є системи мінімізації обробітку ґрунту, а саме система нульового обробітку (No till) та покривна культура, які успішно використовуються в Північній Америці та різних європейських країнах для підвищення кількості та якості ОРГ і глобальної стабілізації CO₂ (Medvedev, 2010). Прихильники таких технологій це роз'яснюють недостатнім періодом їх застосування, який повинен становити не менше 6–8 років для повного відновлення природного стану ґрунтів та створення необхідних умов (Shevchenko, 2014).

Тому актуальним є вивчення кількісних та якісних показників гумусу, розподілу вмісту різних фракцій ГР, процесів перетворення гумінових кислот (ГК) та відповідні реакції на молекулярному рівні у разі зміни напрямів трансформаційних процесів ОРГ, які обумовлюють найбільш перспективні для конкретної ґрунтово-кліматичної зони комбінації способів обробітку в системі прийнятих сівозмін.

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відбір ґрунтових зразків проводили на експериментальному полі кафедри землеробства Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Дослід був закладений у 2006 році для визначення ефективності дії способів обробітку з різним ступенем інтенсивності на чорнозем типовий важкосуглинковий. Ґрунтові зразки відбирали восени 2015 року з шару 0–20 см згідно з ДСТУ 4287:2004. Схема досліду: 1) контроль (40-річний переліг); 2) оранка на глибину 20–22 см; 3) дискування на глибину 10–12 см; 4) нульовий обробіток (No till), представлений

безпосередньою сівбою в необроблений ґрунт. Аналітичні роботи зі зразками ґрунту були проведені за загальноприйнятими методиками згідно з ДСТУ 4289:2004, ДСТУ 4726:2004, ДСТУ 4732:2007 та ДСТУ 7828:2015. Коефіцієнт кольоровості (конденсованості) фракцій ГК (співвідношення оптичних щільностей за довжинами хвиль 465 нм та 665 нм) вимірювали на спектрофотометрі СФ-26.

Молекулярні зміни в структурі ГК вивчали в 0,1 н NaOH витяжці, після декальціювання чорнозему типового, за допомогою електронної спектроскопії у УФ діапазоні вимірювання. Вимірювання електронних спектрів витяжок ГК проводили в НДІ хімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, у відділі гетероциклічних сполук і флуоресцентної спектроскопії. Спектри поглинання витяжками були отримані на спектрофотометрі Stellarnet BLACK-Comet, в області сканування 90–410 нм.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Установлено, що інтенсивність обробітку впливає на гумусовий стан у поверхневому шарі чорнозему типового важкосуглинкового через зміщення процесів накопичення та розпаду гумусу (таблиця). Показано, що обробіток чорнозему типового порівняно з перелогом забезпечує зменшення вмісту загального органічного вуглецю в ґрунті. Порівнюючи способи обробітку, виявлено, що за No till відбувається зменшення вмісту гумусу порівняно із оранкою та дискуванням. Зміни гумусового стану чорнозему типового за різних систем обробітку пов'язані з різною швидкістю розкладу рослинних решток, особливо в поверхневому шарі ґрунту. Це обумовлено різними способами загортання органічних решток, за різних систем обробітку, що впливають на розподіл та ферментативну активність мікробного ценозу чорнозему типового важкосуглинкового (Vilnyiy, 2015). Установлено, що за оранки відбувається збагачення ґрунту азотом, що пов'язано зі збільшенням лабільного (доступного) вуглецю та збільшенням біологічної мінералізації. Відомо, що через біологічну мінералізацію ОРГ відбувається вивільнення та утворення доступних поживних речовин для рослин.

Установлено, що за умов оранки відбувається підвищення мінералізації ОРГ порівняно з іншими досліджуваними варіантами. Інтенсивність обробітку ґрунту відображається в посиленні розпаду ОРГ. Виявлено, що за мінімізації обробітку, особливо за дискування, відбувається зменшення мінералізації, що пов'язано з нагромадженням та якістю різних фракцій гумусу.

Вплив різного обробітку на гумусовий стан чорнозему типового важкосуглинкового				
Показник	Переліг	Оранка	Дискування	No till
Сзаг, %	2,64	2,57	2,52	2,34
Сгк, % до Сзаг	42,0	36,0	38,4	44,4
Нзаг, %	0,26	0,27	0,24	0,24
С/Н	10,1	9,5	10,5	9,7
Слаб, %	0,15	0,16	0,15	0,11
Ступінь гуміфікації	Дуже високий	Високий	Високий	Дуже високий
Сфк, % до Сзаг	23,9	26,5	23,1	21,9
Сгк/Сфк	1,7	1,4	1,7	2,0
Тип гумусу	Гуматний	Фульватно-гуматний	Гуматний	Гуматний
ГК-1, % до суми ГК	4,8	5,7	6,1	4,1
ГК-2, % до суми ГК	69,1	75,4	70,2	80,5
ГК-3, % до суми ГК	26,1	18,9	23,8	15,5
Сгк1/Сфк1	0,26	0,42	0,34	0,32

Застосування різних систем обробітку ґрунту обумовлюють зміни якості ГР як за інтенсифікації, так і за мінімізації обробітку чорнозему типового. Ступінь гуміфікації органічних речовин на варіантах перелугу та за No till дуже високі, через нагромадження ГК, що обумовлює гуматний тип гумусу в тому числі і за дискування ґрунту. За оранки та дискування відбувається зниження вмісту ГК. Виявлено, що за оранки відбувається підвищення фульвокислот (ФК), яке обумовлює зміну гуматного типу гумусу на фульватно-гуматний.

Показано, що обробіток ґрунту викликає перерозподіл фракції ГР чорнозему типового. Установлено, що за оранки відбувається нагромадження більш низькомолекулярних ГР у вигляді ФК, а саме за рахунок фракцій ФК-2 ФК-3 та зниження вмісту більш стійких фракцій ГК-3. За No till відбувається зниження вмісту ГК-1, що вказує на зменшення інтенсивності нагромадження рухомих фракцій ГК, але відбувається нагромадження ГК-2. За обробітку чорнозему порівняно з перелогом відбувається зниження ГК-3, що пов'язано з підвищенням мінералізаційних процесів ОРГ. За дискування чорнозему типового відбувається збільшення вмісту фракції ГК-3. Інтенсивність новоутворення ГР (С_{гк1}/С_{фк1}) найвища за оранки, що обумовлено інтенсивними трансформаційними процесами ОРГ.

Доведено, що інтенсивність обробітку чорнозему типового впливає на ступінь конденсованості ГК ґрунтових витяжок (рис. 1), що обумовлено наявністю ковалентних зв'язків між ароматичними полісполученнями подвійних зв'язків.

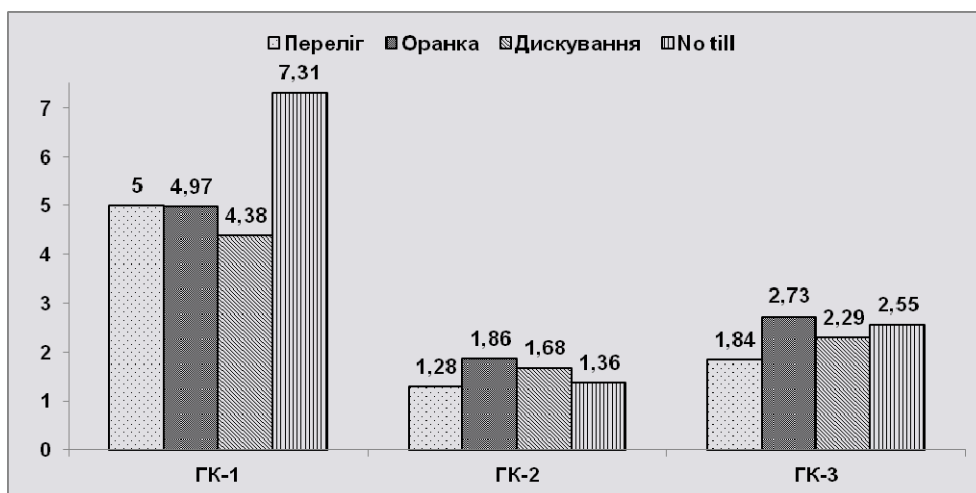


Рис. 1. Ступінь конденсованості (D465/D665) фракцій ГК чорнозему типового залежно від способів обробітку ґрунту

Мінімізація обробітку привела до більшої конденсації ГК-2 та ГК-3 відносно оранки. За дискування рухомі фракції ГК-1 мають більш конденсовані структури відносно інших варіантів, що вказує на формування більш стійких молекул. Установлено, що за технології No till відбувається зниження конденсованості ароматичної системи рухомої фракції ГК-1, що викликає її біодеградацію, через нестійку організацію надмолекулярного комплексу ГР лабільної частини гумусу. При цьому фракція ГК-2 за No till має більший ступінь конденсованості порівняно з оранкою, що обумовлено нагромадженням консервативної частини гумусу.

Результати УФ-спектроскопії вказують на подібність в молекулярній структурі ГК (рис. 2) через однакову форму спектру досліджуваних витяжок, але різну інтенсивність поглинання, особливо за оранки (дифузне поглинання). Форма УФ-спектра досліджуваних зразків указує на присутність у всіх зразках хромофорних груп C=C та -C=O (а також COOH та в меншій кількості азотовмісних груп) зв'язків

ароматичних структур ГК, що обумовлено інтенсивним поглинанням за довжини хвилі 210–250 нм та 280–350 нм (Kudeyarova, 2007; Stevenson, 1994; Orlov, 1990), які відрізняються амплітудами поглинань у цих діапазонах. У разі збільшення інтенсивності обробітку, особливо за оранки, відбувається гіперхромний ефект – інтенсивне збільшення смуги поглинання. При цьому, особливо за оранки, з'являються смуги поглинання в діапазоні 210–250 нм, 280–350 та 325–375 нм, які відповідають електронним π - π^* переходам системи C=C-зв'язків та вказують на активні донорно-акцепторні взаємодії поляризованих кетонних (C=O за 280–350 нм) функціональних хромофорних груп з металами перемінної валентності (325–375 нм) (Kudeyarova, 2007; Popirny et al., 2016).

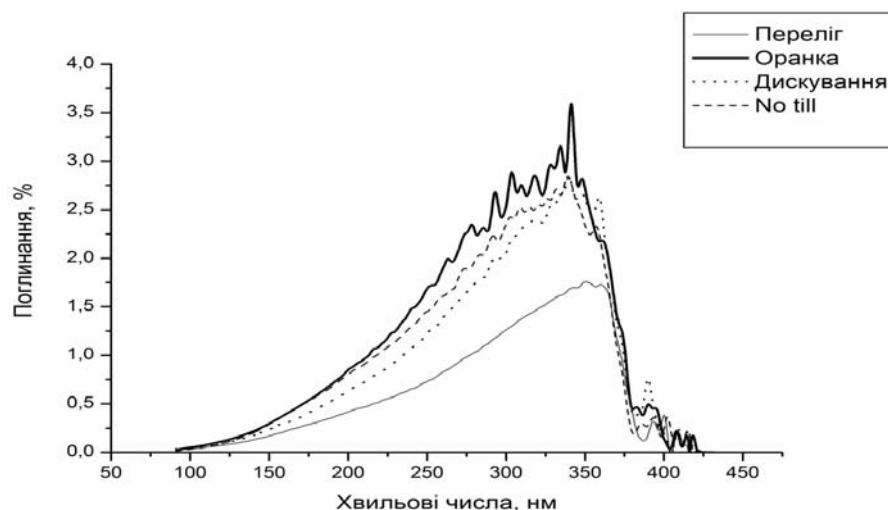


Рис. 2. Спектри поглинання в УФ-діапазоні світла 0,1н NaOH витяжки ГК після декальціювання чорнозему типового залежно від способів обробітку ґрунту

За дискування та технології No till відбувається зменшення інтенсивності поглинання порівняно з оранкою, що пов'язано зі зменшенням активності π - π^* електронної системи. За No till відбувається зміщення поглинання в більш короткохвильову зону C=C-зв'язків, але за дискування спостерігається деяке підвищення амплітуди поглинання в довгохвильовому діапазоні УФ-спектра, що обумовлено поглинанням C=O груп.

Таким чином, показано, що за інтенсифікації обробітку, особливо за оранки, відбуваються конформаційні зміни надмолекулярної функціональної структури ГК завдяки електронній перебудові в ароматичній системі та зміні поляризації оксигеновмісних функціональних груп (Popirny et al, 2016). Збільшення лабільних та рухомих фракцій ГР пов'язане з переорганізацією конформації надмолекулярної структури ГК, через посилення біодеградації ОРГ. Установлено, що продуктивність сівозміни при вирощуванні зернових культур, залежно від інтенсивності обробітку на даному дослідному полі, за оранки найвища, а за безпосередньою сівбою найменш продуктивна (Shevchenko, 2014). Це, вірогідно, пов'язано з більшою концентрацією функціональних біологічно активних ГР за оранки та дискування, які формуються завдяки електронній перебудові спряженої системи та зміні конформації макроструктури, що викликано посиленням донорно-акцепторних взаємодій з металами перемінної валентності (Nardi et al., 2002). Таким чином, змінюючи конформацію гумінової надмолекулярної макроструктури, яка стабілізується циклічним кооперативним хелатним ефектом (Kudeyarova, 2007; Nuzzo et al., 2013;

Popirny et al., 2016; Piccolo, 2001), можливо підвищити кількість доступних для живлення рослин лабільних речовин, що обумовлюють рівень окультуреності ґрунту (Degtyarov, 2011).

ВИСНОВКИ

Застосування оранки та дискування на чорноземі типовому важкосуглинковому сприяє зменшенню вмісту загального органічного вуглецю з одночасним збільшенням рухомих фракцій гумусу завдяки інтенсифікації біодеградаційних процесів у ОРГ. Обробіток ґрунту викликає перерозподіл фракцій ГР через зміну спрямованості трансформаційних процесів у ОРГ. За No till-технології відбувається збільшення вмісту стабільних та інертних органічних речовин через нагромадження фракцій ГР, міцно зв'язаних з мінеральною частиною ґрунту, з одночасним зменшенням лабільних рухомих фракцій. Дискування приводить також до збільшення стабільних фракцій ГР з одночасним уповільненням процесу мінералізації ОРГ. За оранки та дискування відбувається нагромадження більш конденсованих лабільних та рухомих фракцій ГР, що пов'язано з надходженням та трансформацією свіжих органічних залишків. При цьому за дискування утворюються найбільш конденсовані ГК рухомої фракції, які більш стійкі до біодеградації.

Спектри поглинання вказують на подібність у структурній організації ГК та відрізняються амплітудами поглинання (концентрацією), що залежать від інтенсивності обробітку. За оранки в ГК відбувається інтенсивне поглинання, що пов'язано з активними π - π^* електронними переходами в сполученій системі подвійних зв'язків, що приводить до активних донорно-акцепторних взаємодій завдяки більш поляризованим оксигеновмісним групам. За дискування та No till відбувається зменшення та деяке зміщення інтенсивності поглинання в більш короткохвильову зону, пов'язану з поглинанням C=C-зв'язків. За дискування спостерігається деяке збільшення поглинання в довгохвильовому діапазоні, пов'язане з кетонними групами (-C=O).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Degtyarov, V. V., 2011. Humus chornozemiv lisostepu i stepu Ukraini [Humus of Ukraine steppe and forest-steppe chernozem]. Kharkov (in Ukrainian).
- Haynes, R. J., 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview, Adv. Agron. 85, 221–268.
- Kravchenko, Y., Rogovska, N. Petrenko, L., 2012. Quality and dynamics of soil organic matter in a typical Chernozem of Ukraine under different long-term tillage systems. Canadian Journal of Soil Science 92, 429–438.
- Kudeyarova, A. Yu., 2001. Prilozhenie fundamentalnykh polozheniy himii k ponimaniyu mekhanizmov obrazovaniya i transformatsii gumusovykh veshchestv [The application of fundamental principles of chemistry to understanding the mechanisms of formation and transformation of humic substances]. Eurasian Soil Science 11, 1323–1331 (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2010. Nuloviy obrobitek gruntu v Evropeyskikh krayinah [No tillage in Europe]. Kharkov (in Ukrainian).
- Nardi, S., et al., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology & Biochemistry 34, 1527–1536.
- Nebbioso, A., 2012. Advances in Humeomic: enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid. Analytica Chimica 720, 77–90.
- Nuzzo, A., et al., 2013. Conformational changes of dissolved humic and fulvic superstructures with progressive iron complexation. Journal of Geochemical Exploration 129, 1–5.
- Orlov, D. S., 1990. Gumusovue veshchestva i obshaya teoriya humifikatsii [Humic substances and general theory of humification]. MSU, Moscow (in Russian).
- Ovchinnikova, M. F., 2012. Priznaki i mekhanizmyi agrogennoy transformatsii gumusovykh veshchestv dernovo-podzolistoy pochvyi [Symptoms and Mechanisms of nutrient transformation of

- humic substances sod-podzolic soil]. *Agrohimiya* 1, 3–13 (in Russian).
- Piccolo, A., 2001. The supramolecular structure of humic substances, *Soil Sci.* 166, 810–832.
- Popirny, M. A., Nikolov, O. T., Skrilnik, E. V., 2016. Effect of tillage intensity on composition, physical and chemical properties of the second fraction of humic acids extracted from typical chernozem. *Biophysics Bulletin of Kharkov national university* 35(10), 34–45.
- Shevchenko, M. V., 2014. Efektivnist minimalnih tehnologiy obrobittu Gruntu pri viroschuvanni zernovih kultur u livoberezhnomu lisostepu [Efficiency of minimum tillage technology in growing crops in left-bank forest-steppe]. *Feed and fodder* 79, 56–61 (in Ukrainian)
- Skrilnik, E. V., Perebikovska, O. S., Moskalenko, V. P., 2008. Vpliv sistem obrobittu ta udobrennya na gumusoviy stan i vmist pozhivnih rechovin u chornozemi tipovomu [Effect of tillage system and fertilization on humic condition and nutrition in typical black soil]. *Agrohimiya i Gruntoznavstvo* 68, 90–94 (in Ukrainian).
- Stevenson, F. J., 1994. *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*, 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd.
- Tsapko, Yu. L., 2014. Strukturna budova gumusovih kislot v aspekti vplivu na kislotni funktsiyi Gruntiv [Structure of humic acids in aspects of effect on the acidic soil functions]. *Bulletin of V. V. Dokuchayev KNAU* 1, 12–18 (in Ukrainian).
- Vilnyiy, R. P., 2015. Vliyanie minimizatsii obrabotki chernozema tipichnogo na ego biologicheskoe sostoyanie [Effect of minimization soil tillage on ecobiological condition of black soil]. *Pochvovedenie i agrohimiya* 1, 104–114 (in Russian).
- Yakist gruntu. Metodi viznachannya dostupnoyi (labilnoyi) organichnoyi rechovin: DSTU 4732:2007. Chinniy ot 2008–01–01 [Quality of soil. Methods for determining available (labile) organic matter: DSTU of 4732:2007. Operating from 2008–01–01], Stateconsstandard of Ukraine, Kyiv (National standards of Ukraine).
- Yakist gruntu. Metodi viznachannya organichnoyi rechovin: DSTU 4289:2004. Chinniy ot 2005–07–01 [Quality of soil. Methods for determination of organic matter: DSTU of 4289:2004. Operating from 2005–07–01], Stateconsstandard of Ukraine, Kyiv (National standards of Ukraine).
- Yakist gruntu. Vidbirannya prob: DSTU 4287:2007. Chinniy ot 2005-01-01 [Quality of soil. Taking away of tests : DSTU of 4287:2004. Operating from 2005-01-01], Stateconsstandard of Ukraine, Kyiv (National standards of Ukraine).
- Yakist gruntu. Viznachennya grupovogo ta fraktsijnogo skladu gumusu za metodom I. V. Tyurlina v modifikatsiyi V. V. Ponomarovoyi ta T. A. Plotnikovoyi: DSTU 7828:2015. Chinniy ot 22 chervnya 2015 [Quality of soil. Identifying group and fractional composition of humus method I. Turina in the modification of V. V. Ponomareva and T. A. Plotnikova: DSTU of 7828:2015. Operating from June 22, 2015], Stateconsstandard of Ukraine, Kyiv (National standards of Ukraine).
- Yakist gruntu. Viznachennya zagalnogo azotu v modifikatsiyi NNC IGA Im. O. N. Sokolovskogo: DSTU 4726:2004. Chinniy ot 2005–07–01 [Quality of soil. Determination of total nitrogen in modification of NSC ISSAR named after. O. N. Sokolovsky: DSTU of 4726:2004. Operating from 2005–07–01], Stateconsstandard of Ukraine, Kyiv (National standards of Ukraine).

Стаття надійшла в редакцію 19.06.2017