



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
УКРАЇНИ



НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ
імені О. Н. СОКОЛОВСЬКОГО

АГРОХІМІЯ і ҐРУНТОЗНАВСТВО

МІЖВІДОМЧИЙ
ТЕМАТИЧНИЙ
НАУКОВИЙ
ЗБІРНИК

85

ХАРКІВ – 2016

Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник.
Випуск 85. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2016. – 137 с.

AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE. Collected papers.
No. 85. Kharkiv: NSC ISSAR, 2016. - 137 p.

Збірник публікує наукові статті за результатами теоретичних, експериментальних та методичних досліджень з актуальних напрямів ґрунтознавства, агрохімії, агроекології, землеробства та інших наук, які містять оригінальну інформацію та обґрунтовані висновки.

Згідно з наказом МОН України від 29.12.2014 № 1528 збірник внесено до Переліку наукових фахових видань України в галузях сільськогосподарські і біологічні науки за спеціальностями:

03.00.18 – ґрунтознавство (біологічні науки),

06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика (сільськогосподарські науки),

06.01.04 – агрохімія (сільськогосподарські науки).

Мови видання: українська, російська, англійська

Редакційна колегія:

С.А. Балюк д.с-г.н. (відповідальний редактор); ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Н.А. Білова д.б.н.; Академія митної служби України
Д.С. Булгаков д.б.н.; Інститут ґрунтознавства ім. В.В. Докучаєва (Москва, Росія)
В.Ю. Гончаренко д.с-г.н.; Інститут овочівництва і баштанництва НААН
М.О. Горін д.б.н.; Харківський національний аграрн. ун-т ім. В.В. Докучаєва
Г.М. Господаренко д.с-г.н.; Уманський національний ун-т садівництва
Ю.М. Дмитрук д.б.н.; Чернівецький національний ун-т ім. Ю. Федьковича
Л.В. Єстеревська д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Т.М. Лактіонова к.с-г.н. (відповідальний секретар); ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
В.В. Лапа д.с-г.н.; РУП «Інститут ґрунтознавства та агрохімії» (Мінськ, Білорусь)
М.В. Лісовий д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
В.В. Медведєв д.б.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
М.М. Мірошниченко д.б.н. (заст. відп. редактора); ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Е.М. Молчанов д.б.н.; Інститут ґрунтознавства ім. В.В. Докучаєва (Москва, Росія)
Б.С. Носко д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
С.М. Польшина д.б.н.; Чернівецький національний ун-т ім. Ю. Федьковича
Є.В. Скрильник д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Д.Г. Тихоненко д.с-г.н.; Харківський національний аграрн. ун-т ім. В.В. Докучаєва
А.П. Травлєєв д.б.н.; Дніпропетровський національний університет
Р.С. Трускавецький д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
А.І. Фатєєв д.с-г.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
Ю.Л. Цапко д.б.н.; ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»
С.Г. Чорний д.с-г.н.; Миколаївський державний аграрний університет

Склад редакційної колегії затверджено Вченою радою ННЦ
«ІГА імені О.Н. Соколовського», протокол № 4 від 14.03.2014 р.

Рік заснування: 1966

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 20942-10742Пр

Засновник: Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (ННЦ ІГА) вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, тел. (057) 704-16-69
e-mail: soilscience @ukr.net
www.agrosoil.yolasite.com

Збірник представлено

- на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, www.nbuv.gov.ua
- у загальнодержавній реферативній базі даних (РБД) «Україніка наукова»
- у виданні УРЖ «Джерело» Інституту проблем реєстрації інформації НАН України (ІПРІ)

Збірник індексується

наукометричною базою даних РІНЦ (Російський індекс наукового цитування)

Рекомендовано до видання Вченою радою ННЦ ІГА, протокол № 13 від 09.08.2016 р.

ISSN 0587-2596

© Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

ЗМІСТ

ОХОРОНА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ

Мірошніченко М.М., Кривицька І.А.

Фітотоксичність міських ґрунтів в урболандшафтах міста Маріуполь..... 6

Воротинцева Л.І.

Ґрунтово-меліоративні аспекти відновлення зрошення на півдні України..... 12

Okafor M.J., Chidozie E.I.

Действие различных почвенных мелиорантов на свойства почвы, загрязненной сырой нефтью, и развитие кукурузы..... 19

Ahukaemere C.M., Uzoho B.N., Irokwe I.F., Ndukwu B.N., Osujieke D.N.

Наличие железа, цинка, меди и марганца в четырех контрастных гидроморфных почвах Эгбема в юго-восточной Нигерии..... 27

ҐРУНТОЗНАВСТВО

Канівець С.В.

Щодо профільного розподілу вмісту гумусу в буроземах кислих помірно холодного поясу Карпат..... 35

Черлінка В.Р., Захаровський В.С.

Напрями автоматизації розрахунку оцінки якості ґрунтів 40

Ernest C.I., Mbah C.N.

Влияние продолжительного возделывания на свойства почв в штате Имо юго-восточной Нигерии..... 47

Задорожная Г.А.

Сезонная динамика экоморфического строения чернозема..... 53

АГРОХІМІЯ

Котвицький Б.Б.

Пряма дія мінеральних добрив та оптимальний рівень їх застосування у сівозмінах залежно від родючості дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся..... 61

Господаренко Г.М., Лисянський О.Л.

Вміст поживних речовин у ґрунті після удобрення сидеральних парів 65

ІСТОРІЯ НАУКИ

Мигунова Е.С.

Вклад лесоводов в обоснование экосистемного строения природы и выделение агроэкосистем... 72

РОБОТИ МОЛОДИХ УЧЕНИХ

Сябрук О.П., Цигічко Г.О.

Вплив традиційної та органічної систем землеробства на динаміку емісії вуглекислого газу та ферментативну активність чорнозему опідзоленого 82

Новикова В.А.

Геостатический анализ твердости дерновой боровой слаборазвитой песчаной почвы в природном заповеднике «Днепровско-Орельский»..... 87

Бородін А.Л.

Агрофізичні властивості посівного шару ґрунту перед сівною ярих культур..... 96

Попірний М.А.

Парамагнітні властивості гумінових кислот чорнозему типового та їх зміна за різного способу обробітку..... 99

Огородня А.І.

Зміна фізико-хімічних властивостей чорнозему опідзоленого за вирощування люцерни й еспарцету як фітомеліоративних культур..... 105

Шовковська А.В.

Впровадження міжнародних підходів до оцінювання точності методів у національну практику аналітичних досліджень у ґрунтознавстві..... 108

Прохорова І.А.

Встановлення атестованих значень нормованих метрологічних характеристик стандартного зразка складу чорнозему звичайного..... 113

Артем'єва К.С.

Зміни азотного режиму чорнозему типового за умов внесення рідких орґано-мінеральних добрив..... 120

Грицуляк Г.М., Лопушняк В.І.

Екологічні аспекти використання осаду стічних вод комунального господарства у фітоенергетиці..... 125

Рокитянський А.Б.

Особливості змін мікробних ценозів чорнозему опідзоленого під дією дворічного застосування гербіцидів різного класу небезпечності..... 130

CONTENT

SOIL PROTECTION and RECLAMATION

Miroshnychenko M.M., Krivitska I.A.

The phytotoxicity of soils in urban landscapes of Mariupol city..... 6

Vorotyntseva L.I.

Soil-ameliorative aspects of irrigation recommencement in the south of Ukraine..... 12

Okafor M.J., Chidozie E.I.

Impact of different soil amendments on crude oil polluted soil and performance of maize..... 19

Ahukaemere C.M., Uzoho B.N., Irokwe I.F., Ndukwu B.N., Osujieke D.N.

Iron, zinc, copper and manganese availability in four contrasting hydromorphic soils of Egbema, south-eastern Nigeria..... 27

SOIL SCIENCE

Kanivets S.V.

About profile distribution of humus content in burozems acid of moderately cold belt of Carpathians..... 35

Cherlinka V.R., Zaharovskyy V.S.

Directions of automatization for calculation of soil qualitative assessment..... 40

Ernest C.I., Mbah C.N.

Impact of continuous cultivation on soil properties of Imo state southeastern Nigeria..... 47

Zadorozhnaya G.A

Seasonal dynamics of ecomorphic structure of chernozem.....	53
---	----

AGROCHEMISTRY

Kotvytskyi B.B.

Direct action of mineral fertilizers and optimum level of their application in crop rotations depending on soddy-podsolic soils fertility in the western Polissya.....	61
--	----

Hospodarenko G.M., Lysianskyi O.L.

Content of nutrients in the soil after fertilized green-manured fallows.....	65
--	----

HISTORY OF SCIENCE

Migunova E.S.

Contribution of foresters in support of ecosystem structure of nature and allocation agroecosystems....	72
---	----

YOUNG SCIENTISTS RESEARCHES

Syabruk O.P., Tsygichko G.O.

Influence of traditional and organic systems of agriculture on dynamics of carbon dioxide emission and enzymatic activity of chernozem podzolized.....	82
--	----

Novikova V.A.

Geostatic analysis of soil penetration resistance of weakly developed sandy soil in natural reserve "Dneprovsko-Orelskiy"	87
---	----

Borodin A.L.

Agrophysical properties of soil in seed layer before sowing of spring crops.....	96
--	----

Popirny M.A.

Paramagnetic properties of chernozem typical humic acids and their change under different soil tillage.....	99
---	----

Ogorodnya A.I.

Changes of physical-chemical properties of the chernozem podzolized after growing of alfalfa and sainfoin as phytomelioration crops.....	105
--	-----

Shovkovska A.V.

Implementation of international approaches to the accuracy evaluation methods in national practice of analytical research in soil science.....	108
--	-----

Prokhorova I.A.

Definition of certified values of normalized metrological characteristics of the reference material of chernozem ordinary.....	113
--	-----

Artemyeva K.S.

Changes of nitrogen regime of chernozem typical in conditions of application of liquid organic and mineral fertilizers.....	120
---	-----

Gritsulyak G.M., Lopushnyak V.I.

Environmental aspects for use of municipal wastewater mud in phytoenergy.....	125
---	-----

Rokityanskiy A.B.

Particularities of changes in microbial communities of chernozem podzolized under two-years application of herbicides different danger class.....	130
---	-----

ОХОРОНА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ SOIL PROTECTION and RECLAMATION

УДК 911.9; 631.416.8

ФІТОТОКСИЧНІСТЬ МІСЬКИХ ҐРУНТІВ В УРБОЛАНДШАФТАХ МІСТА МАРІУПОЛЬ

М. М. Мірошніченко¹, І. А. Кривицька²

¹ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків,
Україна. E-mail: ecosoil@meta.ua

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

За допомогою тест-культур кукурудзи та редьки посівної досліджено ступінь фітотоксичності ґрунтів міста Маріуполь за різних рівнів їх забруднення важкими металами та мінеральними солями. Виділено три рівня забруднення, за яких токсичний ефект не проявляється зовсім, збільшується до 20-30 % або сягає 40-50 %. Визначення фітотоксичності ґрунтів істотно доповнює результати хіміко-аналітичного контролю та підвищує рівень надійності моніторингу ґрунтів в урболандшафтах.

Ключові слова: міські ґрунти, фітотоксичність, забруднення, важкі метали, діагностика, моніторинг.

1. Вступ

Процеси техногенного забруднення є неодмінним супутником індустріальних міст, ґрунтовий покрив яких знаходиться під сукупним впливом газопилових викидів промислових підприємств, автотранспорту, об'єктів теплоенергетики, житлово-комунальної сфери тощо. Ці викиди формують так званий урбанізований фон, на який накладаються локальні осередки забруднення навколо окремих джерел емісії забруднювачів [1-2]. У передмісті та робочих селищах навколо виробництв, заснованих у першій половині ХХ сторіччя або ще раніше, ґрунти зберігають наслідки техногенного забруднення ще дуже довго після ліквідації самих підприємств. Середній термін формування сталої техногенної аномалії визначають у 20-50 років, а мінімальний – 5-10 років [1, 3]. Характерною ознакою ґрунтів зони техногенного забруднення є техногенно-аккумулятивний тип профільного розподілу важких металів, який відрізняється від природного розподілу їх накопиченням у верхньому шарі [2].

Оцінка небезпеки забруднення ґрунту, як правило, є складовою частиною організації екологічного моніторингу та комплексної оцінки стану довкілля. Систематичний моніторинг дозволяє робити прогнозу оцінку динаміки розвитку процесів техногенного забруднення в урболандшафтах та своєчасно вживати необхідних заходів для їх призупинення. За думкою В.В. Добровольського [4], збільшення середньої концентрації важких металів до 10 % від фонові кількості у ґрунті, або 0,5 % від площі території за рік є стабільним станом масообміну забруднювачів.

Сучасний підхід до оцінки якості навколишнього середовища, і зокрема ґрунтів, базується на еколого-токсикологічному принципі "нормального функціонування" екосистем і враховує взаємозв'язок компонентів біоценозу й взаємодію забруднювачів з ґрунтом. За основні, найбільш чутливі до забруднення показники "нормального функціонування" правлять кількість і якість створюваної біологічної продукції, біорізноманіття, стан надземної фауни, здоров'я людини [5-7]. Поряд із цим, методика реалізації цього принципу залишає бажати кращого і до цього часу моніторинг ґрунтів міст в Україні зводиться до періодичного визначення вмісту декількох важких металів, якщо взагалі проводиться. Цього явно недостатньо, особливо, якщо враховувати прогресуючу кількість нових забруднюючих речовин та слабкість приладної бази органів екологічного контролю. До того ж, контролювати надходження усіх потенційно небезпечних речовин у ґрунти індустріальних міст просто неможливо. Методи біотестування дозволяють одержувати інтегровану токсикологічну характеристику ґрунтів незалежно від складу забруднюючих речовин, унаслідок чого мають перспективу широкого застосування [13].

Метою роботи було інтегрування методу фітодіагностики в алгоритм усталеного

підходу до моніторингу ґрунтів урбанізованих територій [8], на прикладі одного з найбільш напружених в екологічному розумінні міста України – Маріуполя.

2. Об'єкти та методи досліджень

Дослідження проводили у 2013-2014 рр. у типових ландшафтах міста Маріуполь, що знаходяться під сукупним впливом таких потужних джерел емісії важких металів – комбінат ім. Ілліча, комбінат "Азовсталь", ОАО "Маркохім", а також локальних забруднювачів місцевої інфраструктури. Для отримання репрезентативних проб застосовували метод ключів-аналогів, а місця розташування ключових майданчиків прив'язували до об'єктів моніторингу забруднення ґрунтового покриву міста, проведеного у 2008 р (рис. 1).



Рис. 1. Схема розташування контрольних (ключових) майданчиків у місті Маріуполь

Змішані проби ґрунту відбирали згідно з вимогами ДСТУ 7243:2011. Фітотоксичність визначали у водних витяжках (1:1) із ґрунту з використанням попередньо підготовленого ($t^{\circ}=27^{\circ}\text{C}$, 24 годинна експозиція) насіння тест-культур кукурудзи (*Zea mays* L.) та редьки посівної (*Raphanus sativus* L.) як представників однодольних та дводольних рослин. Після витримування насіння на зволоженому водною витяжкою фільтрувальному папері за температури 25°C протягом 72 годин визначали тест-реакцію. Критерієм токсичності була частка зниження довжини проростків і коренів рослин за наступні 96 годин порівняно із контролем (зволоження питною водою), що рекомендується у багатьох дослідженнях [11-12, 14].

Вміст рухомих форм важких металів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії після екстрагування 1 н ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8. Загальний вміст вуглецю визначали за ДСТУ 4289:2004, рН і катіонно-аніонний склад водної витяжки з ґрунту – за ГОСТ 26423-85 - ГОСТ 26428-85, вміст рухомих форм фосфору та калію методом Мачигіна – за ДСТУ 4114:2002. Розрахунки сумарного показника забруднення Z відносно фону та відносно ГДК проводили за формулами 1 та 2 відповідно:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\phi}} - (n-1) \quad (1)$$

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{ГДК}} - (n-1) \quad (2)$$

де C_i - фактичний вміст i -того елементу;

C_{ϕ} - фоновий вміст i -того елементу;

$C_{гдк}$ – гранично-допустимий вміст i -того елементу;

n - кількість хімічних елементів, які відповідають умові $C_i > C_{\phi}$ або $C_i > C_{гдк}$ й утворюють асоціацію.

Статистичну обробку даних виконали з використанням програмних засобів Statistica.

3. Результати досліджень

Організація моніторингу ґрунтів у межах урболандшафтів є набагато складнішою, ніж у природних або агрогенно перетворених екосистемах. Вкрай високий рівень латеральної та радіальної неоднорідності ґрунтового покриву, часта зміна меж земельних ділянок та постійні порушення будови та морфології ґрунтових тіл внаслідок будівельних, ремонтних та інших робіт, велика щільність пересувних джерел забруднення – все це у сукупності робить практично неможливим застосування традиційних методів моніторингу для об'єктивної характеристики змін якості ґрунтів у часі. Не є виключенням і спостереження в м. Маріуполі, які проводяться за участі авторів, починаючи з 2008 року. Незважаючи на достатньо детальний опис та прив'язку моніторингових майданчиків, через 5 років майже в половині випадків виявилось неможливим повторити їхнє місце розташування та контури. Не можна відкидати й вплив суб'єктивного фактору, адже якщо навіть за агрохімічної паспортизації похибку пробовідбирання оцінюють в 30 % [9], то в антропогенно перетвореному ландшафті вона ще збільшуватиметься. Через це, на нових моніторингових майданчиках ґрунти мали не тільки дещо відмінні, але й діаметрально протилежні параметри основних властивостей. З цієї причини більш коректно проводити моніторингові спостереження одразу на сукупності декількох об'єктів з належною статистичною оцінкою достовірності відхилень.

Саме такий підхід застосовано у цьому дослідженні, адже сформована вибірка з 13 моніторингових майданчиків характеризується значною варіабельністю параметрів показників основних властивостей ґрунтів (рис. 2).

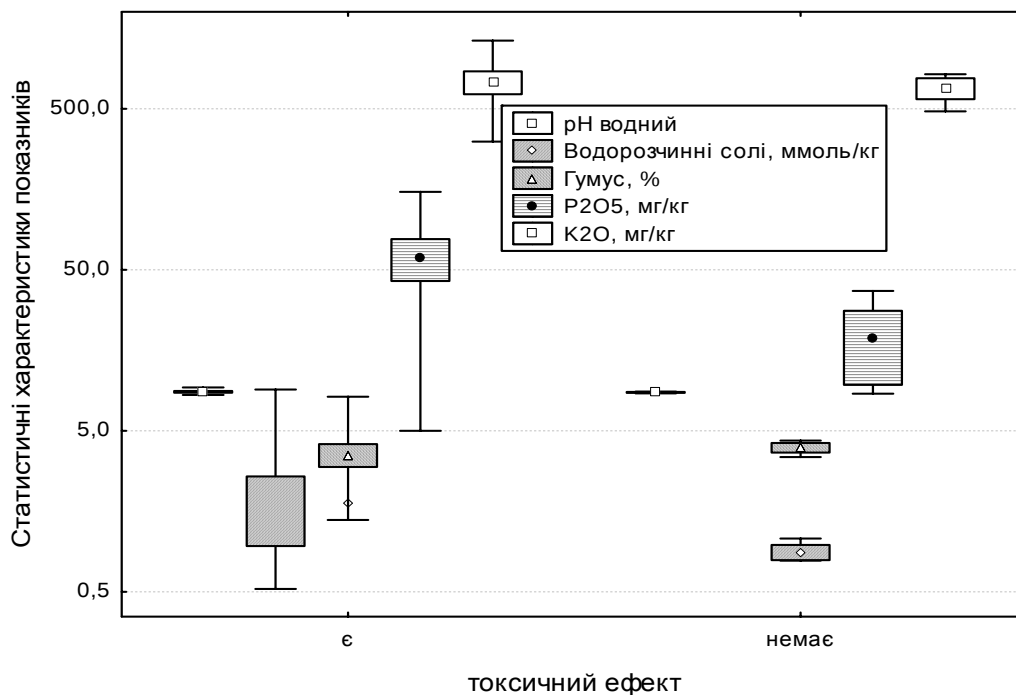


Рис. 2. Статистична характеристика варіабельності показників властивостей ґрунту на моніторингових майданчиках (позначено середнє арифметичне, стандартну похибку та розмах коливань значень)

Як свідчать наведені дані, прояви фітотоксичності на моніторингових майданчиках (3 із 13) не пов'язані з меншою буферністю ґрунту, оскільки величини вмісту гумусу та pH майже однакові. Поряд із цим, у ґрунтах з відсутністю фітотоксичного ефекту

спостерігався явно менший вміст водорозчинних солей, які також, нарівні з важкими металами та іншими ксенобіотиками, можуть пригнічувати ріст та розвиток вищих рослин.

Кореляційний аналіз результатів вимірювань фітотоксичного ефекту на обраних тест-культурах показує найбільш тісний зв'язок із рухомими формами Mn ($r=0,52-0,76$), Ni ($r=0,52-0,65$), Pb ($r=0,52-0,72$), Zn ($r=0,52-0,64$). Із кислоторозчинними формами важких металів зв'язок виявився менш тісним, що очевидно пов'язано із підвищеною лужністю ґрунтів, для яких нові стандарти (ДСТУ 7831:2015 - ДСТУ 7833:2015, ДСТУ 7851:2015 - ДСТУ 7853:2015) не рекомендують застосовувати витяжку 1 н HCl. Статистично значущим на рівні $p=0,005$ виявився зв'язок фітотоксичного ефекту з кислоторозчинними сполуками Pb ($r=0,45-0,60$), Zn ($r=0,37-0,61$) і Cr ($r=0,44-0,67$).

Достатньо високий рівень взаємозв'язку між прямим визначенням фітотоксичності та її предикторами (визначальними показниками) дозволяє провести більш об'єктивне ранжування ґрунтів на моніторингових майданчиках за рівнем забруднення. Оскільки у більшості випадків забруднення важкими металами є поліелементним, а ступінь прояву токсичної дії кожного з них залежить від буферності ґрунту до нього, передбачити результуючу фітотоксичність вкрай складно. Тому виділення кластерів за сукупністю параметрів фітотоксичного ефекту та аналітичного визначення вмісту рухомих форм важких металів і водорозчинних солей, на наш погляд, є найбільш об'єктивним способом розподілу території за рівнями забруднення (рис. 3).

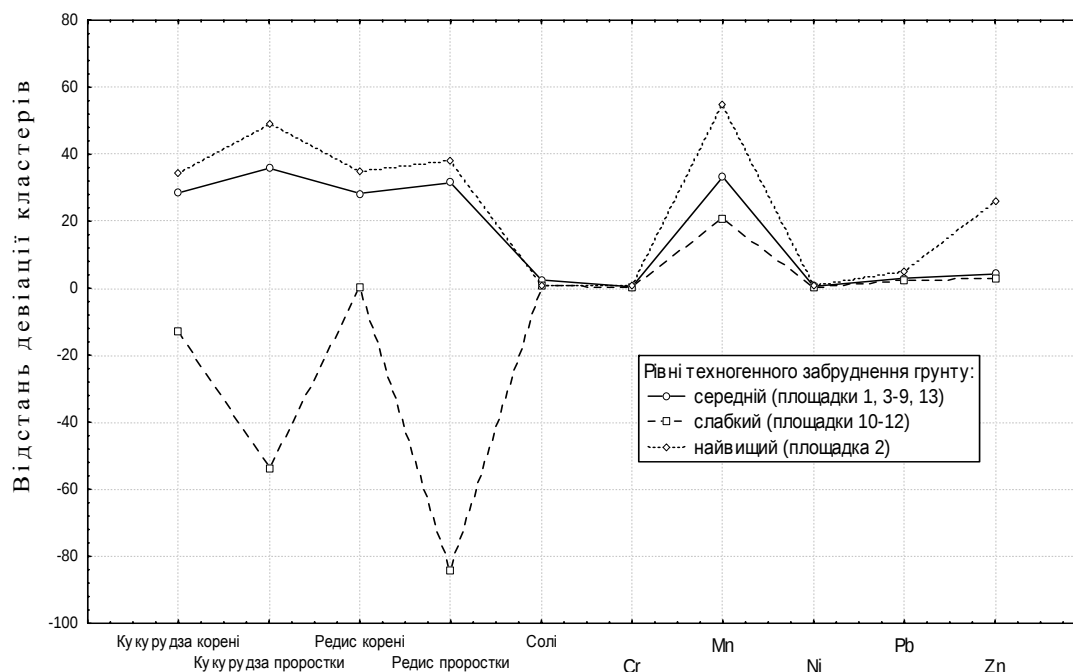


Рис. 3. Кластеризація моніторингових майданчиків за результатами прямих вимірювань фітотоксичності та вмісту рухомих форм важких металів

За вище переліченими ознаками, негативний вплив техногенного забруднення у найбільшій мірі проявляється навколо комбінату «Азовсталь» (майданчик 2), де внаслідок накопичення, перш за все, рухомих сполук цинку та марганцю в ґрунті майже вдвічі (на 40-50 %) уповільнюються ростові процеси вищих рослин. У найменшій мірі ознаки техногенного забруднення проявляються на штучних газонах у центральній частині міста (Приморський бульвар, міський сад, парк ім. Петровського), де відбувалося завезення ґрунту ззовні для забезпечення належної щільності трав'яного покриття. На відміну від цього, на більшості моніторингових майданчиків, як поблизу промислових підприємств, так і на території міської забудови) спостерігається фітотоксичний ефект – пригнічення ростових процесів на рівні 30 %.

Результати тестування показують відсутність принципової різниці між обраними видами рослин та їх органами за реакцією на токсичність водної витяжки з ґрунту. Більш чутливими виявилися проростки обох видів, а виявлений токсичний ефект в усіх випадках підтверджувався обома фітотестами. Тому можна вважати, що усереднений показник

фітотоксичності, наведений у таблиці 1, об'єктивно відображує рівень техногенного забруднення на моніторингових майданчиках. Порівняно з ним, розраховані сумарні показники забруднення, хоча й є достатньо близькими ($r=0,55-0,69$), не дозволяють надійно прогнозувати реакцію вищих рослин. Наприклад, у районі житлової забудови фітотоксичність присутня, коли сумарний показник забруднення $Z = 1,0$, а у парку Петровського, навпаки, за більше ніж триразового перевищення фоновому вмісту важких металів ($Z_{\text{фон}} = 3,9$) спостерігалася стимуляція росту рослини. Очевидно, що для ґрунтів міських урболандшафтів, що знаходяться під сукупною дією різних забруднювачів, недостатньо оцінювати рівень забруднення тільки за перевищенням вмісту важких металів. Дійсно, у ґрунті моніторингових майданчиків на проспекті Будівників, просп. Гурова та парку Лепорського спостерігається аномальне підвищення вмісту рухомого фосфору (до 100-150 мг/кг) та калію (до 1100-1325 мг/кг) за Мачигіним, біля комбінату «Азовсталь» та заводу «Азовмаш» – підвищення рН до 9,25-9,30, а на території комбінату Ілліча – накопичення водорозчинних солей хлористого кальцію.

Таблиця 1

Оцінка рівня забруднення ґрунтів за результатами біотестування та сумарними геохімічними показниками

№ і місцезнаходження майданчиків спостережень	Зменшення довжини відносно контролю, %					Сумарний показник забруднення Z	
	Кукурудза		Редька		Середнє значення	відносно фону ¹	відносно ГДК
	корені	паростки	корені	паростки			
1. Вул. 60 р. СРСР	34	31	28	29	30	3,1	1,7
2. Комбінат Азовсталь	54	57	50	58	55	8,1	2,4
3. Комбінат ім. Ілліча	31	41	36	40	37	3,6	1,7
4. Завод «Азовмаш»	42	45	41	43	43	6,9	2,3
5. Пер. Вахтангова	25	50	30	30	34	6,5	2,2
6. Просп. Будівників	25	54	26	30	34	6,8	2,9
7. Проспект Гурова	21	34	23	28	27	2,1	1,3
8. Вул.Павленко	24	28	26	29	27	1,0	1,0
9. Парк Лепорського	26	39	27	30	30	6,6	2,3
10. Парк Петровського	-25	-66	16	-83	-39	3,9	1,0
11. Приморський парк	-21	-92	-10	-70	-48	1,0	1,0
12. Міський сад	7	-3	-5	-9	-3	1,6	1,6
13. Вул. Калініна	32	45	29	30	34	3,0	1,9

¹ Використовували фоновий вміст рухомих форм важких металів для ґрунтів Маріуполя, розрахований у [10], а саме: Zn – 0,83 мг/кг, Cd – 0,19 мг/кг, Ni – 1,9 мг/кг, Co – 1,3 мг/кг, Fe – 2,4 мг/кг, Mn – 8,7 мг/кг, Pb – 2,1 мг/кг, Cu – 0,38 мг/кг.

На жаль, ці впливові чинники не враховуються сумарними геохімічними показниками. У зв'язку з вищевикладеним, прямі вимірювання фітотоксичності мають бути обов'язковою складовою ґрунтово-екологічних обстежень міських територій, оскільки це суттєво уточнює оцінку реальної небезпеки та допоможе уникнути помилок під час проектування об'єктів озеленення, сприятиме раціональному використанню ґрунтового покриву міста загалом.

4. Висновки

1. Вимірювання фітотоксичності на тест-культурах кукурудзи (*Zea mays* L.) та редьки посівної (*Raphanus sativum* L.) об'єктивно відображують рівень техногенного забруднення ґрунтів та істотно доповнюють результати хіміко-аналітичного контролю, що підвищує рівень надійності моніторингу ґрунтів в урболандшафтах.

2. За винятком штучно створених газонів у центральній частині міста, досліджені

ґрунти в урболандшафтах Маріуполя мають підвищену фітотоксичність, пов'язану із накопиченням окремих важких металів (Mn, Zn, Ni, Pb, Cr), мінеральних сполук, підвищеним рН.

Список використаної літератури

1. *Геохимия окружающей среды* / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. - М.: Недра, 1990. – 335 с.
2. *Гармаш Г.А.* Распределение тяжелых металлов в почвах в зоне воздействия металлургических предприятий // Почвоведение. – 1985. - № 2. – С. 27-32.
3. *Методические указания по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами* / В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина, З.Н. Кахнович, В.В. Мясников. – М.: Почвенный ин-т им. В.В.Докучаева, 1999. – 32 с.
4. *Добровольский В.В.* Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. - 1999. - №5. - С. 639-645.
5. *Шибеева И.Н.* Критерии качества почв как инструмент расчета критических нагрузок / И.Н. Шибеева, Ян Япенга // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. - 2001. - № 1. - с. 7-13.
6. *Колесников С.И.* Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Почвоведение. –2002. -№ 12. –С.1509-1514.
7. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва-растение. - Новосибирск: Наука, 1991. - 133 с.
8. *Грунтово-геохімічне обстеження урбанізованих територій. Методичні рекомендації.* – Харків, ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2004. – 56 с.
9. *Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення* / за ред. Яцука І.П., Балюка С.А. – Київ, 2013. – 104 с.
10. *Минкина Т.М.* Природный и антропогенный фон микроэлементов в черноземах обыкновенных Приазовья и Нижнего Дона / Т.М. Минкина, Н.Н. Мирошниченко, А.И. Фатеев, Г.В. Мотузова, И.А. Кривичкая // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2012. - № 3-4. – с. 96-102.
11. *Baran A., Jasiewicz C., Antonkiewicz J.* Testing Toxicity of Oily Grounds Using Phytotoxic Tests // The First Joint PSE-SETAC Conference on Ecotoxicology. Book of Abstracts, Poland; 2009, poster.
12. *Gorsuch J., Merrilee R., Anderson E.* Comparative toxicities of six heavy metals using root elongation and shoot growth in three plant species // Environmental toxicology and risk assessment, 1995, Vol. 3, p. 377-391.
13. *Kristen U.* Use of higher plants as screens for toxicity assessment. Toxicology in Vitro, February-April 1997, Vol. 11, Iss. 1-2, p. 181-191.
14. *Michaud A, Chappelaz C., Hinsinger P.* Copper phytotoxicity affects root elongation and iron nutrition in durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.) // Plant and soil, 2008, vol. 310, № 1-2, p. 151-165.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2016

THE PHYTOTOXICITY OF SOILS IN URBAN LANDSCAPES OF MARIUPOL CITY

M. Miroshnychenko^{1,*}, I. Krivitska²

¹ National Scientific Center "Institute for Soil Science and geochemistry research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine

² Kharkiv National University named after V.N. Karazin, Kharkiv, Ukraine

* Corresponding author. E-mail: ecosoil@meta.ua

The research is based on a comparison of chemical analysis of soils at monitoring sites in Mariupol in 2008 and 2013. Due to the high lateral and radial heterogeneity of soil cover in the city, the using of traditional monitoring methods is not enough objectively reflecting change of the ecological status of soils. The accumulation of some chemical elements, such as manganese, nickel, lead, zinc and compounds of phosphorus, potassium, chlorine detected in the soil near industrial enterprises and in residential areas. The phytotoxicity of soils under various levels of contamination has been investigated using test crops of corn and radish. Both test culture and their diagnostic organs show similar results. In turn, the calculated aggregate contamination index Z is not enough closely correlate with phytotoxicity, because not all of pollutants are taken into account.

Three levels of soil contamination by heavy metals and mineral salts were identified by using cluster analysis: where toxic effect does not appear at all (1), it increases up to 20-30 % (2) or reaches 40-50 % (3). The impact of contamination on the growth of higher plants is most evident near metallurgical combine "Azovstal". Cleanest areas are related to grassy lawns in the central part of the city where the soil material from the outside was used. Thus, determination of phytotoxicity significantly complements results of chemical-analytical control and improves reliability of soil monitoring in urban landscapes.

Keywords: urban soils, phytotoxicity, pollution, heavy metals, diagnosis, monitoring.

УДК 631.4:631.67

ГРУНТОВО-МЕЛІОРАТИВНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРОШЕННЯ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Л.І. Воротинцева

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна
E-mail: chief_chief@mail.ru

Метою роботи було обґрунтування необхідності відновлення зрошення та розширення площ зрошуваних земель. Для цього дослідили стан темно-каштанового ґрунту, і дали оцінку ступеню відновлення його властивостей через 15 років після вилучення зі зрошення. Дослідження проводили на незрошуваних, зрошуваних (близько 60 років) і вилучених зі зрошення (15 років) землях на території господарства – СК «Радянська земля» Білозерського району Херсонської області у межах дії Інгулецької зрошувальної системи на темно-каштановому ґрунті. Визначали фізико-хімічні, хімічні, фізичні властивості ґрунту та якість зрошувальної води.

Встановлено, що у постіригаційний період відбувається поступова трансформація властивостей тривало зрошуваного ґрунту у бік його незрошуваного аналогу. Констатовано помітний розвиток процесів розсолоння (зменшення вмісту токсичних солей до 0,04-0,08 %), розсолонцювання (зниження концентрації обмінних натрію і калію до 2,5-2,9 %) і розуцільнення. У ґрунті зріс вміст агрономічно корисних структурних агрегатів (на 10 %) та знизилась кількість брилих фракцій (на 8-9 %). За результатами комплексного оцінювання дійшли висновку, що цей ґрунт можна знову використовувати у зрошуваному землеробстві.

Ключові слова: відновлення зрошення, вилучений зі зрошення ґрунт, ґрунтово-меліоративні показники, зрошення, зрошувальна вода, трансформація.

1. Вступ

В умовах глобальних змін клімату для гарантування продовольчої безпеки і розвитку землеробства України особливої значущості набуває розвиток водних меліорацій [1, 2]. У зв'язку з цим актуалізуються питання, пов'язані з відновленням та розширенням площ зрошення, розробкою інвестиційних проектів на основі залучення кредитів, підвищенням ефективності виробництва сільськогосподарської продукції на меліорованих землях та екологічною безпекою зрошуваного землеробства. Але відновлення та забезпечення сталого розвитку іригації в Україні є складним цілісним процесом, який вимагає застосування інтегрованих підходів до планування та координації впровадження організаційних, техніко-технологічних та економічних заходів на різних рівнях управління, тобто, комплексного багатofункціонального реформування даної галузі [3].

Площа зрошуваних земель в Україні на початку 90-х років становила 2,2 млн га (8 % площі ріллі), в т.ч. у Херсонській області – 464 тис. га (23,6 % площі ріллі) [4]. Реформування аграрного сектору та розпаювання земель меліоративного фонду стали причиною порушення технологічної цілісності зрошувальних технологічних комплексів та зрошуваних земельних масивів, появи дрібноконтурності земельних ділянок, великої кількості дрібних землевласників, що створює певні труднощі в управлінні зрошуваними землями і потребує їх консолідації для підвищення ефективності використання.

За даними інвентаризації, проведеної Державним агентством водних ресурсів України, у 2013 р. площа зрошуваних земель в Україні становила 2,2 млн. га, із них площа, на якій можливо відновити меліоративні системи становила 885 тис. га. У межах Херсонської області фонд зрошуваних земель зараз налічує 426,8 тис. га, при цьому 291,5 тис. га можуть поливатися без додаткових капіталовкладень, а на площі 108,9 тис. га можливо землі із категорії «тимчасово вилучених зі зрошення» перевести у категорію «зрошуваних». У 2014 р. в області фактично зрошувалось 297 тис. га [5].

Розробка та реалізація проектів з відновлення та розвитку зрошення на півдні України включає в себе велику кількість складових: оцінку природно-ресурсного потенціалу пілотної території, стану землеводокористування, комплексну оцінку компонентів агроландшафтів, правові, організаційно-економічні, техніко-технологічні та

соціальні аспекти, які повинні бути скоординовані та керовані зацікавленими сторонами на місцевому, регіональному та національному рівнях [3]. При цьому важливим інструментом є залучення максимальної кількості зацікавлених сторін, інтегрування різних точок зору та інтересів виконавців робіт, поєднання зусиль та координація взаємовідносин, створення асоціацій водо- і землекористувачів, розробка оптимальних моделей сталого ведення сільськогосподарського виробництва з максимальною адаптацією до ландшафтних умов території. Відповідно до розроблених концептуальних положень [6], нарощування площ поливу на півдні України слід проводити шляхом модернізації та реконструкції систем зрошення на землях, що раніше поливались, з максимальним використанням існуючих внутрішньогосподарських мереж.

Пропонуються різні підходи до обґрунтування розширення площ зрошення на півдні України, наприклад, розробка інвестиційних проектів на основі залучення кредитів від міжнародних фінансових інституцій (наприклад, Світового та Європейського інвестиційних банків) під державні гарантії, формування інвестиційних проектів місцевого значення на рівні окремих суб'єктів господарювання, моделювання потенційної продуктивності сільськогосподарських культур на основі різних сценаріїв водоземлекористування тощо [3, 7]. Але при цьому недостатньо уваги приділяється ґрунтово-меліоративним показникам стану земель, тимчасово вилучених зі зрошення, які можуть бути резервом для розширення площ зрошення у даному регіоні.

Метою досліджень є обґрунтування можливості поновлення зрошення і розширення площ зрошуваних масивів за рахунок земель, раніше вилучених зі зрошення. Аргументи для обґрунтування напрацьовані на прикладі пілотної території за результатами системного аналізу особливостей водо- і землекористування з урахуванням ґрунтово-меліоративних показників стану темно-каштанового ґрунту, тимчасово вилученого зі зрошення. Завданням було виявити ступінь трансформації властивостей ґрунту впродовж постіригаційного періоду, і довести, що за показниками сучасного еколого-агромеліоративного стану земель поновлення іригації є можливим.

2. Об'єкти і методи досліджень

Дослідження проводили в умовах пілотної території – ключового господарства південної частини Інгулецької зрошувальної системи (ЗС) – СК «Радянська земля» Білозерського району Херсонської області. Еколого-агромеліоративне обстеження виконано у 2015 р. з використанням методу «ключів-аналогів» [8] на незрошуваних, зрошуваних (близько 60 років) і вилучених зі зрошення (15 років) землях. На зрошуваних землях полив проводиться водою з Інгулецької ЗС дощувальними машинами «Кубань».

У кінці вегетаційно-поливного періоду було закладено ґрунтові розрізи та ключові майданчики для відбирання проб ґрунту, зрошувальної води та продукції вирощуваних культур. Ґрунтовий покрив об'єкту досліджень представлено темно-каштановими природно солонцюватими та вторинно осолонцюваними ґрунтами на лесоподібному суглинку.

У пробах ґрунту визначали такі показники: склад солей у водній витяжці (ГОСТ 26424-85–26428-85); склад увібраних катіонів – за методом Тюриня (ДСТУ 7604:2014); вміст карбонатів кальцію – за методом В.Є. Соколовича в модифікації ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського (МВВ 31-497058-021); структурно-агрегатний склад – ситовим методом у модифікації Н.І.Саввінова (ДСТУ 4744:2007). У непорушеному ґрунті в полі визначали щільність будови методом різального кільця (ДСТУ ISO 11272:2001).

У пробах зрошувальної води визначали склад солей та вміст важких металів (ВМ). Якість зрошувальної води оцінювали за агрономічними (ДСТУ 2730-94) та екологічними (ДСТУ 7286-2012) критеріями.

3. Результати досліджень

3.1. Якість зрошувальної води

Питання відновлення та розширення площ іригації в Херсонській області досліджували на прикладі пілотної території. Одним із факторів, що визначають стан зрошуваних земель є якість поливної води. Для Інгулецької ЗС характерним є коливання хімічного складу води, яке обумовлене співвідношенням притоку прісних вод р. Дніпро та мінералізованих вод р. Інгулець [9]. Оцінка якості води в межах району досліджень

(міжгосподарський канал Р-5) показала (табл. 1), що за агрономічними критеріями вода оцінюється як обмежено придатна для зрошення за небезпекою засолення та осолонцювання ґрунту, а за екологічними критеріями – обмежено придатна за вмістом свинцю. Мінералізація води становила 1,5 г/дм³, у складі солей переважали хлориди магнію та натрію.

Таблиця 1

Хімічний склад зрошувальної води Інгулецької ЗС, 2015 р.

Сума солей, г/дм ³	pH	Вміст іонів, мекв/дм ³						Іригаційна оцінка за небезпекою		
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	засолення	осолонцювання	підлуження
1,5	7,5	4,4	16,6	4,3	6,3	13,2	5,8	2 клас	2 клас	1 клас

Вміст важких металів, мг/дм ³										Іригаційна оцінка за екологічними критеріями
Zn	Mn	Fe	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Сума	
0,003	0	0,039	0,001	0,012	0,001	0,032	0,001	0,001	0,092	2 клас за вмістом Pb

За даними Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції, рівень залягання підґрунтових вод на даній території становить більше 5 м, тому вони не впливають на сольовий режим ґрунтів, а стан земель оцінюється як добрий.

3.2. Морфологічні показники ґрунту

Для визначення впливу зрошення/вилучення зі зрошення на морфологічну будову профілю та ознаки темно-каштанового ґрунту з використанням порівняльного методу було закладено розрізи на стаціонарних майданчиках. *Розріз № 1* закладено на ділянці довготривалого зрошення (географічні координати: 46°72263 пн.ш., 32°26515 сх.д.), *розріз № 2* - на вилученій зі зрошення ділянці (географічні координати: 46°71753 пн.ш., 32°26695 сх.д.). Порівняльний аналіз морфологічної будови профілю двох ґрунтів (табл. 2, 3) свідчить про зростання загальної потужності профілю і гумусового горизонту, вилуговування карбонатів кальцію під впливом низхідних потоків зрошувальної води та появу їх на глибині 70 см. Внаслідок промивного водного режиму горизонт залягання білозірки у профілі ґрунту на зрошуваному майданчику виглядає розмитим, і карбонатні окремоті за щільністю більш м'які. У вилученому зі зрошення темно-каштановому ґрунті білозірка стає більш щільною, що свідчить про відновлення природного стану ґрунту.

Таблиця 2

Морфологічний опис профілю зрошуваного темно-каштанового вторинно слабоосолонцюваного ґрунту

Генетичний горизонт, потужність	Морфологічні ознаки
He орн.. 0-25 см	Гумусово-елювіальний, з поверхні світло-сірий, глибше – сірий, сухий; структура до 10 см – пороховато-брилиста, у шарі 10-25 см – горіхувато-призмоподібна; пронизаний корінням рослин; перехід поступовий за забарвленням
Hpi 25-45 см	Перехідний, коричнювато-сірий, ущільнений, свіжий; структура грудкувато-горіхувата; зустрічається коріння рослин; перехід поступовий за забарвленням
Phi/к 45-73 см	Перехідний, бурувато-каштановий, ущільнений, свіжий; структура грудкувато-горіхувата; переритий землерийками, забарвлення нерівномірне; скипання від 10 % HCl з 70 см; перехід поступовий за забарвленням
PK від 73 см і глибше	Лесоподібний суглинок, палевий, щільний, свіжий, з 73 см з'являється пухка білозірка.

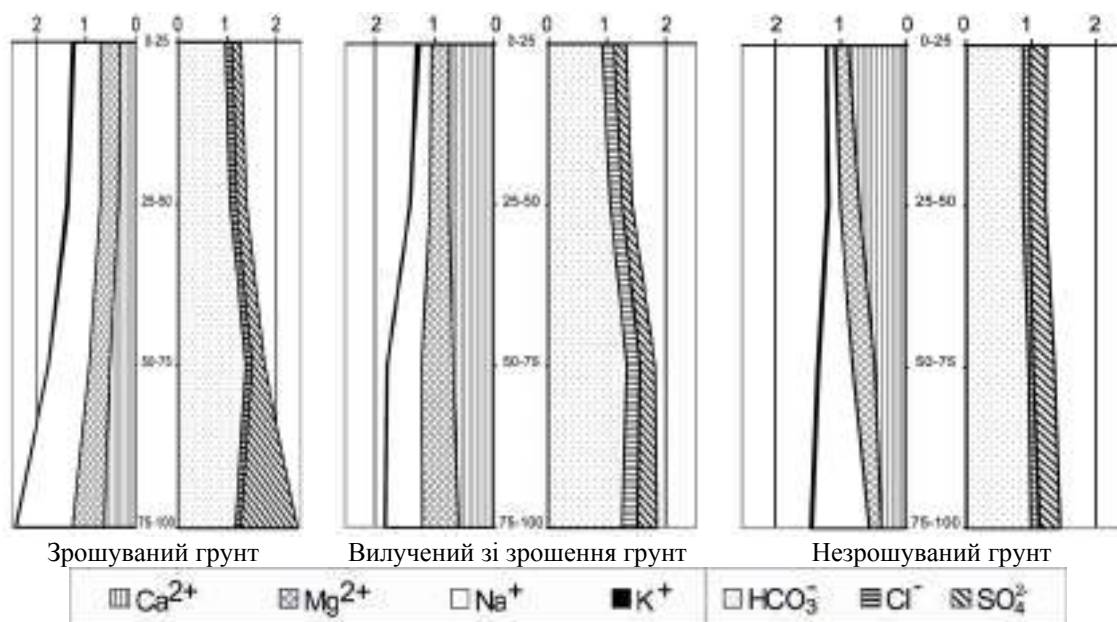
Таблиця 3

Морфологічний опис профілю вилученого зі зрошення
темно-каштанового залишково солонцюватого ґрунту

Генетичний горизонт, потужність	Морфологічні ознаки
He орн 0–22 см	Гумусово-елювіальний, з поверхні – світло-сірий, глибше – сірий, сухий; шар 0-10 см пухкий, структура грудкувато-порохувата; шар 10-22 см – більш щільний; структура – горіхувато-брилиста; пронизаний корінням рослин; перехід поступовий за забарвленням та щільністю
Hp1 22-37 см	Перехідний, коричневатого-сірий, свіжий, ущільнений; структура грудкувато-зернисто-горіхувата; зустрічається коріння рослин; перехід яскравий за забарвленням та щільністю
Phi/k 37-60 см	Перехідний, сіро-коричневий з палевим відтінком внизу, свіжий, менш щільний за попередній горизонт, гумусований по ходах коріння рослин; структура – грудкувато-зернисто-горіхувата; скидання від 10 % HCl з 60 см; перехід яскравий і різкий за забарвленням та щільністю
PK від 60 см і глибше	Лесоподібний суглинок, палевий, більш пухкий за попередній горизонт, рясна щільна білозірка з 60 см.

3.3. Сольовий склад ґрунту

Оцінка змін фізико-хімічних властивостей темно-каштанового ґрунту у постіригаційний період свідчить про затухання галогеохімічних процесів, розвиток процесу розсолення ґрунту за богарного його використання, що також підтверджується аналогічними дослідженнями [10-12]. Відбулася трансформація кількісного та якісного складу солей водної витяжки, а також зміни у розподілі їх за профілем ґрунту (рис. 1). На рисунку 1 чітко видно, що під впливом зрошення відбувалося вилуговування водорозчинних солей з акумуляцією на глибині 1 м та глибше. За зниження інтенсивності іригаційного навантаження та зміни водного режиму досліджуваного ґрунту горизонт акумуляції солей формується на глибині 50-75 см.



Горизонтальна вісь: 0, 1, 2 – вміст катіонів та аніонів, мекв/100 г ґрунту

Рис. 1. Сольові профілі темно-каштанового ґрунту за різних умов його використання

Катіонний склад солей змінився з кальцієво-натрієвого на натрієво-кальцієвий, у складі водорозчинних солей переважають гідрокарбонати та сульфати кальцію, а ґрунт характеризується як незасолений у шарі 0-100 см. У цьому шарі концентрації токсичних солей натрію та калію, під впливом 15-річного богарного використання, зменшилась до

0,04-0,08 %, тоді як у зрошуваному ґрунті - 0,07-0,012 % (рис. 2) . Але слід зауважити, що часу відсутності зрошення було недостатньо для відновлення властивостей темно-каштанового ґрунту до рівня незрошуваного аналога, в якому вміст токсичних солей становив лише 0,02-0,07 %.

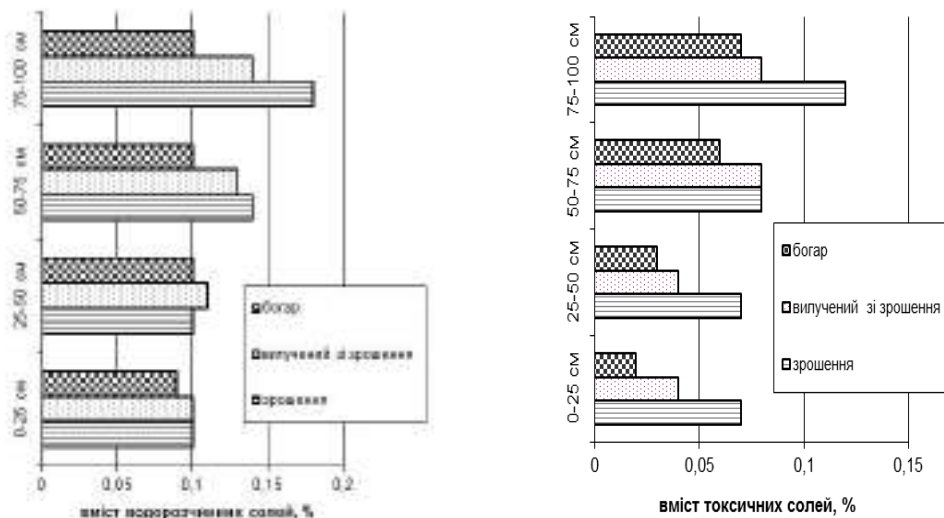


Рис. 2. Зміни вмісту солей у темно-каштановому ґрунті за різних умов його використання

Зниження інтенсивності іригаційного навантаження на ґрунт сприяло поліпшенню якісного складу солей, внаслідок чого відношення Ca:Na у шарі 0-50 см зросло з 0,5-0,6 (зрошуваний ґрунт) до 2,3-3,8 (випучений зі зрошення), але все ж таки було нижчим, ніж за богарного використання (3,9-7,3). Це свідчить про те, що в умовах посушливого клімату якісний склад водорозчинних солей, порушений внаслідок зрошення мінералізованою водою, відновлюється дуже повільно.

3.4. Обмінні катіони

Зміна режиму зволоження та використання раніше зрошуваного ґрунту вплинула на склад обмінних катіонів, яким визначаються властивості та рівень родючості темно-каштанового ґрунту. Аналогічні тенденції та направленість ґрунтових процесів вже було констатовано раніше [10, 13-15]. Під впливом 60-річного зрошення мінералізованою водою з Ігулецької ЗС відбулося зменшення частки обмінного кальцію - з 69-75 % (незрошуваний ґрунт) до 56-59 % від суми катіонів через зростання частки обмінних натрію і калію до 3,5-4,1 %, в результаті чого темно-каштановий ґрунт набув ознак слабого ступеня солонцюватості (рис. 3). Цей факт свідчить про необхідність застосування заходів із хімічної меліорації темно-каштанового ґрунту за зрошення мінералізованою водою для поліпшення його властивостей та усунення розвитку деградаційних процесів.

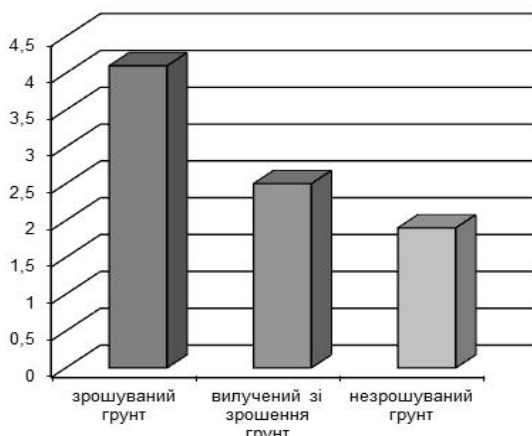


Рис. 3. Вміст обмінного натрію й калію у темно-каштановому ґрунті (шар 0-25 см), % від суми обмінних катіонів

Повернення ґрунту в режим богарного використання сприяло розвитку процесу розсолонцювання. Так, відбулося витіснення із складу ґрунтового поглинального комплексу обмінних катіонів натрію і заміна їх катіонами кальцію. В результаті частка кальцію зросла до 62-64 %, а натрію і калію, навпаки, знизилася до 2,5-2,9 %, що характеризує ґрунт як несолонцюватий. Але при цьому ґрунт ще не досяг рівня богарного аналогу, що свідчить про повільне протікання процесу розсолонцювання.

3.5. Щільність будови

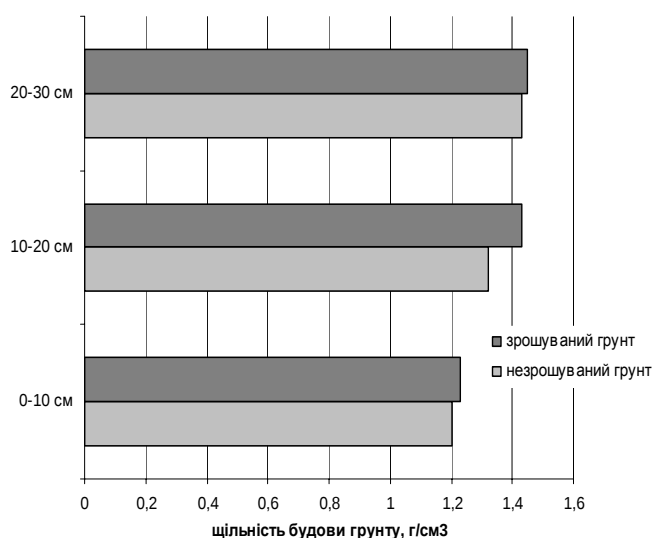


Рис. 4. Щільність будови зрошуваного і незрошуваного темно-каштанового ґрунту

Важливим показником, який змінюється під впливом зрошення та впливає на розвиток рослин, є щільність будови ґрунту. Результати досліджень свідчать (рис. 4), що за довготривалої дії мінералізованої води відбулося достовірне ущільнення нижньої частини орного шару ґрунту (10-20 см) до $1,43 \text{ г/см}^3$, а зниження інтенсивності іригаційного навантаження сприяло зменшенню щільності будови ґрунту до $1,32 \text{ г/см}^3$. Зниження параметрів щільності ґрунту свідчить про загальне поліпшення його агрофізичного стану. Встановлені тенденції підтверджуються також іншими дослідженнями [10, 16].

3.6. Структура

Важливим показником еколого-агромеліоративного стану ґрунту є стан його структури. Результати досліджень свідчать, що під впливом зрошення обмежено придатною водою знизився коефіцієнт структурності темно-каштанового ґрунту (шар 0-30 см) у 2,2 раза порівняно з незрошуваним аналогом. Погіршення структури відбулося внаслідок руйнування і зменшення кількості агрономічно корисних агрегатів розміром 0,25-10 мм (на 12 %) та збільшення кількості брилих агрегатів розміром більше 10 мм (на 11 %).

Структурний стан ґрунту, вилученого зі зрошення, характеризується відносними позитивними змінами. Так, коефіцієнт структурності у шарі 0-30 см підвищився за постіригаційний період у 1,4 раза і становив 0,99. Вміст агрономічно корисних агрегатів зріс на 10 %, а брилистої фракції – зменшився на 8-9 %.

4. Аналіз результатів дослідження

Таким чином, комплексне дослідження змін властивостей темно-каштанового ґрунту у постіригаційний період (через 15 років після припинення зрошення) свідчить про розвиток процесів розсолонення, розсолонцювання, розущільнення та поліпшення структурного складу. За комплексом ґрунтово-меліоративних показників ґрунт, що вилучений зі зрошення, характеризувався задовільним станом. Це дозволяє стверджувати, що можливим є розширення площ зрошення у межах пілотної території шляхом залучення у зрошуване землеробство земель, що тимчасово не поливаються, з використанням наявної внутрішньогосподарської мережі, що дасть змогу зекономити кошти.

Перехід на богарне землеробство приводить до змін ландшафтно-екологічної ситуації та умов ґрунтоутворення, а відповідно, й еволюції темно-каштанового ґрунту в напрямі поступової трансформації до параметрів незрошуваних аналогів орних ґрунтів. Плани відродження зрошення на півдні України, зокрема у Херсонській області, мають базуватися на результатах сучасної оцінки ґрунтово-меліоративного стану тимчасово вилучених зі зрошення земель, які є резервом для розширення площ зрошення у даному регіоні. Така оцінка має бути локальною і повинна включати показники якості зрошувальної води та якості ґрунту за сольовим складом, складом обмінних катіонів, фізичними характеристиками та ін. Процес відновлення зрошення повинен бути скоординованим та базуватися на інтегрованих підходах з максимальним урахуванням усіх складових, насамперед, стану ґрунтових і водних ресурсів.

5. Висновки

За вилучення темно-каштанового вторинно слабосолонцюватого ґрунту зі зрошення (15 років) відбулося зниження концентрації токсичних водорозчинних солей до 0,04-0,08 %, трансформація їх якісного складу та зростання відношення Ca:Na у шарі 0-50 см з 0,5-0,6 до 2,3-3,8. Частка обмінного кальцію підвищилася до 62-64 %, а натрію і калію, навпаки, знизилася до 2,5-2,9 %, що свідчить про розсолонцювання ґрунту.

Переведення темно-каштанового ґрунту у режим богарного використання сприяло зниженню щільності будови у шарі 10-20 см з 1,43 г/см³ до 1,32 г/см³, відновленню його структури завдяки зростанню вмісту агрономічно корисних агрегатів та зниженню вмісту брилистої фракції. Відновлення властивостей та поліпшення стану темно-каштанового ґрунту дозволяє позитивно оцінювати перспективи залучення його у зрошуване землеробство.

Список використаної літератури

1. *Turi Fileccia* Ukraine: soil fertility to strengthen climate resilience. Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture // Turi Fileccia, Maurizio Guadagni, Vasyl Hovhera, Eds. - Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. - 79 p.
2. *Liana Ricci* Reinterpreting Sub-Saharan Cities through the Concept of Adaptive Capacity. An Analysis of Autonomous Adaptation in Response to Environmental changes in Peri-Urban Areas. - Sapienza, 2016. - 211 p.
3. *Ромашенко М.І.* Управління процесом відновлення та сталого використання зрошення/ М.І. Ромашенко, О.І. Жовтоног, В.Д. Крученко та ін.// Меліорація і водне господарство. - Вип. 101. - 2014. - С. 137-147.
4. *Раціональне використання зрошуваних та вилучених зі зрошення земель півдня України/* За ред. Р.А. Вожегової, О.В. Морозова. - Херсон, 2015. - 184 с.
5. *Морозов О.В.* Сучасний стан зрошення в зоні Степу України (на прикладі Херсонської області)/ О.В. Морозов, І.О. Біднина, В.В. Козирев// Зрошуване землеробство. - № 64. - 2015. - С. 135-138.
6. *Концепція відновлення та розвитку зрошення у Південному регіоні України/* За ред. М.І. Ромашенка. - К., 2014. - 27 с.
7. *Амарі А.О.* Обґрунтування відновлення зрошення на основі сценарного моделювання потенційної продуктивності сільськогосподарських угідь/ А.О. Амарі // Вісник аграрної науки. - № 9. - 2015. - С. 73-75.
8. *ВНД 33-5.5-11-02* Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України. - К.: Держводгосп України, 2002. - 40 с.
9. *Рекомендації щодо раціонального використання земель Інгаульської зрошувальної системи/* За ред. С.А. Балука. - Харків, 2012. - 67 с.
10. *Біднина І.О.* Особливості ґрунтових процесів темно-каштанових зрошуваних і вилучених зі зрошення ґрунтів/ О.І. Біднина, В.В. Козирев, О.В. Морозов та ін.// Таврійський науковий вісник. - № 90. - 2015. - С. 16-20.
11. *Тортік М.І.* Закономірності засоленості чорноземів Задністров'я Одещини в постіригаційний період/ М.І. Тортік, А.А. Кугут// Вісник ОНУ. - Том 14. - Вип. 7. - Географічні та екологічні науки. - 2009. - С. 356-361.
12. *Lyubimova I.N.* Modern tendencies of changes in the properties of virgin and post-irrigational soils of solonchic complexes on the Privolzhskaya ridge/Lyubimova I.N., V.Ya. Motuzov, A.G. Bondarev// Eurasian Soil Science. - Vol № 10. - 2011. - P. 1152-1158.
13. *Воротинцева Л.І.* Направленість ґрунтових процесів і режимів у чорноземах звичайних Північного Степу за зрошення та вилучення зі зрошення/ Л.І. Воротинцева// Вісник ХНАУ. Серія «ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». - 2015. - №2. - С. 10-17.
14. *Докучаєва Л.М., Юркова Р.Е.* Изменение направленности почвенных процессов при снижении водной нагрузки на орошаемые земли. - Новочеркасск, 2012. - 54 с.
15. *Носоненко О.А.* Агроекологічні зміни в спрямованості ґрунтових процесів та рівня родючості чорнозему звичайного після виведення його зі зрошення/ О.А. Носоненко, А.А. Лісняк // Вісник ХНАУ. - 2004. - № 6. - С. 31-34.
16. *Шеин Е.В.* Физические свойства и амфифильные компоненты органического вещества в почвах Боровской оросительной системы в постирригационный период/ Шеин Е.В., Русанов А.М., Демченко Э.В.// Вестник ОГУ. - №5 (124). - 2011. - С.74-78.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2016.

SOIL-AMELIORATIVE ASPECTS OF IRRIGATION RECOMMENCEMENT IN THE SOUTH OF UKRAINE

L.I. Vorotyntseva

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
E-mail: chief_chief@mail.ru

The objective was to justify the need of irrigation recommencement and expansion of irrigation areas. We studied state of dark chestnut soil and made the assessment of the regeneration degree of its properties over 15 years after found out from irrigation. The Investigations were carried out on the example of the

pilot farms – SC "Radyans'ka zemlya", Belozersky district, Kherson region, in the Ingulets irrigation system. The program included studies of physical-chemical, chemical and physical properties of soil and irrigation water quality. In the post-irrigation period (over 15 years) the gradual regeneration of the properties of the long irrigated soil occurs. The processes of desalinization (reduction of toxic salts content to 0.04-0.08 %), dealkalinization (decrease of the exchangeable sodium and potassium concentration to 2.5-2.9 %), decompaction are developed. In the soil the amount of agronomically useful structure aggregates (10 %) was increased. The content of lumpy fraction (8-9 %) was decreased. On the basis of the results of the integrated soil assessment this soil is recommended for introduction in irrigated agriculture.

Keywords: irrigation recommencement, soil, found out from irrigation, irrigation water, irrigation, soil-ameliorative properties, transformation.

UDK 631.4

IMPACT OF DIFFERENT SOIL AMENDMENTS ON CRUDE OIL POLLUTED SOIL AND PERFORMANCE OF MAIZE

M.J. Okafor¹, E.I. Chidozie²

¹Department of Agricultural Technology, Anambra State College of Agriculture, Mgbakwu, Anambra State Nigeria

²Department of soil science, Federal University of Technology Owerri, Imo State
Correspondence: johnboscobuchi@gmail.com

Effects of different soil amendments on crude oil polluted soil and performance of maize was carried out in Egbema, Imo State. The experiment was laid out in a complete randomized design in three replications in pots. Eighteen pots were used in this study, with 9kg soil packed in each pot. The soil in each of the pots was polluted with 22.5g (5t/ha) of crude oil, simulating the spill in the field except in control (Zero pollution). There were six treatments consisting of NPK 20:10:10, Crushed limestone (CaCO₃), Cured cow dung (CD), Cured poultry manure (PM), each applied at the same rate of 13.5g (3t/ha) except in control (Ct) and unamended polluted (UP). Percentage organic carbon was determined three times after amendment. Two maize seeds (Oba II) were planted in each pot. Seed emergence, plant height, time of tasseling, time of silking and yield were recorded in this study. The soil was loamy sand; percentage porosity was moderately high across the pots. The texture was not affected by crude oil pollution; however, it influenced the chemical properties of the soil. Percentage organic carbon was high after pollution, pH was reduced and C/N ratio widened. LSD at 5% probability, showed that crude oil pollution affects basic cations in the soil especially magnesium. The amendment however, reduced the percentage organic carbon, narrowed the C/N ratio, and increased the basic cations and the pH. The performance of maize crop in this study showed the positive impact of the amendment materials used on crude oil-polluted soil when compared with control and unamended polluted pots. NPK-treatment showed a high level of amendment than other treatments; with yield 47t/ha for NPK, 24t/ha for Limestone, 20t/ha for Cow dung, 29t/ha for Poultry manure, then 20t/ha and 18t/ha for Control and Unamended polluted.

Keywords: Impact, soil amendments, crude oil pollution, performance, maize.

1. Introduction

Oil pollution is the introduction of crude or petroleum products to the environment, by the activities of man causing hazards to living resources by interfering with their legitimate use of the environment [1]. Crude oil pollution is a release of liquid petroleum hydrocarbon into the environment anthropogenically [2]. Crude oil has been commercially explored since the middle of the 19th century and used for many decades for illumination; on a smaller scale, as lubricant [3]. The invention of the internal combustion engine and its vast adoption in all transport forms enlarged the employment of this natural resource, thus increasing its demand production, transport, stockpiling, and distribution, as well as the raw oil and its by-products. All these activities involve pollution risks that can be minimized, but not totally eliminated, causing several problems to the environment.

Oil pollution in our environment has a serious hazard to human health [4]; it can pollute ground water which limits its usefulness to agricultural productivity of the soil [5]. Crude oil-polluted soils may remain unsuitable for plant growth for months or years depending on the

degree of pollution. Natural rehabilitation of such soils may take some time to accomplish because of high demand on land [6]. In Nigeria, quite a substantial amount of crude oil is spilled annually. Between 1960 and 2003, over forty million barrels of crude oil were discharged into the environment [7]. The most noticeable sources of pollution are releases from manufacturing and refining installations, pipe line damages and vandalization, oil-tanker spills and accidents during transportation of the oil. Crude oil spills result in an imbalance in the carbon–nitrogen ratio at the spill site, because crude-oil is essentially a mixture of carbon and hydrogen. This causes a nitrogen deficiency in an oil-soaked soil, which retards the growth of bacteria and the utilization of carbon sources [8]. One approach to restoring contaminated soils is to make use of substances able to degrade the crude oil in a remediation process.

A combination of treatments, consisting of the application of fertilizers and oxygen exposure on remediation of a crude oil-polluted agricultural soil was evaluated by [9]. They found that the quantities of fertilizer (NPK) (i.e. 4.7 to 12.5 ton/ha), moisture content between 14 % and 19 % during the wet season and a tillage rate between 2 and 5 times a week, are necessary for an effective remediation. Organic manure has over time been used to improve soil fertility; [10] discovered the efficiency of organic manure in promoting plant growth in crude oil polluted soil. Ademole and Aboyeji [11] discovered in their experiment that maize planted in soil amended with poultry compost manure and in soil devoid of spent engine oil had the highest plant height than that planted in spent engine oil-polluted soil.

The objective of this study therefore is to determine the effect of different amendment materials, on the physical and chemical properties of crude oil-polluted soil and the performance and yield of maize in the amended polluted soil.

2. Materials and methods

2.1. Study Site

Egbema is an oil producing community in Imo state, South Eastern Nigeria which lies between latitude 5°18'N and 5°31'N; and between longitude 6°56'E and 6°95'E. The area lies within the humid tropics with annual rainfall of 2000-2500 mm; annual temperature range of 25-30 °C. The vegetation falls within the tropical rainforest zone. The geo-formation of the area is mainly sandy Benin formation, characterized by Quaternary alluvium, meander belt, wooded back swamp as well as fresh water swamps. It also lies in a low plain of rainfall; this consequently ensures vertical and horizontal migration of fishes. Majority of them are farmers; they produce oil palm products, yam, cassava, pineapple, maize and plaintain. The grassland which spans several kilometers offers good habitation for rearing of livestock such as goat, sheep, rabbit, glasscutters etc. they are also blessed with wide palm trees for wine tapping.

2.2. Field work

The selected site was devoid of slopes, and 60 meters away from the tarred road.

Random soil sample technique was used to collect soil samples. Five samples (0-15 cm) were collected randomly using auger. Soils were also collected with three core-samplers in the field for the determination of bulk density. The soil samples were bulked, bagged and taken to the plant house in FUTO, where it was air-dried and sieved with 2 mm sieve, subsequently, a sample and soils in three core samples were taken to the laboratory for analysis, the rest was kept ready for packing.

2.3. Experimental design and treatment

Six treatments: NPK 20:10:10, crushed limestone, poultry manure, cow dung, control and unamended polluted were employed in this study. These treatments were replicated three times in a Completely Randomised Design, giving a total of eighteen experimental units.

2.4. Procedure

Soil packing was done in a plant house. Eighteen (18) perforated pots of volume 8064cm³ (8 litres) were brought. The mass of the soil to be packed in each of the pots was determined using the insitu-bulk density of the study site which was 1.08 g/cm³.

Therefore, using a formula: $BD = M/V$; $M = 1.08 \text{ g/cm}^3 \times 8064 \text{ cm}^3 = 9 \text{ kg}$ (approximately)

9 kg of soil was weighed with a scale and packed in each of the experimental pots.

Five tonnes per hectare (5 t/ha) of crude oil was used in the experiment. Crude oil in the soil as small as 2 t/ha is capable of affecting crop yield negatively [12].

Also, [13] stated that 2000000 kg of soil in the first 15 cm depth of soil is in one (1) hectare of land. Therefore, 2000000 kg $\rightarrow$ 5000 kg; 9 kg $\rightarrow$ 0.0225 kg = 22.5 g.

Each experimental pot except Control (Ct) and its replicates were polluted with 22.5 g of crude oil. 22.5 g of crude oil was weighed using a small electronic scale and spilled on the soil; this process was repeated on all the pots except Control (Ct) and its replicates. They were left undisturbed for fourteen (14) days before amendment to infiltrate the soil; which reflects what happens in the oil-spill site. On the fourteenth day after pollution, soil samples were collected from each pot and taken to the laboratory for analysis. The pots were watered lightly after the collection of soil samples. On the fifteenth day after pollution, the soil was amended with three tonnes per hectare (3 t/ha) of each amendment materials.

For, 2000000 kg = 3000 kg; 9 kg = 0.0135 kg = 13.5 g.

13.5 g NPK per pot in three replicates, 13.5 g of PM per pot in three replicates, same as limestone, and cow dung, was used except in Control (Ct) and unamended polluted (UP) and their replicates. Twelve clean sack-bags were used in the application process where each sack-bag was used for each pot to avoid contamination. A sack-bag was spread on the floor and emptied a pot of crude oil-polluted soil on it; 13.5 g of the amendment materials were weighed separately with an electronic scale, application was by spreading method and mixed properly with a hand trowel before packing it back into the pot. This was done to each treatment pot and its replicates except Control (Ct) and Unamended Polluted (UP). The eighteen pots were watered three (3) hours after amendment and were left to incubate for sixty (60) days. Meanwhile I was watering the pots every four (4) days throughout the incubation period. However, soil samples were collected from each of the pots on the seventh (7th), twenty first (21st), thirty fifth (35th) and forty ninth (49th) day after amendment, and taken to the laboratory for analysis.

2.5. Planting

Planting of maize seeds (Oba II super) was done seventy five days (75) after pollution; two seeds per pot. Plant parameters measured were percentage emergence, plant height, time of tasseling, time of silking and yield (t/ha).

2.6. Laboratory analysis

Bulk density was determined using core sample method [14] as modified by Arshad [15]; the difference between the wet sample and oven-dried weight gave the moisture percentage by weight. Particle size was determined using mechanical analysis by Bouyoucos hydrometer method [16]. Soil pH (1:2.5 ratio) in water and KCl was determined using pH-meter. Exchangeable acidity (Al^{3+} and H^+) was extracted as described by [17]. Exchangeable basic cations were extracted with ammonium acetate; Mg and Ca were measured by ethylene diaminetetracetic acid titration while K and Na were estimated by flame photometer method. The organic carbon content of the soil was determined by Walkley and Black digestion method as modified by Nelson and Sommer [18]. The Cation Exchange Capacity of the soil was determined by summing up exchangeable bases in cmol kg^{-1} . Total Nitrogen was determined by macro-kjedahl digestion method as modified by Dahnke and Johnson [19]. Carbon – Nitrogen ratio was determined by dividing percentage organic carbon by total nitrogen. Available phosphorus was determined using Bray II method [20]. All the laboratory analysis was done soil science lab at Federal college of land resource and Technology, Owerri Nigeria.

2.7. Data Analysis

The data were analysed statistically using GenStatDiscoverey Edition 4, and means were compared using Least Significant Different (LSD) at 0.05 probability level.

3. Results and discussion

3.1. Properties of soil before pollution

Table 1 shows the physical properties of the soil in Egbema. The soil was loamy sand, having 87 % sand, 12 % clay and 1 % silt; sandiness of the soil could be attributed to a combination of influences from parent materials, climate, land use type and land use history [12]. The bulk density was 1.08 g/cm³ which is ideal for plant growth [15]. The percentage moisture content showed 14 % which is also moderate for top soils [15].

Table 1

Physical properties of soil before pollution

Studied soil	SAND, %	SILT, %	CLAY, %	BD, g/cm ³	MC, %
Egbema	87.07	1.33	11.60	1.08	13.59

Keys: BD = bulk density, MC = moisture content.

Table 2 shows the chemical properties of the studied soil. The pH was moderately acidic having a pH value of 5.19 [21]. Exchangeable cations are moderate, having moderate levels of Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ and Na⁺. C/N ratio was narrow having a value of 4.40; available Phosphorus was moderate having a value of 10.37 [22].

Table 2

Chemical properties of soil before pollution

Studied soil	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Al ³⁺	H ⁺	OC (%)	TN (%)	Ca ²⁺ (cmol/kg)	Mg ²⁺ (cmol/kg)	K ⁺ (cmol/kg)	Na ⁺ (cmol/kg)	C/N	Av.P (ppm)
Egbema	5.19	4.31	0.90	0.17	0.62	0.14	3.23	2.85	0.33	0.43	4.40	10.37

Keys: Ca = Calcium; Mg = Magnesium; K = Potassium; Na = Sodium; Al = Aluminum; H = Hydrogen; OC = organic carbon; Av.P = Available Phosphorus; C/N = Carbon and Nitrogen Ratio; TN – total Nitrogen.

3.2. Changes in soil properties after pollution

The soil was coarse across the experimental pots with sand showing a range of 85 % to 87 %, silt showing a range of 2 % to 3 %, and clay showing a range of 11 % to 13 %, although, the bulk density across the polluted pots are a little bit higher than the control, there was no significant effect ($p \leq 0.05$) of crude oil pollution on physical properties of the studied soil (see Table 3).

Table 3

Physical properties of soil after pollution

S/N	TREATMENT	SAND, %	SILT, %	CLAY, %	BD, g/cm ³	MC, %	T.POROSITY, %
1	NPK	87.07	2.00	10.93	1.36	13.81	48.53
2	CaCO ₃	85.07	2.67	12.27	1.18	14.01	55.60
3	CD	85.73	1.67	12.60	1.17	10.79	55.87
4	PM	85.73	2.00	12.27	1.37	12.75	48.20
5	Ct	87.07	1.33	11.60	1.08	13.59	48.53
6	UP	87.40	1.67	10.93	1.30	13.63	50.93
	LSD (0.05)	13.91	1.109	0.839	0.132	3.68	4.26
	Sign level	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Keys: BD = bulk density; MC = moisture content; T.Porosity = Total porosity; NPK = NPK 20:10:10; CaCO₃ = crushed limestone; CD = cured cow dung; PM = cured poultry manure; Ct = control; UP = unamended polluted; NS = Not significant.

Table 4, showed a chemical properties of the soil after pollution. pH (H₂O) values was within the range of 5.46 to 3.28, the highest value was recorded in the control (Ct), while the lowest value was recorded in unamended polluted (UP). This could be that crude oil reduces soil pH with the formation of toxic acids which is in agreement with [23, 24]. The Percentage Total Nitrogen in the crude oil-polluted soils were far less than Percentage Total Nitrogen in Ct.

The polluted soils having their values within 0.04 % to 0.1 %, and the Ct recorded 0.12 % to 0.16 %. Percentage organic carbon obtained from soils after pollution was three (3) times more than percentage organic carbon in Ct. (Table 4); they recorded within 2 % to 3 %, while Ct, recorded 0.59 % to 0.67 %. The increase of %OC in the polluted pots was attributed to carbon from spilled crude oil. Increase of organic matter is directly proportional to the increase of crude oil addition to the soil [23]. The wide C/N ratios in NPK, CaCO₃, CD, PM and UP pots (Table 4) could have led to immobilization of soil nitrates coupled with the environment brought about by the crude oil pollution, accounted for low level of Percentage Total Nitrogen (% TN) in NPK, CaCO₃, CD, PM and UP pots. According to Baruah, highly crude oil polluted soils exhibits more organic carbon than less crude oil polluted soils [24]. The basic cations were relatively low to moderate across the treatments, with Ct-treatment having higher Ca²⁺ value (3.2 cmolkg⁻¹) than NPK, CaCO₃, CD, PM and UP (Table 4); this may be due to average to low nutrient endowment of the indigenous soil. The available phosphorus (UP) was relatively moderate across the treatments, however, that of the Ct-treatment recorded high level of P than other treatments, and this is in consonant with the findings of Rowell [14], who explained that crude oil pollution reflects an elevated level of soil organic carbon and available phosphorus. There was a significant effect ($p \leq 0.05$) of crude oil pollution on pH, percentage organic carbon and basic cation (Mg).

Table 4*Chemical properties of soil after pollution*

S/N	Treat-ment	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Al ⁺³	H ⁺	OC (%)	TN (%)	Ca ²⁺ (cmol/kg)	Mg ²⁺ (cmol/kg)	K ⁺ (cmol/kg)	Na ⁺ (cmol/kg)	C/N	Av.P (ppm)
1	NPK	4.14	3.97	0.20	0.60	2.82	0.08	2.57	0.86	0.43	0.44	37.4	10.90
2	CaCO ₃	4.23	3.90	0.47	0.43	2.44	0.06	2.87	0.11	0.42	0.39	45.7	10.23
3	CD	3.99	3.81	0.60	0.27	2.40	0.06	2.73	0.90	0.45	0.47	37.7	10.37
4	PM	4.30	4.13	0.43	0.43	2.17	0.05	3.03	1.61	0.42	0.37	47.8	10.25
5	Ct	5.19	4.31	0.90	0.17	0.62	0.14	3.23	2.85	0.33	0.43	4.40	10.37
6	UP	3.49	3.19	0.47	0.53	2.95	0.08	2.57	1.15	0.24	0.33	41.6	9.10
	LSD (0.05)	0.45	0.39	0.32	0.24	0.50	0.04	0.77	0.59	0.20	0.18	20.4	1.94
	Sign level	**	**	*	*	**	NS	NS	**	NS	NS	*	NS

KEY: Ca = Calcium; Mg = Magnesium; K = Potassium; Na = Sodium; Al = Aluminum; H = Hydrogen; OC = organic carbon; Av.P = Available Phosphorus; C/N = Carbon and Nitrogen Ratio; NPK = NPK 20:10:10; CaCO₃ = Crushed limestone; CD = Cured cow dung; PM = Cured poultry manure; Ct = Control; UP = Unamended polluted; NS = Not significant.

3.3. Influence of treatments (amendments) on crude oil polluted soil

The amendments reduced the hydrocarbon hence, organic carbon in the crude oil polluted soils (NPK, CaCO₃, CD, PM, UP) as shown in (Table 5), where %OC reading was taken at one week after amendment (1WAA), third week after amendment (3WAA), fifth week after amendment (5WAA) and seventh week after amendment (7WAA); before planting of maize crop (Oba II). At the seventh week after remediation, CaCO₃ treatment recorded the least %OC which was approximately 44 % decrease from the level it recorded after pollution (Table 4 and Table 5); NPK treatment showed 51 % decrease; CD treatment showed 38 % and PM treatment recorded 32 %. Ct treatment on the other hand showed 1 % decrease in % OC, while UP showed approximately 7 % decrease. The reduction in %OC seen in UP treatment could be attributed to natural breakdown of hydrocarbon in a crude oil polluted soil that is not subjected to further pollution. Therefore crude oil pollution in this study responded positively to NPK treatment more than CaCO₃, CD and PM in that order. The treatments showed highly significant difference at 5% probability after one week of amendment (1-WAA) between PM and Ct; at three weeks after amendment (3-WAA) between PM and Ct; at five weeks after amendment (5-WAA) between PM and Ct; at seven weeks after amendments (7-WAA) between PM and Ct. (Table 5).

Table 5*Levels of percentage organic carbon in soil after amendment*

S/N	Treatment	Organic carbon content (%)			
		1-WAA (%)	3-WAA (%)	5-WAA (%)	7-WAA (%)
1	NPK	1.56	1.44	1.42	1.37
2	CaCO ₃	1.62	1.44	1.41	1.36
3	CD	2.02	1.60	1.55	1.48
4	PM	1.80	1.60	1.51	1.47
5	Ct	0.63	0.60	0.58	0.62
6	UP	2.89	2.80	2.78	2.76
	LSD (0.05)	0.22	0.33	0.33	0.29
	Sign. level	**	**	**	**

KEY: WAA = week after amendment; NPK = NPK 20:10:10; CaCO₃ = Crushed limestone; CD = Cured Cowdung; PM = Cured Poultry manure; Ct = Control; UP = untreated polluted; ** = highly significant.

3.4. Response of Maize crop to treatments

Table 6, shows number of emerged maize seeds (Oba II) across the pots after five days of planting, which was also 80 days after pollution. There was emergence across the pots, however, CD and Ct showed complete emergence. There was no significant effect of the treatments at $p \leq 0.05$ (Table 6), the total percentage emergence therefore, showed 92% (Table 7).

Table 6*Seed emergenc*

Treatments	Emergence (piece)		Emergence (%)
	Mean per pot	Total per treatment	
NPK	3.33	10	
CaCO ₃	3.67	11	
CD	4.00	12	
PM	3.33	10	
Ct	4.00	12	
UP	3.67	11	
LSD (0.05)	1.11 ^{NS}	-	
Total	-	66	92

KEY: NPK = NPK 20:10:10; CaCO₃ = Crushed limestone; CD = Cured Cowdung; PM = Cured Poultry manure; Ct = Control; UP = untreated polluted.

NB: (66 germinated ÷ 72 expected) × 100 = 92 %

significant difference between treatment means at two weeks after planting (2WAP).

Table 7, shows the height of the maize plant across the treatment pots at 1WAP, 2WAP and 3WAP; the first height parameter was taken seven days after emergence. The tallest plants were obtained from CaCO₃ treated soils with height, 4.3 cm at one week after planting (1WAP), while Ct-treatment produced the shortest plants with height, 2.7 cm at 1WAP. At 2WAP, the tallest plants were obtained from CD treated soils with height, 10.50 cm, while UP-treatment produced the shortest plants with height, 8.3 cm. More so, at 3WAP, the tallest plants were obtained from Ct treated soils with height, 19.7 cm, while UP-treatment produced the shortest plants with height, 14 cm. There was significant difference at 5 % probability at one week after planting (1WAP) between NPK and CaCO₃; at three weeks after planting (3WAP) between Ct and UP; there was no

Table 7*Maize height after planting and yield after harvest*

S/N	Treatment	1WAP (cm)	2WAP (cm)	3WAP (cm)	Yield (t/ha)
1	NPK	3.10	10.07	19.33	47
2	CaCO ₃	4.33	9.67	16.67	24
3	CD	3.87	10.50	19.33	20
4	PM	3.17	9.17	18.50	29
5	Ct	2.67	9.17	19.67	20
6	UP	2.93	8.27	14.00	18
	LCD(0.05)	0.86	2.01	2.94	31 ^{NS}
	Sign. Level	*	NS	*	

KEY: NPK = NPK 20:10:10; CaCO₃ = Crushed limestone; CD = Cured Cowdung; PM = Cured Poultry manure; Ct = Control; UP = untreated polluted; * = Significant, NS = Not significant.

Tasseling appeared first on the ninth week after emergence (68 days) after planting. NPK-treatment showed tasseling in two pots; Ct-treatment showed tasseling in only one pot, same as CaCO₃-treatment. The rest of the treatments didn't appear that day. After nine days however, tassels appeared in all NPK-treatment pots; the rest showed tasseling in two pots respectively. Tasseling was completed in all the pots on the twelfth day.

Silking first appeared on the eleventh week after emergence, i.e. eighty two weeks after planting. Ct-treatment showed in one pot, the rest of the treatments did not appear until ninety days after planting, when it was seen across the treatment pots

Harvest was done on the seventeenth week after emergence, i.e. 125 days after planting. The sheaths were removed and the maize cobs (cob + grains) were weighed.

The highest yield of 47 t/ha was obtained from NPK-treatment, while UP-treatment on the other hand gave the lowest yield of 18t/ha, however, the treatment has no significant effect at 5 % probability on the yield.

3.5. Chemical properties of soil after harvest

Table 8, shows the chemical properties of soil after harvest. pH (water) showed an increase from the initial value seen after pollution; unamended polluted (UP) also showed an increase in pH which could be as a result of natural breakdown of crude oil in the soil [25].

Percentage organic carbon decreased drastically across the treatment pots, NPK-treatment having 27 % decrease from the value after pollution; the CaCO₃-treatment, CD-treatment, PM-treatment and UP-treatment, having 29 %, 18 %, 37 % and 25 % decrease respectively.

Ct-treatment showed little or no decrease in percentage organic carbon. The C/N ratio also narrowed significantly across the treatment pots from the wide values they showed after pollution (Table 4, Table 8). This may have happened due to application of these amendment materials to the crude oil-polluted soils. However, C/N ratio of Ct-treatment widened a little, which may be as result of reduced microbial activities in the Ct-treatment pots [26]. There was significant effect ($p \leq 0.05$) of amendment seen in percentage organic carbon and C/N ratio; this shows that the crude oil-polluted soil responded positively to the application of these amendment materials.

Table 8

Chemical properties of soil after harvest

Treatment	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Al ³⁺	H ⁺	OC (%)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	C/N	TN (%)	Av.P (ppm)
						cmol/kg						
NPK	5.11	4.45	0.37	0.53	2.05	2.20	2.06	0.51	0.40	12.17	0.18	8.84
CaCO ₃	5.97	5.10	0.51	0.43	1.73	2.87	1.95	0.27	0.44	16.47	0.11	8.97
CD	5.19	4.68	0.40	0.30	1.98	1.91	1.20	0.33	0.42	11.18	0.18	5.88
PM	5.59	4.69	0.40	0.33	2.09	2.27	2.48	0.50	0.46	10.86	0.19	8.77
Ct	5.01	4.77	0.60	0.26	1.01	3.41	0.71	0.29	0.26	7.25	0.14	9.00
UP	4.96	4.44	0.27	0.43	2.22	2.40	1.22	0.22	0.27	25.34	0.09	7.47
LSD(0.05)	0.51	0.66	0.4	0.37	0.44	0.98	1.04	0.20	0.21	7.07	0.07	2.41
Sign. level	NS	NS	NS	NS	**	NS	*	*	NS	**	*	NS

KEY: Ca = Calcium; Mg = Magnesium; K = Potassium; Na = Sodium; Al = Aluminum; H = Hydrogen; OC = organic carbon; Av.P = Available Phosphorus; C/N = Carbon and Nitrogen Ratio; NPK = NPK 20:10:10; CaCO₃ = Crushed limestone; CD = Cured cow dung; PM = Cured poultry manure; Ct = Control; UP = Unamended polluted

4. Conclusions

Based on the result of this study, crude oil pollution is capable of altering the chemical properties of the soil; crude oil pollution increases soil organic carbon. Performance of maize was also affected negatively as in the yield per hectare in unamended polluted. Reclamation of crude oil-polluted soil occurs naturally over time though, without further pollution. Inorganic

fertilizer, mainly, NPK 20:10:10 at 3 t/ha is capable of amending crude oil-polluted soil. Cured Poultry manure and Cured Cow dung also showed positive response in amending crude oil-polluted soil, as well as Crushed Limestone. In the performance of maize, NPK 20:10:10 performed better than other amendment materials used in this study; which was revealed in their growth, flowering and yield.

These amendment materials also improved the chemical properties of the crude oil-polluted soil; this was glaring in its pH (water), basic cations, organic carbon and C/N ratio after harvest.

NPK 20:10:10 at 3 t/ha can be used in amending crude oil pollution in so long as there is no further pollution. When NPK 20:10:10 is not available, perhaps due to its cost, poultry manure or cow dung can be used, however, it should be given longer time to achieve results. Finally, pipe line vandalization should be discouraged to avoid crude oil pollution in the environment, lest food production would be forever threatened in the area, furthermore, pipe line should be properly maintained to avoid leakages.

References

1. Burger J. (1997). Metals in avian feathers: bio-indicators of environmental pollution. *Reviews of Environmental Toxicology*. 5. Pp. 203–311.
2. Harvey J.W. (2010). Interactions between surface water and ground water and effects on mercury transport in the north-central everglades. Reston Virginia: USGS, Science for changing world.
3. Pala M.D., De Carvalho D., Pinto J.C., Sant Ann Jr G.L. (2006). A suitable model to describe bioremediation of a petroleum-contaminated soil. *J. Int. Biodeter. and Biodegr.* 58(6). Pp. 254-260.
4. Louise A. (2005). Robust biological descriptors of soil health for use in reclamation of brown field land. *Appl. Soil Ecol.* 10. Pp. 191-199.
5. Wang J., Zhang Z.Z., Su Y.M., He W., He F., Song H.G. (2008). Phytoremediation of petroleum polluted soil. *Petroleum science*, vol. 5(2). Pp. 167.
6. Ogbogodo I.A., Erebor E.B., Osemwota I.O., Isitekhale H.H. (2004). The effects of application of poultry manure to crude oil polluted soils on maize growth and soil properties. *Environ. Monit. Assess.* 96. Pp. 153-161.
7. Gill L.S., Nyawuame H.G.K., Eihkhamelor A.O. (2003). Effect of crude oil on the growth and anatomical features of *Chromolaena odorata*. *L.k and R.* 3(2). Pp. 33-56.
8. Gogoi B.K., Dutta N.N., Krishnamohn T.R. (2003). A case study of bioremediation of petroleum-hydrocarbon contaminated soil at a crude oil spill site. *Advances in Environmental Research*. 7(4). Pp. 767-782.
9. Ayotamuno M. J., Kogbara R.B., Ogaj S.O.T., Probert S.D. (2006). Bioremediation of a crude-oil polluted agricultural-soil at Port Harcourt, Nigeria. *Applied energy*. 83. Pp. 1249-1257.
10. Okolo J.C., Amadi E.N., Odu C.T.I. (2005). Effects of soil treatments containing poultry manure on crude oil degradation in a sandy loamy soil. *Applied Ecology and Environmental Research*. 3(1). Pp. 47-53.
11. Ademole M.B., Aboyeji A.O. (2013). Yield and quality of maize from spent engine oil contaminated soils amended with compost under screen use condition. *J. Agrobiol.* 30(1): 9-19.
12. Osuji G.E. Onweremadu E.U. (2007). Structural stability of Dystric Nitisol in relation to some Edaphic properties under selected land uses. *Nature and Science*, 5(4).
13. Koorvaar P, Menelik G, Dirkson C. (1983). *Element of soil physics*. Elsevier science publishers B.V. Amsterdam. The Netherlands.
14. Rowell M.J. (1977). The effects of crude oil spills on soils. In: *The reclamation of agricultural soils after oil spills* (J. A. Good, ed.) Edmonton: Department of soil science, University of Alberta, Pp. 1-33.
15. Arshad M.A., Lowery B., Grossman B. (1996). Physical Tests for monitoring soil quality. In: *Doran. Editors, method of assessing soil quality*. Madison, WI. Pp. 123-141.
16. Gee G.W., Or D. (2002). Particle-size analysis. In: *J. H. Dane & G.C. Topp (Eds.), Soil Science Society of America Book Series: Vol. 5, Methods of soil analysis*. Part 4. Physical methods (Pp. 255-293). Madison, WI.
17. Mclean E.O. (1982). Soil pH and lime requirement. In: *Page AL, editor. Methods of Soil Analysis, part 2*. 2nd ed Agron. Monog Vol. 9, Madison, WI: ASA and SSSA. Pp. 199-224.
18. Nelson D.W., Sommers L.E. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In: *Method of Soil Analysis; Part 2*. (ed) *Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. and Madison W.I.* Ame.Soc. Argon. Pp. 539-579.
19. Dahnke W.C., Gordon V., Johnson (1990). Testing soils for available nitrogen. In: *R.L. Westerman (ed.) Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. SSSA, Madison, WI.
20. Bray R.H., Kurtz L.T. (1945). Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil science* 59: Pp. 39-41.
21. Shell petroleum development company (2003). Environmental monitoring for the engineering landfill project, final report. 62 p.
22. Federal ministry of Agriculture and Natural resources (1990). *Literature review on soil fertility investigations in Nigeria*. Bobmaublisher, Ibadan. 281 p.
23. Udo E.J., Fayemi A.A. (1995). The effect of oil pollution of soil on germination, growth and nutrient uptake of corn. *Journal of Environmental Quality*, 4. pp. 537-540.
24. Baruah D., Das N.J. (1994). Chemical changes in soil brought about by crude oil. *J. Int. pollut. Control*. 10(2). Pp. 139-44.
25. Brady N.C., Well R.R. (2002). *Nature and properties of soils*. Earson Education. 813 p.
26. Collins J.R. (1998). *Enhanced applied bioremediation: evaluation technical system*. National academic press, Washington DC. Pp. 2-10.

Received 05.08.2015

ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ СЫРОЙ НЕФТЬЮ, И РАЗВИТИЕ КУКУРУЗЫ**M.J. Okafor¹, E.I. Chidozie²**¹**Department of Agricultural Technology, Anambra State College of Agriculture, Mgbakwu, Anambra State Nigeria**²**Department of Soil Science, Federal University of Technology Owerri, Imo State***Correspondence: johnboscobuchi@gmail.com*

Влияние различных почвенных мелиорантов на почвы, загрязненные сырой нефтью и выращивание кукурузы было изучено в в Егбема, штата Имо в Нигерии. Эксперимент был заложен в сосудах по полностью рендомизированной схеме в трех повторениях. Были использованы 18 сосудов, в которых поместили по 9 кг почвы. Загрязнение (разлив нефти) имитировали, добавив к почве в каждом сосуде 22,5 г (5 т/га) сырой нефти, за исключением контрольного сосуда (нулевое загрязнение). Всего было 6 вариантов опыта: NPK 20:10:10; измельченная известь (CaCO_3); твердый навоз коров (CD); твердый птичий помет (PM), которые вносили одинаково по 13,5 г (3 т/га) исключая варианты контроль (Ct) и неисправленное загрязнение (UP). Процентное содержание органического углерода определяли три раза после мелиорации. В каждый сосуд были высажены по два семени кукурузы (Oba II). В опыте контролировали прорастание, высоту растений, время выметывания метелки, фаза выметывания пестичных столбиков и урожай. Почва – супесчаная, умеренно высокой пористости. Грансостав не подвержен влиянию загрязнения сырой нефтью; но химические свойства почвы оказались затронутыми. Процентное содержание органического углерода после загрязнения было высоким, pH снизился, а отношение C/N расширилось. LSD при 5% вероятности, показало, что загрязнение сырой нефтью затрагивает состав основных катионов в почве, особенно магния. Мелиорация, однако, вызвала снижение процентного состава органического углерода, сужение отношения C/N и увеличение содержания основных катионов и pH. Характеристика растений кукурузы в этих исследованиях показала положительное влияние мелиорантов, использованных на загрязненной почве по сравнению с контролем и немелиорированной почвой. Вариант с NPK показал более высокий уровень мелиорации чем другие варианты. Урожай был таким – 47 т/га для NPK, 24 т/га для извести, 20 т/га для навоза, 29 т/га для птичьего помета, затем 20 и 18 т/га для контроля и немелиорированного загрязнения.

Ключевые слова: воздействие, почвенный мелиорант, загрязнение сырой нефтью, характеристика, кукуруза.

IRON, ZINC, COPPER AND MANGANESE AVAILABILITY IN FOUR CONTRASTING HYDROMORPHIC SOILS OF EGBEMA, SOUTH-EASTERN NIGERIA**C.M. Ahukaemere^{*1}, B.N. Uzoho¹, I.F. Irokwe¹, B.N. Ndukwu¹, D.N. Osujie²**¹**Department of Soil Science and Technology, Federal University of Technology, PMB 1526 Owerri, Nigeria.**²**Department of Soil Science and Land Resources Management, Federal University, P.O. Box, 1020, Wukari, Taraba State, Nigeria.***For contact - E-mail: mildredshine@yahoo.com.*

Trace elements are particularly sensitive to surrounding environmental condition which influences their availability and behavior in the ecosystem. The study assessed the availability of four trace elements (Mn, Fe, Cu and Zn) in selected wetland soils of Egbema, Imo State, South-Eastern Nigeria. Six composite soil samples (0-30 cm depth) were collected from the different wetlands (Iyiaba, Omanpe, Orashi and Agbo). Soils were generally acidic (5.27-5.64) with low organic carbon (4.4-7.11 g kg⁻¹) and CEC (2.71-5.79 Cmol+kg⁻¹). Omanpe wetland soil contained significantly ($p<0.05$) higher quantity of Fe (43.97 mgkg⁻¹) compared to other soils investigated. Also, significantly ($p<0.05$) higher quantity of Cu (0.56 mgkg⁻¹) was recorded in Orashi wetland compared to other investigated soils.

Keywords: ecosystem, hydromorphic soils, trace element, South-eastern Nigeria

1. Introduction

Wetlands are complex ecosystems that share a number of properties such as saturated soils for at least some part of the year, generally showing distinct hydromorphic features, and supporting plants adapted to water logged conditions [1]. Scanty information about these soils in Nigeria has led to their mismanagement and unsustainable use. The current awareness of the usefulness of wetland soils necessitates the need for effective survey of these soils for sustainable land use. The need for a holistic understanding of the availability of some vital trace elements in wetland soils of South-eastern Nigeria cannot be overemphasized, especially in the light of the devastating soil degradation and food insecurity that now bedevil the region. Micronutrients deficiencies in soils are wide spread in a number of countries including Nigeria [2]. Many trace elements have been classified as essential trace elements required by plants for normal and healthy growth, and include the transition metals manganese (Mn), iron (Fe), copper (Cu) and zinc (Zn), as well as boron (B) and molybdenum (Mo). However, within particular locations, local pedogenic and hydrological factors appeared to influence the total concentration of trace elements in soils and their bioavailability to plants [3]. Frequent and prolonged water saturation of wetland soils give rise to biogeochemical processes different from those occurring in aerated soils due to a decrease or loss of molecular oxygen, whose diffusion in aqueous media is low [2]. Because of their very low abundance, trace elements are particularly sensitive to surrounding environmental conditions, which influence their physico-chemical speciation and their behaviour in the ecosystems [4]. High concentrations or contaminations of trace elements in agricultural soil are becoming an issue of global concern due to their multiple sources, distribution and diverse effect on the ecosystems [5, 6].

Therefore, the evaluation of the concentrations of trace element in soil would be helpful for the sustainable use of arable land and the improvement of human health. In light of this, it was investigated the availability of iron, copper, zinc and manganese in some hydromorphic soils of Egbema, South-eastern Nigeria.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area

The investigations were carried out in Nmahu in Egbema Local Government Area of Imo State, South-eastern Nigeria. It is located between Latitudes 5°33'N and 5°58'N and longitude 6°50'E and 6°59'E. It has a humid tropical climate with an average annual rainfall ranging from 1750 to 2500 mm, annual temperature range from 26°C to 31°C and high relative humidity (above 80%) during the rainy season [7]. The study sites were wetlands which include Orashi, Agbo, Omampe and Iyiaba. These sites are characterized by hydrophytic vegetation, and hydric soils with water at or near the surface for most of the growing season. The soils are saturated long enough to support plants that grow well in wet environments such as rice and vegetables. Soils of the area are derived from coastal plain sand (Benin Formation) and Alluvium deposit. Egbema has typical rainforest vegetation with a variety of plant types. As agriculture and fishing are major socio-economic activities of the area, about 70 % of the total area is used as cultivated land. Slash-and-burn technique has been the major method of land clearing, whereas bush fallow is a soil fertility regeneration practice that has prevailed for over 10 decades, though very few of the farmers use inorganic fertilizers.

2.2. Field Study

A reconnaissance visit was made to the surveyed area prior to the field study. Four wetlands (hydromorphic soils) namely Orashi, Agbo, Omanpe and Iyiaba were randomly selected. Six (6) soil samples (0-30 cm) were collected using soil auger in each of the sites. A total of twenty four (24) soil samples were collected. Undisturbed soil samples for determination of bulk density were collected using core samplers.

2.3. Laboratory Soil Analysis

Bulked soil samples collected were air-dried, gently crushed and passed through 2 mm sieve to obtain fine earth separates. The processed soil samples were analyzed for some physical and chemical properties following procedures outlined by Soil Survey Staff, [8]. The trace elements (Zn, Mn, Fe, Cu) content of the soils were extracted using the procedures of Onyeonwu [9] and Atomic Absorbance Spectrophotometer (AAS) (Buck Scientific model 210 VGP USA) was used to determine the amount of the individual trace element in soil solution.

2.4. Data Analysis

Soil data were subjected to analysis of variance (ANOVA). For statistically different parameters ($p < 0.05$), means were separated using Least Significant Difference (LSD). Correlation analyses were conducted to detect the functional relationships among soil variables.

3. Results and Discussion

3.1. Physical Properties of Soils

Results of the physical properties of the soils are presented in Table 1. Significantly ($p < 0.05$) highest sand fraction (796.27 g kg^{-1}) was recorded in Omanpe wetland compared to Agbo (736.27 g kg^{-1}), Iyiaba (682.93 g kg^{-1}) and Orashi (382.93 g kg^{-1}). Clay fraction (450.93 g kg^{-1}) was significantly ($p < 0.05$) higher in Orashi than other soil groups investigated. Soil texture has earlier been defined as a near permanent attribute of the soil and hardly does it easily change due to land use, management or conservation. The bulk density was at values (mean $\geq 1.21 \text{ g cm}^{-3} \leq 1.33 \text{ g cm}^{-3}$) that will allow vigorous growth of plant roots and soil organisms. Significantly ($p < 0.05$) highest bulk density (1.31 g cm^{-3}) was recorded in Agbo compared to 1.20, 1.18 and 1.09 g cm^{-3} recorded in Omanpe, Orashi and Iyiaba. Lower values of bulk density of the soils also indicated greater pore space and improved aeration thus creating a good environment for biological activity [10]. Moisture content of the soils ranged from $63.13\text{--}149.67 \text{ g kg}^{-1}$ and was optimum for the performance of most tropical crops. Water availability is reported to be one of the most important environmental parameters controlling plant performance [11].

Table 1

Mean values of the physical properties of soils ($n = 24$)

Location	Sand	Silt	Clay	Silt/Clay	TC	BD, g cm^{-3}	TP, %	MC, g kg^{-1}
	g kg^{-1}							
Iyiaba	682.93	146.13	170.93	1.00	SL	1.09	57.86	131.67
Omanpe	796.27	26.13	177.60	0.22	SL	1.20	53.00	63.13
Orashi	382.93	166.13	450.93	0.41	CL	1.18	54.00	84.50
Agbo	736.27	102.80	160.93	0.64	SL	1.31	56.63	149.67
LSD(0.05)	98.10	40.37	109.00	0.64	-	0.16	11.07	34.43

TC= Textural class, S= Sand, SL= Sandy loam, LS = Loamy sand, BD = Bulk density, TP = Total porosity, MC= Moisture content

3.2. Chemical Properties of Soils

Results of the chemical properties of the soils are shown in Table 2. The pH values of the soils ranged from 5.27 in Omanpe to 5.64 in Agbo. Soil pH is the key factor for the availability of essential plant nutrients [12]. The pH values in water suspension were higher than corresponding values in 1N KCl solution, indicating that all the soils at their natural pHs are negatively charged [13]. Also, the base (KCl) must have precipitated more acidity in the soil solution. Recommendations of fertilizers for controlling proneness of the soils of the location to acidity must be based on the results from the pH in KCl to ensure that reserved acidity in the soil solution will be taken care of.

Table 2*Chemical properties of the soils (n = 24)*

location	pH (w)	pH (KCl)	Av. P mgkg ⁻¹	Oc gkg ⁻¹	TN gkg ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	TEA	TEB	CEC
						Cmolkg ⁻¹						
Iyiba	5.56	5.03	6.21	7.11	0.74	2.66	3.37	0.01	0.01	2.31	6.05	3.23
Omanpe	5.27	4.89	11.36	4.32	0.46	2.51	1.83	0.02	0.003	1.81	4.36	3.29
Orashi	5.45	5.02	3.36	4.4	0.9	3.61	3.53	0.02	0.01	11.12	7.17	5.79
Agbo	5.64	5.09	6.91	6.64	0.69	3.83	2.9	0.016	0.03	4.013	6.77	2.71
LSD(0.05)	0.76	0.57	7.78	12.26	0.86	3.56	1.41	0.01	0.04	2.597	4.76	2.72

OC=organic carbon, Oc= organic carbon, TN=total nitrogen, Av. P=available phosphorus, TEA=total exchangeable acidity, TEB=total exchangeable bases, CEC= Cation exchange capacity.

Organic carbon of the soils were generally low (< 2%) [14]. Esu [15] reported organic carbon value of < 10 gkg⁻¹ as low in soils of South-eastern Nigeria. However, Iyiba wetland recorded highest (7.11 gkg⁻¹) organic carbon compared to other soils (Table 2). Sahrawat [16] suggested that soil organic matter accumulates with time in waterlogged soils due to lack of oxygen and other terminal electron acceptors, like Fe²⁺ and SO₄²⁻, resulting in inefficient organic matter oxidation at low Eh values. Organic matter influences the availability and mobility of trace elements in soils either by changing the soil pH or by accumulating the free metal ions (cations) on the large negative charge of the organic matter [17].

Total nitrogen of the soils was also low (< 0.1%) [14] and did not vary among the wetland soils studied. However, the highest mean total nitrogen value (0.90 gkg⁻¹) was recorded in Orashi followed by Iyiba (0.74 gkg⁻¹), Agbo (0.69 gkg⁻¹) and Omanpe (0.46 gkg⁻¹). These values compares well with the report of Olaleye [18] that N is normally deficient in most wetland soils. The low nitrogen contents of the soils may be associated with leaching coupled with intermittent flooding and drying which are known to favour N loss [19].

Total exchangeable bases and the basic cations (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺) of the soils were low. Mean total exchangeable bases value ranged from 4.36-7.17 cmol_ckg⁻¹ across the wetlands studied. Exchangeable bases are important properties of soil as they relate information on the soil's ability to sustain plant growth, retain nutrients and buffer acid deposition [20].

Also, CEC of the soils were low. Average CEC values varied from 2.71 to 5.79 cmol_ckg⁻¹. These values were in line with the values reported by Fasina, [21] in some Nigerian soils. According to Chukwuma *et al.*, [22] and Wu *et al.*, [23] increase in cation exchange capacity decreases Cu and Zn availability in soils due to increased nutrient sorption.

3.3. Micronutrient contents of the Soils

Determined the trace element contents of the varying wetland soils are presented in Figs. 1 and 2. Manganese (Mn) content of the soils was low. Iyiba wetland contained significantly (p<0.05) highest quantity of manganese (1.17 mgkg⁻¹) than Orashi (0.76 mgkg⁻¹), Omanpe (0.17 mgkg⁻¹) and Agbo (0.09 mgkg⁻¹). However, the manganese content in Iyiba wetland was in excess of the critical value (1.0 mg/kg) while those of other wetlands were lower.

Mean iron (Fe) contents of the soils were 23.83 mgkg⁻¹ in Iyiba, 27.73 mgkg⁻¹ in Agbo, 33.17 mgkg⁻¹ in Orashi and 43.97 mgkg⁻¹ in Omanpe. However, mean value (43.97 mgkg⁻¹) of available iron in Omanpe was significantly (P≤ 0.05) higher than other wetlands investigated. However, these values were extremely high compared to the critical value (3.5 mgkg⁻¹) reported by Esu *et al.*, [24]. Grybos *et al.*, [25] reported the importance of manganese and iron-oxy-hydroxides as major parameters controlling trace element mobility in wetland soils.

The available zinc (Zn) contents of the soils were 0.23 mgkg⁻¹ in Agbo, 0.28 mgkg⁻¹ in Omanpe, 0.85 mgkg⁻¹ in Orashi and 0.93 mgkg⁻¹ in Iyiba respectively. Except for Iyiba and Orashi, all the soils had values lower than the zinc critical level (0.5 mg/kg).

With exception of Orashi wetland soils, the mean values of available copper (Cu) across the soils were lower than the critical level (0.2 mg/kg). Orashi wetland contained significantly highest proportion of available copper compared to other wetlands. Copper is adsorbed into the soil, forming an association with organic matter, soil minerals, Fe and Mn oxides, thus making it

one of the least mobile of the trace elements [26]. This may explain why low values of available copper were recorded in the surveyed areas.

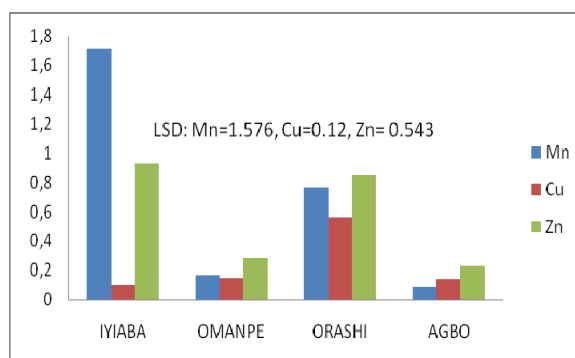


Fig 1. Distribution of manganese, copper and zinc (mg kg^{-1}) in the soils

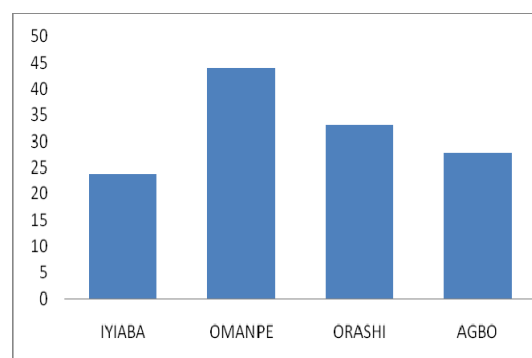


Fig 2. Distribution of Iron (mg kg^{-1}) in the soils

3.4. Relationship between Micronutrients and Selected Soil Properties

Determined relationship between each trace element and selected soil properties are presented in Figs 3-6. Thus pH and organic matter content showed negative but non-significant correlation with copper whereas it had positive but significant correlation with clay and CEC (Fig. 3). According to Voss [27], organic matter content decreases copper availability due to strong bonding of copper to organic matter. On the other hand, parameters of organic matter and clay content, CEC and soils pH had positive correlation with manganese and zinc (Figs 4 and 6). However, all the micronutrients had positive, significant correlation with clay fraction and cation exchange capacity of soil. Similar positive significant relationship has been reported to exist between some metals and clay content [28]. The concentrations of iron in soils had negative but significant correlation with parameters of pH and organic matter content (Fig. 5).

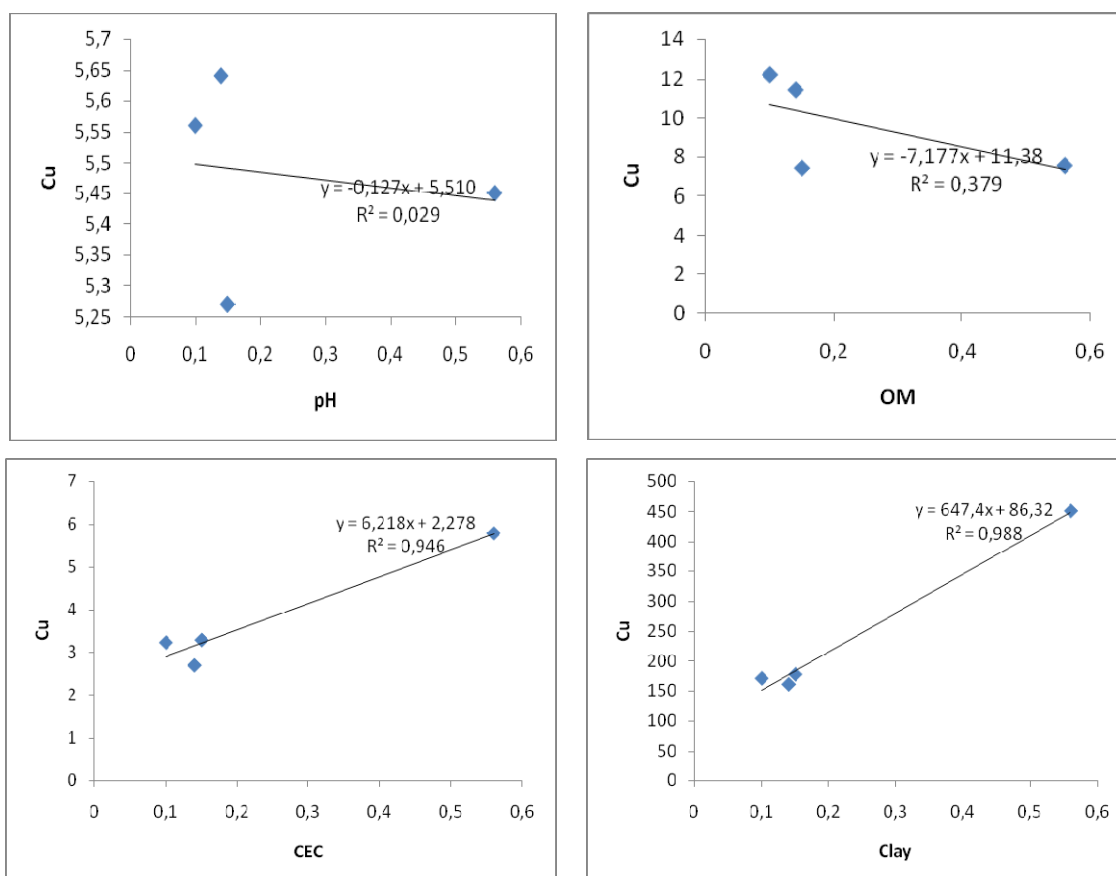


Fig 3. Relationship between copper (Cu) and some soil properties

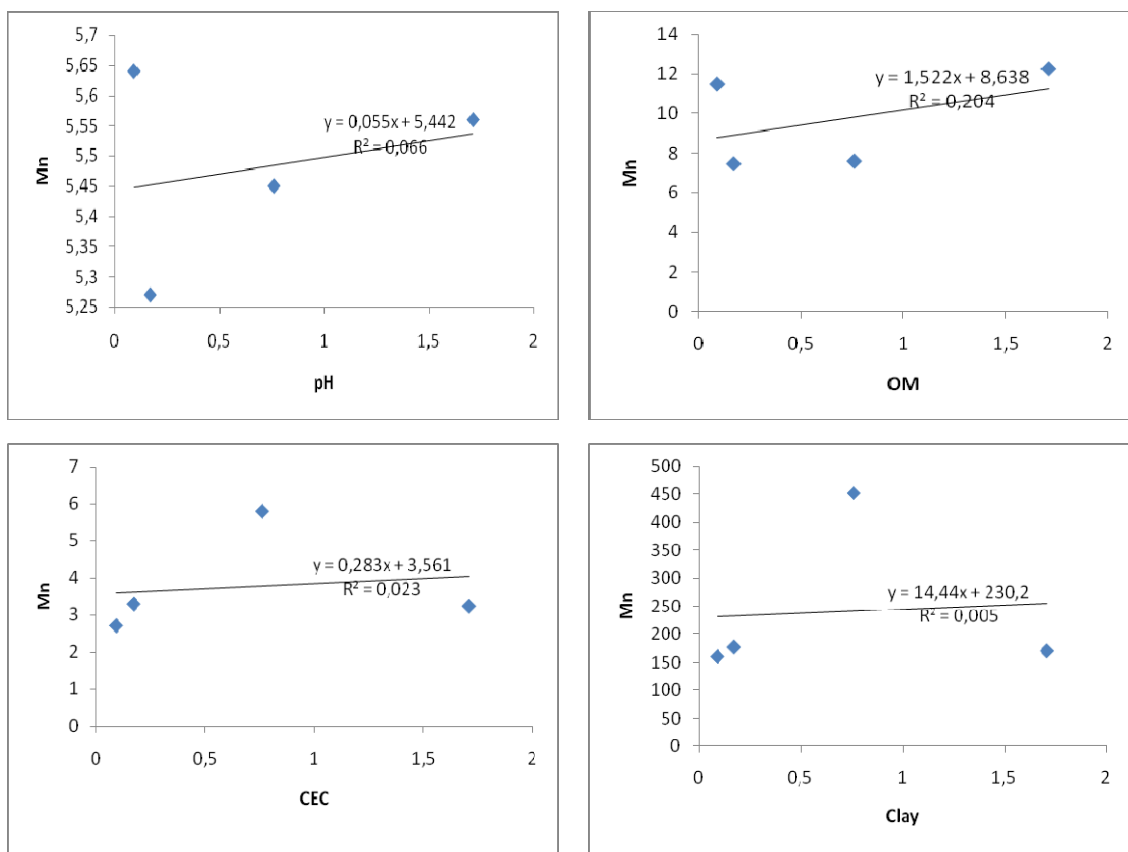


Fig 4. Relationship between Mn and selected soil properties

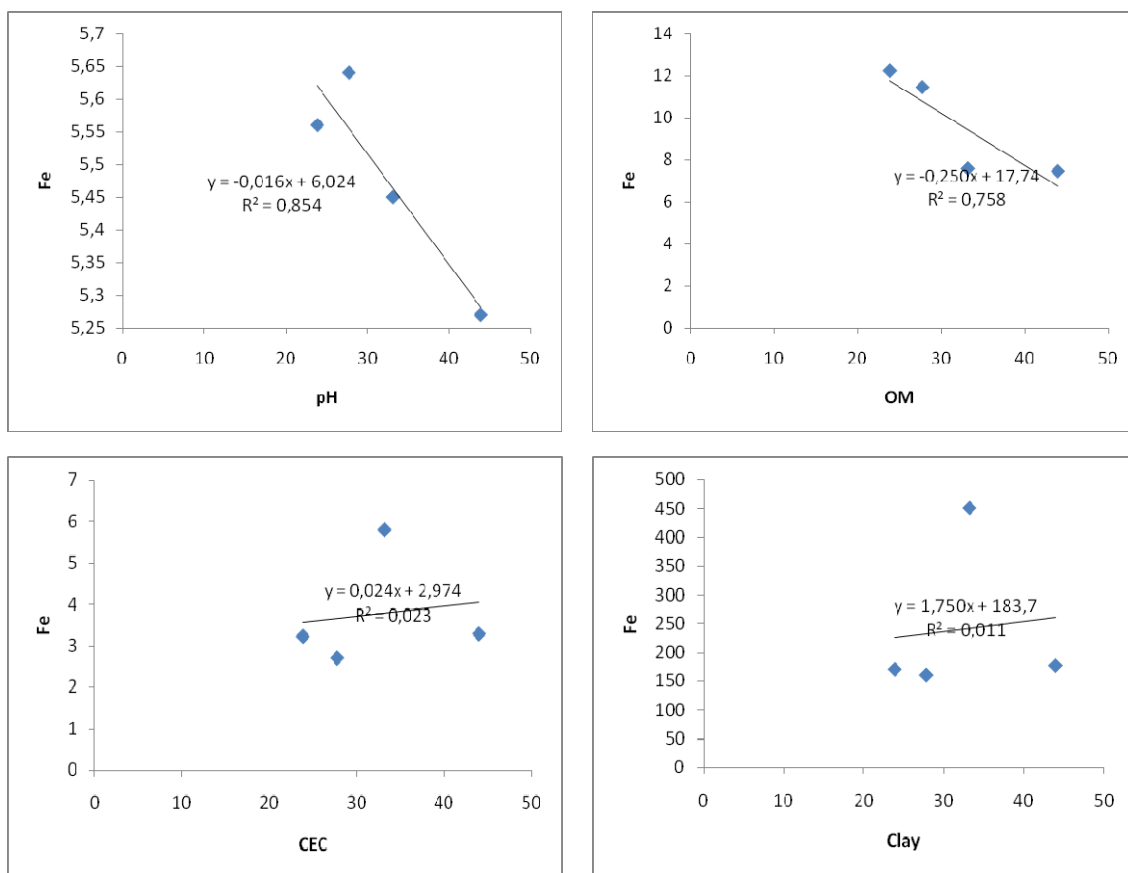


Fig 5. Relationship between Fe and selected soil properties

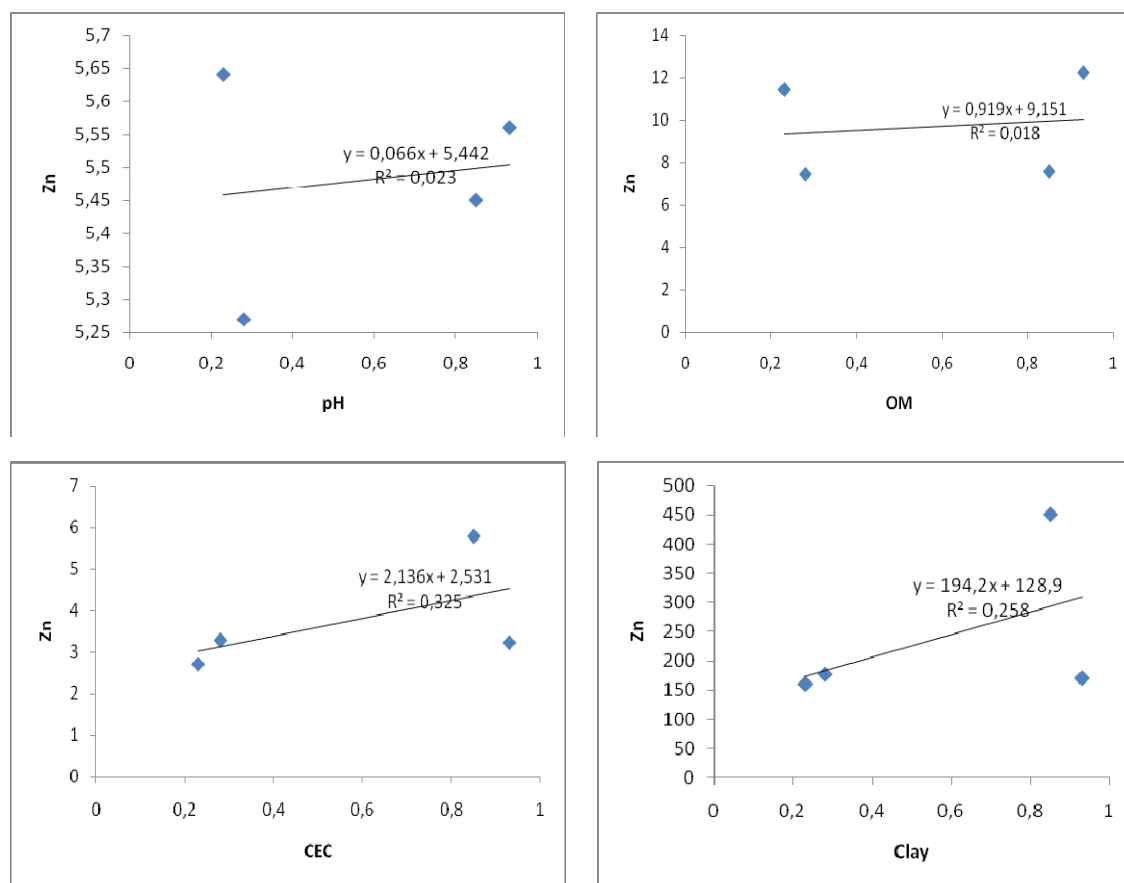


Fig 6. Relationship between Zn and selected soil properties

4. Conclusion

The results of the study revealed that the soils were generally acidic, low in exchangeable cations and CEC with low organic carbon and total nitrogen contents. Generally, micronutrient values with the exception of Fe recorded in the study were below critical levels. However, Fe and Cu contents were significantly higher in Omanpe and Orashi compared to other soils. Generally, micronutrients concentration followed decreasing trend of $Fe > Mn > Zn > Cu$. For optimum soil productivity, micronutrient fertilizer and organic matter application should be adopted.

References

1. Voegelin, A., Barnettler, K., Kretschmar, R. (2003). Heavy metal release from contaminated soils: Comparison of column leaching and batch extraction results. *Journal of Environmental Quality*, 32. Pp. 865-875.
2. Ahukaemere, C.M., Nkwopara, U.N., and Ekpenyong, O.S. (2014). Profile Distribution of Selected Essential Micronutrients in Paddy Soils of Abia State, South-eastern Nigeria. *Nigerian Journal of Soil Science*, (draft).
3. Maskall, J.E. and Thornton, I. (1991). Trace element geochemistry of soils and plants in Kenyan conservation areas and implications for wildlife nutrition. *Env. Geochem. Health*, 13. Pp. 93-107.
4. N'guessan, Y.M., Probst, J.L., Bur, T., Probst, A. (2009). Trace elements in stream bed sediments from agricultural catchments (Gascogne region, S-W France): Where do they come from? *Science of the Total Environment* 407.Pp. 2939-2952.
5. Sheppard, S.C., Grant, C.A., Drury, C.F. (2009). Trace elements in Ontario soils – mobility, concentration profiles, and evidence of non-point source pollution. *Canadian Journal of Soil Science*, 89. Pp. 489-499.
6. Uwah E.I., Ndahi, N.P., & Ogugbuaja, V.O. (2009). Study of the levels of some agricultural pollutants on soils, and water leaf (*Talinum triangulare*) obtained in Maiduguri, Nigeria. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, 4(2). Pp. 71-78.
7. Nigerian Meteorological Agency (NIMET, 2014). Nigeria Climate Review Bulletin 2014.
8. Soil Survey Staff (2010). Keys to soil Taxonomy. 11th edition, United States Dep. of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington D.C. USA.
9. Onyeonwu, R.O. (2000). Manual for Waste/Wastewater, Soil/ Sediment, Plant and Fish analysis. Benin City: MacGill Environmental Research Laboratory Manual.
10. Werner, M.R., (1997). Soil quality characteristics during conversion on organic orchard management. *Appl. Soil Ecol.*, 5, 151-167.

11. Lavers, C.P., Field, R. (2006). A resource-based conceptual model of plant diversity that reassesses causality in the productivity–diversity relationship. *Global Ecology and Biogeography* 15. Pp. 213–224.
12. Rahman, M.M., Ranamukhaarachchi, S.L. (2003). Fertility status and possible environmental consequences of Tista Floodplain soils in Bangladesh. *Thammasa International Journal of Science and Technology*, 8(3). Pp.11-19.
13. Villapando, R.R., Graetz D.A. (2001). Phosphorus sorption and desorption properties of the spodic horizon from selected Florida spodosols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65. Pp. 331-339.
14. Landon J.R. (1991). Booker Tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the Tropics and Subtropics. Paperback edition. Longman Science and Technology, Harlow.
15. Esu, I.E. (1991). Detailed soil survey of NIHORT farm at Bunkure, Kano State, Nigeria. Institute for Agricultural Research, Ahmadu Bello University, Zaria.
16. Sahrawat, K.L. (2004) Organic matter accumulation in submerged soils. *Adv. Agron.*, 81. Pp. 169-201.
17. Rieuwerts, J.S., Thornton, I., Farago, M.E., Ashmore, M.R. (1998). Factors influencing metal bioavailability in soils: Preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals. *Chem. Speciation Bioavailability* 10. Pp.61-75.
18. Olaleye, A.O. (1998). Characterization, Evaluation, Nutrient dynamics and Rice Yields of Selected Wetland soils in Nigeria. PhD Thesis in the Department of Agronomy, University of Ibadan.
19. Wong, M.T.F., Wild, A., Juo, A.S.R. (1991). Retarded leaching of nitrate measured in monolith lysimeters in South-east Nigeria. *J. Soil Sci.* 38. Pp. 511-518.
20. Brix, H. (2008). Soil Exchangeable Bases (ammonium acetate method). Available from URL: www.protocol-soil-exchangeable-bases_CEC_20081127.doc.
21. Fasina, A.S (2005). Properties and classification of some selected Wetland soils in Ado Ekiti, Southwest Nigeria. *Applied Tropical Agriculture*, 10(2). Pp. 76-82.
22. Chukwuma, M.C, Eshett, E.T, Onweremadu, E.U, Okon, M.A. (2010). Zinc availability in relation to selected properties in a crude oil polluted eutric tropofluent. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7. Pp. 261-270.
23. Wu, Q., Hendershot, W.H., Marshall, W.D., Ge, Y. (2000). Speciation of cadmium, copper, lead, and zinc in contaminated soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31. Pp. 1129-1144.
24. Esu, I.E., Akpan-Idiok, A.U., Ayolagha, G.A., Idoko, M. (2009). Soil fertility evaluation in three Southern States (Cross River, Edo and Rivers). Consultancy Project Undertaken by Pedoquasphere International Limited, Calabar for the Federal Ministry of Agriculture and Water Resources, Abuja, Nigeria, Pp. 1-149.
25. Grybos, M., Davranche, M., Gruau, G., Petitjean, P. (2007). Is trace metal release in wetland soils controlled by organic matter mobility or Feoxyhydroxides reduction? *J. Colloid Interface Sci.*, 314. Pp. 490–501.
26. Ioannou, A., Tolner, L., Dimirkou, A., Fuleky, G.Y. (2003). Copper adsorption on bentonite and soil as affected by pH. *Bulletin of the Szent Istvan University*, Godollo, Hungary. Pp. 74-84.
27. Voss, R. (1998). Micronutrients. Department of Agronomy, IOWA State University. Ames, IA 50011.
28. Fergusson, J.E., Kim, N.D. (1991). Trace elements in street and house dusts: Sources and speciation. *The Science of the Total Environment*, 100. Pp. 125-150, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

Received 22.04.2016

НАЛИЧИЕ ЖЕЛЕЗА, ЦИНКА МЕДИ И МАРГАНЦА В ЧЕТЫРЕХ КОНТРАСТНЫХ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВАХ ЭГБЕМА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ НИГЕРИИ

C.M. Ahukaemere^{*1}, B.N. Uzoho¹, I.F. Irokwe¹, B.N. Ndukwu¹, D.N. Osujie²

¹Department of Soil Science and Technology, Federal University of Technology, PMB 1526 Owerri, Nigeria. E-mail: mildredshine@yahoo.com.

²Department of Soil Science and Land Resources Management, Federal University, P.O. Box, 1020, Wukari, Taraba State, Nigeria.

Микроэлементы особенно чувствительны к состоянию окружающей среды, которая влияет на их доступность и поведение в экосистеме. В ходе исследования оценивали наличие четырех микроэлементов (Mn, Fe, Cu и Zn) в отдельных болотных почвах Egbema, штат Имо, Юго-Восточной Нигерии. Шесть сложных образцов почвы (0-30 см глубиной) были отобраны на различных болотных угодиях (Iyiaba, Omapre, Orashi и Agbo). Почвы были, как правило, кислые (pH 5.27-5.64) с низким содержанием органического углерода (4.4-7.11 г/кг) и СЕС (2.71-5.79 смол/кг). Заболоченная почва Omapre содержала значительно ($p < 0,05$) большее количество Fe (43.97 mg/kg) по сравнению с другими исследуемыми почвами. Кроме того, было зафиксировано значительно ($p < 0,05$) большее количество Cu (0,56 mg/kg-1) в заболоченной почве Orashi по сравнению с другими исследуемыми почвами.

Ключевые слова: экосистема, гидроморфные почвы, микроэлементы, Юго-Восточная Нигерия.

ГРУНТОЗНАВСТВО SOIL SCIENCE

УДК 631.445.31.472.54

ЩОДО ПРОФІЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ВМІСТУ ГУМУСУ В БУРОЗЕМАХ КИСЛИХ ПОМІРНО ХОЛОДНОГО ПОЯСУ КАРПАТ

С.В. Канівець

ІНЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна
E-mail: S.V.kanivets@gmail.com

Розглянуто властивості буроземів кислих помірно холодного поясу Українських Карпат (темно-бурих лісових ґрунтів), зокрема, особливості профільної диференціації гумусу у гумусовому горизонті (Hd + H). Показано, що для порівняння гумусованості ґрунтів різних кліматичних зон слід спиратися на уніфіковану глибину відбирання проб для аналізів щодо цього горизонту. Підтверджено, що у високих зонах (вище 700-800 м н.р.м.) уміст гумусу у ґрунтах значно зростає (на 2-4 % і більше). Але морфологічно це суттєво не проявляється і тому не може слугувати діагностичною ознакою для поділу ґрунтів у польових умовах на темно-бурі помірно холодного поясу і світло-бурі нижніх теплих зон з меншим умістом гумусу (2-3 %). Доведено також, що формування припідстилкового темно-сірого пронизаного дрібним корінням дерново-гумусового горизонту Hd, який містить високу кількість гумусу, азоту й обмінного Ca^{2+} , обумовлено лісовою рослинністю, а не трав'яною, яка тут дуже зріджена або цілком відсутня. Тобто, дерновий процес у буроземній зоні протікає також і під лісовою рослинністю. У певних умовах під лісом формуються навіть дерново-буроземні ґрунти з потужністю горизонту Hd 15-20 см і більше.

Ключові слова: буроземи кислі помірно холодного поясу, темно-бурі лісові ґрунти, гумусовий горизонт, дерново-гумусовий горизонт, гірсько-висотні термічні пояси.

1. Вступ

Відомо, що у Карпатській буроземно-лісовій області бурі лісові ґрунти формуються і під широколистяними та хвойними лісами, і під гірськими луками, і під сільськогосподарськими культурами в усіх термічних поясах від дуже теплого, з сумою температур понад 10°C $3000-3300^\circ$ до альпійського – менше 600° . Виразна морфологічна особливість їх – монотонний бурий профіль, крім припідстилкового дерново-гумусового горизонту **Hd** потужністю 3-8 см (переважно біля 5 см), який має темно-сіре забарвлення. Місцями шар із темно-сірим забарвленням сягає 15-30 см, і такі ґрунти Г.О. Андрущенко [1] назвав дерново-буроземними.

Але на фоні монотонного бурого забарвлення профілю класичних буроземів проблемним залишається визначення меж власне гумусового горизонту – **H (A₁)**. У літературі натрапляємо на дані його глибини (нижньої межі) від 16 до 45 см.

Усі дослідники ґрунтів Карпат відмічали, що у високих поясах уміст гумусу в горизонті **H** є значно вищим. Цю особливість Є.М. Руднева [2] ввела у класифікаційний поділ ґрунтів на темно-бурі з умістом гумусу 4-7 % і світло-бурі – 2,0-3,5 %. За лінію розмежування запропонувала висоти 700-800 м н.р.м.

Але, на жаль, у натурі розмежувати ці ґрунти за забарвленням практично неможливо – занадто слабо і поступово настають зміни. Мабуть тому ніхто з дослідників буроземів в Україні такий їх поділ не сприйняв.

Майже одночасно з Є.М. Рудневою гірсько-лісові ґрунти вивчав відомий лісознавець П.С. Пастернак [3]. Він приурочував дослідження ґрунтів до пробних ділянок з різними типами лісу. Автор відобразив деякі параметричні зміни хімічних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів, але опис і характеристику ґрунтів не супроводжував їх генетичною назвою.

Вивчаючи сутність процесу буроземоутворення, В.І. Канівець обстежив буроземи Карпат в аспекті детальної кліматичної поясності – за тепловими ресурсами і зволоженістю. У результаті розробив їх типологію, поділивши ґрунти на підтипи згідно з сумами активних температур, як одного з головних кліматичних показників, що дозволяють вирощувати ті чи інші польові, овочеві і плодові сільськогосподарські культури. Ідентифікувавши зональні ґрунти за детальною хімічною та фізико-хімічною

характеристикою автор надав систематиці гірських ґрунтів Карпат фаціальну (кліматичну) складову [4-6], що забезпечувало агрономічну складову класифікації і піднімало сільськогосподарське бонітування буроземів, районування і типологію земель на необхідний рівень. Адже серед панівних лісів, які менше реагують на теплові ресурси, ніж сільськогосподарські культури, у горах немало земель сільськогосподарського і присадибного призначення, де мешканці вирощують плодові, овочеві і зернові культури та картоплю. Зрозуміло, що культивування тих чи інших сільськогосподарських рослин обмежене певними тепловими ресурсами.

Останнім часом буроземи пралісів у високих поясах вивчав П.С. Войтків [7], залишивши за ними первинну назву – бурі лісові ґрунти.

Щодо високого помірно-холодного поясу з сумою температур понад 10 °С 1000-1600° і висотою від 800 до 1200-1500 м н.р.м., дослідженням ґрунтів якого присвячена наша робота, маємо відмітити, що, на жаль, уміст гумусу у визначальному генетичному гумусовому горизонті в літературі наводиться за різними глибинами відбирання проб для аналізу, що не дає можливості чітко позначити потужність цього горизонту і дійсний вміст гумусу, порівняно з умістом гумусу в аналогічному горизонті більш відомих ґрунтів теплих поясів.

За усним повідомленням В.І. Канівця, який обстежував ґрунти Карпат понад 30 років, гумусовий горизонт може бути діагностованим за глибиною розповсюдження основної маси дрібного коріння (20-25 см).

Зважаючи на дані щодо наростання кількості гумусу у ґрунтах поясу вище 700-800 м, пропозицію Є.М. Рудневої називати такі ґрунти темно-бурими та неузгодженість у питанні щодо вибору глибини відбирання проб для аналізу з гумусового горизонту, метою нашої роботи став новий огляд опублікованих матеріалів і власні дослідження гумусованості та інших властивостей ґрунтів помірно-холодного поясу.

2. Об'єкти і методи досліджень

Досліджували мертво-покривні ґрунти у головних регіонах Карпат помірно холодного поясу під зрілим лісом головних типів насаджень. Ділянки з перетинами (розрізами) ґрунтів описані у таблиці. У дослідженнях також спиралися на матеріали Г.О. Андрущенко [1], Є.М. Рудневої [2], П.С. Пастернака [3], В.І. Канівця [4-6], П.С. Войтківа [7]. Проби ґрунту відбирали за генетичними горизонтами. Аналізи провели за стандартизованими методами: гранулометричний склад – за методом піпетки в модифікації Качинського (ДСТУ 4730:2007); вміст гумусу – за методом Тюріна (ДСТУ 4289:2004); гідролітичну кислотність – за методом Каппена в модифікації ЦІНАО ГОСТ 26212-91 – Почвы; рН – у водній суспензії іонометричним методом; обмінні катіони – методами ЦІНАО ГОСТ 26483-85; рухомий Al^{3+} – за М.К.Крупським зі співавторами.

Літературні дані, на які ми посилаємося в розгляді результатів досліджень здобуті за такими методами: вміст рухомих фосфатів – за методом Гінзбурга (у 1 % лимоннокислій витяжці); гідроксидів заліза – за прописом Тама; несиликатних (вільних) форм заліза – за Коффіном (Coffin D.F.) [8].

3. Аналіз результатів досліджень

У таблиці представлено лабораторно-аналітичні дані щодо деяких розрізів, закладених у головних регіонах південно-східної частини Карпат. Вони свідчать, перш за все, про те, що всі бурі лісові ґрунти належать до підтипу кислих, сильно ненасичених, що відомо ще з часів перших досліджень у Карпатах. Ґрунти містять дуже велику кількість обмінного алюмінію. До речі, з літератури відомі спроби довести, що утворення такої високої кислотності у ґрунтах обумовлено надзвичайно активним продукуванням корінням могутніх карпатських дерев катіону гідрогену. Але все пояснюється давно відомим у ґрунтознавстві явищем – в умовах дуже сильної вилугованості, про що свідчить надзвичайно низький вміст у ґрунтах обмінно увібраних Ca^{2+} і Mg^{2+} , не відбувається достатньою мірою нейтралізація гумусових кислот, що утворюються у процесі розкладу лісового опаду і є носіями кислотного катіону H^+ , а також, безумовно, і частково продукованого корінням у процесі живлення рослин (відомого у фізіології обмінного зольного живлення рослин). Кислотність посилюється також через інтенсивне промивання ґрунту водою атмосферних опадів (рН 5,5).

Таблиця

Головні показники властивостей буроземів

Гене- тичний гори- зонт	Аналізо- ваний шар, см	Сума грануло- метрич- них фракцій <0,01 мм	Вміст гумусу, %	рН (вод.)	Обмінні		Гидро- літич- на кислот- ність	Насиче- ність осно- вами, %	Обмін- ний Al ³⁺ , мг/100 г ґрунту
					Ca ²⁺	Mg ²⁺			
					мекв/100 г ґрунту				
Р. 37. Бурозем кислий помірно холодного поясу легкосуглинковий на елювії аргеліта, (темно-бурий лісовий ґрунт), хр. Свідовець, біля гаті на потоку Станіславчик, підніжжя г. Стіг, (басейн р. Чорна тиса), смереково-буковий ліс, 970 м н.р.м., пологий схил (В.І. Канівець)									
Hd	0-4	44,4	15,0	4,1	7,1	0,6	12,4	38,3	35,0
H	10-20	58,0	4,2	4,7	3,5	0,6	9,8	29,5	76,3
PH	45-55	59,7	1,6	5,2	4,0	-	5,9	40,4	52,5
Ph	70-80	57,3	1,0	5,2	6,0	2,0	6,0	57,1	53,8
P	140-150	-	-	5,2	8,0	6,0	3,6	79,5	24,4
Р. 4. Бурозем кислий помірно холодного поясу важкосуглинковий на елювії кварцево-слюдистого сланцю, (темно-бурий лісовий ґрунт), Рахівщина, схил гори Терентин 15°, мертвопокровний буковий ліс (бучина), 1070 м н.р.м. (П.С. Пастернак)									
Hd	0-7	46,1	10,2	4,3	7,1	0,6	12,4	38,3	56,8
H	10-15	51,2	5,7	4,7	3,5	0,6	9,8	29,5	70,0
PH	25-35	50,2	1,8	5,0	4,0	-	5,9	40,4	57,8
Ph	40-50	44,0	1,0	4,8	6,0	2,0	6,0	57,1	61,2
P(h)	80-90	35,7	0,5	4,8	8,0	6,0	3,6	79,5	58,3
Р. 5. Бурозем кислий помірно холодного поясу середньосуглинковий на пісько-сланцевому елювії, (темно-бурий лісовий ґрунт), Зовнішні Горгани, в р-ні с. Бистриця, витoki р. Бистриці Надвірнянської, схил 18°, приполюнська сурамень, 1265 м н.р.м. (П.С. Пастернак)									
Hd	0-7	35,3	13,1	4,3	8,0	3,0	26,1	29,6	62,3
H	8-18	38,0	8,2	4,1	5,1	2,1	18,7	27,7	79,1
PH	25-35	42,6	3,5	4,4	4,3	1,3	11,2	33,3	62,2
Ph	45-55	44,9	2,1	4,5	3,0	1,5	8,5	34,6	53,7
P(h)	80-90	45,1	0,7	4,6	3,1	2,0	3,8	57,3	59,0
Р. 7. Дерново-буроземний кислий важкосуглинковий помірно холодного поясу на двочленній морені, вирівняна ділянка, синклінальна улоговина р. Прут у Чорногорах, район стаціонару ЛДУ, рамень (смерековий ліс) близько 1000 м н.р.м.									
Hd	0-17	48,1	15,6	4,0	13,2	3,6	45,9	26,8	H
H	20-30	47,7	7,2	4,4	2,8	3,0	33,5	14,7	H
PH	35-45	48,6	2,9	4,8	2,8	1,2	15,5	20,5	H
PH	46-55	41,5	2,6	4,8	2,2	2,0	14,0	18,8	H
Ph	70-80	37,7	0,9	5,2	2,8	2,4	9,3	35,9	H
Р. 8. Бурозем кислий помірно холодного поясу на елюво-делювії флішу, (темно-бурий лісовий ґрунт), схил 25°, стаціонар ЛДУ, смерековий ліс, близько 1000 м н.р.м.									
Hd	0-8	H	13,3	4,1	14,4	4,2	49,2	27,4	H
H	10-20	H	6,6	4,5	4,0	3,6	16,4	31,7	H
PH	20-30	H	3,5	4,6	2,4	1,6	14,4	21,7	H
PH	30-40	H	2,1	4,7	2,8	2,4	11,7	30,8	H
Ph	50-60	H	1,4	4,8	2,0	2,0	11,1	26,5	H
Ph	70-80	H	1,2	4,8	2,0	2,0	11,0	26,7	H
Р. 9. Бурозем кислий помірно холодного поясу супісковий на давньоалювіальних відкладах, (темно-бурий лісовий ґрунт), берег р. Прут, 970 м н.р.м., стаціонар ЛДУ									
Hd	0-3	14,0	8,5	4,7	3,2	3,6	20,4	25,0	H
H	10-20	16,4	3,3	5,1	2,4	2,4	7,7	38,4	H
PH	20-30	15,2	2,5	5,2	2,4	2,8	6,8	43,3	H
PH	40-50	14,2	1,0	5,6	2,0	1,8	3,7	50,7	H
Ph	80-90	9,6	0,5	5,9	2,8	0,4	2,3	58,2	H
Примітка. H – не визначали									

Примітка. H – не визначали

Однак, висока кислотність і сильна ненасиченість ґрунтів основами не перешкоджають інтенсивному зростанню лісу високого бонітету (клас 1-1а) в усіх обстежених регіонах. На лучних ділянках достатньо розвинутим є трав'яний покрив. Цікаво, що незважаючи на сильно кислу реакцію ґрунту, у складі травостою трапляються (часом у значній кількості) і бобові трави, бульбочкові бактерії яких вважаються вибагливими до реакції ґрунтового середовища – Конюшина панонська, Конюшина біла (повзуча), різновид Конюшини червоної, Конюшина гірська, Конюшина лучна, Заяча конюшина карпатська, Горошок лісовий, Дрік голонасінний, Люцерна хмелеподібна тощо [9].

Як типові буроземи ґрунти містять високу кількість гідроксидів заліза (до 760 мг/100 г ґрунту), що відомо із цитованих нами публікацій [2, 4], а також велику кількість у цілому вільних, несиликатних форм оксидів заліза (до 3 %) [4]. До речі, у біологічно дуже активному горизонті **Hd** їх кількість удвічі менша, що пояснюється відновленням заліза у процесі активної мікробіологічної діяльності і виносом його рухомої форми в інші горизонти профілю ґрунту [4].

Бурі гірсько-лісові ґрунти добре забезпечені калієм, але містять невелику кількість азоту (0,4-0,5 % в Н горизонті) і фосфору [1, 4].

Особливу роль у живленні азотом і фосфором відіграє припідстилковий темнозабарвлений дерново-гумусовий горизонт **Hd**. Його потужність становить лише 3-8 см, але в умовах доброї і стабільної зволоженості високогір'я коренева система живлення зосереджена головним чином у цьому горизонті. Зауважимо, що розвиток дернового процесу в ньому обумовлений лісовою рослинністю, адже трав'яний покрив – рідкий, дуже рідкий або цілком відсутній («мертвопокровні ліси і ґрунти»). Отже, ліс живиться завдяки активному малому біологічному кругообігу зольних елементів. Загальний вміст гумусу і азоту у горизонті **Hd** у 2-3 рази вищий ніж у гумусовому горизонті [3], а вміст обмінного Ca^{2+} – у 1,5-3 рази більший. Потужність горизонту **Hd** великою мірою забезпечує родючість буроземів і продуктивність лісу. Хоча зрідка, за нез'ясованих обставин, він буває і зовсім неглибоким (3 см).

Тому вважаємо, що стабільною характеристикою гумусового стану буроземів кислих слід вважати вміст гумусу в основній товщі гумусового горизонту, який, зазвичай, у природних буроземах має потужність до 20-25 см. Морфологічно за забарвленням, його важко відділити від перехідних горизонтів. На практиці виділяємо його за великою насиченістю коренями, більшою пухкістю і краще сформованою структурою порівняно з іншими частинами ґрунтового профілю, який сягає близько 80 см.

На нашу думку, протиріччя, які трапляються у літературних посиланнях на вміст гумусу в буроземах, обумовлені використанням даних із різних за вмістом гумусу і глибиною шарів гумусового горизонту цих ґрунтів (трапляється, що недоречно об'єднують гумусовий горизонт **H** з дерново-гумусовим **Hd**). Вважаємо, що необхідно спиратися на вміст гумусу в уніфікованій товщі гумусового горизонту (**H**) – від 10 до 20 см від поверхні ґрунту. Цей шар має буре, характерне буроземам забарвлення і характерні параметри показників властивостей саме буроземів. Лише за такого (стандартизованого) підходу можемо об'єктивно порівнювати гумусованість буроземів у різних кліматичних зонах.

Здобуті нами дані, а також матеріали досліджень Є.М. Рудневої, П.С. Пастернака, П.С. Войтківа свідчать, що у помірно холодному поясі бурі лісові ґрунти містять у гумусовому горизонті 4,2-6,7 % гумусу, супіщані різновиди – близько 3,0-3,5 %. Для більш точних результатів необхідні масові дані, напрацьовані за єдиною вище запропонованою методикою. До речі, у ґрунтах від дуже теплої до прохолодної зон (світло-бурих за Є.М. Рудневою) міститься в гумусовому горизонті за літературними даними [5] відповідно від 2,0-2,5 до 2,0-3,0 % гумусу.

Зауважимо також, що темнозабарвлений дерново-гумусовий горизонт **Hd** у буроземах кислих часом досягає потужності 20-30 см. Такі ґрунти, як згадувалось, називаємо дерново-буроземними. Один з них (розріз 7) подаємо в таблиці. Вони містять особливо велику кількість гумусу, а також велику кількість калію (160 мг/100 г ґрунту) і помітну – фосфору [1, 4]. Найбільший масив дерново-буроземних ґрунтів залягає біля с. Нижні Ворота. Такі ґрунти не можемо включати у вибірку, визначаючи межі відхилення вмісту гумусу у типових буроземах, адже вміст гумусу у них значно вищий. Зауважимо, що високий вміст гумусу в розрізі 5 не є протиріччям, адже проаналізовано шар бурозему, прилеглий безпосередньо до горизонту **Hd**.

4. Висновки

У бурих лісових ґрунтах вміст гумусу помітно зменшується донизу навіть у межах гумусового горизонту, тому порівнюючи вміст гумусу у ґрунтах різних висотних зон маємо спиратися на дані аналізу зразків, відібраних з уніфікованої глибини, на нашу, думку – з шару 10-20 см. Безумовно, одночасно слід наводити дані і по припідстилковому дерново-гумусному горизонту (**Hd**) як горизонту вмісту основної кількості поживних речовин.

Наявність у горизонті **Hd** інтенсивного дернового процесу обумовлено лісовою, а не трав'яною рослинністю.

У гумусовому горизонті бурих лісових ґрунтів помірно холодного поясу під лісовим покривом міститься переважно 4,2-6,7 % гумусу, у горизонті **Hd** – 8-15 %. Уміст гумусу досить різко зменшується вже на глибині близько 30 см. Та для об'єктивної оцінки потужності гумусового горизонту (його нижньої межі) потрібні додаткові дослідження.

Поіменування бурих лісових ґрунтів помірно холодного поясу як *темно-бурі* не має сенсу, адже за морфологічними ознаками в польових дослідженнях вони не ідентифікуються.

Список використаної літератури

1. Андрущенко Г.О. Номенклатурний список ґрунтів Карпатських гір і прилеглих територій / Г.О. Андрущенко // Методика крупномасштабного дослідження ґрунтів колгоспів і радгоспів Української РСР. – Харків: Держгільгоспвидав УРСР, 1958. – С. 188-225.
2. Руднева Е.Н. Почвенный покров Закарпатской области / Е.Н. Руднева. – М.: Изд. АН СССР, 1960. С. 86-115.
3. Пастернак П.С. Лісові ґрунти Українських Карпат / П.С. Пастернак. – Ужгород: Карпати, 1967. С. 43-118.
4. Канивец В.И. Буроземообразование и глеевые процессы в лесных почвах Украинских Карпат: автореф. дис. на присвоение науч. степени д. с.-х. н.: 06.01.03 – «Почвоведение» – Х., 1987. – 38 с.
5. Канивец В.И. Почвы Карпатской буроземо-лесной области / В.И. Канивец, Г.А. Андрущенко // Полевые определители почв / под. ред. Н.И. Полупана и др.; – К.: Урожай, 1981. – С. 257-293.
6. Канивец В.И. Буроземи (бурі лісові ґрунти) в Україні і проблеми класифікації / В.И. Канивец // Вісник Харк. нац. аграр. ун-ту ім. Докучаєва, сер. Ґрунтознавство та ін. – 2008. – № 1. – С. 23-31.
7. Войтків П.С. Буроземи пралісів Українських Карпат. Монографія/П.С. Войтків, С.П. Позняк. – Львів: Видав. Центр ЛНУ ім. І. Франка, 2009. – 244 с.
8. Coffin D.F. A method for the determination of free iron in soils and clays// Canad. J. Soil Sc. – 1963. – Vol. 43. № 1. – Рр. 7-17.
9. Малиновський К.А. Рослинні угруповання високогір'я Українських Карпат/ К.А. Малиновський, В.В. Крічфалушій// – Ужгород. 2002. – 244 с.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2016

ABOUT PROFILE DISTRIBUTION OF HUMUS CONTENT IN BUROZEMS ACID OF MODERATELY COLD BELT OF CARPATHIANS

S.V. Kanivets

National Scientific Centre "Institute for Soil Science and Agriculture Researches named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
E-mail: S.V.kanivets@gmail.com

It was considered properties of brown soils acid of moderately cold zone of the Ukrainian Carpathians (dark brown forest soil), in particular, features a profile differentiation of humus in the humus horizon (Hd + H). It is shown that for compare humus of soil of different climatic zones it should be based on uniform sampling depth testing on this horizon.

Confirmed that in high areas (above 700-800 m) humus content in the soil increases significantly (by 2-4 % and more). But morphologically it is not significantly evident and therefore cannot serve as a diagnostic sign for division of soil in the field on a dark brown in cold temperate zone and the light-brown ones in lower warm areas with lower content of humus (2-3 %).

It is also proved that the formation under litter of dark gray fine roots penetrated sod-humus horizon Hd, which contains high amounts of humus, nitrogen and exchangeable Ca^{2+} due to forest vegetation, not grass, which is a liquefied or completely absent. That is, sod process in the brown area takes place also in the forest vegetation. In certain circumstances even formed under forest sod soils brown soil with power Hd horizon of 15-20 cm and more.

Key words: brown soils acid of moderately cold zone, dark-brown forest soils, humus horizon, sod-humus horizon, mountain and high-altitude thermal zones.

УДК 631.4

НАПРЯМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

В.Р. Черлінка, В.С. Захаровський

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна

Email: v.cherlinka@chnu.edu.ua

Розглянуто результати обрахунків агрохімічного та еколого-агрохімічного балів за стандартною методикою та рядом альтернативних показників (ЗПЯГ та УПРГ). Розроблено та протестовано *Калькулятор якості ґрунтів України / Calculator Quality of Soils of Ukraine* у вигляді електронної таблиці (MS Excel), який дозволяє отримувати швидку та якісну характеристику довільної кількості земельних ділянок різними способами. Проаналізовано шляхи його використання та розвитку, зокрема, адаптацію до використання в ГІС, що потенційно розширить можливості для сучасного прецизійного землеробства та моніторингу. Оптимальним шляхом досягнення цієї мети визнано інтегрування Калькулятора до вільної ГІС GRASS.

Ключові слова: *Калькулятор якості ґрунтів України, агрохімічний та еколого-агрохімічний бал, зведений показник якості ґрунтів (ЗПЯГ), узагальнений показник родючості ґрунтів (УПРГ).*

1. Вступ

Сучасне природокористування, особливо, пов'язане з агроландшафтами, повинне опиратися на повну і всеохоплюючу інформацію про ґрунти. В Україні проведено велику роботу щодо накопичення та опрацювання такої інформації, результатом якої стало створення бази даних «Властивості ґрунтів України» [1–3]. Це якісний крок вперед і він надає передумови для функціонування в майбутньому повноцінної Національної бази геопросторових даних з інтегрованою інформацією про ґрунтовий покрив. Про майбутній час доводиться говорити, оскільки даний процес просувається дуже повільно. Так, Концепція проекту Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» ухвалена ще 2007 року [4], його попередній проект розроблено 2009 року [5], а самого закону досі не прийнято. Незважаючи на це, необхідно продовжувати роботи в даному напрямі, особливо в плані гармонізації інформації про ґрунти з міжнародними проектами SOTER [6] та SOVEUR [7], що завдяки зусиллям вітчизняних вчених значною мірою реалізовано [3]. Така база даних із плином часу може акумулювати в собі всю інформацію про ґрунтовий покрив України, зокрема й дані з агрохімічної паспортизації земель, регулярність проведення якої визначена законодавчо, що дозволяє встановити часову динаміку деградації/реградації земель чи ґрунтів [8].

У світлі цього, оптимізація процесу розрахунків показників якості ґрунтів, зокрема, агрохімічного та еколого-агрохімічного балів чи їх альтернатив для земельних ділянок, полів та окремих ґрунтових відмін є логічним, потрібним та актуальним завданням.

2. Огляд публікацій

Спроби оцінити ґрунти за їх властивостями та родючістю притаманні першим землеробським культурам ще за первіснообщинного ладу. З плином часу методи оцінки вдосконалювалися і вже в ранніх цивілізаціях Старого та Нового світу були сформульовані перші критерії, згідно з якими чітко диференціювалися землі "поганої" та "доброї" якості, що лягло в основу примітивних кадастрів.

Розвиток науки призвів до більш глибокого розуміння залежностей між кількістю та якістю врожаїв сільськогосподарських культур і комплексом ґрунтово-кліматичних і організаційно-господарських заходів. Відповідно, відбувся якісний стрибок у методах оцінки ґрунтів, які загалом підпадають під термін "бонітування". Дане питання мало і має велике суспільне значення, отож до його розробки доклали зусиль кілька поколінь вчених, зокрема, В.В. Докучаєв, М.М. Сибірцев, Ф.Я. Гаврилюк, В.П. Кузьмичов, О.І. Серий, Л.Я. Новаковський, В.В. Медведєв та інші. Результатом цих зусиль є минулі та поточні методики бонітування, які в той чи інший спосіб оцінюють продуктивні та якісні характеристики ґрунтів [9]. При цьому, як правило, ставиться 2 основні мети: 1) ранжувати ґрунти за родючістю (продуктивністю); 2) визначити їх придатність до вирощування тих чи

інших культур. Якраз у цих питаннях і спостерігається дуже великий розкид підходів. Це стосується як набору параметрів, які беруть участь в оцінці, так і методів їх обрахунку та приведення до єдиної шкали.

У більшості стандартизованих методик використовуються математичні операції, базовані на арифметичних середніх та лінійному перерахунку значення показників відносно еталонів. Остеронь стоять методи, де використовується усереднення факторних параметрів за допомогою середнього геометричного [10, 11] чи середнього гармонійного [12–16], особливістю яких є біль точне врахування в інтегрованій оцінці включених до обрахунків показників з низькими числовими значеннями. Слід вказати також на дискусійність включення до інтегрованої оцінки тих чи інших груп факторів. Так, існуючі напрацювання, зокрема [17, 18] акцентують увагу на фізичних та агрофізичних параметрах ґрунтів та методах їх оцінки [19]. Це, безумовно, правильно, оскільки агрофізична деградація ґрунтів в Україні досягла величезних масштабів [20]. Тому якісна оцінка агрофізичних показників якості ґрунтів має особливо важливе значення [19, 21]. Водночас ситуація з органічною речовиною ґрунтів, вмістом макро- і мікроелементів, рН ґрунтів перебуває в ненабагато ліпшому стані. Тому, оптимальним шляхом в оцінці ґрунту, як особливого природного тіла і як виробничої одиниці, є врахування якомога більшої кількості факторів. Звідси випливає висновок, що наповненість національної бази ґрунтів інформацією — одне з найбільш пріоритетних завдань, яке стоїть перед ґрунтознавцями України. Одним із шляхів її наповнення (на жаль, з не повним набором характеристик) є використання результатів коригування великомасштабних ґрунтових карт. З них можна почерпнути інформацію про повнопрофільні розрізи чи прикопки, їх географічне розташування тощо. За відсутності достатнього фінансування на даному етапі це може бути частковим виходом із ситуації.

3. Об'єкти і методи досліджень

Абстрагуючись від глобальних проблем, відповідно до поставленого завдання ми обрали об'єктами дослідження, зокрема, методики з розрахунку показників якості ґрунтів, а саме, стандартизовану методику обчислення агрохімічного та еколого-агрохімічного балів [8] і її альтернативи подібної спрямованості — методику обчислення зведеного показника якості ґрунтів (ЗПЯГ) [10] та узагальненого показника родючості ґрунтів — УПРГ [12, 22, 23].

Предмет дослідження — розгляд можливостей автоматизації обчислення згаданих показників та практичні аспекти реалізації цього положення у вигляді самостійних чи інтегрованих програмних засобів. Відповідно, кінцевою метою, на досягнення якої спрямовано дослідження, є побудова континуальної картографічної продукції з інформацією про якість ґрунтів/земель. Такі картографічні матеріали практично можуть бути реалізовані у проектах або з підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, або навпаки, зі зниження антропогенного тиску на ґрунтовий покрив. Для вирішення поставлених завдань використовували аналітичні підходи та емпіричні методи щодо реалізації ряду практичних моментів, зокрема, розрахункового характеру.

4. Аналіз результатів досліджень

Обчислення агрохімічного та еколого-агрохімічного балів поля (земельної ділянки, ґрунтової відміни), це стандартизований процес, детально описаний у Методичі агрохімічної паспортизації [8]. При цьому розрахунок великих вибірок з даними часто може призводити до помилок, оскільки інформація щодо конкретних коефіцієнтів тощо, розташована в цілому ряді довідкових таблиць, що входять у склад методики.

Для мінімізації суб'єктивних помилок ми розробили програму-калькулятор для автоматичного обчислення цих двох балів для довільного числа ділянок. При цьому вся довідкова інформація у кожному окремому випадку, відповідно до умов місця розташування земельної ділянки, наявності чи відсутності засолення тощо автоматично відбирається з бази даних і обчислюється результат. У разі, якщо дані з окремих параметрів відсутні, кількість складників у відповідних формулах пропорційно зменшується. Це все дозволяє у стислі строки отримувати коректну комплексну інформацію про бальну оцінку земельних ділянок. Програмна реалізація даного калькулятора (робоча назва — Калькулятор якості ґрунтів України / *Calculator Quality of Soils of Ukraine*) здійснена у вигляді листа електронної таблиці MS Excel з ППП MS Office.

Наразі провадяться роботи щодо подальшого розвитку його користувальницьких можливостей, зокрема реалізації у вигляді окремого програмного засобу.

У цьому калькуляторі також реалізовано підтримку розрахунку альтернативних показників бальної оцінки ґрунтів: зведеного показника якості ґрунтів (ЗПЯГ) [10] та узагальненого показника родючості ґрунтів — УПРГ [12, 22, 23] (перелік поповнюється). Таким чином можна виконувати розрахунок та пряме порівняння різних методик оцінки якості ґрунту чи окремих її складових. Це є можливим внаслідок схожості окремих стадій розрахунків, зокрема, всі вище перелічені методики використовують нормування параметру, тобто, переведення його зі специфічних одиниць виміру в безрозмірні величини (як правило, в шкалу з розмахом даних від 0 до 100). Внаслідок відсутності у стандартизованій методиці [8] таких факторних показників як рівноважна щільність, глибина гумусованого шару та вміст фізичної глини, які стандартно використовувались у розрахунку УПРГ [22], кількість ознак для обчислення альтернативних оцінок якості ґрунтів була зменшена до 5 показників (табл., виділено жирним). Також, на відміну від стандартної методики, в якій кислотність ґрунту враховується через поправковий коефіцієнт, в даних методиках водневий показник pH_{KCl} виступає повноцінним фактором з відповідною оцінкою.

Таблиця

Диференціація значень інтегрованих показників якості ґрунтів залежно від методики розрахунку

Показник	Еталон				Ділянка 1				Ділянка 2				5
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Площа, га					25				20				
Максимально можливі запаси зологи, мм	200	100,0			197	98,5			197	98,5			
pH_{KCl}		100,0	100,0	100,0	6,0	0,96	81,0	74,0	5,90	0,96	74,0	69,0	
Сума основ, мекв/100 г ґрунту	30	100,0			25,6	85,3			29,5	98,3			
Гумус, %	6,2	100,0	100,0	100,0	3,4	54,8	55,0	77,0	3,5	56,5	59,0	79,0	
Азот, мг/кг ґрунту	225	100,0	100,0	100,0	94	41,8	43,0	56,0	100	44,4	49,0	58,0	
Фосфор, мг/кг ґрунту	200	100,0	100,0	100,0	118	59,0	72,0	67,0	123	61,5	77,0	69,0	
Калій, мг/кг ґрунту	180	100,0	95,0	83,0	128	71,1	65,0	68,0	129	71,7	65,0	68,0	
S, мг/кг ґрунту	12	100,0			11	91,7			12	100,0			
Mn, мг/кг ґрунту	21	100,0			5,6	26,7			5,7	27,1			
Zn, мг/кг ґрунту	5,1	100,0			1,5	29,4			1,6	31,4			
Cu, мг/кг ґрунту	0,51	100,0			0,50	98,0			0,50	98,0			
Co, мг/кг ґрунту	0,31	100,0			0,30	96,8			0,30	96,8			
B, мг/кг ґрунту	0,71	100,0			0,60	84,5			0,70	98,6			
Mo, мг/кг ґрунту	0,23	100,0			0,23	100,0			0,23	100,0			
Агрохімічний бал		100,0				69,0				72,8			70,7
Еколого-агрохімічний бал		100,0				62,1				65,5			63,6
ЗПЯГ			99,1				70,0				68,9		69,5
УПРГ				96,1				67,6				67,9	67,7
Примітка. 1 – Абсолютне значення показника; 2 – Бали за окремими показниками; 3 – Нормалізований показник для ЗПЯГ; 4 – Нормалізований показник для УПРГ; 5 – Середньозважене значення інтегрованих показників													

Зауважимо, що на противагу стандартній методиці, яка видає результат відносно еталонного ґрунту, ЗПЯГ та УПРГ розраховуються з урахуванням агроєкологічних вимог певної культури. Таким чином, для різних культур існують різні діапазони оптимальних умов росту і розвитку, що дозволяє повною мірою оцінити придатність конкретного ґрунту до її вирощування. Враховуючи це, як базову культуру було обрано озиму пшеницю і розрахунки проведено стосовно її потреб щодо агроєкологічних умов. При цьому з'являється можливість оцінити й сам еталонний ґрунт, щодо його придатності для вирощування озимої пшениці. Аналіз показав, що еталонний ґрунт не повною мірою відповідає потребам озимої пшениці, оскільки еталонний вміст калію менший, аніж рекомендований оптимум для даної культури (оптимальні діапазони окремих параметрів було взято з [24]). Незважаючи на це, інтегрована оцінка залишається дуже високою.

Якщо аналізувати результати обчислень порівнюваних ділянок, то чітко спостерігається близькість даних, отриманих згідно з методикою ЗПЯГ, до стандартизованої методики. У випадку УПРГ значення завжди є нижчими, завдяки більш повному врахуванню кривої опису оптимальних умов росту і розвитку для тих чи інших показників [12, 22].

У всіх випадках значення еколого-агрохімічного балу є нижчим за аналогічні показники. Це пояснюється включенням до обрахунку ряду понижувальних коефіцієнтів. Загалом, використання альтернативних показників демонструє добру співвимірність результатів, що дозволяє їх використовувати в оцінці якості ґрунтів чи земельних ділянок.

Розглянемо деякі технічні подробиці поточної реалізації *Calculator Quality of Soils of Ukraine*. Дана версія є повнофункціональною і придатною для обрахунків, проте, має поки незавершений інтерфейс (рис. 1).

Процес роботи відбувається таким чином: оператор по чергово обирає з випадних списків необхідні параметри (рис. 2), після чого для цих параметрів автоматично визначаються потрібні коефіцієнти (приклад формульного опису такого підходу наведено на рис. 3). Наступний крок – введення значень параметрів, необхідних для обчислення агрохімічного чи еколого-агрохімічного балів (рис. 4). Якщо ж в силу ряду причин деякі параметри відсутні, в подальших формулах вони не враховуються. Коли введено останнє значення, отримуємо розраховані значення потрібних балів (рис. 5 і 6). Якщо поле складається з набору елементарних ділянок, автоматично вираховується середньозважене значення агрохімічного чи еколого-агрохімічного балів для всього поля.

Розрахунок агрохімічного та еколого-агрохімічного балів поля (земельної ділянки, ґрунтової відміни)

Ізміни в колірні зеленого кольору потрібні або жодного цифри або обидва з випадного списку	Природно-кліматична зона	Площі
	Область	Карпати
	к1(клімат)	0.90
	Зрошення Застосовується (ТАК/НІ)	НІ
	к2(зрошення)	1.00
	Тип засолення (для Полісся та частини Лісостепу автоматом 1)	
	Ступінь засолення	
	к3(засоленість)	1.00
	Чи СІЛІЩАЄНТИЙ ґРУНТ (ТАК/НІ), якщо "НІ", то ступінь не враховує	НІ
	Ступінь засоленості	
	к4(засоленість)	1.00
	Рівень забруднення ґрунту, Кг/кг	
	к5(ґрунт)	1.00
	Рівень забруднення ґрунту, Кг/кг	
	к6(ґрунт)	1.00
	к7(ґрунт)	1.00
	Чи це торф'яні ґрунти? (ТАК/НІ)	НІ
	Рівень забруднення торфяних і торфяно-болотних ґрунтів, якщо не торф, то ставити НУЛІ, Кг/кг	
	к8(торф_ґрунт)	1.00
	Значення органічності, %, якщо невідомо, СТАВІТИ НУЛІ	
	Автоматичне визначення ґрунту крізь ефект (допомога, якщо не розраховує нехай)	
	к9(засоленість)	1.00
	Значення забрудненості, %, якщо невідомо, СТАВІТИ НУЛІ	

Рис. 1. Загальний вигляд Calculator Quality of Soils of Ukraine (фрагмент)

Природно-кліматична зона	Лісостеп
Область	Полісся
к1(клімат)	Лісостеп
Зрошення Застосовується (ТАК/НІ)	Степ
к2(зрошення)	Сухий_степ
Тип засолення (для Полісся та частини Лісостепу автоматом 1)	Карпатська_гірська_область
Ступінь засолення	Гірський_Крим

Рис. 2. Процес роботи з Calculator Quality of Soils of Ukraine (на прикладі вибору природно-кліматичної зони з випадного списку)

Озима пшениця					Нормування УПРГ	Нормування ЗПІАГ	Перев. показн. ЗПІАГ у 100 балів				
n	k	b_i	a_i	x_i	y_i UPRG	y_i ZPIAG		UPRG	ZPIAG	ZPIAG*100	
5	3	рівні щільн	0,83	1,23	1,27	96	1,00	100	56,41	0,42	42,18
5	3	азот	0,00	21,00	12,70	68	0,73	73			
5	3	фосфор	0,00	19,70	12,40	69	0,78	78			
5	3	калій	0,00	23,00	6,50	43	0,16	16			
5	3	ph	4,50	6,80	5,87	67	0,72	72			
5	3	гулус	0,50	5,00	1,46	35	0,09	9			

Рис. 6. Обрахунок альтернативних показників у Calculator Quality of Soils of Ukraine

Використання даного калькулятора, дозволило виявити шляхи потенційного підвищення його експлуатаційних характеристик. Зокрема, враховуючи континуальний характер розподілу показників властивостей ґрунтів, є сенс розраховувати й відповідні континуальні агрохімічні чи еколого-агрохімічні бали. Реалізація цього підходу можлива при застосуванні інструментарію сучасних ГІС. Наразі ми проводимо проектні роботи щодо імплементації описаних розрахунків до вільної ГІС GRASS [25], яка розповсюджується під Загальною громадською ліцензією GNU GPL [26] і є потужним засобом для реалізації задуманого проекту. При цьому інтерфейс буде написаний на мові програмування Python, а картографічні моменти будуть реалізовуватися за допомогою елементів картографічної алгебри. Вважаємо, що використання такого підходу буде мати очевидні переваги у сучасному прецизійному землеробстві та моніторингу ґрунтів.

5. Висновок

Отже, використання розробленого *Калькулятора якості ґрунтів України* дозволяє отримувати швидку та якісну характеристику довільної кількості земельних ділянок не тільки за стандартною методикою, а й за рядом альтернативних. До шляхів його подальшого розвитку можна віднести адаптацію до використання в ГІС. І дійсно, практично всі показники властивостей ґрунтів мають континуальний характер. Відповідно, проведення розрахунків для кожної точки поля з тільки їй властивими параметрами та отримання комплексної оцінки, розширить можливості для сучасного прецизійного землеробства та моніторингу ґрунтів.

Список використаної літератури

- Особенности построения и использования почвенных баз данных России, Украины и Беларуси (по материалам международной встречи) [Текст] / С.А. Шоба, И.О. Алябина, А. В. Иванов [и др.] // Агрохимия і ґрунтознавство. - 2011. - № 76. - С. 64-72.
- База даних «Свойства почв Украины» (структура и порядок использования) [Текст] / Т.Н. Лактионова, В.В. Медведев, К.В. Савченко [и др.]. - 2 изд. - Харьков : ЦТ №1, 2012. - 150 с.
- Бази даних ґрунтів Болгарії, Молдови, Румунії й України та їх участь у розвитку європейського ґрунтового інформаційного простору [Текст] / С. Русева, Ю. Розлога, М. Лунгу [та ін.] // Агрохимия і ґрунтознавство. - 2015. - № 84. - С. 35-48.
- Про схвалення Концепції проекту Закону України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних. КМУ. Розпорядження від 21 листопада 2007 р. №1021 р. [Електронний ресурс]. - [S. l. : s. n.], 2007. - URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1021-2007-D180> (дата звернення: 20.04.2016).
- Про національну інфраструктуру геопросторових даних. Проект закону України від 03.12.2009 №5407 [Електронний ресурс]. - [S. l. : s. n.], 2009. - URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JF46700A.html (дата звернення: 20.04.2016).
- SOTER. Global Soil and Terrain Database [Electronic resource]. - [S. l. : s. n.], 2016. - URL: <http://www.fao.org/nr/land/databasesinformation-systems/soter> (online; accessed: 20.04.2016).
- Soil and Terrain Database for Central and Eastern Europe (ver. 1.1) (SOVEUR) Database [Electronic resource]. - [S. l. : s. n.], 2016. - URL: <http://www.isric.org/data/soil-and-terrain-database-central-and-eastern-europe-ver-11-soveur> (online; accessed: 20.04.2016).
- Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: кер. нормат. док. - ДУ "Ін-т охорони ґрунтів України НААН України, Нац. наук. центр, "Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського". [Текст] / О.А. Демидов, І. П. Яцук, С.Ю. Булигін [та ін.]; Під ред. І.П. Яцук, С.А. Балюк. - К. : Вік принт, 2013. - 103 с.
- Медведев В.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины [Текст] / В. В. Медведев, И.В. Плиско. - Харьков : 13 типография, 2006. - 386 с.

10. Гринченко Т.О. Моніторинг комплексної оцінки родючості ґрунтів Полтавської області 1971 - 2005 р.р. [Текст] / Т.О. Гринченко, І.І. Лепєніна, С.Ф. Швидь ; Під ред. Т.О. Гринченко. - Х. : КП Друкарня № 13, 2008. - 186 с.
11. Медведев В.В. Бонитировка почв по агрофизическим показателям [Текст] / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова // Научные основы и практические приемы повышения плодородия почв Урала и Заволжья: тезисы докладов XI научно-производственной конференции почвоведов, агрохимиков и земледельцев Урала и Поволжья. - Уфа : [б. и.], 1988. - С. 55-57.
12. Черлінка В.Р. Обґрунтування узагальненого показника родючості ґрунтів [Текст] / В.Р. Черлінка // Вісник аграрної науки. - 2001. - № 5. - С. 78-79.
13. Смага І.С. Агроекологічні підходи до оцінки родючості бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів [Текст] / І.С. Смага, В.Р. Черлінка // Науковий вісник Чернівецького національного ун-ту. Зб. наук. праць. - Вип. 81: Біологія. - Чернівці : Рута, 2005. - С. 211-215.
14. Створення моделей родючості ґрунту: сучасний стан та перспективи розвитку [Текст] / С. Смага, І.І. Назаренко, В.Р. Черлінка, Р.І. Беспалько // Науковий вісник Чернівецького національного ун-ту. Зб. наук. праць. - Вип. 252: Біологія. - Чернівці : Рута, 2005. - С. 241-246.
15. Смага І.С. Вплив методів усереднення на бонітет ґрунтів [Текст] / І. С. Смага, В. Р. Черлінка // Збірник наукових праць Державного проектно-технологічного центру охорони родючості ґрунтів. - Вип. 2. - К. : [с. п.], 2010. - С. 88-91.
16. Смага І.С. Аналіз об'єктивності методів розрахунку бальних оцінок окремих критеріїв бонітування ґрунтів [Текст] / І.С. Смага, В.Р. Черлінка // Ґрунтознавство. - 2011. - Т. 12, № 1-2. - С. 35-41.
17. Тихоненко Д.Г. Фізичні основи родючості ґрунтів [Текст] / Д.Г. Тихоненко, В.В. Дегтярьов, В.А. Величко // Вісник аграрної науки. - 2012. - № 11. - С. 6-9.
18. Медведев В.В. Об оптимальной, допустимой и недопустимой плотности сложения распахиваемых почв [Текст] / В.В. Медведев, О.Н. Бигун // Ґрунтознавство. 2013. Т. 14, № 3-4. - С. 6-17.
19. Спосіб оцінки фізичної якості ґрунту. Патент на корисну модель UA 70406 U. G01N 33/24. [Текст] / Тетяна Миколаївна Лактионова, Віталій Володимирович Медведев, Ірина Владленівна Пліско, [та ін.]. - К.: Державна служба інтелектуальної власності, 2012. - 5 с.
20. Медведев В.В. До обґрунтування скорочення ріллі в Україні [Текст] / В.В. Медведев // Вісник аграрної науки. - 2013. - № 1. - С. 59-63.
21. Реєстр еталонних фізичних параметрів орних ґрунтів України і рекомендації щодо оцінювання фізичної якості ґрунту / Т.М. Лактионова, О.М. Бигун, С.М. Шейко, С.Г. Накісько. Харків: ТОВ «Смуґаста типографія», 2016. 44 с.
22. Черлінка В.Р. Обґрунтування агроекологічної відповідності моделей ґрунтової родючості та її факторів вимогам польових культур [Текст] : Автореф. дис... канд. біол. наук : 03.00.27 (03.00.18) - Ґрунтознавство / В.Р. Черлінка ; Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського УААН. - Харків : ІГА, 2001. - 20 с.
23. Актуальні проблеми визначення бонітету ґрунтів при агроекологічному моніторингу та земельно-оціночних роботах [Текст] / І.С. Смага, В.Р. Черлінка, О.Я. Кушнір, З.С. Хапіцька // Науковий вісник Чернівецького національного ун-ту. Зб. наук. праць. - Вип. 360: Біологія. - Чернівці : Рута, 2007. - С. 43-51.
24. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур [Текст] / Под ред. В. В. Медведева [и др.]. - К. : Аграрна наука, 1997. - 162 с.
25. GRASS Development Team. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software, Version 7.04 [Electronic resource], Open Source Geospatial Foundation. - [S. l. : s. n.], 2016. - URL: <http://grass.osgeo.org> (online; accessed: 25.05.2016).
26. GNU GPL. GNU General Public License [Electronic resource]. - [S. l. : s. n.], 2016. - URL: <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html> (online; accessed: 25.05.2016).

Стаття надійшла до редакції 25.05.2016

DIRECTIONS OF AUTOMATIZATION FOR CALCULATION OF SOIL QUALITATIVE ASSESSMENT

V.R. Cherlinka, V.S. Zaharovskyy

Yuriy Fed'kovych Chernivtsi National University

Email: v.cherlinka@chnu.edu.ua

It was considered results of calculations of agrochemical and environmental-agrochemical scores by the standard procedure and several alternative indicators. It was proposed to perform calculations by means of Calculator of Quality of Soils of Ukraine. Use of this calculator allowed to reveal potential ways to improve its performance. Since the distribution of soil properties have a continual character, it makes sense to count and corresponding continual agrochemical and ecological-agrochemical points. The implementation of this approach is possible with the use of modern GIS tools. Currently we are working on the implementation of the described calculations to free GIS GRASS, which is distributed under the GNU GPL General Public License and is a powerful tool for the implementation of the conceived project. This interface will be written in the programming language Python, mapping aspects will be implemented by means of elements of map algebra. We feel that this approach would have clear advantages in today's precision agriculture and soil monitoring.

Keywords: *Calculator of Quality of Soils of Ukraine, environmental-agrochemical score, composite index of soil quality, generalized index of soil fertility.*

UDK 631.4

IMPACT OF CONTINUOUS CULTIVATION ON SOIL PROPERTIES OF IMO STATE SOUTHEASTERN NIGERIA

C.I. Ernest¹ and C.N. Mbah²

¹Department of Soil Science and Technology, Federal University of Technology, PMB 1526 Owerri, Nigeria

²Department of Soil Science and Land Resource Management, Ebonyi State University, Ebonyi State, Nigeria

For correspondence: ernest.dozie@yahoo.com

The study was centred on the impact of continuous cultivation on soil properties of Imo state Southeastern Nigeria. Field study was carried out in six Local Government Areas of Imo State which include Owerri West, Ideato North, Ikeduru, Ngor Okpala, Mbaitoli, Owerri Municipal. 0-15 cm and 15-30 cm soil samples were collected from a seven year continuous cultivated plots. Soil samples were also collected in fallow plots as a tool for comparison. Soil samples were air dried and sieved for standard laboratory analysis. Data obtained were subjected to statistical analysis. Results show nutrient depletion in the continuous cultivated plots compared to the fallow plot. Mean pH values recorded in the continuous cultivated plots was 5.27 compared to 6.22 recorded in the fallow plots. High total exchangeable acidity was recorded in the continuous plots (2.06 cmol/kg) compared to fallow plots (0.80 cmol/kg). The fallow plots recorded higher mean organic matter content (3.66 %), total nitrogen (0.14 %) total exchangeable bases (3.43 cmol/kg), effective cation exchange capacity (4.23), percentage base saturation (81.1 %) and available phosphorus (19.69 ppm) compared to the continuous cultivated plots having mean organic matter content (0.72 %), total nitrogen (0.07 %) total exchangeable bases (0.84 cmol/kg), effective cation exchange capacity (2.90 cmol/kg), percentage base saturation (28.7 %) and available phosphorus (4.58 ppm). Deforestation, intensive cultivation and erosion were observed to have aided the decline of nutrient levels in the continuous cultivated plots. Application of organic manure, crop rotation and incorporation of crop residue would boost the fertility status of these soils.

Keywords: Continuous cultivated plots, fallow plots, soil properties, Southeastern Nigeria.

1. Introduction

Nigeria, with an area of 923,769 square kilometres is made up of 909,890 square kilometres of land area and 13,879 square kilometres of water area, having about 790,000 square kilometres of arable land, of which 320,000 square kilometres are cultivated. Over 90 % of agricultural production is rain-fed having Smallholders, mostly subsistence producers accounting for 80 % of all farm holdings. Although the aggregate production from these lands has sustained the population and the economy in the time past, the country now faces a looming food security crisis with increase in population, industrialization and land degradation which has made continuous cultivation a common practice.

Continuous cultivation and subsistence level of Agriculture are mostly practiced in Southeastern Nigeria as the region suffers from population hike and land degradation caused by erosion and oil exploration, thereby compelling farmers to engage in same plot exploitation to increase food production and achieve food security. Continuous cultivation could be in form of intercropping or monocropping, whichever is the form; crops are grown year in year out on the same plot [1].

Over exploitation of natural resources results in total loss of soil health [2], it has been reported that Man-made agricultural practices such as the continuous cultivation of crops on the same soil have depleted the soil of essential soil nutrients that help in the sustenance of the crop. Although inorganic fertilizers are now being used on a very large scale to enhance soil fertility, the natural qualities of the native soil are no longer evident.

Land use changes, especially cultivation of natural lands in tropical areas have led to negative effects on soil organic matter components [3] and can rapidly diminish soil quality and lead to severe land degradation because the soil is exposed for long and unprotected from harsh climatic conditions.

With continuous cultivation, physical properties and productivity of soils commonly decline due to decrease in organic matter content [4] and soil pH. Intensive cropping has also been recorded to lead to disaggregation in surface soil due to decrease in organic matter [5].

Finck [6] noted that the reduced yields in variable lands in the tropics, which become apparent, even after a year or two of cultivation is caused by a lowering of soil fertility and thus poses many constraints on intensive food crop production in tropical Africa. Lal [7] added that if adequate care is not taken, tropical soil will be subjected to degradation and the natural purpose the fertile lands suppose to supply will be defeated. The study aims at determining the impact of continuous cultivation on soils properties of Imo State, Southeastern Nigeria.

2. Materials and Methods

Imo state lies between latitude 5°10'N and 5°57'N and longitude 6°35'E and 7°28'E with an altitude of 91 m above sea level. The annual mean temperature and rainfall ranges from 27-28 °C and 2000-3000 mm respectively. The humidity is high throughout the year averaging 85 % [8] while Obihara [9] classified the soils of the zone as acid sands. Soil samples were

Table 1

Coordinates of study areas

Location	Co-ordinates		Elevation above sea level, m
	Latitude	Longitude	
Owerri West	5°25'N	6°58'E	61
Ideato North	5°50'N	7°4'E	152
Ikeduru	5°34'N	7°11'E	144
Ngor Okpala	5°02'N	7°10'E	71
Mbaitoli	5°35'N	7°02'E	143
Owerri Municipal	5°25'N	7°02'E	159

collected from a seven year continuous cultivated plots at six Local Government Areas of Imo state viz: Ngor Okpala, Ideato North, Owerri West, Mbaitoli, Owerri Municipal and Ikeduru. Soil samples were also collected at a seven year fallow plot in the study areas to serve as an index for comparison. Crops found in the continuous cultivated plots include cassava and fluted

pumpkin, few weeds and grasses were also observed, while the fallow plots comprised of thick vegetation made up of trees and shrubs. Top soil samples were collected at 0-15 cm and 15-30 cm depth respectively using a soil auger. The soil samples were air-dried for four days sieved with 2 mm sieve and were analysed for pH (1: 2.5 soil water and 1:2.5 soil 0.1N KCl) using pH meter [10]. Particle size distribution was determined by hydrometer method [11]. Bulk Density was measured using core method [12]. Organic carbon was determined using wet oxidation method [13, 14]. Available phosphorus was determined using Bray II solution method [15]. Exchangeable bases (magnesium, calcium, sodium and potassium). Exchangeable Na and K were extracted using 1N NH₄OAc using flame photometer [16], while Ca and Mg were determined using ethelene diamine tetracetic acid (EDTA) [17]. Total nitrogen was determined by Kjeldahl digestion method [16, 18]. Exchangeable acidity was determined titrimetrically [19]. Effective cation exchange capacity (CEC) was calculated from the summation of all exchangeable bases and exchangeable acidity [20]. Percentage base saturation (% BS) was determined by computation. Data collected from the study site were subjected to summary statistics such as Mean. Also, Coefficient of variation (CV) was used to estimate the degree of variability existing among soil properties in the study site. Coefficient of variation is ranked as follows; low variation ≤ 15 %, moderate variation 15 % ≤ 35 % and high variability 35 % [21].

3. Results and Discussion

The results of the particle size distribution (tables 2 and 3) of the soils studied showed similarity in their parent materials as the soils were predominantly sandy. The continuous cultivated plots (table 2) recorded mean sand content of 846.3 g/kg, clay content of 105.3 g/kg and silt content of 48.5 g/kg while the fallow plot (table 3) recorded mean sand content of 813.2 g/kg, clay content of 138.5 g/kg and silt content of 48.5 g/kg. The lower clay content recorded in the continuous cultivated plots indicates the removal of clay by erosion and its susceptibility to land degradation as a result of land exposure to harsh climatic conditions. The mean bulk density value recorded in the continuous cultivated plots is 1.34 g/cm³ compared to the fallow plot recording 0.49 g/cm³.

Table 2

Selected physical properties of continuous cultivated soils

Location	Depth, cm	Particle Contents, g/kg			Textural class	B.D., g/cm ³	Porosity, %
		sand	silt	clay			
Owerri West	0-15	885	47.3	67.7	SL	1.34	49.5
	15-30	804	48.4	147.6	SL	1.35	49.1
Ideato North	0-15	863	38.9	98.1	SL	1.34	49.5
	15-30	882	28.5	89.5	SL	1.33	50.0
Ikeduru	0-15	874	58.4	67.6	SL	1.35	49.1
	15-30	823	48.9	128.1	SL	1.36	48.7
Ngor Okpala	0-15	861	52.4	86.6	SL	1.33	50.0
	15-30	872	54.4	73.6	SL	1.34	49.5
Mbaitoli	0-15	763	80.4	156.6	SL	1.33	50.0
	15-30	818	54.4	127.6	SL	1.34	49.5
Owerri Municipal	0-15	870	30.0	100.0	SL	1.30	51.0
	15-30	840	40.0	120.0	SL	1.37	50.6
Mean	-	846.3	48.5	105.3	SL	1.34	49.7
CV, %	-	6.21	26.43	19.72	-	3.68	1.98

B.D = Bulk density; Textural class: SL=Sandy loam

Table 3

Selected physical properties of forest soils

Location	Depth, cm	Particle Contents, g/kg			Textural class	B.D., g/cm ³	Porosity, %
		sand	silt	clay			
Owerri West	0-15	805.5	59.2	135.3	LS	0.34	87.2
	15-30	843.1	41.4	115.5	LS	0.55	79.3
Ideato North	0-15	805.0	60.1	134.9	LS	0.31	88.4
	15-30	804.4	40.8	154.8	SL	0.61	77.0
Ikeduru	0-15	823.7	40.3	136.0	LS	0.39	85.3
	15-30	784.5	50.0	165.5	SL	0.77	71.0
Ngor Okpala	0-15	831.5	46.4	122.1	LS	0.36	88.5
	15-30	794.6	51.2	154.2	SL	0.49	81.6
Mbaitoli	0-15	804.2	40.0	157.8	SL	0.49	81.6
	15-30	803.7	44.3	152.0	SL	0.61	77.0
Owerri Municipal	0-15	825.2	48.3	126.5	LS	0.36	86.5
	15-30	833.0	59.4	107.6	LS	0.57	78.5
Mean	-	813.2	48.5	138.5	LS	0.49	81.8
CV, %	-	4.54	7.71	5.53	-	11.20	6.28

B.D = Bulk density; Textural class: SL=Sandy loam, LS= Loamy Sand

The high bulk density recorded in the continuous cultivated plots is as a result of lower organic matter in the soils and constant rearrangement of the soil structure due to continuous tillage while in the fallow plot, the vegetative cover alongside litter fall led to the increase in organic matter, increase in the soil's specific surface area and decrease in bulk density. Mbagwu [22] noted that the implication of higher bulk density in cultivated land use is the reduction in total porosity causing poor aeration which physically restricts root growth. This however corresponds to the results of the soils studied as continuous cultivated plot recorded mean porosity of 49.7 % while the fallow plots recorded mean porosity of 81.8 %. The results showed decline in soil pH values in the continuous cultivated plots (table 4) (5.27) compared to high pH recorded in the forest plot (table 5) (6.22), although having medium coefficient of variation (table 6). This pH level relates to the total acidity levels observed in the study areas as continuous cultivated soils recorded mean values of 2.06cmol/kg above the critical value of 2.0cmol/kg, while the forest recorded 0.8cmol/kg. This decline of soil pH in the cultivated plots is as a result of the inherent acidic parent material of the soils, rapid oxidation of organic matter through conventional tillage employed by farmers, leaching of basic cations, and the removal of these bases through crop harvests. Application of inorganic fertilizers in the cultivated plot may also aid in raising the acidity level of the soils.

Table 4*Selected chemical properties of continuous cultivated soils*

Depth cm	pH H ₂ O	pH KCl	O.M. %	Al ³⁺	H ⁺	TEA	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	TEB	ECEC	BS	T.N.	Av.P ppm
				cmol/kg									%		
Owerri West															
0-15	5.44	4.68	0.90	1.55	0.50	2.05	0.20	0.08	0.03	0.39	0.70	2.75	25.5	0.08	5.60
15-30	5.88	4.25	0.90	1.57	0.45	2.02	0.40	0.06	0.02	0.33	0.81	2.83	28.6	0.06	5.98
Ideato North															
0-15	5.05	4.03	0.57	1.59	0.47	2.06	0.49	0.09	0.04	0.47	1.09	3.15	34.6	0.07	5.98
15-30	4.89	4.23	0.59	1.56	0.46	2.02	0.40	0.07	0.05	0.50	1.02	3.04	33.5	0.05	6.21
Ikeduru															
0-15	5.04	4.26	0.67	1.53	0.49	2.02	0.23	0.08	0.05	0.35	0.71	2.73	26.0	0.04	5.59
15-30	5.40	3.98	0.53	1.58	0.45	2.03	0.20	0.09	0.08	0.20	0.57	2.60	21.9	0.06	5.75
Ngor Okpala															
0-15	5.23	4.11	0.69	1.52	0.47	2.04	0.38	0.06	0.08	0.22	0.74	2.78	26.6	0.06	5.03
15-30	5.18	4.28	0.52	1.55	0.49	2.04	0.33	0.04	0.07	0.28	0.72	2.76	26.1	0.07	5.18
Mbaitoli															
0-15	4.82	4.20	0.78	1.60	0.53	2.13	0.45	0.05	0.02	0.40	0.92	3.05	30.2	0.08	4.75
15-30	4.90	3.71	0.71	1.58	0.49	2.07	0.41	0.07	0.04	0.36	0.88	2.95	29.8	0.06	5.21
Owerri Municipal															
0-15	5.83	4.08	0.88	1.63	0.54	2.17	0.48	0.09	0.08	0.37	1.02	3.19	32.0	0.09	5.33
15-30	5.60	4.04	0.86	1.60	0.51	2.11	0.43	0.06	0.07	0.34	0.90	3.01	30.0	0.07	5.54
Mean	5.27	4.15	0.72	1.57	0.49	2.06	0.37	0.07	0.05	0.35	0.84	2.90	28.7	0.07	5.51
CV %	4.30	3.10	2.45	2.21	1.76	1.50	4.69	1.64	9.70	13.56	19.23	11.09	15.54	3.12	4.58

OM = Organic matter, Al = Aluminum, Ca = Calcium, Mg = Magnesium, K = Potassium, Na = Sodium, TEA = Total exchangeable acidity, T.N = Total nitrogen, TEB = Total exchangeable bases, ECEC = Effective cation exchange capacity, BS = Base saturation, Av. P = Available phosphorus

Table 5*Selected chemical properties of forest soils*

Depth cm	pH H ₂ O	pH KCl	O.M. %	Al ³⁺	H ⁺	TEA	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	TEB	ECEC	BS	T.N.	Av.P ppm
				cmol/kg										%	
Owerri West															
0-15	6.12	5.98	3.90	0.4	0.3	0.7	2.8	1.2	0.22	0.11	4.33	4.93	87.8	0.14	19.43
15-30	6.03	5.04	3.77	0.7	0.4	1.1	2.4	1.2	0.22	0.07	3.89	4.99	77.9	0.13	17.25
Ideato North															
0-15	6.24	6.00	3.55	0.7	0.3	1.0	1.6	0.8	0.17	0.07	2.64	3.64	72.5	0.16	21.50
15-30	6.31	6.08	3.49	0.2	0.1	0.3	1.2	0.8	0.27	0.06	2.33	2.63	88.5	0.12	18.7
Ikeduru															
0-15	6.18	5.75	3.78	0.3	0.2	0.5	2.0	1.2	0.12	0.31	3.63	4.13	87.8	0.13	22.11
15-30	6.11	5.50	3.72	0.8	0.4	1.2	1.6	0.8	0.27	0.13	2.80	4.00	70.0	0.11	19.63
Ngor Okpala															
0-15	6.35	6.17	3.61	0.7	0.2	0.9	2.4	1.2	0.11	0.15	3.86	4.76	81.0	0.14	18.50
15-30	6.41	5.76	3.45	0.5	0.2	0.7	2.8	2.0	0.12	0.11	5.03	5.73	87.0	0.10	17.98
Mbaitoli															
0-15	6.15	5.81	3.81	0.5	0.3	0.8	1.6	0.8	0.23	0.08	2.71	3.51	77.2	0.17	20.44
15-30	6.21	5.96	3.73	0.5	0.2	0.7	1.6	1.2	0.26	0.13	3.19	3.89	82.0	0.16	19.16
Owerri Municipal															
0-15	6.22	5.89	3.65	0.7	0.1	0.8	1.6	0.8	0.21	0.06	2.67	3.47	76.9	0.15	22.00
15-30	6.31	6.04	3.40	0.6	0.2	0.8	2.8	1.6	0.34	0.11	4.85	5.65	85.8	0.12	19.47
Mean	6.22	5.83	3.66	0.6	0.2	0.8	2.0	1.1	0.21	0.12	3.43	4.23	81.1	0.14	19.69
CV %	1.03	4.67	5.55	12.43	7.46	3.21	16.67	34.23	49.63	78.05	27.40	56.76	37.07	13.43	39.75

OM = Organic matter, Al = Aluminum, Ca = Calcium, Mg = Magnesium, K = Potassium, Na = Sodium, TEA = Total exchangeable acidity, T.N = Total nitrogen, TEB = Total exchangeable bases, ECEC = Effective cation exchange capacity, BS = Base saturation, Av. P = Available phosphorus

High coefficient of variation was observed in the organic matter, total nitrogen and available phosphorus content between the fallow and continuous cultivated plots. High values recorded in the fallow plot are due to dense vegetative cover, restricted leaching, high litter fall and its decomposition. The continuous cultivated plots recorded depletion in organic matter, total nitrogen and available phosphorus which are attributed to land exposure, leaching, intensive cultivation and quick oxidation of organic matter. Failure to incorporate crop residues in cultivated lands also led to the depletion of these properties. High total exchangeable bases were observed in the forest plots (0.84 cmol/kg) compared to the continuous cultivated plots (3.43cmol/kg). The low contents of basic cations observed in the continuous cultivated plots may be due to intense leaching and weathering, hence low inherent fertility status with regards to major nutrients.

The Effective cation exchange capacity of all soils studied were low, though the forest plots recorded higher mean ECEC of 4.43cmolk_g compared to the continuous cultivated plots of 2.90cmol/kg, in line with values reported for Nigerian soils. High precipitation, nature of the parent material, low buffering capacity and removal by erosion explains the low ECEC.

Table 6
Variability between mean properties of forest and cultivated soils

Soil property	Parameters of soil properties		CV Ranking
	continuous cultivated soils	forest soils	
Sand (%)	846.3	813.2	14.61
Silt (%)	48.5	48.5	0
Clay (%)	105.3	138.5	15.43
Bulk Density (g/cm ³)	1.34	0.49	39.85
Porosity (%)	49.7	81.8	43.68
pH (H ₂ O)	5.27	6.22	19.21
O.M. (%)	0.72	3.66	79.54
TEA (cmol/kg)	2.06	0.8	64.35
TEB (cmol/kg)	0.84	3.43	87.24
ECCE (cmol/kg)	2.90	4.23	56.89
BS (%)	28.7	81.1	125.0

The presence of low activity clays could also be attributed to the low ECEC recorded. Forest-plots studied recorded mean percentage base saturation of 81.1 % while the continuous cultivated plots recorded a mean percentage base saturation of 28.7 %. Landon [23] noted that percentage base saturation of 50 % is the separating index between fertile and less fertile soils. Studies have shown that percentage base saturation is 100 % at pH 7.0-7.2. However, Astera [24] noted that the strongest, healthiest and nutritious crops are grown in soils where percentage base saturation is above 90 % which are strongly affected by soil pH and texture.

4. Conclusion

The study highlighted the damages caused by the continuous cultivation of the same plot over time on soil properties as nutrients are lost due to its susceptibility to erosion and leaching. Soils kept under fallow are more fertile because of the high accumulation of litter fall and decomposition to form organic manure. High population density in Southeastern Nigeria may not give room for bush fallowing and shifting cultivation practices. Therefore, the use of organic manure and practices such as crop rotation should be adopted. Crop debris after harvest should be incorporated into the soil which acts as mulch materials and reduces the rate of nutrient loss.

References

1. *Eludoyin, O.S., Wokocha, C.C.*, 2011. Soil Dynamics under Continuous Monocropping of Maize (*Zea mays*) on a Forest Alfisol in South-Western Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 3(2): 58-62.
2. *Verma, G., Sharma, R.P., Sharma, S.P., Subehia, S.K., Shambhavi, S.*, 2012. Changes in soil fertility status of maize-wheat system due to long-term use of chemical fertilizers and amendments in an alfisol. *Plant soil environ.* 58,(12): 529–533.
3. *Fallahazade, J. Hajabbasi, M.A.*, 2011. Soil organic matter status changes with Cultivation of overgrazed pastures in semi-dry west central Iran. *Int. J. Soil Sci.*, 6(2): 114-123.
4. *Oguike, P.C., Mbagwu, J.S.C.*, 2009. Variations in some physical properties and organic matter content of soils of coastal plain sand under different land use types. *World J. Agric. Sci.*, 5(1): 63-69.

5. Awotoye, O.O., Ogunkunle, C.O., Adeniyi, S.A., 2011. Assessment of soil quality under various land use practices in a humid agro-ecological zone of Nigeria. *African Journal of Plant Science* Vol. 5(10): 565-569.
6. Finck, A., 1973. The fertility of tropical soils under the influence of agricultural land use. *Appl. Sci. Dev.*, 1: 7-31.
7. Lal, R., 1987. Managing the soils of Sub Saharan Africa. *Science*, 4(236): 1069-1076.
8. Ofomata, G.E.K., 1975. Nigeria in maps. Eastern States, Ethiope publishing House, Benin city, Nigeria, Pp. 88.
9. Obihara, C.H., 1961. The acid soils of eastern Nigeria. Part 1: extent Nigerian scientist 1:57-67.
10. Hendershot, W.H., Lalende, H., Duquette, M., 1993. Soil reaction and exchangeable acidity in sampling and methods of soil sci. Lewis productions, London Pp. 142-145.
11. Gee, G.N., Or, D., 2002. Particle size analysis. In: *Methods of soil analysis*. Dan D.I and G.C Topps (Eds), part 4 physical methods. Soil Science Soc. America book series No. 5 ASA and SSA Madison, W.I. Pp. 225-293.
12. Grossman, R.B., Rernisch, T.G., 2002. SSSA book series. 5 methods of soil analysis Ch2, Ed. Dane J.H, Clarke, Topp.G. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
13. Walke, y A., Black, I.A., 1934. An examination of the different methods of determining SOM and proposed modification of the chronic acid and titration method. *Soil sci.* 37: 29-38.
14. Nelson, D.N., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and matter. In: *methods of soil analysis part 2* (Miller, A.D and Keeney, D.K.M). American Society of Agronomy. Pp 539-579.
15. Olsen, S.R., Sommers, I.E., 1982. Soil available phosphorus. In: Sparks, D.L, Pages, A.L, Hennke, P.A.
16. Jackson, M.L., 1964. Chemical composition of soil. In: *Chemistry of soil*, Bean, F.E (Ed) Van Nostrand C.O, New York, Pp. 71-144.
17. Thomas, G.W., 1988. Exchangeable cations. In .A.I Page (Ed) *Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties* 2nd edition. Agronomy 9: 159-165. 1392.
18. Bremner, J.R., Yeomans, J.C., 1998. Laboratory techniques in J.R Wilson (Ed) *Advance in nitrogen cycling in agriculture ecosystem* C.A.B Int. Willing, England.
19. Mclean, E.O., 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A.I et al (Ed). *Methods of soil analysis part 2* 2nd (Ed) agron. Mono. ASA and SSAA.
20. *Soil Survey Laboratory Staff*, 1992. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. USDA- SCS Soil Survey Investigation Report N0 42 Version 2.0 US Govt. Print. Offices Washington DC.
21. Wilding, L.P., 1994. Soil testing: For improving nutrient recommendation. Madison, WIS, USA. SSSA, ASA. xiv.
22. Mbagwu, J.S.C., Lal, R., Scott, T.W., 1983. Physical properties of three soils in southeastern Nigeria. *Soil sci.*, 36: 48-55
23. Landon, J.R., 1984. *Booker tropical manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics*. Booker agricultural international Ltd.Uk.
24. Astera, M., 2008. Cation exchange capacity in soils. *Soil minerals and soil testing for organic gardeners*.

Received 04.09.2015

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА СВОЙСТВА ПОЧВ В ШТАТЕ ИМО ЮГО-ВОСТОЧНОЙ НИГЕРИИ

C.I. Ernest¹, C.N. Mbah²

¹Department of Soil Science and Technology, Federal University of Technology, PMB 1526 Owerri, Nigeria

²Department of Soil Science and Land Resource Management, Ebonyi State University, Ebonyi State, Nigeria

Для контакта: ernest.dozie@yahoo.com

Исследования были направлены на изучение воздействия постоянного возделывания на свойства почв в штате Имо в Юговосточной Нигерии. Полевые исследования были проведены на шести участках местного самоуправления в штате ИМО: Owerri West, Ideato North, Ikeduru, Ngor Okpala, Mbaitoli, Owerri Municipal. Пробы почвы отбирали в слоях 0-15 и 15-30 см на участках семилетней пашни. В то же время, для сравнения, пробы отбирали на целинных участках. Пробы почвы довели до воздушно-сухого состояния и просеяли для стандартных анализов. Результаты показали уменьшение содержания питательных веществ на постоянно обрабатываемых почвах по

сравнению с целинными участками. Среднее значение pH, определенное на постоянно обрабатываемых почвах равнялось 5,27, по сравнению с 6,22 на целинных участках. На обрабатываемых участках была определена высокая обменная кислотность (2.06 смол/кг) по сравнению с целиной (0.80 смол/кг).

На целинных участках определили более высокое содержание органических веществ (3.66 %), общего азота (0.14 %), сумму обменных оснований (3.43 см/кг), емкость обмена катионов (4.23), насыщенность основаниями (81.1 %) и содержание доступного фосфора (19.69 ppm) по сравнению с обрабатываемыми почвами, имеющими такие средние значения: содержание органических веществ (0.72 %), общий азот (0.07 %) сумма обменных оснований (0.84 см/кг), емкость обмена катионов (2.90 смол/кг), насыщенность основаниями (28.7 %) и доступный фосфор (4.58 ppm).

Снижению уровня питательного режима обрабатываемых почв способствуют уничтожение лесов, интенсивная распашка и эрозия. Применение органических удобрений, севообороты и запахивание растительных остатков будут повышать состояние плодородия этих почв.

Ключевые слова: постоянно обрабатываемые участки, целинные участки, свойства почвы, Юго-Восточная Нигерия.

УДК 631.484

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЭКОМОРФИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА

Г.А. Задорожная

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,

Днепропетровск, Украина,

E-mail: zadorojhnayagalina@gmail.com)

Исследована вариабельность твердости чернозема обыкновенного трижды в течение одного года. С помощью инструментов описательной статистики изучены изменения средних значений твердости почвы и коэффициента вариации данных послойно каждые 5 см на глубину 50 см. Путем геостатистического анализа произведено двухмерное картографирование строения почвы и установлена степень пространственной зависимости данных. Описаны изменения строения почвенных экоморф в течение вегетационного сезона.

Ключевые слова: твердость почвы, чернозем, экоморфы, пространственная вариабельность.

1. Введение

Концепция почвенных экоморф базируется на идеях русского генетического почвоведения В.В. Докучаева. Они выражаются в том, что почвы должны диагностироваться на основании тех признаков и свойств, которые отражают их генезис. Почвенные экоморфы обнаружены путем изучения неоднородности почв по признаку твердости. Это элементы неоднородности, которые представляет собой связанные области внутри почвенного пространства, ограниченные со всех сторон субстантивной границей. В трехмерном изображении они представляют собой внегоризонтные морфологические элементы строения почвы, не описанные ни в одной из классификаций морфологических элементов почвы [1, 2]. На основе обнаруженной связи между строением почв и особенностями организации растительного покрова установлено, что генератором этих взаимодействий является растительный покров, который оказывает упорядочивающее воздействие на почвенное тело. Почва, как биокосная система, приспосабливается к условиям своего существования в системе почвообразовательных факторов путем развития временной и пространственной гетерогенизации, формированием анизотропного строения со специфическим горизонтальным и вертикальным профилями [3, 4]. Структурированность почвенного тела создает разнообразие экологической ниши растительного сообщества, в рамках которой протекают динамические перестройки.

Установлено, что устойчивыми являются мера вариации свойства – твердость и общие закономерности ее пространственного поведения, но не топография размещения элементов неоднородности. В разные годы исследования конфигурация элементов неоднородности в большей или меньшей степени меняется [1, 2]. Характер изменений

варьирует в зависимости от типа почвы, однако, во всех случаях было отмечено, что строение почвы детерминировано ее строением, наблюдаемым в предыдущем году. Изменение распределения твердости для возможности сравнения изучали в одно и то же время года. Однако варьирование твердости почвы в течение года освещено не было. Актуальность подобного исследования состоит в том, что твердость почвы напрямую зависит от ее влажности, которая со сменой сезонов сильно меняется. Интерес представляет изучение последовательных изменений конфигурации и топографии обговариваемых морфологических элементов почвы во время одного вегетационного периода. Целью настоящего исследования является установление характера пространственной и временной неоднородности почвы в течение вегетационного периода по показателям ее твердости.

2. Объекты и методы исследований

2.1. Описание места исследований

Твердость чернозема обыкновенного изучали на степном участке, примыкающем к юго-восточному склону балки Камянистая (южная окраина г. Днепропетровск), 48°23'11"Ю.Ш., 48°23'11"З.Д. Материал собирали 19 апреля, 30 мая и 3 июля 2013 года. Выбор сроков исследования обусловлен методическими возможностями измерения твердости пенетрометром. Опытный полигон представляет собой регулярную сетку с размером ячеек – 3 м и состоит из 7 трансект по 15 проб. Соответственно размер полигона составляет 42 м × 18 м.

2.2. Особенности измерений и обработки данных

Измерение твердости почв проводится в полевых условиях с помощью ручного пенетрометра *Eijkelkamp* на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Основной рабочей частью твердомера является плунжер, навинченный на нижний конец штока, который с помощью рукоятки сквозь измеряющую пружину вталкивается в исследованную почву. При этом измеряющая пружина сжимается пропорционально величине сопротивления деформации почвы [5, 6]. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет ± 8 %. Измерения твердости почвы сделаны конусом поперечного сечения 2 см².

Оценка средних показателей, стандартной ошибки и коэффициента вариации (CV) произведена с помощью инструментов описательной статистики. Для определения уровня пространственной зависимости показателей твердости почвы применялся геостатистический анализ данных [7–9]. Уровень пространственной зависимости (SDL, *spatial dependence level*, пространственное отношение) рассчитан по формуле:

$$SDL = \frac{C_0}{C_0 + C_1} \times 100,$$

где C_0 – наггет-эффект, C_1 – частичный порог.

Показатели C_0 , C_1 и радиус влияния (R) получены на основе моделирования вариограмм пространственной изменчивости твердости почвы [7, 10].

Степень сопряженности пространственного распределения показателей твердости почвы в разное время исследования установлена с помощью корреляционного анализа.

3. Результаты и обсуждения

3.1. Морфологическое описание чернозема обыкновенного эродированного

Зональным типом почв места проведения исследования является чернозем обыкновенный (рис.1). Гранулометрический состав изменяется от легкосуглинистого до тяжелосуглинистого. Влажность – суховатый. Тип растительности – разнотравная типчаково-ковыльная степь.



Рис. 1. Профиль чернозема обыкновенного эродированного

H₀ 0–2 см: войлок из переплетенных между собой живых и отмерших трав. Переход к следующему горизонту по смене плотности.

H_{dk} 2–7 см: поверхностный гумусоаккумулятивный, дерновый, карбонатный. Темно-серый с бурым оттенком, сухой, рыхлый, комковато-пылевато-зернистой структуры. Много корневых систем трав. Встречаются капсулы и ходы почвенных животных, которые заполнены копролитами. Переход к следующему горизонту выразительный по смене цвета.

H_k 7–20 см: гумусоаккумулятивный, карбонатный. Темно-серый, сухой, рыхлый, комковато-зернистой структуры. Структура образует «бусы» на многочисленных корневых системах. Переход к следующему горизонту выразительный по смене цвета.

H_{pk} 20–35 см: первый переходный карбонатный горизонт. Светло-серый с бурым оттенком, сухой, рыхлый, пылевато-мелкозернистой структуры.

Незначительная трещиноватость, корней несколько меньше, в сравнении с предыдущим горизонтом. Есть ходы почвенных животных, которые заполнены копролитами. Местами встречаются примазки светло-коричневого цвета. Переход к следующему горизонту выразительный по смене цвета и плотности.

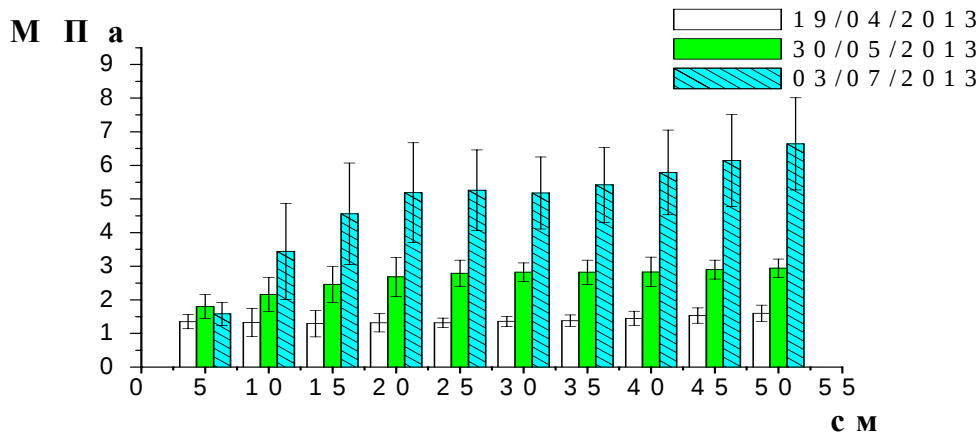
Ph_k 35–57 см: второй переходный карбонатный горизонт. Светло-серый суглинок, довольно плотный, сухой с слабо выраженной пылевато-комковатой структурой. Встречаются корни трав и капсулы почвенных животных (С-образно согнутых личинок пластинчатоусых). Переход к следующему горизонту выразительный по смене цвета и плотности.

P_k 57–100 см: светло-желтый лессовидный суглинок, очень плотный, сухой, бесструктурный.

Почва: чернозем обыкновенный эродированный сильно карбонатный среднемощный тяжелосуглинистый на лессе [11].

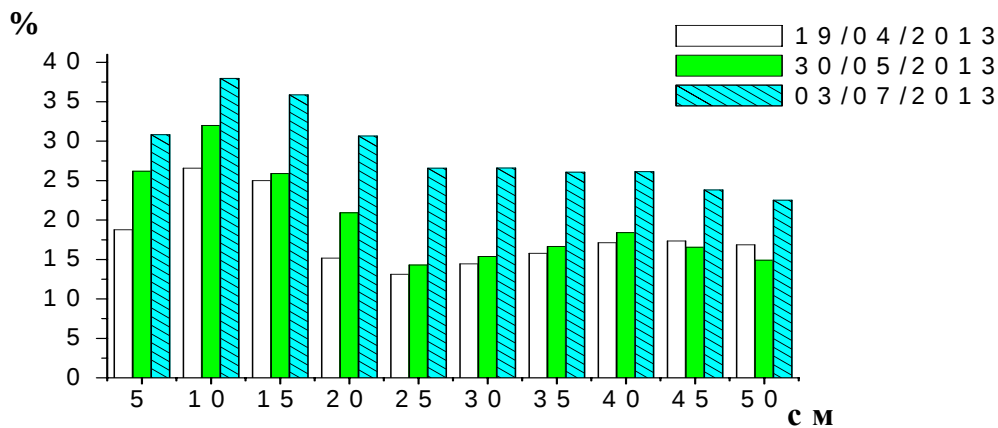
3.2. Статистический анализ экспериментальных данных

Для получения общего представления о твердости изученной почвы проведена описательная статистика экспериментальных данных. Средние значения твердости увеличиваются с глубиной в любое время исследования (рис.2). В апреле это увеличение незначительно (от $1,35 \pm 0,31$ до $1,60 \pm 0,34$ МПа) и носит тенденциозный характер, в мае прирост значения изучаемого признака закономерный (от $1,80 \pm 0,56$ до $2,94 \pm 0,57$ МПа). В середине лета на глубине 50 см средние значения твердости почвы увеличиваются более чем втрое от значений, наблюдаемых на поверхности (от $1,58 \pm 0,64$ до $6,64 \pm 1,87$ МПа). Наиболее вариативен признак в поверхностных слоях почвы (0–20 см). Коэффициент вариации максимален в слое, находящемся на 10 см вниз по профилю и достигает значений 24,99–35,87 % (рис. 3). Наибольший разброс значений свидетельствует о сравнительно большем разнообразии условий, влияющих на формирование изучаемого признака.



Примечание: по оси абсцисс – глубина от поверхности (см), по оси ординат – твердость почвы (МПа)

Рис. 2. Средние значения твердости почвы в разное время измерения



Примечание: по оси абсцисс – глубина от поверхности (см), по оси ординат – значение коэффициента вариации (%)

Рис. 3. Значения коэффициента вариации твердости в разные даты измерения

Геостатистический анализ был проведен с целью выявления закономерностей распределения данных твердости почвы в пространстве, его результаты представлены в таблице 1.

Наггет-эффект (C_0) отражает непространственную компоненту изменчивости признака. Его величина относительно постоянна в результатах исследования, проведенного в апреле, имеет локальный максимум на глубине 15-20 см ниже поверхности в данных, собранных в мае. Существенное повышение наггет-эффекта на глубине 10-15 см и ниже нее наблюдается в данных, собранных в июле. Частичный порог (C_1) отражает пространственную зависимость. Одновременный учет частичного порога и наггет-эффекта позволяет оценить уровень пространственной зависимости (показатель SDL, или пространственное отношение) и дает возможность судить о наличии закономерности изменения изучаемого признака в зависимости от расположения в пространстве. Если SDL находится в пределах 0–25 %, то речь идет о сильной пространственной зависимости; если пространственное отношение находится в пределах 25–75 %, в таком случае пространственная зависимость переменной является умеренной; если пространственное отношение превышает 75 %, то переменная рассматривается как слабо пространственно зависимая [12, 13]. Данные, полученные в нашем эксперименте, свидетельствуют о существенной вариабельности этого показателя и, в большинстве своем, характеризуются как умеренно зависимые. Высокой пространственной зависимостью обладают показатели твердости поверхностного слоя (0–5 см) почвы в апреле, слоев, расположенных ниже поверхности на 5-15 см и 45-50 см в данных майских сборов и слоя 5-10 см результатов исследования, проведенного в июле.

Таблица 1

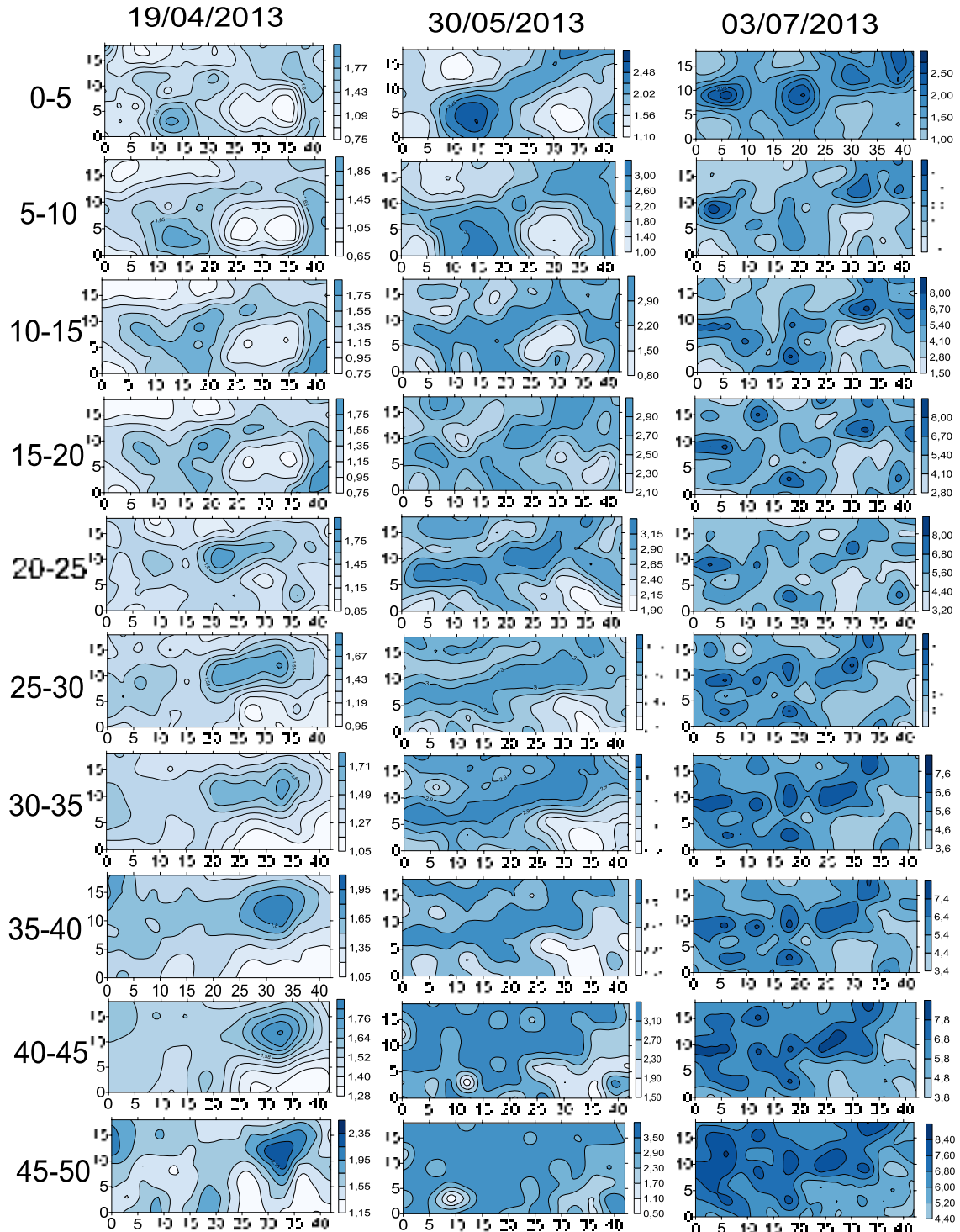
Геостатистические параметры твердости почвы

Расстояние от поверхности, см	C ₀ (Hagget)	C ₁ (Частичный порог)	C ₀ +C ₁ (Порог)	SDL, %	Радиус влияния, м
19.04.2013					
0–5	0,02	0,08	0,10	20,00	8,04
5–10	0,05	0,13	0,18	27,78	9,59
10–15	0,05	0,11	0,16	31,25	10,50
15–20	0,03	0,05	0,08	37,50	8,31
20–25	0,02	0,04	0,06	33,33	7,42
25–30	0,03	0,05	0,08	37,50	11,30
30–35	0,04	0,04	0,08	50,00	10,80
35–40	0,05	0,05	0,10	50,00	11,40
40–45	0,10	0,02	0,12	83,33	10,66
45–50	0,04	0,09	0,13	30,77	8,51
30.05.2013					
0–5	0,16	0,19	0,35	45,71	11,70
5–10	0,13	0,55	0,68	19,12	12,8
10–15	0,03	0,55	0,58	5,17	6,60
15–20	0,36	0,15	0,51	70,59	6,70
20–25	0,08	0,15	0,23	34,78	6,70
25–30	0,13	0,09	0,22	59,09	6,00
30–35	0,13	0,13	0,26	50,00	8,34
35–40	0,16	0,17	0,33	48,48	6,07
40–45	0,04	0,19	0,23	17,39	4,60
45–50	0,02	0,25	0,27	7,41	4,50
03.07.2013					
0–5	0,22	0,24	0,46	47,83	8,20
5–10	0,40	2,06	2,46	16,26	5,90
10–15	1,00	2,80	3,80	26,32	5,30
15–20	1,20	2,75	3,95	30,38	4,50
20–25	1,30	1,88	3,18	40,88	4,20
25–30	1,50	1,40	2,90	51,72	4,40
30–35	1,50	1,60	3,10	48,39	5,00
35–40	1,30	1,78	3,08	42,21	5,00
40–45	1,10	1,36	2,46	44,72	4,70
45–50	1,30	1,20	2,50	52,00	4,92

Достоверная пространственная зависимость полученных переменных предполагает наличие неоднородности почвенного покрова изученного участка по признаку твердости. Это означает, что вокруг любой произвольной вертикальной оси может быть очерчена область, в пределах которой наблюдается взаимное влияние почвенных масс, что ведет к дифференциации процессов преобразования и перемещения веществ и возникновения неоднородности ее свойств. Чем ближе находятся обсуждаемые массы, тем сильнее должно быть их взаимное влияние. С удалением взаимодействие ослабевает, так как его заглушает влияние масс расположенных ближе. Геостатистический анализ позволяет определить расстояния, в пределах которых имеет место указанное выше взаимодействие [14–17]. Этот показатель называется радиусом влияния. Его величина варьирует по слоям и показывает средние линейные размеры морфологических структур, которые являются элементами неоднородности. Из данных, приведенных в таблице, видно, что в показателях твердости почвы, собранных в апреле, радиус влияния плавно увеличивается и уменьшается

несколько раз, в то время как в другие даты исследования он наибольший в поверхностном слое и существенно уменьшается с углублением по профилю. Другими словами, весной, после оттаивания почвы, форму почвенных экоморф чернозема можно охарактеризовать как квазицилиндр, позже – как Y-образную фигуру с широким конусообразным верхом и удлинненной нижней частью существенно меньшего диаметра.

Геостатистический анализ дает возможность интерполировать значения для мест, в которых не проводились измерения и на основе его результатов строить карты пространственного распределения данных, что позволяет визуализировать описываемые элементы строения почвы (рис. 4).



Примечание: 0-5, ..., 45-50 см – расстояние от поверхности вглубь почвы

Рис. 4. Карты пространственного распределения параметров твердости почвы (МПа) по слоям 19 апреля, 30 мая и 3 июля 2013 года.

На рисунках темным цветом обозначены места повышенной твердости, по которым можно проследить изменение формы морфологических элементов вглубь почвенного профиля и со временем. Наибольшие различия между данными разного времени исследования наблюдаются, как и предполагалось, в глубоких слоях почвы. Диаметр почвенных экоморф ниже 10 см от поверхности становится меньше, а абсолютные значения твердости больше. В то же время коэффициент вариации данных, собранных в июле, существенно выше. Это говорит о том, что почва высыхает не равномерно. С течением времени меняется характер пространственной неоднородности, происходит консолидация почвы и более контрастное выделение почвенного строения. Мы считаем, что это происходит в результате десукции влаги корнями растений из различных частей почвенной толщи и последующего транспирационного испарения ее с поверхности листьев. Участки с низкой твердостью тоже присутствуют. Вероятнее всего это места преимущественного горизонтального стока. Так как твердость напрямую зависит от влажности [18, 19] можно предполагать, что эти, менее твердые и более насыщенные влагой, участки станут предпочтительным местом развития корней в следующем году.

Понятие экоморфы мы применяем как образования, аналогичные по содержанию экоморфам растений по О.Л. Бельгарду [20], почвенных животных по А.В. Жукову [21], герпетобионтных пауков по О.Н. Кунах и соавт. [22]. Согласно существующим представлениям, экоморфы, как компоненты биогеоценоза, отражают характер взаимосвязи видов с биогеоценозом в целом и с каждым из его структурных элементов в отдельности. В своем индивидуальном развитии вид может проходить состояния различных жизненных форм [23]. По мнению Г.М. Миньковского [24], в структурных задачах деление объектов на «живые» и «неживые» не важно, понятие «живого» имеет нравственный смысл и почву, как биокосное тело и функционально целостный объект можно рассматривать аналогично живым, иерархически построенным системам. Почва, как биокосное тело, меняет свое внутреннее строение согласно требованиям, предъявляемым ей средой, реализуя взаимосвязи с другими компонентами биогеоценоза. Почвообразовательный процесс, состоящий из циклических явлений, как часть сложной и динамичной природной системы, развиваясь во времени, приспосабливает почву к наиболее оптимальному функционированию в той или иной экосистеме, организуя развитие почвенных габитуальных форм и обеспечивая экологически значимый интегрированный результат в масштабах целостной почвенной системы – формирование экоморф.

4. Выводы

1. Средние значения твердости чернозема обыкновенного увеличиваются с глубиной: в апреле это увеличение незначительно (от $1,35 \pm 0,31$ до $1,60 \pm 0,34$ МПа) и носит тенденциозный характер, в мае прирост значения изучаемого признака закономерный (от $1,80 \pm 0,56$ до $2,94 \pm 0,57$ МПа), в середине лета на глубине 50 см средние значения твердости почвы увеличиваются более чем втрое от значений, наблюдаемых на поверхности (от $1,58 \pm 0,64$ до $6,64 \pm 1,87$ МПа).

2. Коэффициент вариации твердости почвы наиболее вариативен в поверхностных слоях почвы (0-20 см), с локальным максимумом в слое, находящемся на 10 см вниз по профилю (24,99 – 35,87 %).

3. С помощью геостатистического анализа установлено, что данные, полученные в эксперименте, в большинстве своем умеренно зависимы. Высоким пространственным отношением обладают показатели твердости поверхностного слоя (0-5 см) почвы в апреле, слоев, расположенных ниже поверхности на 5-15 см и 45-50 см в данных майских сборов и слоя 5-10 см результатов исследования, проведенного в июле.

4. В показателях твердости почвы, собранных в апреле, радиус влияния плавно увеличивается и уменьшается несколько раз, что характеризует форму экоморф чернозема как квазицилиндр. В более поздних исследованиях радиус влияния наибольший в поверхностном слое и существенно уменьшается с углублением по профилю, что обрисовывает очертания экоморф как фигур с широким конусообразным верхом и удлинненной нижней частью существенно меньшего диаметра.

Список использованной литературы

1. Жуков О.В. Екоморфична організація дерново-літогенного ґрунту на червоно-бурій глині (Нікопольський марганцеворудний басейн) / О.В. Жуков, Г.О. Задорожна // Питання Степового лісознавства та лісової рекультивації земель, 2015. Вип. 44. – С. 101-110.
2. Жуков А.В. Оценка экоморфогенеза педозема и чернозема обыкновенного на основе показателей твердости / А. В. Жуков, Г.А. Задорожна // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Агрохімія і ґрунтознавство». Випуск 81. – Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2015. – 84. – С. 72-80.
3. Soracco C.G., Lozano L.A., Sarli G.O., Gelati P.R., Filgueira R.R. Anisotropy of saturated hydraulic conductivity in a soil under conservation and no-till treatments. Soil Till. Res. 2010.109.- 18-22.
4. Медведев В.В. Временная и пространственная гетерогенизация распахиваемых земель / В.В. Медведев // Ґрунтознавство, 2013. – Т. 14, № 1-2. – С. 5-22.
5. Задорожна Г.О. Просторова організація дерново-літогенних ґрунтів на сіро-зелених глинах / Г.О. Задорожна // Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького – 2012. – № 4. – С. 48-57.
6. Жуков А.В. ГИС-подход для оценки влияния обычных и сдвоенных колес на твердость почвы // Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – № 3. – С. 73-100.
7. Webster R., Oliver M.A. Geostatistics for environmental scientists. John Wiley & Sons. Hoboken.- 2007.
8. Verones Junior V., Carvalho M.P., Dafonte J., Freddi O.S., Vidal Vazquez E., Ingaramo O.E. Spatial variability of soil water content and mechanical resistance of Brazilian ferralsol. Soil Till. Res. 2006.85(1–2). Pp.166-177.
9. Valbuena Calderon C.A., Martinez L.J., Giraldo Henao R. Variabilidad espacial del suelo y su relacion con el rendimiento de mango (Mangifera indica L.). Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal 2008. 30(4). Pp.1146-1151.
10. Legendre P., Fortin M.J. Spatial pattern and ecological analysis. Vegetatio 1989.80. Pp. 107-138.
11. Лядська І.В. Екологічне значення фізичних властивостей техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну: дис. ... кандидата сільгосп. наук : 03.00.16 / Інна Вікторівна Лядська. — Дніпропетровськ, 2015. – 226 с.
12. Cambardella C. A., Moorman T. B., Novak J. M. Parkin. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. 1994.58. Pp. 1501-1511.
13. Moncayo F.H., Villegas H.A., Betancur J.H., Tafur L.E. Variabilidad especial de las propiedades quimicas y fisicas en un Typic Udivitrands, arenoso de la Region Andina Central Colombiana. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin 2006. 59(1). Pp. 3217-3235.
14. Salvador-Blanes S., Cornu S., Couturier A., King D., Macaire J.J. Morphological and geochemical properties of soil accumulated in hedge-induced terraces in the Massif Central, France. Soil Till. Res. 2006. 85(1–2). Pp. 62-77.
15. Serafim M.E., Vitorino A.C.T., Peixoto P.P.P., Souza C.M.A., Carvalho D.F. Intervalo hidrico otimo em um latossolo vermelho distroferico sob diferentes sistemas de producao. Eng. Agríc., Jaboticabal, 2008. 28(4). Pp. 654-665.
16. Crus J.S.; Assis Junior, R.N.; Matias, S.S.R., Camacho-Tamayo, J.H., Tavares, R.C. Analise espacial de atributos fisicos e carbono organico em argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-acucar. Scienc. Agrotec. 2010. 34 (2). Pp. 271-278.
17. Martins , A.L.S., Moura, E.G., Camacho-Tamayo, J.H. Spatial variability of infiltration and its relation-ship to some physical properties. Ing. Investig., Bogota 2010. 30(2).- pp. 116-123.
18. Медведев В.В. Твердость почвы / В.В. Медведев. – Харьков: Изд-во КП «Городская типография», 2009. – 152 с.
19. Пространственная экология и рекультивация земель / [Демидов А.А., Кобец А.С., Грицан Ю.И., Жуков А.В.] – Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А.П.», 2013. – 560 с.
20. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР / А.Л. Бельгард // Киев.: Изд-во КГУ, 1950. – 263 с.
21. Жуков О.В. Екоморфи Бельгарда–Акімова та екологічні матриці / О.В. Жуков // Екологія та ноосферологія, 2010. – Т. 21, № 3–4. – С. 109-111.
22. Кунах О.Н. Екоморфическая организация сообществ пауков степной зоны Украины / О.Н. Кунах, Е.В. Прокопенко, А.В. Жуков // Ґрунтознавство. – 2014. – Т. 14, № 2. – С. 101-119.
23. Алеев Ю.Г. Екоморфология / Ю.Г. Алеев // К.: Наук. думка. – 1986. – С. 424.
24. Миньковский Г.М. Структурный подход в почвоведении / Г.М. Миньковский // Почвоведение. 1995. №7. – С. 9-18.

Статья поступила в редакцию 15.02.2016

SEASONAL DYNAMICS OF ECOMORPHIC STRUCTURE OF CHERNOZEM

G.A Zadorozhnaya

Oles Honchar Dnipropetrovs'k National University, Dnipropetrovs'k, Ukraine,
E-mail: zadorozhnayagalina@gmail.com

The variability of the soil penetration resistance, of chernozem ordinary has been studied three times within one year. The changes of the average values of soil penetration resistance and data coefficient of variation in layers each 5 cm to 50 cm depth have been studied using instruments of descriptive statistics. A two-dimensional mapping of the soil profile has been made and the degree of the spatial dependence of data has been set by the geostatistical analysis. The changes in the structure of the soil ecomorphes have been described during the vegetative season.

Keywords: soil penetration resistance, chernozem, ecomorphes, spatial variability.

АГРОХІМІЯ AGROCHEMISTRY

УДК 631.8. 631.452. 631.454.

ПРЯМА ДІЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА ОПТИМАЛЬНИЙ РІВЕНЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У СІВОЗМІНАХ ЗАЛЕЖНО ВІД РОДЮЧОСТІ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Б.Б. Котвицький

Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція

E-mail: voldsghs@gmail.com

Багаторічними стаціонарними польовими дослідженнями у сівозмінах західного Полісся з використанням методів розщеплення дослідних ділянок і міченого азоту (^{15}N) добрив визначено внесок прямої дії мінеральних добрив у приріст продуктивності сівозмін, розраховано коефіцієнти використання озимим житом азоту добрив і констатовано вплив систем удобрення на окремі властивості дерново-підзолистого супіщаного ґрунту. За результатами 40-річного моніторингу різних систем удобрення рекомендовано оптимальні терміни їх застосування у сівозмінах.

Ключові слова: добрива, мічений азот, пряма дія, коефіцієнти використання, продуктивність сівозмін, властивості ґрунту, моніторинг.

1. Вступ

Мінеральні добрива – один з основних факторів підвищення урожайності сільськогосподарських культур і родючості ґрунтів Полісся. Тому, на їх пряму дію (в перший рік використання) розраховують плануючи рівні урожайності та якості сільськогосподарської продукції, спираючись на загальновідомі нормативи окупності мінеральних добрив і коефіцієнти використання з них поживних речовин [1-3].

Однак, далеко не завжди досягається бажаний результат і запланований ефект від дії мінеральних добрив. У наведених результатах багаторічних досліджень висвітлено одну з головних причин такого стану – роль родючості ґрунту, ступеня його окультуреності та післядії добрив у формуванні додаткового врожаю і, відповідно, оцінено реальний ефект від мінеральних добрив у перший рік їх дії.

Крім того, важливим є встановлення оптимального рівня застосування мінеральних добрив у сівозмінах західного Полісся з урахуванням їх впливу не тільки на продуктивність, а і на властивості дерново-підзолистого супіщаного ґрунту.

2. Об'єкти та методика досліджень

Дослідження були проведені у двох стаціонарних (зерно-льono-картопляні сівозміни) і напівстаціонарному (зерно-трав'яна ланка сівозміни) довготривалих польових дослідках, розміщених на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах різного ступеня окультуреності – трансформованості у процесі інтенсивного землеробського використання.

В одному з дослідів (стаціонар № 1, з 1966 року) в полі IV вперше було запроваджено багаторічний (1985-1988) польовий експеримент з поділом дослідних ділянок (площа ділянки 180 м²) навпіл і щорічним почерговим внесенням на цих половинках мінеральних добрив, згідно із загальною схемою досліду (рис.1). Дослідження вели у межах ланки сівозміни: озима пшениця – льон – кукурудза – ячмінь.

Такий методичний підхід дає можливість поділити загальний приріст продуктивності сівозміни (встановлений для кожного з варіантів досліду за різницею з абсолютним (без добрив) контролем) на два складники: 1 – приріст, здобутий завдяки прямій дії мінеральних добрив; 2 – приріст завдяки сформованій родючості ґрунту та післядії добрив, внесених минулими роками [4].

Для виявлення зв'язку між ефективністю додаткового застосування азотних, фосфорних і калійних добрив і ступенем окультуреності дерново-підзолистого ґрунту було використано багаторічні дані стаціонарного досліду № 2 (1986-1995 рр.), які порівнювали з даними досліду №1, як два об'єкти з різним ступенем окультуреності ґрунту за ідентичної сівозміни.

Агрохімічний аналіз ґрунтових зразків проводили за методами, чинними в Україні: вміст гумусу у ґрунті – ДСТУ 4289:2004; pH_{KCL} – LCNE 10390-2001; гідролітична кислотність – метод Каппена; вміст рухомих сполук фосфору і калію – ДСТУ 4405:2005.

Коефіцієнти використання озимим житом азоту добрив визначали прямим методом за допомогою застосування міченого (стабільного) азоту ^{15}N (загально мічена аміачна селітра з розведенням 40 %) у зерно-трав'яній ланці сівозміни багаторічного польового досліду (1989-1994 рр.).

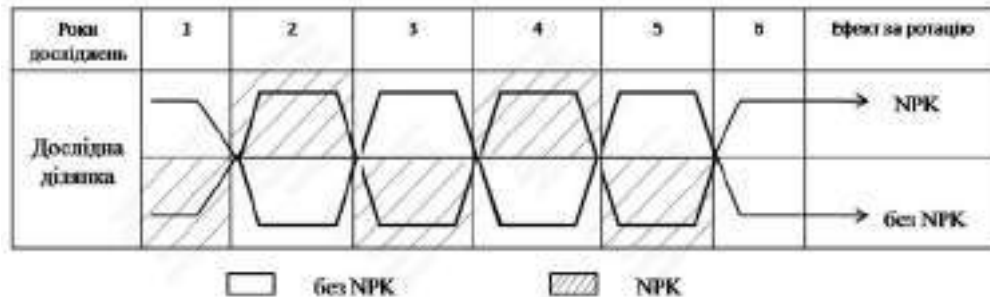


Рис.1. Схема поділу дослідних ділянок та їх удобрення в часі

Ізотопний склад азоту (^{14}N : ^{15}N) у зразках озимого жита (зерно, соломка і корені) визначали в лабораторії Інституту землеробства НААН на мас-спектрометрі MI-1201. Одночасно розраховували коефіцієнти використання рослинами озимого жита азоту з добрив балансовим методом (різниця) [5].

Видовий склад мікроорганізмів визначали за методом ініційованого мікробного угруповання з використанням сканувального електронного мікроскопу Московського державного університету.

Моніторинг дерново-підзолистого ґрунту за різних систем удобрення у сівозмінах здійснювали протягом 40 років з метою оцінювання тривалості дії добрив на продуктивність сівозмін і властивості ґрунту, що дало можливість встановити оптимальні терміни та умови застосування добрив.

3. Результати досліджень

За роки проведення досліджень у довготривалому (з 1966 року) стаціонарному досліді №1, на кожному з його варіантів, сформувався, залежно від системи та рівня застосування добрив, певний рівень ефективної родючості дерново-підзолистого супіщаного ґрунту. Відповідно різним виявився і внесок прямої дії мінеральних добрив у формування загального додаткового приросту продуктивності ланки сівозміни озима пшениця – льон – кукурудза – ячмінь (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив прямої дії мінеральних добрив на продуктивність ланки сівозміни залежно від рівня родючості ґрунту (дослід № 1, поле IV, 1985-1988 рр.)

Варіант удобрення				Насиченість ґрунту рухомими формами		Продуктивність ланки сівозміни, ц/га з.од.		Приріст продуктивності			
№	щорічно внесено, кг/га							ц/га з.од.			%
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	NPK	без NPK	A	B	C	D
2	CaCO ₃ – фон			н	н	28,6	28,6	–	–	–	–
7	68	40	90	с	с	44,3	31,5	15,7	12,8	2,9	81,5
10	68	40	90	п	с	51,7	40,0	23,1	11,7	11,4	50,6
11	135	80	180	п	в	56,6	47,5	28,0	9,1	18,9	32,5
12	68	40	90	п	п	57,0	48,1	28,4	8,9	19,5	31,3
13	101	60	135	п	в	54,4	47,2	25,8	7,2	18,6	27,9

Примітка. Варіанти №2 і №7 – без гною; №№ 10-13 – з гноєм; Насиченість ґрунту рухомими формами: н – низька; с – середня; п – підвищена; в – висока; Приріст продуктивності: А – загальний; В – завдяки прямій дії NPK; С – завдяки ефективній родючості ґрунту та післядії гною і NPK; D – частка прямої дії добрив у загальному прирості

За мінеральної системи удобрення і середнього вмісту рухомих форм фосфору та калію в ґрунті, до 81,5 % всього приросту формувалось завдяки прямій дії мінеральних добрив (вар. № 7). За органо-мінеральної системи удобрення, з угноєнням та подальшим насиченням сівозміни мінеральними добривами, з часом було досягнуто вищого рівня родючості ґрунту. У попередніх публікаціях ми демонстрували на цих варіантах такі позитивні зміни: додатний баланс гумусу та NPK, підвищений та високий вміст у ґрунті рухомих форм фосфору та калію, кращі мікробіологічні властивості ґрунту [6,7].

В результаті, частка приросту врожаїв, що сформувалась завдяки прямій дії мінеральних добрив, зменшилась до 27,9 % (вар. № 13).

Такі дані певною мірою змінюють наше уявлення про фактичну окупність свіже внесених (пряма дія) мінеральних добрив та доцільність застосування їх у високих дозах і свідчать про важливість підвищення родючості ґрунту, як головного і стабільного фактора здобування додаткового урожаю.

Оптимальний рівень насиченості сівозмін азотними, фосфорними та калійними добривами тісно пов'язаний із ступенем окультуреності ґрунту і тому змінюється у часі. Наочно це можна простежити порівнюючи окупність мінеральних добрив у двох зерно-льоно-картопляних сівозмінах (досліди №1 і №2) з різним ступенем окультуреності дерново-підзолистого супіщаного ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2

Реакція сівозмін на додаткове внесення окремих поживних речовин залежно від ступеня окультуреності ґрунту (1967-1995 рр.)

Поживна речовина	Додаткове внесення, кг/га		Фон		Окупність 1 кг додатково внесених поживних речовин, кг з.од.	
	№1	№2	№1	№2	№1	№2
N	64	53	N ₆₄ P ₇₂ K ₁₇₂	N ₅₃ P ₅₄ K ₈₀	6,6	-0,75
P ₂ O ₅	36	54	N ₁₂₈ P ₃₆ K ₁₇₂	N ₅₃ P ₅₄ K ₈₀	13,3	4,6
K ₂ O	86	80	N ₁₂₈ P ₇₂ K ₈₆	N ₅₃ P ₅₄ K ₈₀	4,1	4,1

На слабоокультуреному дерново-підзолистому супіщаному ґрунті (середньокислий, з низьким умістом гумусу (1,4 %), рухомих форм фосфору та калію) подвоєння доз азоту з 64 до 128 кг/га забезпечило окупність кожного його кілограма в середньому 6,6 кг зернових одиниць, тоді як на окультуреному ґрунті (неодноразово вапнованому, слабокислому, з підвищеним та високим умістом рухомих форм калію та фосфору) таке підвищення доз азотних добрив виявилось неефективним. Окупність одного кілограма додатково внесених фосфорних добрив (в інтервалі від 36 до 72 кг/га P₂O₅) на слабоокультуреному ґрунті становила 13,3 кг зернових одиниць, а на окультуреному – зменшувалась майже втричі. Тільки додаткове внесення калійних добрив забезпечило рівнозначну їх окупність на ґрунтах різного ступеня окультуреності.

Не високими виявилися і коефіцієнти використання озимим житом азоту з добрив, встановлені в наших дослідженнях за допомогою високоточного ізотопного (¹⁵N) методу (1992-1993 рр.). За розміщення озимого жита після багаторічних трав (конюшина або тимофіївка), коефіцієнти використання рослинами азоту з аміачної селітри не перевищували 27,5 % за господарського, та 31,3 % за біологічного виносу, або були в 1,6-1,7 раза меншими за коефіцієнти, встановлені балансовим методом «різниці» (44,7-52,9 %). Ці результати також свідчать про завищену роль прямої дії мінеральних добрив визначеної у такий спосіб, бо вона включає у себе дію родючості ґрунту.

Таким чином, з окультуренням ґрунтів зростає роль їх родючості у формуванні додаткового урожаю і, відповідно, зменшується внесок прямої дії мінеральних добрив. Більше того, необґрунтовано тривале застосування високих доз мінеральних (особливо азотних) добрив на легких дерново-підзолистих ґрунтах може призвести до ряду негативних явищ: значного посилення низхідної міграції кальцію та магнію, лесиважу, токсикозу ґрунту та інших негараздів, що було підтверджено нашими дослідженнями [8,9].

Так, збільшення кількості мінеральних добрив (NPK) у сівозміні зі 167 до 250 і 334 кг/га ріллі, незважаючи на застосування у середньому 12,8 т/га гною, призвело за 21 рік до істотного (в 1,34-1,64 раза) зменшення вмісту мулистій фракції в горизонті *1e* та до зменшення у його верхній частині вмісту органо-мінеральних колоїдів. Останнє свідчить про руйнування колоїдного комплексу – вилугування його компонентів униз по профілю.

Таким чином, тривале застосування високих доз мінеральних добрив на легких за гранулометричним складом дерново-підзолистих ґрунтах супроводжується підсиленням процесів опідзолення, руйнуванням та вимиванням вниз по профілю цінної мулистій фракції [10].

Проведеним нами тривалим (протягом 40 років) моніторингом систем удобрення у зерно-льono-картопляних сівозмінах, розміщених на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся встановлено, що деякі системи удобрення доцільно освоювати лише обмежений період через можливі негативні наслідки, пов'язані з фізико-хімічними, агрохімічними, мікробіологічними та екологічними проблемами ґрунту [6].

Крива динаміки продуктивності сівозмін у часі за таких систем має параболічний характер. Спочатку інтенсивне (понад 270 кг NPK на гектар сівозмінної площі) застосування мінеральних добрив різко підвищує продуктивність сівозмін і сприяє, за додатного балансу, швидкому накопиченню рухомих форм фосфору та калію в ґрунті. Однак, уже через 12-14 років за таких систем набирають розвитку негативні процеси: поступове зменшення запасів гумусу та ряду мікроелементів у ґрунті; порушення умов живлення рослин; зміна структури мікроорганізмів у бік домінування мікроміцетів роду *Penicillium*, в тому числі, таких видів як *P. Funiculosum* та *P. Vermiculatum*, які виділяють у ґрунт токсичні речовини; деградаційні процеси, що наведені вище, та інші. Як наслідок, ефективність добрив і продуктивність сівозмін починають поступово знижуватися [6,9].

Разом з тим, багаторічними дослідженнями встановлено, що ефективність органо-мінеральних систем удобрення в західному Поліссі не убуває з часом, якщо у землеробстві дотримуються оптимального співвідношення у сівозміні між гноєм та мінеральними добривами: на кожну тону гною застосовується до 12-14 кг NPK, в тому числі, не більше 5-6 кг азоту.

З розширенням цього співвідношення (до 20-26 кг NPK) рекомендований термін ефективної дії таких систем скорочується до 18-21 року. Щоб уникнути зниження продуктивності сівозміни та родючості ґрунтів необхідно надалі вносити зміни в таку систему удобрення: збільшувати надходження в ґрунт органічної речовини з різними видами органічних і зелених добрив, з багаторічними травами та побічною продукцією або зменшувати насичення сівозміни мінеральними добривами, оптимізувати живлення рослин щонайменше за 10-12 елементами тощо.

4. Висновки

1. Вплив прямої дії мінеральних добрив на посилення продуктивності сівозмін у західному Поліссі має зворотню залежність від рівня родючості дерново-підзолистих ґрунтів та післядії добрив. Частка прямої дії добрив у загальному прирості продуктивності сівозміни може становити від 81,5 до 27,9 %, що слід враховувати у системах удобрення та при плануванні рівня продуктивності.

2. Коефіцієнти використання озимим житом азоту з добрив, визначені високоточним ізотопним методом (^{15}N), не перевищують 31,3 % і значно (в 1,6-1,7 раза) поступаються коефіцієнтам, визначеним за допомогою балансового методу («різниці»), що свідчить про завищення останніх за рахунок родючості ґрунту.

3. Системи удобрення у сівозмінах Західного Полісся, розміщених на легких дерново-підзолистих ґрунтах повинні бути динамічними у часі та враховувати зміни родючості ґрунту і рівнів застосування органічних добрив. Не мають обмеження у часі ті системи удобрення, за яких на кожну тону якісних органічних добрив вноситься не більше 12-14 кг NPK мінеральних добрив, в тому числі 5-6 кг азоту.

Список використаної літератури

1. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур // П.О. Дмитренко, М.Л. Колобова, Б.С. Носко та ін.; За ред. П.О. Дмитренка – 4 вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1987. – 208 с.
2. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегій удобрення / За заг. ред. М.М. Городнього // Київ, 2004. – 140 с.
3. Нормативы выноса и коэффициенты использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почвы // ЦИНАО, М., 1989. – 110 с.
4. Котвицький Б.Б. Метод встановлення прямої дії мінеральних добрив в стаціонарних польових дослідях. / Б. Б. Котвицький //Методика, механізація, автоматизація та комп'ютеризація досліджень у землеробстві, рослинництві, садівництві та овочівництві/ Збірник наукових праць. Інститут цукрових буряків УААН. – Київ, 2007. – Вип.9. – С. 24-25.

5. Унанянц Т.П. Словарь-справочник по удобрениям / Т.П. Унанянц // М., Россельхозиздат, 1972. – С. 99.
6. Котвицький Б.Б. Моніторинг систем удобрення в сівозмінах західного Полісся / Б. Б. Котвицький // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – 2007. – Вип. №15. - С. 96-98.
7. Романова С.А. Вплив довготривалого застосування різних систем удобрення на гумусний стан та агрохімічні показники дерново-підзолистого ґрунту Західного Полісся України: Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук: 06.01.04/ Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». – Харків, 2010. – 24 с.
8. Котвицький Б.Б. Використання добрив /Б.Б. Котвицький, З.С. Барнаш // Рекомендації, які впливають з основних наслідків досліджень за 1981-1985 рр. – Луцьк, 1986. – С.3-7
9. Котвицький Б.Б. Ефективні системи удобрення у сівозмінах західних Полісся та Лісостепу України/ Б.Б. Котвицький. // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2007. – Вип. 49. – С. 76-88.
10. Білоненко Г.М., Івашина А.Д., Мирошніченко М.М. Зміна складу орґано-мінеральних колоїдів супіщаних ґрунтів України при різних прийомах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва // Агрохімія і ґрунтознавство. – 1993. – Випуск 56. – С. 36-45.

Стаття надійшла до редакції 05.12.2015

DIRECT ACTION OF MINERAL FERTILIZERS AND OPTIMUM LEVEL OF THEIR APPLICATION IN CROP ROTATIONS DEPENDING ON SODDY-PODSOLIC SOILS FERTILITY IN THE WESTERN POLISSYA

B.B. Kotvytskyi

Volhynia state agricultural experimental station of Institute agriculture of Western Polissya of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Lutsk, Ukraine
E-mail: voldsghs@gmail.com

With long-term stationary field research in crop rotations in Ukrainian Western Polissya using methods of division of experimental plots and nitrogen (^{15}N) of fertilizer it was defined direct action of fertilizers on crop rotation productivity; were calculated coefficients of nitrogen fertilizer use by winter rye and determined the effect of fertilizer systems on some properties of sod-podzolic sandy loam soil. According to the results of 40-year monitoring of different fertilizer systems, the optimal timing of their use in crop rotations were recommended.

Keywords: fertilizers, nitrogen, direct action, operating ratios, efficiency of crop rotations, soil properties, monitoring.

УДК 631.42:631.893:631.874.2

ВМІСТ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН У ҐРУНТІ ПІСЛЯ УДОБРЕНИХ СИДЕРАЛЬНИХ ПАРІВ

Г.М. Господаренко, О.Л. Лисянський

Уманський національний університет садівництва
E-mail: lysianskyi.sasha@gmail.com

Встановлено вплив різних сидеральних парів та різного удобрення сидеральних культур на вміст поживних речовин у чорноземі опідзоленому важкосуглинковому на лесі перед сівбою пшениці озимої. Для сидерації використовували буркун білий однорічний, гірчицю білу, редьку олійну, вику яру та гречку за таких варіантів удобрення: без добрив – контроль; N_{40} ; $\text{P}_{40}\text{K}_{40}$; $\text{N}_{40}\text{K}_{40}$; $\text{N}_{40}\text{P}_{40}$; $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$; $\text{N}_{80}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$. Показано, що до часу сівби пшениці озимої запаси поживних елементів, використаних із ґрунту на формування біомаси сидератів, загорнутої у ґрунт, відновлюються та перевищують показники чистого пару.

Ключові слова: сидеральний пар, чорнозем опідзолений, мінеральні добрива, чистий пар, поживний режим.

1. Вступ

Основне завдання удобрення – створити у кореневмісному шарі ґрунту сприятливі умови для перетворення недоступних речовин у доступні форми, нині стає неможливим через зменшення внесення мінеральних добрив і зведення застосування гною майже до нуля. Тому все більшої актуальності набуває пошук інших джерел органічних добрив, як альтернативи гною, які забезпечать оптимальне надходження до ґрунту біогенних

елементів і вирізнятимуться високою екологічністю та нижчими витратами [1]. Невисока природна забезпеченість чорноземів доступними поживними речовинами зумовлює високу ефективність добрив, яка посилюється з підвищенням культури землеробства та ступеня зволоженості ґрунту [2].

Азот, використаний сидератами для створення біомаси, із ґрунту не вилучається, і після їх заорювання знову йде на поповнення вмісту органічної речовини і азотного фонду ґрунту подібно азотному балансу цілинних ґрунтів [3, с. 35].

Мета досліджень – встановити вплив перерозподілу норми мінеральних добрив у часі в ланці сидеральний пар–пшениця озима на вміст поживних речовин у ґрунті на час сівби пшениці.

2. Об'єкти і методи досліджень

Польові дослідження проводили в умовах дослідного поля Уманського національного університету садівництва на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому на лесі з такими вихідними характеристиками: вміст гумусу (за ДСТУ 4289 : 2004) – підвищений, вміст азоту лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – низький, рухомих сполук фосфору та калію (за модифікованим методом Чирикова. ДСТУ 4115 : 2002) – підвищений, реакція ґрунтового розчину (за ДСТУ ISO 10390 : 2007) – слабокисла. Посівна площа дослідної ділянки 36 м², облікова – 25 м². Розміщення ділянок послідовне, повторність дослідів – триразова.

Для сидерації використовували буркун білий сорту “Донецький однорічний” з нормою висіву насіння 20 кг/га, гірчицю білу “Ослава” – 20, редьку олійну “Журавка” – 20, вику яру “Єлізавета” – 150 і гречку “Антарія” – 150 кг/га. Такий вибір сидеральних культур обґрунтовано належністю їх до різних біологічних груп з відповідно різним впливом на поживний режим та вологість ґрунту, а отже, і врожайність наступної культури. Сидерати також дають можливість розширити сівозміну, збільшити її біорізноманіття та розірвати, за необхідності, зернову ланку.

Норму внесення добрив під пшеницю озиму (N₈₀P₆₀K₆₀), згідно зі схемою дослідів, ділили на дві частини, одну з яких вносили під сидеральну культуру (табл. 1). Попередником сидератів також була пшениця озима, після якої проводили зяблеву оранку на глибину 22–24 см із внесенням фосфорних і калійних добрив. Азотні добрива вносили перед сівбою сидератів під передпосівну культивування.

Мінеральні добрива застосовували у таких формах: аміачна селітра (ДСТУ 7370 :

Таблиця 1

Схема дослідів з перерозподілу норми мінеральних добрив (N₈₀P₆₀K₆₀) у часі в ланці «сидеральний пар – пшениця озима»

Варіант	Внесено мінеральних добрив			
	під сидерат		під пшеницю озиму	
	восени (1-й рік)	навесні (2-й рік)	восени (2-й рік)	навесні (3-й рік)
1: N	0	0	0	80
P	0	0	60	0
K	0	0	60	0
2: N	0	40	0	40
P	0	0	60	0
K	0	0	60	0
3: N	0	0	0	80
P	40	0	20	0
K	40	0	20	0
4: N	0	40	0	40
P	0	0	60	0
K	40	0	20	0
5: N	0	40	0	40
P	40	0	20	0
K	0	0	60	0
6: N	0	40	0	40
P	40	0	20	0
K	40	0	20	0
7: N	0	80	0	0
P	40	0	20	0
K	40	0	20	0

2013); суперфосфат гранульований (ГОСТ 5956–78); калій хлористий (ГОСТ 4568–95).

Сівбу сидератів проводили в кінці березня – середині травня, залежно від видових особливостей дослідних культур – звичайним рядковим способом сівалкою СЗТ–3,6.

Сидерати, після подрібнення зеленої маси мульчувальником МР–2,7, загортали в ґрунт оранкою на глибину 25–27 см за настання фази початку цвітіння буркуну білого, цвітіння-плодоутворення гречки, цвітіння-початку утворення бобів вики ярої.

Після проростання бур'янів проводили культивування парів на глибину 6–8 см.

Восени, перед сівбою пшениці озимої, до внесення компенсувальних доз добрив, згідно зі схемою досліджу, визначали вміст у ґрунті нітратного (N-NO_3) та амонійного (N-NH_4) азоту за ДСТУ 4729 : 2007 та рухомих сполук фосфору і калію модифікованим методом Чирикова, згідно з ДСТУ 4115 : 2002, в шарах ґрунту 0–20 та 20–40 см.

Від загортання сидератів до сівби пшениці озимої в середньому протягом трьох років досліджень випадало 70,0–183,5 мм атмосферних опадів (за даними метеостанції «Умань»).

3. Аналіз результатів досліджень

3.1. Азот

Як видно з даних табл. 2, вміст нітратного азоту у шарі 0–20 см був більшим, ніж у підорному шарі. Це пояснюється інтенсивнішими мінералізаційними процесами у верхньому шарі ґрунту, через те, що до нього було внесено свіжу надземну масу сидератів з вузьким співвідношенням $\text{C} : \text{N}$, у той час як у шарі 20–40 см містилися, переважно, кореневі рештки з ширшим, ніж у надземній масі азотно-вуглецевим співвідношенням.

Таблиця 2

Вміст N-NO_3^- (над рискою) і N-NH_4^+ (під рискою) у ґрунті після різноудобрених сидеральних парів перед сівбою пшениці озимої, 2013–2015 рр.

Варіант удобрення сидератів	Шар ґрунту, см	Чистий пар	Сидеральна культура				
			буркун білий	гірчиця біла	редька олійна	вика яра	гречка
			вміст азоту мінеральних сполук, мг/кг				
1 Без добрив (контроль)	0–20	<u>9,1</u> 18,6	<u>11,1</u> 21,8	<u>10,2</u> 19,9	<u>10,5</u> 19,4	<u>11,2</u> 21,0	<u>10,2</u> 21,6
	20–40	<u>8,3</u> 17,3	<u>8,4</u> 21,4	<u>7,4</u> 20,7	<u>7,6</u> 20,4	<u>8,2</u> 20,9	<u>7,1</u> 17,9
2 N_{40}	0–20	–	<u>11,6</u> 23,7	<u>10,7</u> 20,2	<u>11,1</u> 19,9	<u>11,9</u> 23,1	<u>10,7</u> 22,5
	20–40	–	<u>9,1</u> 21,8	<u>8,2</u> 20,9	<u>8,4</u> 20,7	<u>9,1</u> 21,6	<u>7,8</u> 19,2
3 $\text{P}_{40}\text{K}_{40}$	0–20	–	<u>11,2</u> 22,6	<u>10,2</u> 20,1	<u>10,6</u> 19,5	<u>11,4</u> 22,2	<u>10,3</u> 21,5
	20–40	–	<u>9,6</u> 22,2	<u>8,5</u> 21,8	<u>8,8</u> 21,3	<u>9,5</u> 22,2	<u>8,2</u> 19,3
4 $\text{N}_{40}\text{K}_{40}$	0–20	–	<u>11,6</u> 24,0	<u>10,8</u> 20,9	<u>11,1</u> 20,1	<u>11,9</u> 23,5	<u>10,7</u> 22,7
	20–40	–	<u>9,2</u> 22,0	<u>8,3</u> 21,3	<u>8,5</u> 20,7	<u>9,3</u> 21,3	<u>8,1</u> 19,6
5 $\text{N}_{40}\text{P}_{40}$	0–20	–	<u>11,7</u> 24,7	<u>10,9</u> 21,2	<u>11,2</u> 20,2	<u>12,0</u> 24,1	<u>10,7</u> 22,7
	20–40	–	<u>9,1</u> 22,4	<u>8,2</u> 21,2	<u>8,4</u> 21,0	<u>9,1</u> 21,9	<u>8,1</u> 20,2
6 $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_4$ 0	0–20	–	<u>11,9</u> 25,3	<u>11,1</u> 21,8	<u>11,4</u> 20,7	<u>12,1</u> 24,3	<u>10,8</u> 23,2
	20–40	–	<u>9,2</u> 22,6	<u>8,3</u> 21,0	<u>8,5</u> 20,8	<u>9,2</u> 21,9	<u>8,2</u> 20,6
7 $\text{N}_{80}\text{P}_{40}\text{K}_4$ 0	0–20	–	<u>13,5</u> 26,7	<u>12,7</u> 22,8	<u>13,0</u> 21,8	<u>13,7</u> 25,5	<u>12,4</u> 24,1
	20–40	–	<u>9,4</u> 22,6	<u>8,5</u> 21,4	<u>8,7</u> 21,2	<u>9,4</u> 21,9	<u>8,5</u> 20,7
HIP_{05}	2013 р.		<u>0,6/1,1</u> 0,4/1,0	<u>0,5/0,9</u> 0,3/0,9	<u>0,5/0,9</u> 0,3/0,9	<u>0,6/1,1</u> 0,4/1,0	<u>0,5/1,1</u> 0,4/0,9
	2014 р.		<u>0,6/1,0</u> 0,3/0,9	<u>0,5/1,0</u> 0,4/1,0	<u>0,6/1,0</u> 0,4/0,9	<u>0,6/1,0</u> 0,4/1,0	<u>0,5/1,1</u> 0,4/1,0
	2015 р.		<u>0,6/1,1</u> 0,4/1,0	<u>0,5/1,0</u> 0,4/0,9	<u>0,5/0,9</u> 0,3/0,9	<u>0,6/1,0</u> 0,4/0,9	<u>0,6/1,0</u> 0,3/0,9

Примітка. HIP_{05} – у шарі ґрунту 0–20 см / 20–40 см

Застосування мінеральних добрив у сидеральних парах збільшувало вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0–20 см порівняно з неудобреним ґрунтом. Так, у варіанті

N_{40} після буркуну білого, гірчиці білої, редьки олійної і гречки виявлено зростання на 5 %, а вики ярої – на 6 %. За внесення лише фосфорних і калійних добрив ($P_{40}K_{40}$) ефекту не помітили, тоді як поєднанням калійних або фосфорних туків з азотними забезпечено істотне збільшення вмісту нітратного азоту в ґрунті. У варіанті досліду із застосуванням подвійної дози азотних добрив на фосфорно-калійному фоні ($N_{80}P_{40}K_{40}$) у середньому за три роки констатовано найістотніше (22–25 %) збільшення вмісту нітратного азоту в ґрунті після різних сидератів. У шарі 20–40 см зростання вмісту нітратного азоту було помітним лише на високо удобрених варіантах.

Внесення мінеральних добрив під сидерати збільшувало також вміст амонійного азоту в ґрунті як в орному, так і в підорному шарах. Особливості просторового розподілу концентрації амонійного азоту у профілі залежать від культури. У ґрунті після капустяних культур вміст амонійного азоту в шарі 20–40 см був більшим, або приблизно таким самим, як і в шарі 0–20 см. Для решти сидератів цей показник був вищим у верхньому шарі ґрунту. В іншому досліді, у рік дії сидератів більш високим був вміст азоту амонійних сполук у підорному шарі ґрунту [4].

З результатів досліджень видно, що за чистого пару створюються більш сприятливі умови мінералізації органічних речовин, водночас вміст нітратного та амонійного азоту в досліджуваних шарах ґрунту був меншим ніж після сидеральних парів. Це можна пояснити міграцією нітратного азоту вниз по профілю ґрунту. Сидерати ж, використовуючи азот для потреб росту і розвитку, цьому запобігають, а після загортання їх у ґрунт поступово вивільнюють цей елемент живлення. Отже, до часу сівби пшениці озимої вміст нітратного та амонійного азоту на ділянках сидерального пару відновлюється та навіть перевищує показники чистого пару.

Сумарна величина вмісту нітратного й амонійного азоту є надійним показником забезпеченості ґрунту азотом. Вона дає повніше уявлення про кількість азоту мінеральних сполук і може використовуватися для агрохімічної оцінки ґрунтів [4]. В середньому за три роки досліджень сумарний запас мінерального азоту в ґрунті після різноудобрених сидеральних парів перед сівою пшениці озимої був вищим, ніж за умов чистого пару (табл. 3).

У варіанті досліду без застосування мінеральних добрив запаси мінерального азоту в шарі ґрунту 0–40 см становили 143–158 кг/га залежно від сидеральної культури. Внесення азотних, фосфорних і калійних добрив у дозі по 40 кг/га д. р. підвищувало запаси мінерального азоту, відповідно на 5–11 кг/га, 2–6 та 1–3 кг/га порівняно з контролем залежно від культури. Застосування N_{40} на тлі $P_{40}K_{40}$ зумовлювало збільшення запасів мінерального азоту на 8–14 кг/га або 5–9 %, залежно від виду сидерального пару, порівняно з варіантом без добрив. Підвищення дози добрив до N_{80} на тлі $P_{40}K_{40}$ сприяло додатковому накопиченню 8 кг/га мінерального азоту порівняно з варіантом $N_{40}P_{40}K_{40}$. При цьому запаси мінерального азоту після удобрених сидеральних парів були на 7–35 % вищими, ніж за чистого пару. Це обумовлено інтенсивнішою діяльністю ґрунтової біоти, яка сприяє утворенню азотних мінеральних форм, завдяки кращому утримуванию вологи та вищому вмісту органічних речовин за сидерації. Досліди з міченим азотом (^{15}N) показали, що в перший рік після загортання сидератів у чорноземних ґрунтах закріплюється 62 % азоту зеленої маси і лише 37 % азоту мінерального добрива [5].

Таблиця 3

Запас азоту мінеральних сполук ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) в шарі ґрунту 0–40 см після різноудобрених сидеральних парів перед сівою пшениці озимої, 2013–2015 рр.

Варіант удобрення сидератів	Чистий пар	Сидеральна культура				
		буркун білий	гірчиця біла	редька олійна	вика яра	гречка
		запаси азоту мінеральних сполук, кг/га				
1 Без добрив (контроль)	134	158	146	145	154	143
2 N_{40}	—	166	151	151	165	151
3 $P_{40}K_{40}$	—	159	147	146	158	144
4 $N_{40}K_{40}$	—	167	154	151	166	153
5 $N_{40}P_{40}$	—	170	155	153	169	155
6 $N_{40}P_{40}K_{40}$	—	173	156	154	169	157
7 $N_{80}P_{40}K_{40}$	—	181	164	162	177	165

3.2. Фосфор

Формування сприятливого для розвитку рослин фосфатного режиму ґрунту – одна з передумов ефективного застосування добрив [6]. На думку Б. С. Носка [7], досягнення забезпеченості ґрунту рухомими фосфатами на рівні 140–160 мг/кг та утримання цієї рівноваги упродовж тривалого часу є агрохімічним фундаментом стабільного і високопродуктивного вирощування культур. Застосовуючи сидерати, можна підвищити кількість рухомих фосфатів в орному і підорному шарах ґрунту упродовж не менше 3–4 років після їх заорювання [8].

Результати визначень вмісту рухомих сполук фосфору в середньому за три роки перед сівбою пшениці озимої наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Вміст рухомих сполук фосфору (P_2O_5) у ґрунті після різноудобрених сидеральних парів перед сівбою пшениці озимої, 2013–2015 рр.

Варіант удобрення сидератів	Чистий пар	Сидеральна культура				
		буркун білий	гірчиця біла	редька олійна	вика яра	гречка
		вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг				
1 Без добрив (контроль)	$\frac{119}{86}$	$\frac{126}{92}$	$\frac{125}{89}$	$\frac{124}{89}$	$\frac{124}{90}$	$\frac{128}{93}$
2 N_{40}	–//–	$\frac{127}{92}$	$\frac{125}{90}$	$\frac{124}{89}$	$\frac{125}{90}$	$\frac{128}{93}$
3 $P_{40}K_{40}$	–//–	$\frac{132}{97}$	$\frac{129}{94}$	$\frac{128}{93}$	$\frac{130}{95}$	$\frac{133}{98}$
4 $N_{40}K_{40}$	–//–	$\frac{127}{92}$	$\frac{126}{90}$	$\frac{124}{89}$	$\frac{125}{90}$	$\frac{129}{94}$
5 $N_{40}P_{40}$	–//–	$\frac{132}{97}$	$\frac{130}{95}$	$\frac{128}{93}$	$\frac{130}{95}$	$\frac{134}{99}$
6 $N_{40}P_{40}K_{40}$	–//–	$\frac{133}{98}$	$\frac{130}{95}$	$\frac{129}{94}$	$\frac{130}{95}$	$\frac{135}{100}$
7 $N_{80}P_{40}K_{40}$	–//–	$\frac{133}{98}$	$\frac{131}{96}$	$\frac{129}{94}$	$\frac{131}{96}$	$\frac{135}{101}$
HIP_{05}	2013 р.	$\frac{7}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{6}{5}$
	2014 р.	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{7}{5}$
	2015 р.	$\frac{6}{4}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{6}{4}$

Примітка. Над рискою – вміст у шарі ґрунту 0–20 см, під рискою – 20–40 см

Так, перед сівбою пшениці озимої вміст рухомих сполук фосфору в шарі ґрунту 0–20 см у середньому за три роки, порівняно з чистим паром, збільшувався на 5–16 мг/кг ґрунту залежно від культури та удобрення. Найменший приріст (на 4–8 %) помічено у варіанті без добрив. Внесення лише азотних (40 кг/га д. р.) та сукупне внесення фосфорних і калійних ($P_{40}K_{40}$) та азотних і калійних ($N_{40}K_{40}$) добрив зумовлювало вміст рухомих фосфатів на рівні 124–133 мг/кг ґрунту. Найбільший вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті (129–135 мг/кг) виявлено за внесення мінеральних добрив у дозах $N_{40}P_{40}K_{40}$ та $N_{80}P_{40}K_{40}$, або ж на 8–13 % більше порівняно з чистим паром. Варіант внесення азотних і фосфорних добрив ($N_{40}P_{40}$) не поступався варіантам застосування повного мінерального добрива за досліджуваним показником. Це очевидно так само зумовлено посиленням процесів мінералізації органічних сполук у ґрунті чистого пару, а також поглинанням і підтягуванням фосфатів коренями сидератів з нижніх горизонтів.

Застосування мінеральних добрив у сидеральних парах підвищувало вміст рухомих сполук фосфору в орному шарі ґрунту на 3–6 % порівняно з контролем (без

добрив). Відмічено, також що вміст рухомих сполук фосфору в орному шарі був вищим, ніж у шарі 20–40 см на всіх варіантах.

За умов замкненого кругообігу калію, як то в цілинних ґрунтах, у процесі їх генезису відбувається постійне перенесення його з материнської породи в гумусовану частину профілю завдяки засвоєнню кореневою системою рослин [9]. Аналогічна закономірність проявляється і в наших дослідженнях (табл. 5).

3.3. Калій

Вміст рухомих сполук калію в ґрунті після парів змінювався залежно від виду сидератів та їх удобрення. Так, найменші значення досліджуваного показника в шарах ґрунту 0–20 та 20–40 см констатували у варіантах без добрив (контроль) та N_{40} – 122–131 мг/кг. Застосування азотних і фосфорних добрив ($N_{40}P_{40}$) істотно не поліпшувало цей показник у шарі ґрунту 0–20 см. За внесення азотних і калійних туків та фосфорних і калійних у дозі по 40 кг/га д. р. вміст рухомих сполук калію збільшувався на 6–7 %. Варіанти із застосуванням повного мінерального добрива $N_{40}P_{40}K_{40}$ та $N_{80}P_{40}K_{40}$ підвищували вміст рухомих сполук калію на 7–10 %. При цьому його вміст у шарі 0–20 см був на 8–17 % вищим, ніж за чистого пару.

Таблиця 5

Вміст рухомих сполук калію (K_2O) в ґрунті після різноудобрених сидеральних парів перед сівбою пшениці озимої, 2013–2015 рр.

Варіант удобрення сидератів	Чистий пар	Сидеральна культура				
		буркун білий	гірчиця біла	редька олійна	вика яра	гречка
		вміст рухомих сполук калію, мг/кг				
1 Без добрив (контроль)	<u>121</u> 96	<u>123</u> 109	<u>126</u> 112	<u>124</u> 110	<u>122</u> 108	<u>129</u> 115
2 N_{40}	—	<u>124</u> 110	<u>127</u> 113	<u>125</u> 111	<u>124</u> 110	<u>131</u> 117
3 $P_{40}K_{40}$	—	<u>131</u> 117	<u>133</u> 119	<u>131</u> 117	<u>131</u> 117	<u>137</u> 123
4 $N_{40}K_{40}$	—	<u>130</u> 116	<u>134</u> 120	<u>131</u> 117	<u>130</u> 116	<u>138</u> 124
5 $N_{40}P_{40}$	—	<u>126</u> 112	<u>130</u> 116	<u>127</u> 113	<u>126</u> 112	<u>135</u> 121
6 $N_{40}P_{40}K_{40}$	—	<u>133</u> 119	<u>137</u> 123	<u>133</u> 119	<u>131</u> 117	<u>142</u> 128
7 $N_{80}P_{40}K_{40}$	—	<u>133</u> 119	<u>137</u> 123	<u>133</u> 119	<u>132</u> 118	<u>141</u> 127
<i>2013 р.</i>		<u>6</u> 5	<u>6</u> 6	<u>6</u> 6	<u>6</u> 5	<u>6</u> 6
<i>2014 р.</i>		<u>6</u> 6	<u>7</u> 6	<u>7</u> 7	<u>6</u> 5	<u>7</u> 7
<i>2015 р.</i>		<u>6</u> 5	<u>6</u> 6	<u>6</u> 6	<u>6</u> 4	<u>6</u> 6

Примітка. Над рискою вміст у шарі ґрунту 0–20 см, під рискою – 20–40 см

Аналогічні закономірності впливу особливостей удобрення на вміст рухомих сполук калію після сидеральних парів було помічено і в підорному шарі ґрунту за показника 110–127 мг/кг залежно від видів і доз мінеральних добрив і сидератів. Поряд з цим вміст рухомих сполук калію в шарі ґрунту 20–40 см після сидеральних парів був на 13–33 % вищим, ніж за чистого пару.

4. Висновок

До часу сіви пшениці озимої запаси поживних елементів, використаних із ґрунту на формування біомаси сидератів, на ділянках загортання зеленої маси сидеральних культур відновлюються і перевищують показники чистого пару. Виявлено, що для накопичення запасів азоту мінеральних сполук у ґрунті найліпшим сидератом, за вирощування без добрив, є буркун білий однорічний, а для збільшення вмісту рухомих

сполук фосфору та калію – гречка. Така ж закономірність простежувалася і за внесення мінеральних добрив. При цьому найбільше поживних речовин у ґрунті перед сівбою пшениці озимої накопичується за внесення всієї норми добрив ($N_{80}P_{40}K_{40}$) безпосередньо під сидерат, або лише її частини – $N_{40}P_{40}K_{40}$ або $N_{40}P_{40}$.

Список використаної літератури

1. Польовий В. М. Вміст мінерального азоту в ґрунті та продуктивність буряків цукрових залежно від систем удобрення / В. М. Польовий, О. В. Шевчук // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». – 2013. – Вип. 11 (26). – С. 218–221.
2. Христенко А. А. К вопросу о плодородии черноземных почв / А. А. Христенко // Агрохимия і ґрунтознавство. – 2010. – Спеціальний випуск. – Книга 3. – С. 292–294.
3. Носко Б. С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроекосистемах / Б. С. Носко. – Х.: Міськдрук, 2013. – 130 с.
4. Дёмина И. В. Оценка сельскохозяйственных культур, рассматриваемых в качестве сидератов, и их влияние на элементы плодородия черноземов выщелоченных в условиях умеренно-засушливой и колочной степи Алтайского Приобья: автореф. дис. на соискание уч. степени кандид. с.-х. наук: спец. 06.01.04 «Агрохимия» / Дёмина Ирина Владимировна. – Барнаул, 2009. – 23 с.
5. Зеленое удобрение на черноземе выщелоченном Лесостепи Правобережья среднего Поволжья / Т.Б. Лебедева, С.М. Надежкин, Е.В. Надежкина, Ю.В. Корягин // Агрохимия. – 1998. – № 3. – С. 38–44.
6. Іваніна В.В. Заходи біологізації у формуванні фосфатного режиму чорнозему типового / В.В. Іваніна, Н.К. Шиманська, Г.М. Мазур // Вісник аграрної науки. – 2013. – № 12. – С. 21–24.
7. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив / Б.С. Носко. – К.: Урожай, 1990. – 224 с.
8. Гиззатуллин С.Г. Влияние зеленого удобрения на агрохимические свойства песчаных и супесчаных почв и урожай сельскохозяйственных культур в Лесостепной зоне Башкирии: автореф. дис. на соискание уч. степени кандид. с.-х. наук / С. Г. Гиззатуллин. – Иваново, 1965. – 24 с.
9. Носко Б.С. Агрогенна еволюція калійного фонду ґрунтів / Б.С. Носко // Агрохимия і ґрунтознавство. Між. темат. наук. зб. Спец. вип.. Книга 1. Пленарні доповіді. – Х.: ТОВ «Смугаста типографія», 2014. – С. 115–120.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2016

CONTENT OF NUTRIENTS IN THE SOIL AFTER FERTILIZED GREEN-MANURED FALLOWS

G.M. Hospodarenko, O.L. Lysianskyi

Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

E-mail: lysianskyi.sasha@gmail.com

The content of nutrients in chernozem podzolized loamy on loess after various green-manured fallows and fertilizing before sowing winter wheat is studied. For green manuring white sweet clover, white mustard, oil radish, spring vetch and buckwheat in such variants of fertilizing are used: without fertilizers – control; N_{40} ; $P_{40}K_{40}$; $N_{40}P_{40}$; $N_{40}P_{40}K_{40}$; $N_{80}P_{40}K_{40}$. It is proved that before time of winter wheat sowing reserves of nutrients used from the soil for forming green manure biomass in plots with making green-manured fallow are restored and higher than complete fallow.

Keywords: green-manured fallow, chernozem podzolized, mineral fertilizers, complete fallow, nutritious mode.

ІСТОРІЯ НАУКИ HISTORY OF SCIENCE

УДК 631.452

ВКЛАД ЛЕСОВОДОВ В ОБОСНОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМНОГО СТРОЕНИЯ ПРИРОДЫ И ВЫДЕЛЕНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ

Е.С. Мигунова

Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, Харьков, Украина

E-mail: migunova-l-s@yandex.ua

Кратко охарактеризованы разработки отечественных лесоводов-типологов в области изучения взаимосвязей леса и среды, приведены определения экосистем и их классификация. Обосновывается целесообразность разделения сельскохозяйственных земель на агроэкосистемы, подобные лесным экосистемам, с учетом не только типов почв, но и характера почвообразующих пород, рельефа, грунтовых вод. Земли внутри агроэкосистемы должны характеризоваться сходным уровнем плодородия.

Ключевые слова: агроэкосистемы, плодородие, трофность, увлажнение.

Введение

Одним из крупных достижений естественных наук последнего времени является обоснование экосистемного строения природы – наличия жесткой связи живой и неорганической ее составляющих, формирующих единства, получившие название *экосистем*. Считается, что эти положения первым сформулировал английский геоботаник А. Тэнсли [1]. Между тем понимание этой связи и более того, классификацию этих единств первыми разработали отечественные лесоводы.

В начале прошлого века глава российских лесоводов Г.Ф. Морозов по материалам собранных лесоустроителями в северных районах России народных знаний о природе леса, сформулировал основные положения *учения о типах насаждений* как единствах леса и его среды [2], получившее позже название *лесной типологии*. В его основу заложен народный постулат *«каков грунт земли, таков и лес»*. «Необходим синтез. Необходимо уметь сразу смотреть и на лес, и на занятую им среду; такое обобщение давно уже живет в вековой мудрости народа, крылатыми словами отметившего *совокупность и территории, и ее лесного населения*, степень их соответствия друг другу, в таких терминах как *рамень, сурамень, суборь, согра* и т.д.» [3, с. 67; выделено нами, Е.М.].

Будучи горячим приверженцем идей В.В. Докучаева, Морозов попытался создать классификацию типов насаждений на базе генетических типов почв – *дубравы на серых, темно-серых лесных почвах, солонцах* и др. [4] Однако эта попытка успехом не увенчалась – насаждения, сходные по составу и продуктивности, нередко оказывались на разных типах почв и наоборот.

Крупный деятель лесохозяйственного производства России того периода А.А. Крюденер, многие годы собиравший народные природоведческие знания [5], выделил *три фактора – климат, почвогрунт и растительное сообщество, которые, «будучи связаны вместе, дают нам понятие о типе насаждения»* [6, с. 23], дав таким образом на примере леса на 20 лет раньше Тэнсли определение экосистемы. При этом если А. Тэнсли в своем определении экосистем только зафиксировал наличие в природе тесной связи между ее живыми и неорганическими составляющими, то Крюденер назвал три главных фактора, формирующие эти единства.

Тип насаждения – элементарная ячейка природы, по своему объему аналогичная экосистеме (биогеоценозу) ботаников и геосистеме (фации) географов, но имеющая в отличие от них достаточно объективные критерии выделения. К разным типам относят относительно однородные внутри себя участки насаждений, различающиеся либо составом и структурой коренных древостоев (появлением или выпадением древесных

пород, обладающих разной требовательностью к условиям среды, их переходом из подчиненных ярусов в верхний полог и наоборот), либо продуктивностью (как правило, на один класс бонитета). Поскольку климат на Земле изменяется постепенно, а почвенно-грунтовые условия отличаются значительным разнообразием в пределах относительно небольших территорий, границы типов насаждений, как правило, обуславливают почвогрунты – почвы, в связи с рельефом и почвообразующими породами.

Следуя народному опыту разделения разных участков леса, Крюденер, создавая классификацию типов насаждений, положил в ее основу *плодородие земель*, разместив их в таблице по *нарастанию увлажнения почвогрунтов*, которое он оценивал по положению в рельефе и видовому составу травяного и мохового покровов (15 групп) и *их богатства пищей*, увязывая его с утяжелением их гранулометрического состава (7 групп). При этом, признавая полную обусловленность растительности абиотической средой, Крюденер подразделил почвогрунты на типы не по присущим им самим свойствам, как это общепринято, а по изменению состава и продуктивности (типа) насаждений на них, определяемых пределами толерантности к тем или другим свойствам почв входящих в их состав видов растений. Этот прием *позволил объединить среду и приуроченный к ней древостой в один тип, дать им единый объем*, отражающий экосистемную сущность их взаимосвязей. Соответственно он и назвал типы почвогрунтов и приуроченные к ним леса по двум параметрам – сухие боры, свежие субори, влажные рамени, а также использовал для них многие народные названия. При этом название типа леса совмещено со шкалой богатства почв пищей (бор, рамень), так как именно количество элементов питания в почвогрунтах определяет *состав*, а значит и *тип насаждений*.

Это совершенно новый принцип классификации – *единая сопряженная классификация* разных природных объектов – почвогрунтов и приуроченных к ним лесных насаждений. В монографии «*Основы классификации типов насаждений*» [6], в которой опубликована эта классификация, ей предпослано также первое лесорастительное районирование Европейской России. К сожалению, после эмиграции Крюденера в 1918 г. его классификация была заменена ботанической классификацией В.Н. Сукачева (сосняки-черничники, ельники-беломошники и др.), не увязанной со средой [7].

Вклад украинских лесоводов

Благодаря усилиям Е.В. Алексеева [8] и Г.Н. Высоцкого разработки А.А. Крюденера возродились в Украине. Ученик Высоцкого П.С. Погребняк [9], взяв за основу центральный фрагмент классификационной таблицы Крюденера создал *эдафическую сетку* (от греч. *edaphus* – почва, земля) в координатах трофности (богатства пищей) и влажности почвогрунтов. Эти их характеристики, в связи с наличием в лесах естественной растительности, оцениваются украинскими типологами *методом фитоиндикации* – по преобладанию растений разной экологии – олиго-, мезо- или мегатрофов, ксеро-, мезо- или гигрофитов [10,11].

Погребняком было обосновано подразделение шкалы химического плодородия почв или шкалы трофности эдафической сетки (Т) на четыре трофотопы, в зависимости от преобладания в составе всех ярусов лесной растительности видов с разной требовательностью к условиям почвенного питания, а именно: *А. Бедные (боры)*, при господстве олиготрофов, *В. Относительно бедные (субори)*, при появлении в насаждениях олиготрофов второго яруса мезотрофов, *С. Относительно богатые (судубравы)*, при наличии в подчиненных ярусах насаждений из олиго- и мезотрофов мегатрофов, и *Д. Богатые (дубравы)*, при отсутствии олиготрофов и преобладании мегатрофов. В дальнейшем за последними типами закрепились названия *сузрудков* (С) и *грудов* (D), объединяющие леса из требовательных древесных пород на относительно богатых и богатых землях в разных природных зонах.

Ряд увлажнения эдафической сетки (Г) подразделен на *шесть гигротопов* (от 0 – очень сухого до 5 – мокрого, болотного), в зависимости от соотношения в составе насаждений и развития ксеро-, мезо- и гигрофитов. Сочетание трофо- и гигротопы в системе координат образует *эдапот* или *тип местообитания* (ТМ), характеризующийся строго определенным уровнем плодородия, соответствующим приуроченному к нему типу леса: А₁ – сухой бор или сухой бедный, D₃ – влажный груд или богатый влажный (рис.).

Очень важно, что в эдсетке представлены все основные типы земель, с которыми связано разнообразие лесов разных зон. Кроме этих *основных типов* выделяются еще нелесопригодные земли (пустоши), переходные подтипы (бедноватые, влажноватые и др.), варианты и морфы типов (поемные, карбонатные, на плотных породах), а в засушливых районах еще и засоленные земли (типы Е, F, G, H [12]).

Выделяемые в эдафической сетке типы – бедные и богатые, сухие и влажные – имеются в разных зонах, различается лишь их площадь. П.С. Погребняк [11] первым указал на необходимость составления отдельных эдафических сеток для разных зон. Но, к сожалению, до сих пор не стало общепризнанным очень важное положение о том, что эта основная классификационная модель лесной типологии систематизирует *внутризональное разнообразие* лесов. В ней не учитывается роль климата, в частности тепла, а тот факт, что почвогрунты определяют разнообразие лесов только внутри однородного по климату региона не может вызывать сомнений.

Типы леса		А. Боры	В. Субори	С. Сугрудки	Д. Груды*)
Типы местообитаний – эдаготипы		Подтипы богатства – трофотипы			
		Бедные	Относительно бедные	Относительно богатые	Богатые
Подтипы влажности – пиротипы	0. Очень сухие	A ₀	B ₀	C ₀	D ₀
	1. Сухие	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
	2. Свежие	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂
	3. Влажные	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃
	4. Сырые	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄
	5. Мокрые	A ₅	B ₅	C ₅	D ₅

Рис.1. Модель сопряженной классификации внутризонального разнообразия лесов и их местообитаний – эдафическая (почвенно-грунтовая) сетка Крюденера-Погребняка (с дополнениями автора)

Примечание. Боры, субори, сугрудки, груды – типы леса, по которым выделены местообитания разной трофности

Наши многолетние исследования, проведенные в разных регионах быв. СССР [12,13] показали, что трофность почвогрунтов обуславливает содержание в них двух биоэлементов – *фосфора* и *калия*. При этом определяющее значение имеют не их содержание или запасы, а *наибольшие валовые количества в пределах корнеобитаемого слоя* (исключая недоступный растениям калий, заключенный в кристаллических решетках алюмосиликатов и не переходящий в вытяжку Гинзбург), из которых растения черпают эти элементы так же, как они черпают влагу из наиболее увлажненных слоев почвогрунта (табл.). Это особенно ярко выражено на песчаных землях, в которых весьма часты разной мощности суглинистые прослойки, существенно повышающие их трофность, что четко индицируется появлением мезотрофов.

В процессе исследований выявлена очень тесная связь между содержанием биоэлементов и гранулометрическим, а следовательно и химическим составом почв, поскольку размер зерен обусловлен их минеральным составом. При этом подтверждено, что внутри разных зон выделяется четыре основных типа местообитаний по их трофности, приуроченных к разным по обеспеченности биоэлементами типам поверхностных отложений (А – бедные, пески; В – относительно бедные, супеси; С – относительно богатые, супеси, подстилаемые суглинками; D – богатые, суглинки, глины) и шесть типов по увлажнению, в зависимости от положения в рельефе (0 – очень сухие, южные склоны, 5 – мокрые, западины).

Примечательно, что на протяжении XIX века во многих странах Западной Европы почвы разделяли на подобные четыре группы богатства – *ржаные* (песчаные), *овсяные* (суглинисто-песчаные), *ячменные* (песчано-суглинистые) и *пшеничные* (суглинистые). Это деление утратило силу лишь после того, как на пашне начали интенсивно вносить удобрения. Л.Г. Раменский с соавторами [14] те же четыре группы богатства выделил для лугов. В США основные классификационные единицы (почвенные серии) выделяют по почвообразующим породам с учетом их обеспеченности влагой и пищей, причем по влажности почвы подразделяют на шесть групп.

Позже Д.В. Воробьев и Д.Д. Лавриненко разработали классификационные модели типов климата в координатах тепла и атмосферных осадков [15] и теплоты и континентальности климата [16] с количественными параметрами этих климатических составляющих.

Таблица

Фитоиндикационная характеристика земель разной трофности и наибольшие количества P_2O_5 и K_2O (извлекаемые вытяжкой Гинзбурга), определяющие уровень обеспеченности почвогрунтов элементами минерального питания растений

Уровень трофности почвогрунтов	Состав растительности по экологическим группам	Содержание, % в корнедоступной зоне ¹⁾		Преобладающие почвообразующие породы
		P_2O_5	K_2O	
<i>А. Бедные (боровые)</i>	<i>Только олиготрофы</i> (сосна II-III кл. бон., вереск, толокнянка, брусника, зеленые мхи)	<0,02	<0,03	Кварцевые пески
<i>В. Относительно бедные (суборовые)</i>	<i>Олиготрофы с мезотрофами</i> в подчиненных ярусах (сосна I-II кл. бон., дуб, ель III-IV кл. бон., орляк, буквица, грушанка, земляника)	0,02-0,04	0,03-0,06	Полиминеральные и глинистые пески, элювий кислых пород
<i>С. Относительно богатые (сугрудковые)</i>	<i>Олиго- и мезотрофы, при наличии мега-трофов</i> в подчиненных ярусах (липа, клены, ильмовые, звездчатка, сныть, кислица, копытень)	0,04-0,06	0,06-0,80	Супеси, подстилаемые суглинками, двучленные отложения
<i>Д. Богатые (грудовые)</i>	<i>Мезо- и мегатрофы</i> (дуб, ель, ясень, бук); в подчиненных ярусах - только <i>мегатрофы</i> (сныть, копытень, ясенник, перелеска, кислица, будра, зеленчук). <i>Олиготрофов нет</i>	>0,06 ²⁾	>0,80 ²⁾	Лессовидные, моренные и другие суглинки и глины, элювий основных пород

¹⁾ исключая органогенные горизонты почв; ²⁾ по всему профилю

Созданные классификационные модели позволили привести в стройную систему все разнообразие лесов разных природных зон по их составу и продуктивности: от низкобонитетных чистых сосняков (боров) на сухих и заболоченных бедных песчаных землях через смешанные елово-сосновые на севере и дубово-сосновые на юге (субори), сосново-еловые и сосново-дубовые насаждения (сурамени и сугруды) на супесях и слоистых отложениях до наиболее высокопродуктивных лесов из требовательных древесных пород (рамени, груды) – на богатых суглинистых почвогрунтах разных природных зон, в зависимости от обеспеченности теплом и степени континентальности климата – дубравы в лесостепи, бучины в зоне широколиственных лесов, рамени в тайге.

Проведенные нами исследования показали, что координаты эдафической (почвенно-грунтовой) сетки (системы) – водо- и пищеобеспеченность местообитаний – интегрально отражают разнообразие *состава и строения (рельефа) поверхностных отложений*, а также *глубин залегания, режима и минерализации грунтовых вод*, обуславливающих разнообразие *растительности и почв* в пределах однородных по климату территорий или их *внутризональное разнообразие*. Богатство почв биоэлементами зависит от их исходного содержания в почвообразующих породах, от их химического (минерального) состава и в целом растет по мере утяжеления их механического состава, а также от минерализации грунтовых вод. Различия водообеспеченности почвогрунтов, при одинаковом количестве атмосферных осадков внутри зон, связаны с перераспределением влаги рельефом и механическим составом поверхностных отложений, определяющим их водно-физические свойства.

Значение плодородия среды

Выявленные факты вскрывают сущность основного принципа изучения природы, отличающего лесную типологию от других научных направлений. Лесотипологическая классификационная система основывается на учете основных *лимитированных на Земле экологических* (необходимых для жизни) *ресурсов*, разной обеспеченности ими среды. При этом особое значение имеет ресурс, находящийся в первом минимуме,

количество которого наиболее близко к пределу, за которым жизнь невозможна. Таких ресурсов всего три. Это *тепло, влага и пища*. Лесотипологическая климатическая сетка построена в координатах нарастания количеств тепла и атмосферных осадков, определяющих увлажнение надземной среды, эдафическая – по увеличению запасов пищи и доступной влаги в почвогрунтах. Как показали последующие наблюдения, эти факторы формируют и обуславливают все разнообразие природы Земли. Тепло в качестве ограничителя жизнедеятельности выступает в приполярных областях и на высокогорьях, элементы питания – на грунтах легкого гранулометрического состава, маломощных, выпавших землях и в тропических лесах. На остальной, преобладающей части суши Земли главным ресурсом, ограничивающим продуктивность биоты, является влага.

При размещении эдсеток отдельных регионов в глобальной климатической (географической) сетке создается сопряженная классификационная модель всех основных природных факторов. Координатами такой *эдафо-климатической сетки* являются главные *абиотические факторы* – *климат, поверхностные отложения и ґрунтовые воды*, их лимитирующие жизнь составляющие – тепло, влага и пища, зависимыми переменными – *биотические и биокосные* – *растительность, животные, почвы*.

Приведенные материалы свидетельствуют, что разработанный А.А. Крюденером принцип систематизации лесов по нарастанию плодородия их местообитаний основополагающий не только для лесной типологии, но в целом для понимания закономерностей взаимосвязей между живой и неорганической природой. Как утверждал В.В. Докучаев [17], эти взаимосвязи составляют *суть, ядро естествознания*. На передний план выдвигается роль почвенного покрова, в котором в процессе эволюции не только концентрируется все большая часть экологических ресурсов, но и создается целый комплекс свойств (гумусированность, оструктуренность и др.), значительно повышающих исходное потенциальное плодородие среды. Без этого современный уровень жизни был бы невозможен.

А потому с убедительностью выявляется необходимость учета промежуточных, *биокосных* тел, главным представителем которых являются почвы. Насыщенность их огромным количеством живых организмов – бактерий, простейших, живых и отмерших корней высших растений – делает почвы в определенной мере сходными с биотой. Это проявляется прежде всего в их жесткой обусловленности теми же абиотическими факторами – климатом и поверхностными отложениями, следствием чего является их горизонтальная и вертикальная зональность, подобная зональности высших растений. У типично неорганических тел, при наличии признаков влияния климата, зональность не выражена. Это определяет необходимость усиления внимания к данному классу тел – их инвентаризации, разносторонней характеристике, классификации и др. Понятие и термин «биокосный» были предложены В.И. Вернадским в 1926 г. при разработке им вопросов биогеохимии. Между тем Н.М. Сибирцев еще в 1895 г., в связи с насыщенностью почв живыми и отмершими организмами, продуктами их жизнедеятельности и разложения, назвал их *геобиологическими образованиями* [18, с. 280].

Об обусловленности растительности и почв одними и теми же ведущими абиотическими факторами – климатом (тепло, влага) и горными породами (пища) Г.Н. Высоцкий писал более 100 лет назад [19]. Однако это его положение осталось незамеченным. Между тем оно намечает прямой путь решения уравнения связи почв с факторами почвообразования. Его можно сформулировать следующим образом. Растительность и ее среда – почва – являются функцией Солнца и Земли: *климата* (количества и распределения по сезонам года тепла и влаги) и *поверхностных отложений, их состава* (наличия элементов питания) и *строения, рельефа*, перераспределяющего тепло, влагу и пищу. Время не является фактором почвообразования, так как фактор – это сила, действующая извне.

Основной принцип лесотипологической классификации – систематизация лесов по нарастанию обеспеченности их местообитаний элементами питания и влагой, то есть по плодородию, и сведение на основе фитоиндикации (по потребностям разных видов растений в этих ресурсах) всего многообразия лесных земель к весьма ограниченному количеству биологически равноценных типов местообитаний (4-х трофо- и 6-ти гигротопов, то есть не более 24-х главных типов в лесах разных природных зон) явились

мощным стимулом для того, чтобы эта классификация стала основой для организации всего лесохозяйственного производства Украины, где она принята. Все мероприятия здесь – от лесовозобновления до главных рубок – планируются и реализуются на типологической основе, с учетом потенциальной производительности земель разных типов леса. Эту ситуацию уже нельзя назвать «внедрением». Это выход на гораздо более высокий уровень, на положение *основной теоретической базы* лесохозяйственного производства, что несопоставимо с тем, как внедряются в производство разработки почвоведов.

Данное обстоятельство обусловлено тем, что на современном этапе отечественные почвоведы изучают почву как *особое природное тело*, уделяя главное внимание собственно почве, ее так называемым «внутренним» свойствам. Раньше почвы изучались как *среда, субстрат* или как «масса», в которой обитают корни растений, оценивая с позиции того, насколько этот субстрат благоприятствует росту растений. Крупнейшим представителем этого направления в России был П.А. Костычев, утверждавший, что предметом почвоведения является «*изучение свойств почв по отношению к жизни растений*» [20, с.9].

Как среда обитания почва выполняет три основных функции – служит местом укоренения, снабжает растения пищей и влагой. Очень важна также функция почв как глобального санитара, перерабатывающего все органические остатки и включающего высвобождающиеся соединения в систему малого биологического круговорота. Приемлемым изучением почв как среды обитания является закладка почвенных разрезов не на разных элементах рельефа или на том или другом расстоянии один от другого, а на участках с разным составом и продуктивностью растительности и выявление причин, обуславливающих различия этих характеристик.

При таком изучении с убедительностью выявляется определяющая роль почвообразующих пород, их гранулометрического состава во всех свойствах почв (что вполне естественно, так как почвы на 95-98 % из них состоят), и прежде всего в снабжении растений элементами питания, поскольку гранулометрический состав сопряжен с минеральным составом горных пород. Других источников элементов питания, кроме тех, которые исходно содержат разные типы поверхностных отложений, в природе нет. Гранулометрический состав определяет также водно-физические свойства почв, их водопроницаемость и влагоемкость, а потому жестко контролирует водный режим почв, их способность запасать и отдавать растениям влагу. В результате на первом месте оказывается *минеральный состав почв*, обусловленный исходными почвообразующими породами, а не *строение* их вертикального профиля, по которому определяются *генетические типы* почв.

Если почвы одного генетического типа приурочены к строго определенным природным зонам, то *аналогичные по плодородию* почвы, сформированные на породах того или другого гранулометрического состава, как и сами эти породы, имеются в разных зонах, при этом лессово- и покровно-суглинистые повсеместно наиболее производительны, кварцево-песчаные – наименее производительны. Именно поэтому лесотипологическими классификациями бедные и богатые земли, как и свежие и влажные (приуроченные к тем или другим элементам рельефа) выделяются в разных зонах.

Представленные материалы свидетельствуют о значительных различиях почв с позиции оценки их как природных тел и как среды обитания растений. Если почва как природное тело это «*функция материнских пород, климата и растительности, помноженных на время*» [17, с.262], то почва как среда обитания – «*это земля, способная к возвращению разнообразных растений*» [21, с.388] или, что то же самое, – *земля, обладающая плодородием*. В первом случае главным является морфология почв, определяющая их генетическую принадлежность, обусловленная прежде всего климатом, гидротермическими условиями. При оценке почв как среды обитания на первое место выходит их приуроченность к тем или другим горным породам, их минеральный состав, проявляющийся через механический состав.

Более 100 лет назад Н.М. Сибирцев [22] выдвинул в качестве основной задачи почвоведов единение учений о почве как природном теле и среде обитания растений. По его мнению, только вместе эти два раздела составляют *единое естественно-научное почвоведение*. Для такого единения необходимо прежде всего уравнивать по значению *строение и состав* почв – их *генетический тип и механический*, точнее

петрографический, состав, что выдающийся ученый и сделал в своей классификации 1895 года (приложенной к его «Почвоведению»), впервые названной им «генетической». Почвы в ней размещены в координатах *генетических типов* (принцип Докучаева) и *петрографических групп* – от глин до песков (принцип Костычева). К сожалению, этот исключительно совершенный классификационный прием не был почвоведом поддержан.

Если в начале XX века, уже после смерти наших классиков, господствующим было учение о почве как среде обитания (см. в «Почвоведении» материалы первых всероссийских совещаний почвоведов 1907-1908 гг.), то уже в середине 1920-х годов, кроме небольших школ В.Р. Вильямса в Москве и А.Н. Соколовского в Харькове, оно практически перестало существовать, и его позиции заняло изучение почв как природных тел. Повидимому единственными, кто в настоящее время продолжает оценивать почву как среду обитания растений, являются, сами того не подозревая, лесоводы-типологи школы Морозова-Крюденера. А.А. Крюденер использовал классификационный принцип в своей сопряженной классификации почвогрунтов и лесных насаждений. Шкалу петрографических групп Сибирцева он совместил со шкалой богатства почв элементами питания и сделал основной, так как именно уровень обеспеченности почв ими определяет *состав*, а значит и *тип насаждений*. Шкала генетических типов почв Сибирцева внутри относительно однородного по климату региона у Крюденера превращена в шкалу увлажнения. В результате *генетическая классификация почв Сибирцева стала одновременно и классификацией почв по их плодородию*. Разница в том, что классификация Сибирцева систематизирует зональное, а таблица Крюденера – внутризональное разнообразие почв и приуроченных к ним насаждений.

Агроэкосистемы

На заключительном этапе изучения почв как среды обитания целесообразно их объединение в *экосистемы* (при наличии естественной растительности) и *агроэкосистемы* (на пашне и др.). Последние должны соответствовать исходным экосистемам, биогеоценозам. Эти таксоны, при правильном выделении, представляют собой участки, однородные по плодородию и потому требующие сходных приемов хозяйствования, гораздо более экологически обоснованные, по сравнению с принятыми в настоящее время у почвоведов агропроизводственными группами почв. Экосистемой является и кочка на болоте, и Мировой океан. Но как классификационный таксон под экосистемой понимается чаще всего элементарная ячейка природы, однородная по основным природным факторам. Мы называем эту элементарную ячейку природы биоэкосистемой и определяем как однородный по плодородию (экологически однородный) участок суши или мелководья вместе со сформировавшимся на нем в процессе длительной эволюции биоценозам, строго соответствующим по своим экологическим потребностям уровню его плодородия и потому наиболее полно его использующим, самовосстанавливающимся после уничтожения стихийными и антропогенными факторами [13].

В связи с изложенным, мы хотели бы обратить внимание на тот момент, что при очень большом интересе почвоведов к вопросам экологии, главной экологической проблемой, как нам представляется, стал для них вопрос охраны почв от загрязнения. Между тем сформировавшееся в последние годы и получившее широкое распространение понимание *экологии как науки о среде и ее охране* – это прикладной аспект фундаментальной, академической науки *экологии*, оформившейся на рубеже XIX-XX веков и изучающей взаимосвязи организмов со средой их обитания.

Наиболее крупным отечественным экологом был Л.Г. Раменский, посвятивший многие годы напряженной работы изучению взаимосвязей растительности со средой, предложивший методы оценки среды по ее растительному покрову, для чего дал экологическую характеристику нескольких тысяч видов растений, прежде всего луговых. По Раменскому, главным является оценка среды с позиции ее пригодности для жизни. При этом ученый особо подчеркивал то, что поскольку все природные факторы тесно взаимосвязаны, экологически должны оцениваться не отдельно почвы, рельеф, грунты и др., а их единство, совокупность, какой является *земля, территория во всем*

разнообразии их характеристик. А.А. Крюденер определял этот комплекс термином *почвенно-грунтовые условия* [6]. У ботаников он определяется как *местообитание*.

Экологическая оценка территории по Раменскому [23] – это оценка свойственных ей факторов плодородия, это анализ территории с точки зрения удовлетворения ею потребностей растений, определение ее пригодности для тех или других культур, для тех или других видов хозяйственного использования. Высказанные идеи Раменский оформил в учение, названное им *типологией земель*. Все разработки его типологии оказались полностью аналогичными созданным украинскими типологами в развитие учения Морозова-Крюденера. Типы земель Раменского – это те агроэкосистемы, о которых идет речь в данной статье.

Сложность перехода от агрогрупп к агроэкосистемам состоит в том, что типологи выделяют лесные экосистемы по характеру естественной лесной растительности, отсутствующей на пашне. Однако при соответствующей разработке они могут выделяться и по составу и строению почв и грунтов. Богатство почв элементами питания весьма достоверно оценивается по механическому составу почвогрунтов. Увлажнение можно определять по положению в рельефе и глубине залегания грунтовых вод. Весьма точно оценивается оно генетическим типом почв, с учетом мощности и гумусированности почвенного профиля, наличия признаков оглеения и др. П.С. Погребняк [9] назвал генетический тип почв *мерой влажности типа леса*. Действительно, многолетние наблюдения дают основание утверждать, что морфологическое строение почвенного профиля, по которому определяется генетический тип почв, практически полностью обусловлено их водным режимом – количеством и перемещением водных масс. В горах, в частности в Карпатах, при сходном водном режиме – обильном увлажнении и отсутствии застоя влаги – на всех высотных поясах в дубовых, буковых, пихтовых, еловых и сосновых лесах формируется один тип почв – бурые лесные. В местах с периодическим застоем влаги в почвах возникают процессы оподзоливания и оглеения. Поэтому генетический тип служит весьма надежным маркером уровня увлажнения местообитаний. Определение типа местообитания возможно непосредственно в поле, а это дает ответы не только на вопросы о том, для каких культур он наиболее пригоден, но и какую их урожайность может обеспечить, и решает всю систему ведения хозяйства на нем.

Выделение на сельскохозяйственных землях агроэкосистем, типов земель, подобных лесным местообитаниям, с опорой не только на тип почв, но также на характер почвообразующих пород и рельеф – бедных и относительно бедных на песчаных и супесчаных землях, относительно богатых и богатых – на двучленных и суглинистых породах, нескольких категорий увлажнения (сухих, свежих, влажных), а также засоленных, переувлажненных, эродированных (при наличии таковых), – сразу однозначно решает вопросы подбора культур и особенностей агротехники их выращивания, что может стать таким же фундаментом для сельскохозяйственного производства, в первую очередь для земледелия, каким являются разработки лесных типологов для лесного хозяйства.

Отличительной особенностью лесотипологического принципа оценки земель является обязательный учет двух основных факторов плодородия – богатства элементами питания (трофности) и увлажнения. Весьма интересны определения Крюденера *потенциальной* производительности почв как богатых элементами питания, но недостаточно обеспеченных влагой, и *актуальной*, при наиболее гармоничном сочетании воды и воздуха [6].

Анализ массового материала сопряженного изучения растительности и почв, собранного на территории от Бреста до Якутска, показал, что связь гранулометрического состава почв с содержанием в них фосфора и калия весьма устойчива [12]. Поэтому мы не употребляем термин «гранулометрический» состав, поскольку он сводит все к размеру фракций, тогда как «механический», а еще лучше «петрографический» состав предопределяет уровень обеспеченности почв элементами питания растений. Причем механический состав характеризует не только обеспеченность почв биоэлементами, но и водный и тепловой режимы. Влияя на все лимитирующие жизнь растений факторы, механический состав тем самым жестко контролирует уровень плодородия почв. Именно этот факт определил повсеместное распространение классификаций почв по их механическому составу («тощие» пески – «жирные» глины). Этот же факт стал причиной того, что роль климата в формировании почв и их генетические типы были установлены

лишь в конце XIX века. Чем легче механический состав почвообразующих пород, тем больше его значение как источника обеспеченности почв биоэлементами.

Увязанные с составом и строением поверхностных отложений, лесоводственные типы местообитаний весьма закономерно размещаются в ландшафтах – по принципу «чем ниже по рельефу, тем они влажнее, и чем легче их гранулометрический состав, тем они беднее». В настоящее время, в связи с широким внедрением адаптивно-ландшафтных систем земледелия это приобретает особое значение. К тому же эти типы, по сравнению с общепринятыми агропроизводственными группами, образуют обычно более компактные выделы. Но главное – для каждого из таких типов может быть разработан соответствующий комплекс агротехнических мероприятий, обеспечивающий наиболее полное использование их биопотенциала.

Эдафическая сетка представляет идеальную по своей простоте и универсальности *бонитировочную модель* (не шкалу, а сетку, систему) *земель* по их потенциальному плодородию, построенную в координатах нарастания их обеспеченности двумя основными экологическими ресурсами – элементами питания и влагой (способностью запасать влагу), работающую во всех природных зонах. Эдсетки позволяют дать не только оценку плодородия почв в баллах, но и определить перспективный состав культур для них и их продуктивность, то есть оба основных показателя плодородия почв – пригодность для тех или других культур и их урожайность. При этом выявляется, что изменение всех этих показателей в пределах сеток происходит строго закономерно: от наиболее высоко производительных почв пригодных для требовательных культур в центре (баллы 90-100) до практически бесплодных очень бедных, сухих, сильно засоленных и переувлажненных почв по их углам (баллы 0-10). Это дает возможность при бонитировке почв широко применять метод экстраполяции и прогнозировать все эти характеристики для почв, для которых они отсутствуют. В разных зонах нами выделено 8-9 категорий земель разной производительности, образующих на эдафических сетках систему ареалов [12]. На основании учета содержания физической глины, гумуса, P_2O и K_2O (определяемых в вытяжке Гинзбург) с учетом положения в рельефе, может быть весьма объективно определена цена земли.

Представленные материалы свидетельствуют об исключительной роли плодородия почв в жизни природы. Именно это свойство выделяет почвы среди других природных тел и определяет их *величайшую, ни с чем не сопоставимую роль (миссию) на Земле*. Поэтому при изучении всех свойств почв необходимо в конечном итоге оценивать как эти свойства проявляются в их способности обеспечивать растения, осуществляющие процесс фотосинтеза и тем поддерживающие жизнь на Земле, элементами питания и влагой. Никакие самые совершенные технологии не смогут заменить эту созданную природой житницу, и задача состоит в том, чтобы поддерживать и повышать ее производительность. Основной путь – возможно более полное использование потенциала всего комплекса факторов, участвующих в ее формировании, – рельефа, подпочв, поверхностных и грунтовых вод, растительности, оперируя не только почвами, но шире – типами земель, агроэкосистемами. Оптимальным путем решение этой проблемы может быть выделение в почвоведении двух крупных равноправных разделов – *генетического почвоведения*, изучающего почвы как природное тело, и *экологического почвоведения* (*oikos* – дом, среда), познающего почвы как среду обитания. Особенностью экологического почвоведения должна быть тесная увязка изучения почв с произрастающей и выращиваемой на них растительностью.

Список использованной литературы

1. Tansley A.G. The use and abuse of vegetation concepts and terms // Ecology. 1935. V. 16. – № 3.
2. Морозов Г.Ф. О типах насаждений и их значении в лесоводстве // Лесной журнал, 1904. Вып. 1. – С. 6-25.
3. Морозов Г.Ф. Основания учения о лесе. – Симферополь, 1920. – 137 с.
4. Морозов Г.Ф. Исследование лесов Воронежской губернии // Лесной журнал. – 1913. – Вып. 3-4. – С. 463-481.
5. Крюденер А.А. Лесная типология людей природы и ее значение. 1926. // Лісівництво і агролісомеліорація. Вип.113. Харків, УкрНДІЛГА, 2008. – С.3-7.
6. Крюденер А.А. Основы классификации типов насаждений и их народнохозяйственное значение в обиходе страны. Ч. I-II. – Птг, 1916-1917. – 318 с.
7. Сукачев В.Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии. – Избр.труды, т. I. – Л.: Наука, 1972. – 420 с.

8. Алексеев Е.В. Типы украинского леса. Правобережье. – Киев. 1-е изд. 1925, 2-е – 1928. – 120 с.
9. Погребняк П.С. Основы типологічної класифікації та методика складати її // Сер.наук.вид. ВНДІЛГА. Вип. 10. – Харків, 1931.
10. Воробьев Д.В. Типы лесов европейской части СССР – Киев: АН УССР, 1953. – 450 с.
11. Погребняк П.С. Основы лесной типологии. – Киев: АН УССР. Изд. 1-е 1944; 2-е – 1955. – 456 с.
12. Мигунова Е.С. Леса и лесные земли (количественная оценка взаимосвязей) – М.: Экология, 1993. – 364 с.
13. Мигунова Е.С. Типы леса и типы природы. Экологические взаимосвязи. – Palmarium Academic Publishing. Германия. – 2014. 295 с.
14. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижилов О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 470 с.
15. Воробьев Д.В. Лесотипологическая классификация климатов // Тр. Харьковского СХИ. Т.30, 1961. Т.169, 1972.
16. Лавриненко Д.Д. Основы лесной экологии – Киев: УСХА, 1978. – 35 с.
17. Докучаев В.В. О почвоведении (Лекции, прочитанные в Полтаве в 1900 г.) // Сочинения. – Т.VII. – М.: АН СССР, 1953. – С. 257-296.
18. Сибирцев Н.М. Об основаниях генетической классификации почв. 1895 – Избр.сочинения. Т.II. – М.: Сельхозгиз. – 1953. – С. 271-293.
19. Высоцкий Г.Н. О карте типов местопроизрастаний // Современные вопросы русского сельского хозяйства. – СПб., 1904. – С. 81-94.
20. Костычев П.А. Почвоведение. 1886-1887 (литогр.). – 704 с.; М.-Л.: Огиз-Сельхозгиз, 1940. – 224 с.
21. О химических и физических свойствах почвы и влиянии оных на жизнь растений // Лесной журнал. – 1837. – Кн. 3. – С. 388-397.
22. Сибирцев Н.М. Почвоведение. Вып. 1, 2, 3 – СПб. 1900-1901. – 505 с. – Избр. сочинения. Т.I. – М.: Сельхозгиз. 1951. –С. 19-472.
23. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1938. – 620 с.

Статья поступила в редакцию 08.06.2015

CONTRIBUTION OF FORESTERS IN SUPPORT OF ECOSYSTEM STRUCTURE OF NATURE AND ALLOCATION AGROECOSYSTEMS

E.S. Migunova

Ukrainian Research Institute of Forestry and Agroforestry named after G.N. Vysotsky, Kharkiv, Ukraine

E-mail: migunova-l-s@yandex.ua

There are described briefly the development of domestic foresters, the typology in the field of forest and environment linkages, given the definition of ecosystems and their classification. It is justified the expediency of division of agricultural land to agro-ecosystems like forest ecosystems, taking into account not only the types of soil, but also the nature of the parent material, topography, groundwater. Lands within agro-ecosystems should be characterized by a similar level of fertility.

Keywords: *agricultural ecological systems, fertility, trophicity, moisturizing.*

РОБОТИ МОЛОДИХ УЧЕНИХ YOUNG SCIENTISTS RESEARCHES

УДК 631.433.5: 631.461

ВПЛИВ ТРАДИЦІЙНОЇ ТА ОРГАНІЧНОЇ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ДИНАМІКУ ЕМІСІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ТА ФЕРМЕНТАТИВНУ АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО

О.П. Сябрук, Г.О. Цигічко

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна
E-mail: blakhart.Liss@yandex.ua

У статті висвітлено проблеми впливу різних систем землеробства на динаміку продукування вуглекислого газу та ферментативну активність чорнозему опідзоленого. Досліджували дві системи землеробства: традиційну, із внесенням мінеральних добрив, та органічну – без органічних добрив (але із заорюванням побічної продукції) і за відмови від мінеральних добрив штучного походження. У результаті роботи було виявлено, що динаміка інтенсивності виділення вуглекислого газу з ґрунту (коливання показника від 340 до 575 ppm) більшою мірою залежить від гідротермічних умов, ніж від рівня біологізації землеробства. Також констатовано, що параметри дегідрогеназної та поліфенолоксидазної активності ґрунту були на достатньому рівні, як за органічної так і за традиційної систем землеробства, а інвертазна активність чорнозему опідзоленого за органічної системи землеробства посилилась.

Ключові слова: система землеробства, чорнозем опідзолений, емісія вуглекислого газу, портативний газоаналізатор, активність ґрунту дегідрогеназна, поліфенолоксидазна та інвертазна.

1. Вступ

Процес розвитку систем землеробства в будь-якій країні відображає основні етапи розвитку землеробства взагалі. Виникнення і зміна систем землеробства нерозривно пов'язані з розвитком продуктивних сил суспільства, особливо з промисловим виробництвом і науково-технічним прогресом [1]. Одним із нових викликів сьогодення є погіршення стану довкілля й агроєкосистем зокрема, посилення деградації ґрунтів, що обумовлює необхідність зміни сучасної стратегії землеробства. Вірогідно, що шлях подальшої інтенсивної загальної хімізації землеробства є економічно недоцільним та екологічно небезпечним. У зв'язку з цим, у багатьох країнах набули розповсюдження так звані альтернативні системи землеробства, що виключають застосування агрохімікатів. В Україні також вже тривалий час досліджують ефективність різних заходів біологізації землеробства [2, 3], а з прийняттям Закону України «Про виробництво та обіг органічної продукції» ці питання набули особливої актуальності.

Поряд із позитивними екологічними наслідками, надмірна біологізація землеробства є економічно ризикованою, адже зменшення обсягів застосування мінеральних добрив негативно вплине на валові збори та врожайність сільськогосподарських культур. На основі результатів багаторічних дослідів науково аргументовано концепцію біологічного землеробства та доведено, що повна відмова від використання мінеральних добрив не є доцільною [4].

Що стосується впливу біологізації землеробства на гумусовий стан ґрунтів і співвідношення секвестрації та емісії вуглецю, то однозначної відповіді наразі немає, адже час, відколи відбулося впровадження біологізованих систем землеробства, а саме, органічної системи, є ще недостатнім для достовірних обґрунтованих висновків. На відміну від традиційних методів досліджень, моніторингові спостереження за процесами дихання ґрунту дозволяють визначити зміни кругообігу вуглецю за біологізації землеробства вже на перших роках її впровадження.

Метою роботи було встановити закономірності впливу традиційної та органічної систем землеробства на динаміку емісії CO₂ та ферментативну активність чорнозему опідзоленого.

2. Об'єкти і методи досліджень

2.1. Характеристика об'єкту

Спостереження за динамікою емісії CO_2 за різних систем землеробства проводили на базі тривалого стаціонарного дослід, закладеного 1992 року для дослідження впливу різних рівнів біологізації землеробства на родючість ґрунту (№ 07 у Реєстрі «Стаціонарні польові досліді України»). Дослід розташований на Коротичанському (на цей час – ДП ДГ Граківське) дослідному полі ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського». Дані, що ввійшли у статтю стосуються спостережень, проведених у 2012 році.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий на лесоподібному суглинку. Орний шар ґрунту характеризується такими параметрами: загальний вміст гумусу (за методом Тюріна [5]) – 4,1 %; загальний вміст азоту [6] – 0,21 %; вміст рухомого фосфору – 111 мг/кг ґрунту, а рухомого калію – 90 мг/кг ґрунту (за методом Чирикова [7]).

Дослідження проводили на варіантах цього стаціонарного дослід з традиційного та органічного землеробства у двох сівозмінах: зерно-просапний з чистим паром та зерно-просапний з багаторічними травами. Необхідно уточнити, що у випробуванні в досліді органічній системі землеробства у перших двох ротаціях шестипільних сівозмін передбачено внесення органічних добрив та пожнивних решток. Надалі ж (3 і 4 ротації) моделювався найгірший варіант органічного землеробства, який набув розповсюдження в Україні внаслідок скорочення поголів'я ВРХ – без органічних добрив, а лише із заорюванням побічної продукції за відмови від мінеральних добрив штучного походження. Завданням досліджень було виявлення відмінностей у перебігу мінералізаційних процесів та, відповідно, виділення вуглекислого газу з ґрунту, обумовлених переходом на такий варіант органічного землеробства.

2.2. Контрольовані показники, обладнання, методи

Інструментальний контроль інтенсивності виділення діоксиду вуглецю з поверхні ґрунту здійснювали за допомогою портативного газоаналізатора «testo 535» [8, 9]. Вимірювання проводили три рази за вегетаційний період (22.05; 27.07 і 14.09) 3-5 разів на день із подальшим усередненням та статистичною обробкою результатів. Одночасно з вимірюваннями інтенсивності виділення діоксиду вуглецю визначали фізичні параметри стану ґрунту у межах орного шару – температуру і вологість. Температуру ґрунту визначали за допомогою ртутного термометра Савинова [10], за результат брали середнє арифметичне з трьох послідовних вимірювань. Вміст вологи у ґрунті визначали термостатно-ваговим методом [11].

Проби ґрунту на визначання агрохімічних параметрів відбирали з шарів 0-20 і 0-60 см один раз (22.05). Уміст легкодоступних форм елементів живлення визначали за такими методами: N мінеральний – за ДСТУ 4726:2007 [6]; рухомі форми P_2O_5 і K_2O – за методом Чирикова [7].

Проби ґрунту для мікробіологічних досліджень відбирали із шару 0-30 см два рази за вегетаційний період – в середині вегетації культури та в день збирання врожаю. Ферментативну активність ґрунту визначали за показниками активності дегідрогенази, інвертази (за методами Галстяна [02]) та поліфенолоксидази (за методикою Карягіної та Михайловської [13]).

3. Результати досліджень

Згідно з результатами вимірювань у польових умовах протягом вегетаційного періоду 2012 р., різниця щодо виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту на випробуваних варіантах традиційного та біологічного землеробства є незначною (рис.1). Спостерігали зниження емісійного потоку на органічній системі у літній період та зростання його до осені. За традиційної системи ми спостерігали протилежне спрямування змін. Така мінливість показника та неістотна різниця між емісією на обох варіантах обумовлена, на нашу думку, невеликою різницею між досліджуваними системами землеробства, яка фактично полягає у внесених поточного року мінеральних добривах та тих змінах, що відбулися в ґрунті за період від початку проведення цього дослід.

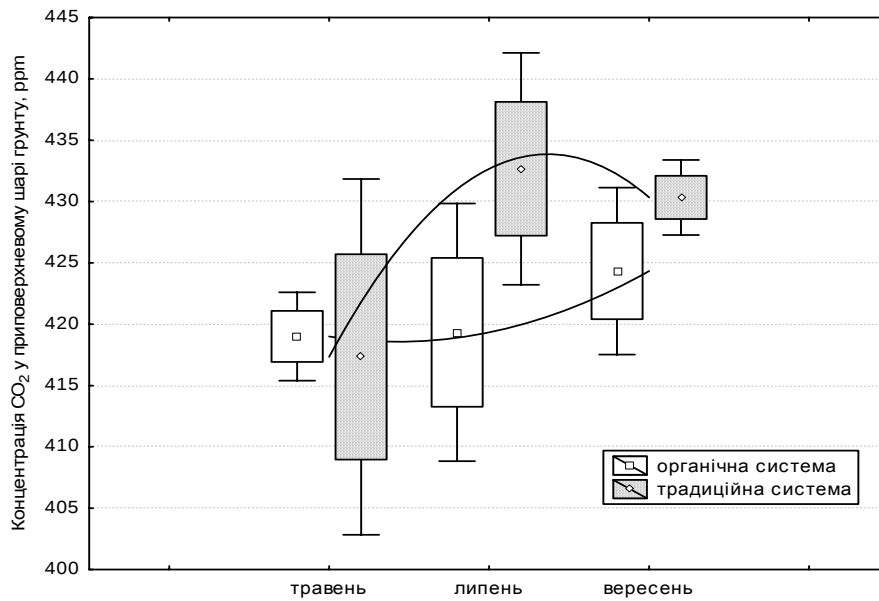


Рис. 1. Динаміка концентрації CO_2 у приповерхневому шарі ґрунту за різних систем землеробства

Зокрема, за традиційної системи землеробства вміст мінерального азоту, рухомого фосфору та калію у ґрунті був вищим, ніж за органічної (табл. 1), що мало наслідком більш високу врожайність сільськогосподарських культур, та, відповідно, більшу масу кореневої системи рослин та масу рослинних решток у ґрунті саме у весняно-літній період. Це може спричиняти зростання мікробіологічної активності ґрунту та, як наслідок, посилення емісії CO_2 .

Таблиця 1

Уміст легкодоступних форм елементів живлення у ґрунті за 20-річного випробування різних систем землеробства

Система землеробства	Шар ґрунту, см	Уміст легкодоступних форм елементів живлення, мг/кг		
		N мінеральний	P ₂ O ₅ рухомий	K ₂ O рухомий
Зерно-просапна сівозміна з чистим паром				
традиційна	0-20	21	205	125
	0-60	16	127	100
органічна	0-20	12	138	120
	0-60	12	105	92
Зерно-просапна сівозміна з багаторічними травами				
традиційна	0-20	13	120	90
	0-60	11	74	84
органічна	0-20	18	89	90
	0-60	13	66	85

Наприкінці вегетації діяльність мікроорганізмів стає менш активною, таким чином знижується продукування вуглекислого газу. За органічної системи землеробства, навпаки, емісійний потік восени зростає, що може свідчити про більш стабільний стан мікробних угруповань за впровадження цієї системи.

З іншого боку, кращий розвиток рослин на варіантах із традиційним землеробством обумовлює й більше водоспоживання, наслідком чого стає зменшення вологості в орному шарі, що, своєю чергою, може призводити до зменшення продукування вуглекислого газу ґрунтовою мікробіотою. Таким чином проявляється опосередкований вплив рослин на виділення CO_2 , що підтверджується спостереженнями за вологістю ґрунту в орному шарі впродовж вегетаційного періоду 2012 року, на різних клінах цього досліді (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка вологості ґрунту в орному шарі під різними культурами за різних систем землеробства протягом вегетаційного періоду 2012 року

Сівозміна	Культура	Система землеробства	Дата вимірювання		
			22.05	27.07	14.09
			Вміст вологи, %		
Зерно-просапна із чистим паром	Кукурудза на силос	традиційна	22,60	5,88	19,30
		органічна	19,76	5,94	19,61
	Озиме жито	традиційна	14,09	4,19	16,07
		органічна	20,32	4,87	15,41
	Вико-овес	традиційна	16,63	3,76	17,37
		органічна	14,74	4,26	17,37
Зерно-просапна із багаторічними травами	Кукурудза на зерно	традиційна	19,63	4,51	18,86
		органічна	17,19	7,31	18,40
	Ячмінь	традиційна	16,83	6,79	15,44
		органічна	15,30	4,85	15,70
	Вико-вівсяна суміш	традиційна	16,54	6,09	18,89
		органічна	17,83	3,72	18,87

Умови вегетаційного періоду 2012 року були дуже посушливі. Підвищення середньодобової температури повітря гостро відчувалось, особливо у квітні, травні та червні. Це не сприяло мікробіологічній активності та зростанню вмісту легкодоступної органічної речовини ґрунту, що є поживним середовищем для мікроорганізмів, дихання яких становить 60 % від загального балансу ґрунтового дихання.

Наявність у ґрунтах найрізноманітніших мікробних угруповань обумовлює ферментативну активність ґрунту, що відбивається на спрямованості біохімічних перетворень органо-мінеральних речовин у ньому. З іншого боку, на функціонування мікробіоти ґрунту суттєво впливають антропогенні чинники, зокрема, системи удобрення, механічне навантаження тощо, що, своєю чергою, ініціює зміни у ферментативній системі ґрунту. Тому використання показників ензиматичної активності ґрунту надає можливість оперативно й об'єктивно визначити зміни в агроценозах за різних систем землеробства для забезпечення підтримки продуктивності ґрунтової родючості.

У ході нашого експерименту було визначено поліфенолоксидазну активність чорнозему опідзоленого. Ферменти поліфенолоксидази беруть участь у перетворенні органічних сполук ароматичного ряду в компоненти гумусу, каталізують окиснення фенолів (моно-, ди-, три-) до хінонів у присутності кисню повітря. Активність поліфенолоксидази на варіанті з ячменем за традиційної системи землеробства у період вегетації була у 2,2 раза (на 46 %) вищою порівняно з ячменем за органічної системи землеробства (рис. 2).

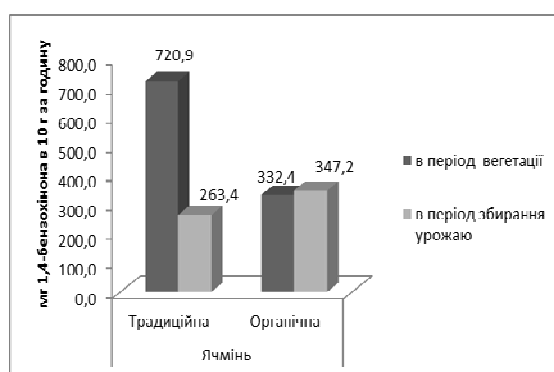


Рис. 2. Вплив різних систем землеробства на поліфенолоксидазну активність чорнозему опідзоленого в орному шарі

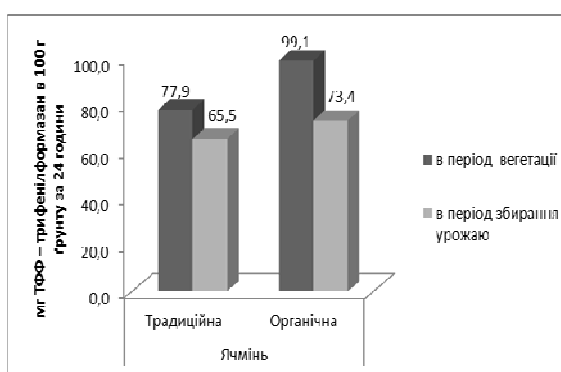


Рис. 3. Вплив різних систем землеробства на дегідрогеназну активність чорнозему опідзоленого в орному шарі

Однак, варто зазначити, що на час збирання врожаю за традиційної системи відбулося значне зменшення активності цього ферменту (у 2,74 раза), тоді як за органічної системи динаміка поліфенолоксидазної активності була більш стабільною (див. рис. 2).

Що ж стосовно дегідрогеназної активності, яка свідчить про інтенсивність дегідрування органічної речовини та активність мікробного пулу в цілому, то даний ензиматичний показник був вищим за органічної системи як на початку вегетації (у 1,27 раза) так і після збирання урожаю (у 1,12 раза) порівняно з варіантом з традиційною системою землеробства, що вказує на значне збагачення лугоорозчинними фракціями гумусу (рис 3).

Аналіз інвертазної активності ґрунту виконано з метою виявлення інтенсивності процесів утилізації вуглеводів ґрунтовою мікрофлорою. Активність інвертази також є індикатором рівня природної родючості ґрунту і окультурювального впливу різних агрозаходів [14, 15]. У нашому досліді позитивні зміни цього показника виявлено як за органічної, так і за традиційної систем землеробства (рис. 4). Підвищення активності цього ферменту у 1,3-1,5 раза спостерігається на час завершення вегетації ячменю.

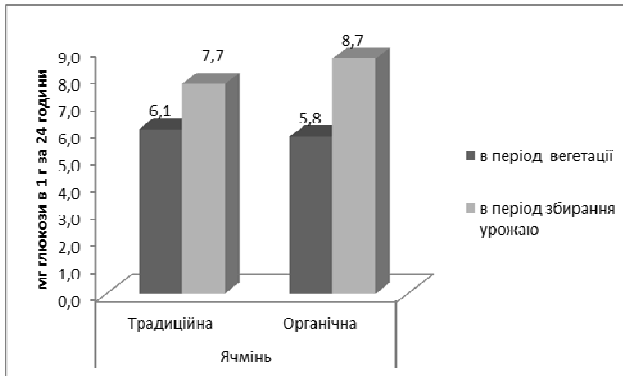


Рис. 4. Вплив різних систем землеробства на інвертазну активність чорнозему опідзоленого в орному шарі

Результатами досліджень доведено, що добрива, застосовувані за тієї чи іншої системи землеробства, за умови правильного їх застосування є не тільки важливим фактором підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва та поліпшення агрохімічних показників якості ґрунту, але й дієвим засобом регулювання активності його мікроорганізмів. Показники біологічної активності ґрунту, зокрема, дихання ґрунту та ферментативна активність, не будучи прямими чинниками формування врожаю, характеризують

сприятливість ґрунтових умов для живлення та розвитку рослин.

4. Висновки

У результаті дослідження виявлено, що інтенсивність виділення вуглекислого газу з ґрунту та динаміка цього показника значною мірою залежать від гідротермічних умов, унаслідок чого на чорноземі опідзоленому протягом вегетаційного періоду 2012 року вона коливалась від 340 до 575 ppm.

Різниця між традиційним та органічним землеробством, щодо обсягів емісії CO₂, є незначною та прямо залежить від мікробіологічної активності ґрунту. Неістотна різниця між показниками емісії за різних рівнів біологізації перекривається більш вагомим впливом гідротермічних чинників та кореневого дихання.

Найбільший рівень ферментативної активності ґрунту, а саме, дегідрогенази і поліфенолоксидази, спостерігається в період вегетації ячменю на всіх варіантах досліді та зменшення цих показників на момент збирання врожаю, що пояснюється нестійкістю їх до високих температур повітря.

Інвертазна активність чорнозему опідзоленого, яка є більш стійкою до температурного фактору, протягом вегетаційного періоду була вищою за органічної системи землеробства в середньому на 4,8 % порівняно з традиційною системою землеробства.

Перелік використаної літератури

1. Ермолов А.С. Организация полевого хозяйства. Системы земледелия и севообороты / А. С. Ермолов. – СПб, 1914. – С. 74-82.
2. Бердников А.М. Зеленое удобрение — биологизация земледелия / А.М. Бердников. – Чернигов: Урожай, 1992. – 186 с.
3. Кисіль В.І. Агрохімічні аспекти екологізації землевиробництва / В.І. Кисіль. – Харків, 2005. – 168 с.
4. Кисель В.И. Биологическое земледелие в Украине: проблемы и перспективы / В.И. Кисель. – Харьков: Штрих, 2000. – 162 с.
5. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини : ДСТУ 4289:2004. – [Чинний від 2005–07–01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 14 с. – (Національний стандарт України).

6. *Якість ґрунту. Визначення загального азоту* в модифікації ННЦ ІГА ім.О.Н. Соколовського : ДСТУ 4726:2007. – [Чинний від 2008–01–01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 14 с. – (Національний стандарт України).
7. *ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію* за модифікованим методом Чирикова : ДСТУ 4115-2002. – [Чинний від 2003-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 10 с. – (Національний стандарт України).
8. Сябрук О.П Удосконалення інструментального методу контролю емісії CO₂ з поверхні ґрунту / О.П. Сябрук // *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. – 2015. – Вип. 84. – С. 123-128.
9. *Портативные газоанализаторы* для мониторинга CO₂ в воздухе. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.testo.kiev.ua
10. *Термометры метеорологические* стеклянные. Технические условия : ГОСТ 112-78. – [Действителен от 1981-01-01]. – М. : Стандартиформ, 2006. – 15 с.
11. *Якість ґрунту. Визначення сухої речовини та вологості* за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT) : ДСТУ ISO 11465-2001. – [Чинний від 2003–01–01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2002. – 10 с. – (Національний стандарт України).
12. Хазиев Ф.Х. Роль ферментативной активности в осуществлении почвой экологических функций / Ф.Х. Хазиев // *Тезисы докладов международной научной конференции "Экология и биология почв"* – Ростов-на Дону, 2005. – С. 514-515.
13. Карягина Л.А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве /Л.А. Карягина, Н.А. Михайловская // *Весті АН БССР, серія с/г наук*. – Мінськ, 1986. - № 2. - С. 41-42.
14. Даденко Е.В. Изменение ферментативной активности образцов почв при их длительном хранении / Е.В. Даденко, К.Ш. Казеев // *Почвоведение*. – 2006. – Т. 7. – № 1, 2. – С. 80-87.
15. Звягинцева О.В. Динамика целлюлозоразлагающей, инвертазной и полифенолооксидазной активности почвенной микрофлоры Самарской области / О. В. Звягинцева, Е. В. Максимова, О. Н. Макурина // *Вестник СамГУ Естественнаучная серия*. – 2006. – №9(49). – С. 138-144.

Стаття надійшла до редколегії 17.05.2016

INFLUENCE OF TRADITIONAL AND ORGANIC SYSTEMS OF AGRICULTURE ON DYNAMICS OF CARBON DIOXIDE EMISSION AND ENZYMATIC ACTIVITY OF CHERNOZEM PODZOLIZED

O.P. Syabruk, G.O. Tsygichko

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
E-mail: blakhart.Liss@yandex.ua

The article highlights problem of impact of the different farming systems on the dynamics of carbon dioxide production and the enzymatic activity of chernozem podzolized. We were investigated two farming systems: traditional one, with application of mineral fertilizers and organic one, without organic fertilizers (burying sideline products for the rejection of mineral artificial fertilizers). As a result it was established that intensity of carbon dioxide emission from the soil and the dynamics of this indicator is more dependent on the hydrothermal conditions (oscillation index of 340 to 575 ppm), than from biologization agriculture level. We also identified, that the index of dehydrogenase and polyphenol oxidase activity of chernozem podzolized were at the sufficient level both for organic and conventional farming systems. At the same time it was found increase of invertase index activity of chernozem podzolized under using organic farming.

Keywords: system of agriculture, chernozem podzolized, emission of carbon dioxide, portable gas analyzer, soil, dehydrogenase, polyphenoloxidase, invertase, activity.

УДК 550.34.016

ГЕОСТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТВЕРДОСТИ ДЕРНОВОЙ БОРОВОЙ СЛАБОРАЗВИТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ В ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ «ДНЕПРОВСКО-ОРЕЛЬСКИЙ»

В.А. Новикова

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
Днепропетровск, Украина
E-mail: viktorianovforever@mail.ru

Исследована вариабельность твердости дерновой боровой слаборазвитой почвы на участке

песчаной степи в природном заповеднике «Днепроовско-Орельский» с использованием геостатистик. На основании анализа рассчитанных вариограмм и, построенных на их основе карт пространственной изменчивости твердости почвы, показано, что в верхних слоях почвы, в пределах гумусированной части профиля наблюдается высокая вариабельность параметров твердости почвы, с постепенным нарастанием её значений с глубиной. Наивысшие параметры твердости, имеющие закономерный характер, начинаются в середине переходного горизонта и не изменяются вплоть до аллювиальной породы.

Ключевые слова: твердость почвы, геостатистика, пространственная вариабельность, неоднородность, сферическая модель.

1. Введение

Почва – звено, соединяющее геосферу, атмосферу и биосферу нашей планеты [1]. Без нормального функционирования почвы невозможно сохранение современного биологического разнообразия [2]. Почва – важнейший фактор формирования местообитаний для всей разнонаправленности живого вещества [3].

Одним из важнейших свойств почвы, как среды обитания биоты, является её гетерогенность. Пространственная неоднородность почвы обуславливает сосуществование многих организмов в многовидовых сообществах [4]. Информационно емким маркером пространственной неоднородности является твердость почвы [6]. Показано, что при увеличении твердости почвы происходит снижение количества доступного кислорода в почвенном воздухе для корневой системы, что приводит к постепенному снижению физиологической активности растений [5]. Почвенно-физическими факторами, определяющими твердость почвы, являются количественное содержание и фазовое состояние воды, гранулометрический и структурный состав, плотность сложения, размер пор и соотношение их размеров и т.д. [6]. Пространственная изменчивость твердости почвы является одним из факторов, влияющих на жизнедеятельность живых организмов, в частности, на растения (границная твердость почвы для корней растений не должна превышать 3 МПа) [16]. Изучение пространственной изменчивости твердости почвы дает возможность установить характер взаимосвязей между эдафотопом и другими компонентами биогеоценоза, в частности, с почвенной фауной [7].

Эдафические свойства, среди которых важное место занимает твердость почвы, демонстрируют неоднородность, а их пространственная структура должна быть принята во внимание при анализе данных. Для описания пространственной вариабельности эдафических свойств почв применяются методы геостатистики. Важным инструментом геостатистики является кригинг [9]. Геостатистика позволяет количественно определить величины пространственной изменчивости отдельных свойств на основе построения модели пространственной структуры. Пространственные структуры свойств почвы отображаются с помощью вариограмм [22]. Для подтверждения наличия пространственных структур, аналогично тому, как это делается при анализе временных рядов, применяются автокорреляционные функции [13, 14, 16]. Однако аналогия ограничивает применение такого подхода только для пространственных данных, собранных вдоль трансекты (аналог временного ряда). Пространственную автокорреляцию можно оценить с помощью *I*-статистики Морана, которая также подтверждена оцениванию на предмет статистической достоверности [13].

В наших предыдущих исследованиях на территории природного заповедника «Днепроовско-Орельский» [8] показано, что твердость почвы на участке песчаной степи играет важную роль в организации растительного покрова. Из более чем 700 видов высших растений, встречающихся на территории природного заповедника, флора степных участков представлена порядка 308 видами. Из них 2 вида (*Pulsatilla nigricans* и *Stipa borysthena*) занесены в Красную книгу Украины, 2 – в Европейский Красный список, около 8 видов числятся в региональном списке охраняемых видов, а 9 видов степной флоры являются эндемиками различного ранга [17]. Также было установлено, что значения твердости почвы на участке песчаной степи подчиняются тенденции монотонного увеличения с глубиной по профилю почвы. В работе [8] высказана гипотеза, что существование наблюдаемых «сгустков» с повышенной твердостью на изучаемой территории может быть следствием различных причин. Полагаем, к их числу можно отнести особенности геоморфологии, неоднородность гранулометрического состава вследствие эоловых процессов, преференциальные потоки влаги, а также такие

биотические факторы, как пространственная неоднородность растительного покрова и деятельности почвенных животных. Таким образом, важным условием охраны редких псаммофитных комплексов является понимание организации почв, на которых эти комплексы формируются. Механизмы, влияющие на пространственную изменчивость твердости почвы на данном участке, не изучены. Границы и природа этих явлений требуют дальнейшего анализа.

Целью этой работы является установление особенностей пространственной вариабельности твердости почвы на участке песчаной степи в природном заповеднике "Днепроовско-Орельский", расположенном в долине р. Днепр.

2. Объекты, материалы и методы

Твердость почвы является экологически релевантным показателем, который зависит от множества других, «классических» почвенных свойств – плотности сложения, влажности, гранулометрического и агрегатного состава и т.д. [6]. Ключевой методической особенностью определения твердости почвы является возможность получения большого объема экспериментальных полевых данных за короткий период, что особенно важно для изучения пространственного варьирования физического состояния почвенного тела как среды обитания живых организмов.

Исследования проведены в апреле-мае 2014 г. в природном заповеднике «Днепроовско-Орельский» (Днепропетровская область, Петриковский район). Полигон заложен в аренной части заповедника, на участке песчаной степи. Полигон, размером 21×45 м, состоит из 7 трансект. Каждая трансекта включает 15 точек контроля, расстояние между рядами составляет 3 метра. Начальные точки первой трансекты лежат у основания дюны. Средняя часть полигона захватывает вершину дюны, на которой находятся кусты чернокленовника. Также у основания дюны расположены несколько отдельно стоящих сосен. Далее (по трансекте) наблюдается постепенное понижение рельефа, и полигон заканчивается в междюнном понижении. Преобладающий тип биогеоценоза – песчаная степь с фрагментами чернокленовых кустарников с преобладанием силвантов [8].

Почва на изучаемом заповедном участке – *дерновая боровая слаборазвитая, песчаная на древнеаллювиальных отложениях* с такими границами генетических горизонтов: H₀ 0-3; H_d 0-5; H_p 5-11; PH 11-29; Ph 29-120; P глубже 120 см [11]. Песчаный грансостав сохраняется во всех горизонтах.

Твердость почвы в каждой точке измерена ручным пенетрометром *Eijkelpamp* послонно до глубины 100 см, с интервалом в 5 см. Измерения проведены конусом с поперечным сечением 2 см².

Расчет геостатистических показателей проведен с помощью программы *Surfer 11.0* [8]. Для описания пространственной изменчивости твердости использовали параметры вариограммы сферических моделей: нагетт-эффект (C₀); частичный порог (C₁); порог (C₀+C₁); радиус влияния; уровень пространственной зависимости (*spatial dependence level* – SDL):

$$SDL = 100 \times \frac{C_0}{C_0 + C_1}$$

Данные геостатистики характеризуют пространственную вариабельность твердости почвы в тангенциальном направлении к поверхности почвы в последовательных почвенных слоях. Таким образом, сформированы последовательные ряды данных, описывающих смежные слои. Это дает нам основание для вычисления скорости изменчивости геостатистик по профилю почвы с применением формул численного дифференцирования [21]. Для первого почвенного слоя (0–5 см) была применена формула разделенной разности вперед:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}$$

где y_i – значение геостатистики y в слое i , y_{i+1} – значение геостатистики в слое $i+1$. Для последнего почвенного слоя (95–100 см) была применена формула разделенной разности назад:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}},$$

где y_{i-1} – значение геостатистики y в слое $i-1$. Для всех остальных промежуточных слоев была применена формула центральной разницы:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{x_{i+1} - x_{i-1}}.$$

Физический смысл численного дифференцирования геостатистик состоит в том, что полученные оценки отражают ещё один аспект неоднородности почвенного тела. Если геостатистики учитывают неоднородность в горизонтальном (тангенциальном при учете кривизны поверхности почвы) направлении, то производная геостатистик указывает на изменчивость пространственных свойств в вертикальном (нормальном к поверхности) направлении. Кроме того, представление поведения системы в координатах, образованных производными параметров системы, к числу которых относятся геостатистики, дают возможность получить фазовый портрет системы, который дает дополнительную информацию о её динамических свойствах.

Для оценки автокорреляции применена I -статистика Морана, которая рассчитана с помощью программы GeoDa [12,13]

3. Результаты и обсуждение

Геостатистика основывается на статистической интерпретации данных и имеет множество механизмов, позволяющих прогнозировать значения в точках, в которых отборы проб не производились, в частности, используя и методы интерполяции [10].

В таблице 1 представлены результаты средних значений измерений твердости почвы на исследуемом участке и геостатистические показатели.

Таблица 1

Геостатистические параметры твердости почвы

Слой, см	Среднее, МПа±ст. ошибка	C_0 (наггет) * 10^{-2}	C_1 (частичный порог)	C_0+C_1 (порог)	SDL, %	Радиус влияния, м	I - Морана	p - уровень*
0-5	0,65±0,02	0,05	0,03	0,03	1,64	6,57	0,13	0,03
5-10	0,95±0,02	0,52	0,03	0,04	14,10	5,91	0,09	0,05
10-15	1,34±0,02	0,67	0,06	0,07	10,07	6,50	0,14	0,03
15-20	1,73±0,04	1,22	0,11	0,12	10,21	6,03	0,24	0,00
20-25	2,11±0,04	2,38	0,16	0,18	13,09	6,21	0,32	0,00
25-30	2,45±0,08	4,87	0,14	0,18	26,49	6,80	0,43	0,00
30-35	2,79±0,08	10,60	0,43	0,59	19,88	7,50	0,46	0,00
35-40	3,05±0,09	10,61	0,48	0,59	18,10	8,30	0,46	0,00
40-45	3,38±0,08	11,02	0,56	0,67	16,44	8,70	0,33	0,00
45-50	3,76±0,08	12,03	0,57	0,69	17,34	9,20	0,34	0,00
50-55	4,16±0,08	12,93	0,55	0,67	19,16	9,50	0,29	0,00
55-60	4,42±0,08	11,90	0,36	0,48	25,05	9,40	0,38	0,00
60-65	4,55±0,06	12,08	0,30	0,42	30,26	9,70	0,29	0,00
65-70	4,70±0,06	11,90	0,22	0,34	35,21	9,80	0,32	0,00
70-75	4,73±0,06	11,00	0,29	0,40	27,30	9,96	0,26	0,00
75-80	4,80±0,06	11,90	0,29	0,40	27,54	10,50	0,27	0,00
80-85	4,74±0,06	12,80	0,28	0,41	31,37	10,60	0,22	0,00
85-90	4,75±0,06	13,12	0,24	0,37	35,08	10,80	0,23	0,00
90-95	4,75±0,06	9,32	0,28	0,37	25,12	8,10	0,09	0,05
95-100	4,72±0,05	10,14	0,21	0,11	32,37	7,87	0,24	0,00

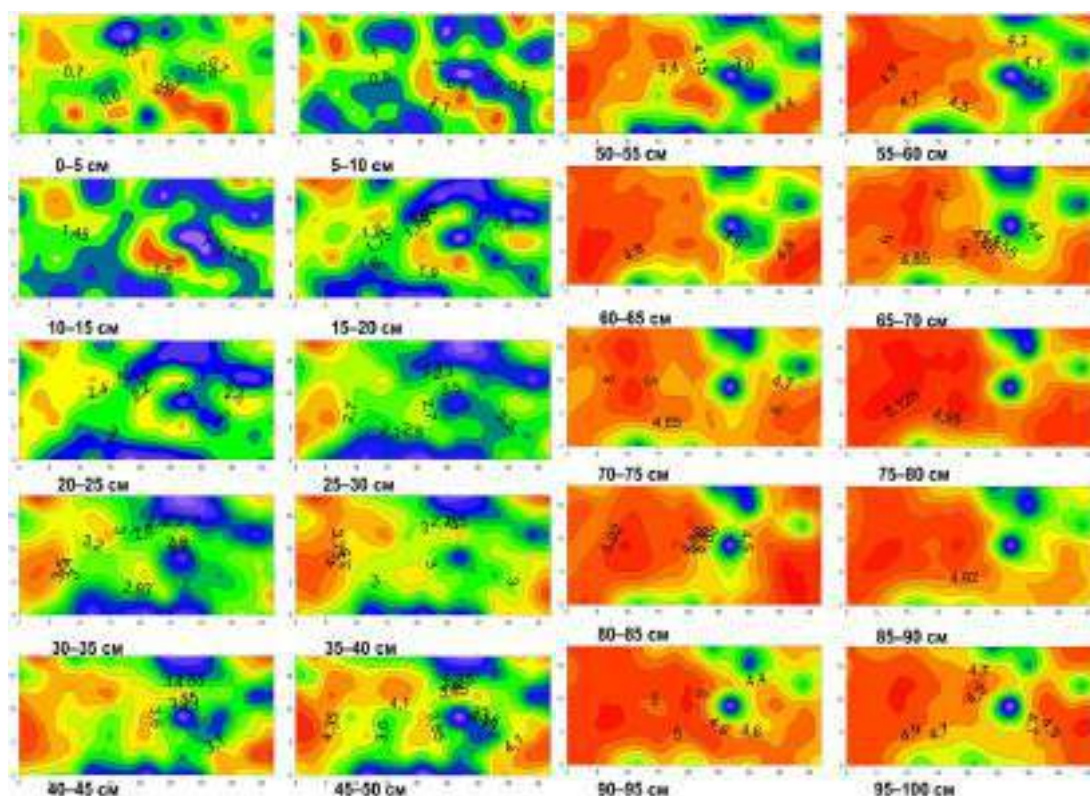
* – после 999 пермутаций

Для средних значений твердости почвы по слоям ($N = 105$) характерно постепенное увеличение с глубиной от значений 0,65 МПа до 4,72 МПа. С глубины 0-5 см до 55-60 см (т.е., фактически, до середины переходного горизонта) значения твердости монотонно увеличиваются от 0,65 МПа до 4,42 МПа. Затем наступает состояние относительной стабильности, и в слое 60-100 см (нижняя часть переходного горизонта) значения твердости колеблются от 4,42 МПа до 4,72 МПа. В слое 75-80 см находится максимальное значение твердости – 4,80 МПа [8]. Превышение граничного для корней растений уровня твердости почвы (3 МПа) [7] наблюдается с глубины 35-40 см.

Оценка автокорреляции твердости почвы с помощью I -статистики Морана свидетельствует о наличии статистически достоверной пространственной компоненты варьирования этого показателя.

На основании рассчитанных вариограмм были построены карты пространственной изменчивости твердости почвы (рис. 1).

Участки с повышенной твердостью формируют геометрически обособленные зоны, которые характеризуются размерами и формой. Остальная часть почвенного тела занята участками с меньшей твердостью. Пространственная организация почвы, выявляемая в настоящем исследовании, наиболее близка к понятию «педон», но этот термин имеет конкретный почвоведческий смысл, для определения которого одной твердости не достаточно, поэтому мы используем более общий, а значит, менее определенный термин – почвенное тело. Таким образом, оценка пространственного соотношения участков с высокой и низкой твердостью позволяет нам описать организацию почвенного тела.



Условные обозначения: оси абсцисс и ординат – локальные координаты, м

Рис. 1. Карты пространственного распределения твердости почвы (в МПа) в пределах полигона по слоям

Анализ данных, приведенных на рисунке 1, свидетельствует о том, что на глубине 95-100 см находятся области с повышенной твердостью почвы, занимающие большую часть изучаемой территории, которые (на срезах) имеют амeboидную форму. Данные участки в большей степени однородны по показателю твердости. С приближением к поверхности почвы форма рассматриваемых областей изменяется. Граница контакта зон повышенной и пониженной твердости становится более изрезанной. Начиная с глубины 65-70 см участки с повышенной твердостью (4,85 МПа), которые находятся с правой

стороны изучаемой территории, постепенно уступают место областям с меньшими значениями твердости почвы (4,1 МПа). С глубины 45-50 см до 0-5 см, соотношение более твердых и менее твердых участков становится примерно одинаковым во всех слоях, каждый из этих слоев имеет переменные значения твердости и формирует мозаичную структуру её пространственного распределения. Таким образом, установлено, что повышенные значения твердости почвы в пределах наших послойных измерений образуют конусообразную область (с основанием конуса в слое 95-100 см, что совпадает с нижней частью переходного горизонта почвы), которая в срезе по слоям дает амебoidalную форму.

Наггет-эффект указывает на значимость непространственной компоненты. Установлено, что данный показатель варьирует от значения $0,05 \cdot 10^{-2}$ до $13,12 \cdot 10^{-2}$. В слое 0-15 см наггет постепенно увеличивается с $0,05 \cdot 10^{-2}$ до $0,67 \cdot 10^{-2}$, затем, в пределах 15-35 см, происходит резкий скачок значений вверх с $0,67 \cdot 10^{-2}$ до $10,60 \cdot 10^{-2}$, и в слое между 35 и 100 см значения наггет-эффекта колеблются от $10,60 \cdot 10^{-2}$ до $13,12 \cdot 10^{-2}$. Это значит, что до глубины 30-35 см наблюдается высокая зависимость между точками влияния, соответственно, высокому показателю гетерогенности твердости почвы.

Порог – это значение, которое модель вариограммы принимает в точке радиуса влияния. Значения данного показателя меняются с глубиной от 0,03 до 0,31. В пространстве между слоями 0-5 и 25-30 см происходит постепенное увеличение значений порога (от 0,03 до 0,18). Затем наблюдается значительный пик показателей в пределах слоя 25-70 см (0,18-0,34) с максимальным значением на глубине 45-50 см (0,69), после чего – постепенное снижение показателей, начиная от слоя 70-75 см до 95-100 см (0,40-0,31).

Отношение наггет-эффекта к показателю «порог» дает возможность оценить уровень пространственной зависимости (SDL). При значении пространственного соотношения 0-25 % имеет место высокая пространственная зависимость; при значении 25-75 % – средняя зависимость; при значении 75-100 % – низкая [10].

Установлено, что показатель SDL увеличивается от 1,64 % на глубине 0-5 см до 32,77 % на глубине 95-100 см. Установлено несколько локальных пиков: первый пик наблюдается на глубине 10-25 см (10,07 %-26,49 %), второй – 35-55 см (18,10 %-25,05 %), третий – 70-85 см (27,30 %-31,37 %). Пики минимальных значений SDL свидетельствуют о повышении пространственной компоненты вариативности значений на данных участках. Вероятно, это может свидетельствовать о существовании разного рода механизмов, влияющих на пространственную неоднородность параметров твердости почвы.

Высокий уровень пространственной зависимости наблюдается на глубине 0-55 см (1,64 %-25,05 %), средний – на глубине 55-100 см (25,06 %-32,77 %).

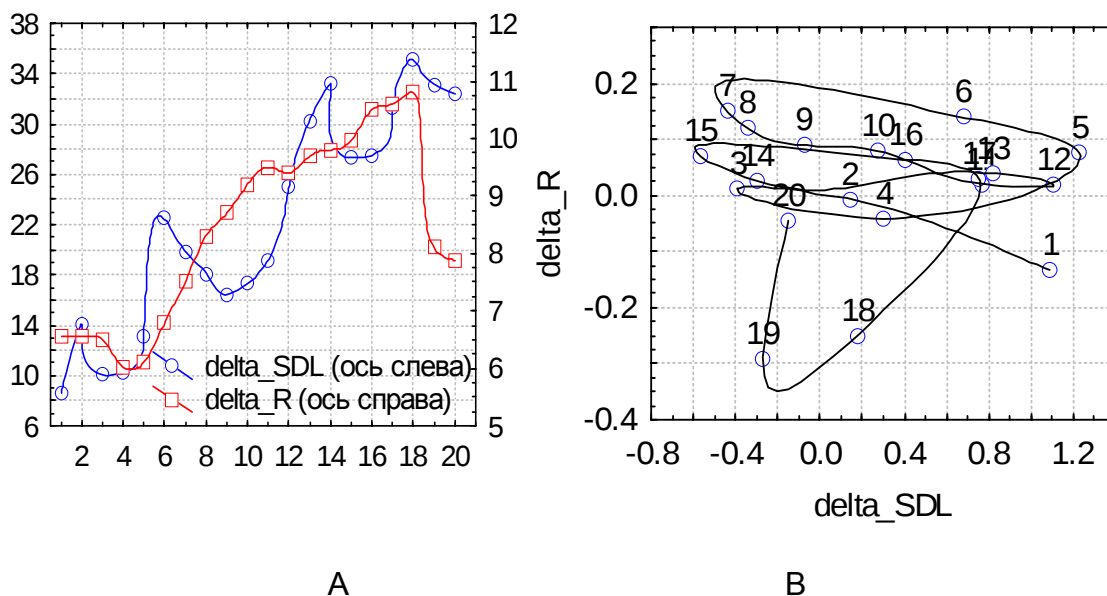
Установлено, что на глубине от 0-5 см до 25-30 см радиус влияния колеблется от 5,91 м до 6,57 м, затем в области 30–90 см происходит монотонное увеличение значений радиуса влияния от 6 м до 10,8 м. На глубине 90-100 см наблюдается спад этого показателя до уровня 7,87 м.

Почва – трехмерное тело, поэтому горизонтальное направление не является единственным, в направлении которого можно рассчитывать геостатистики. Возможен расчет и в вертикальном направлении, но значительная горизонтальная протяженность делает неравноценным (точнее, разномасштабным) варьирование почвенных признаков в горизонтальном и вертикальном направлениях. Поэтому в качестве показателя варьирования свойств почвы в вертикальном направлении мы рассматриваем производные вертикальных геостатистик.

На рисунке 2 изображены графики, отображающие производные ключевых геостатистик в профиле почвы – радиуса влияния и уровня пространственной зависимости, а также фазовый портрет системы.

Установлено, что значения производных радиуса влияния в слоях 0–5, ..., 10–15 см практически не изменяются, далее наблюдается локальный минимум этого показателя на глубине 15–20 см, после чего практически монотонно производная радиуса влияния увеличивается. На глубине 85–90 см установлен локальный максимум производной этого показателя, после чего наблюдается его снижение. Для производной показателя SDL характерен общий тренд увеличения с глубиной, который происходит как ступенчатый рост, вследствие чего наблюдается целый ряд локальных максимумов и минимумов данного показателя.

Отображение поведения системы в фазовом портрете позволило установить наличие квазипериодических циклов.



Условные обозначения: 1, 2, ..., 20 – порядок почвенных слоев (1=0-5; 10=45-50; 20=95-100), delta SDL – результат численного дифференцирования SDL, delta_R – результат численного дифференцирования радиуса влияния

Рис. 2. Производные геостатистик в профиле почвы (А) и фазовый портрет (В)

4. Обсуждение

В результате проведенного исследования установлено, что вариабельность твердости дерново-боровой слаборазвитой песчаной почвы характеризуется пространственной неоднородностью. Это положение подтверждается статистической значимостью автокорреляции твердости почвы, выраженной с помощью I -статистики Морана. Геостатистики, которые могут быть получены на основании вариограмм, позволяют дать характеристику установленной неоднородности.

В дополнение классических геостатистик в нашей работе предложено применять их производные, которые оценены как результат численного дифференцирования изменчивости геостатистик по профилю почвы. Неоднородность почвы является результатом динамики почвообразовательных процессов. Поэтому закономерным является переход от статических описательных показателей (среднее, дисперсия – в классической статистике, наггет-эффект, частичный порог, радиус влияния – в геостатистике) к динамическим показателям, которые отображаются в терминах производных параметров в пространстве или во времени. Информативным инструментом отображения динамических свойств почвенной системы является фазовый портрет. Если оценка изменчивости твердости по профилю дает монотонное увеличение этого показателя с глубиной, то в фазовом пространстве мы видим гораздо более сложную квазициклическую динамику пространственных (геостатистических) показателей.

В.В. Медведев (2007) указывает на преимущество геостатистической методологии применительно к изучению неоднородности почвенного покрова и выделяет неоднородности морфологии профиля почв, агрохимических свойств, зоогенную неоднородность, неоднородность урожая (растительной фитомассы). Для объяснения полученных нами результатов следует считать уместным все из указанных аспектов неоднородности, так как твердость почвы является интегрированным показателем, который с одной стороны, зависит от множества физических и агрохимических свойств [6], а с другой – оказывает влияние на протекание экологических процессов [18].

В качестве ключевого фактора, который определяет формирование пространственных паттернов твердости почвы, мы можем отметить неоднородность растительного покрова, которая характерна для изученного биогеоценоза [8]. Растительность оказывает влияние на интенсивность эоловых процессов, которые нивелируют автокорреляцию на малых масштабных уровнях, но способствуют её

формированию на более высоких. Растительные куртины являются зонами аккумуляции растительного материала и активного протекания процессов гумусонакопления, что оказывает существенное влияние на вариабельность почвенных свойств, в том числе и твердости почвы. Растительные организмы приводят к активизации процессов испарения влаги. Поэтому неоднородность растительного покрова существенно влияет на перераспределение влаги, которая в значительной мере определяет твердость почвы.

Зоогенный фактор также может выступать как важная причина формирования пространственной неоднородности твердости почвы. Так, в рассмотренной нами почве обнаружено 40 видов почвенной мезофауны, численность которой составляет $68,9 \pm 14,6$ экз./м² (не опубликованные данные). Среди почвенных животных следует отметить активного почвороя – чесночницу обыкновенную (*Pelobates fuscus*). Следует отметить, что зоогенные эффекты следует ожидать на более низком масштабном уровне, чем может быть изучен при выбранном шаге размещения проб.

При перемещении почвы по склонам дюнных всхолмлений (крип) может наблюдаться возникновение трещин, которые способны существенно изменять водно-физические свойства почв посредством формирования дополнительных преимущественных потоков влаги в почве [20]. Пространственные паттерны и средние уровни инфильтрации почв на склонах можно объяснить как следствие различной организации системы трещин в почве, которая возникает как результат геоморфологического крипа [19]. Установленные нами пространственные конфигурации паттернов почвенной неоднородности вполне могут быть объяснены взаимным смещением участков почвы в результате крипа.

5. Выводы

1. При анализе вариабельности твердости почв *I*-статистика Морана позволила подтвердить наличие пространственной автокорреляции. Уровень пространственной зависимости, выраженный с помощью показателя SDL, значительно изменяется по профилю, демонстрируя общий колебательный тренд повышения при увеличении глубины. Для почвенных слоев до глубины 55–60 см характерна высокая пространственная зависимость твердости почвы, а для более глубоких слоев – умеренная зависимость.

2. В работе в качестве дополнительных показателей неоднородности почвы предложено применять профильные производные геостатистик, установленные для варьирования признаков в горизонтальном направлении. Такой подход исходит из представления о почве как о целостном естественно-историческом теле, что предполагает необходимость установления связи между показателями варьирования почвенных свойств в горизонтальном (тангенциальном к поверхности) направлении с варьированием в вертикальном (нормальном к поверхности) направлении.

3. Информативным инструментом отображения динамических свойств почвенной системы является фазовый портрет. Отображение системы в пространстве производных радиуса влияния и показателя пространственной зависимости SDL позволил установить наличие квазипериодических процессов изменчивости геостатистик по профилю почвы.

Список использованной литературы

1. Гиляров М.С. Особенности почвы как среды обитания и ее роль в эволюции насекомых / М.С. Гиляров. М: Изд. АН СССР, 1949.- 280 с.
2. Добровольский Г.В. Экология почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. М: Изд-во Московского университета, 2012. - 412 с.
3. Апарин В.Ф. Почвы и биоразнообразие// Теоретические основы биоразнообразия, материалы семинара 19-20 мая 2000 г., СПбГУ. СПб. С. 23-26.
4. Карпачевский Л.О. Динамика свойств почвы / Л.О. Карпачевский. М.: ГЕОС, 1997. – 170 с.
5. Dr.Kim. Soil Compaction Stress & Trees: Symptoms, Measures, Treatments soil bulk density (g/cc) penetration resistance (MPa) by Dr. Kim, D. Coder, Warnell School of Forestry & Natural Resources University of Georgia Dec. 2007, – 195 p.
6. Медведев. В.В. Твердость почвы / В.В. Медведев. – Харків: Міська друкарня, 2009, – 152 с.
7. Жуков А.В. ГИС-технологии и 3D-описание твердости почвы при рекультивации земель / А.В. Жуков, О.Н. Кунах, Г.А. Задорожная // III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю.

Збірник наукових статей. Том. 1. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – С. 184–187.

8. Ганжа Д.С. Экоморфическая организация чернокленовников в псаммофильной степи на арене р. Днепр / Д.С. Ганжа, О.Н. Кунах, А.В. Жуков, В.А. Новикова // Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. – Д. – 2015, вип. 44. – 110–126.

9. Демьянов В.В. Геостатистика: теория и практика/ В.В. Демьянов, Е.А. Савельева. – М. :Наука, 2010. – 25-59 с.

10. Cambarella C.A. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils/ C.A. Cambarella, T.B. Moorman, J.M. Novak// Soil Science Soc. Am. – 1994. – Vol. 58 – P. 1501-1511.

11. Цветкова Н.Н. Микроэлементы в лесных черноземах Днепропетровщины // Вопросы степного лесоведения и научные основы лесной рекультивации земель. – Д.: ДГУ, 1985. – С.21-30.

12. Anselin L. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis // L. Anselin, S. Ibnu, Kh. Youngihn / Geographical Analysis. – 2006. – Vol. 38 (1). – P. 5–22.

13. Жуков О.В. Аналіз просторових даних в екології та сільському господарстві / О.В. Жуков. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2015. – 124 с. DOI: 10.13140/RG.2.1.3480.2406

14. Diggle P.J. Bayesian inference in Gaussian model-based geostatistics / P. J. Diggle, P. J. Ribeiro // Geographical and Environmental Modelling. – Vol. 6, No. 2. – 2002. – P. 129–146.

15. Жуков А.В. Байесовский подход для оценки гетерогенизации пространственного распределения почвенных свойств / А. В. Жуков, Е. В. Андрусевич, А. Ю. Покуса, Е. В. Лапко // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 3–4. – С. 76–91.

16. Медведев В.В. Неоднородности почв и точное земледелие. Часть 1. Ведение в проблему. / В.В. Медведев – Харьков: Изд. «13 типография». – 2007. – 296 с.

17. Соловьев С.В. Материалы к инвентаризации псаммитовых степей Среднего Приднепровья на примере Днепропетровско-Орельского заповедника / С. В Соловьев, В. В.Манюк // Степи Северной Евразии: Материалы III Международного симпозиума. – 2003.

18. Демидов А.А. Пространственная агроэкология и рекультивация земель: монография / А. А. Демидов, А. С.Кобец., Ю. И. Грицан, А. В. Жуков – Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А.Л.», 2013. – 560 с.

19. Жуков А.В. Пространственные паттерны инфильтрации почвы на склоне балки / А. В. Жуков, Г. А. Задорожная, И. В. Лядская // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, екологія ґрунтів. – 2013, № 2. – С. 22–27.

20. Умарова А.Б. Преимущественные потоки влаги в почвах: закономерности формирования и значение в функционировании почв / А. Б. Умарова // М.: ГЕОС. – 2011. – 266 с.

21. Шарый С.П. Курс вычислительных методов / Шарый С. П. – Новосибирск: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2016. – 519 с.

22. Burgess T.M., Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. The semi-variogram and punctual kriging./ T M Burgess, R. J. Webster // Soil Sci. 1980.- 31:315–319.

Статья поступила в редакцию 15.02.2016

GEOSTATIC ANALYSIS OF SOIL PENETRATION RESISTANCE OF WEAKLY DEVELOPED SANDY SOIL IN NATURAL RESERVE "DNEPROVSKO-ORELSKIY"

V.A. Novikova

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine

E-mail: viktorianovforever@mail.ru

The soil penetration resistance is ecologically relevant indicator, which depends on a number of other, "classical" properties of soil – density, moisture content, particle size distribution and aggregate composition, etc. Geostatistics is based on the statistical interpretation of data and operates a variety of mechanisms that are able to analyze the method of interpolation values for those places where samplings were not made. In the course of our study we investigated the variability of soil penetration resistance based on geostatistics. Maps of spatial variability of soil penetration resistance have been drawn on the basis of the calculated variogram. The upper layers of the soil cover of the studied area have been shown as being a high heterogeneity of soil penetration resistance. The homogeneous layers have been shown to be present on the basis of the spatial variation of the soil penetration resistance.

Keywords: soil penetration resistance, geostatistics, spatial variability, heterogeneity, spherical model.

УДК 631.434.1

АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОСІВНОГО ШАРУ ҐРУНТУ ПЕРЕД СІВБОЮ ЯРИХ КУЛЬТУР¹

А.Л. Бородін

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна
E-mail: a.l.borodin@yandex.ua

Досліджено агрофізичні властивості темно-сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту та чорнозему типового важкосуглинкового у межах посівного шару (структурний склад, щільність будови та вологість) навесні перед сівбою ярих культур у 2013-2015 рр.. Виявлено, що агрофізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту, сформовані у межах посівного шару традиційним передпосівним обробітком, відрізнялися від припустимих (згідно з чинними агровимогами): були наявні брили, вміст агрегатів агрономічно корисного розміру був суттєво меншим за припустимий; щільність будови посівного шару – зависокою. Протягом осінньо-зимового періоду формувалися добрі запаси вологи. Параметри структури чорнозему типового перед сівбою ячменю у 2014 р. були припустимими за винятком наявності у посівному шарі брилистих грудок. Обробіток ґрунту експериментальним знаряддям сформував кращу структуру наднасінневого шару, ніж традиційний обробіток.

Ключові слова: передпосівний обробіток ґрунту, структура, темно-сірий опідзолений ґрунт, чорнозем типовий, щільність будови

1. Вступ

Передпосівний обробіток ґрунту навесні призначений для формування найбільш сприятливих для проростання насіння ярих культур агрофізичних умов. Під час передпосівного обробітку знищують бур'яни і розпушують ґрунт, щоб забезпечити необхідний контакт ґрунту з насінням, надходження поживних речовин, води і повітря, безперешкодне проникнення та ріст коренів рослин. Зв'язок між якісним виконанням передпосівного обробітку та підвищенням урожайності культур добре вивчено. Однак способи обробітку і кращі практики, спрямовані на досягнення оптимальних фізичних властивостей ґрунту в конкретний період досліджено недостатньо. Цей вид обробітку безпосередньо впливає на вологість і щільність ґрунту та наявність кисню, тобто, на ті чинники, які можуть впливати на здатність ґрунту забезпечити необхідні умови для створення врожаю [1-3].

Мета роботи – визначити та оцінити агрофізичні параметри посівного шару ґрунту (структурний склад, щільність будови, вологість), які було сформовано перед сівбою ярих культур у результаті передпосівного обробітку традиційним способом та експериментальним знаряддям.

2. Об'єкти і методи досліджень

Об'єкти досліджень: темно-сірий опідзолений важкосуглинковий ґрунт (сел. Комунар, Харківський район), і чорнозем типовий важкосуглинковий (сел. Дослідне, Чугуївський район). Обидва об'єкти розташовані в Харківській області.

Передпосівний обробіток темно-сірого опідзоленого ґрунту виконували традиційним способом (культиватором КТС-6 на глибину 6-8 см після оранки восени на глибину 25-27 см), результати порівняли з оптимальними агрофізичними параметрами [4]. В 2013 році вирощували ячмінь сорту «Парнас» і кукурудзу сорту «Елегія», в 2014 році – соняшник сорту НК «Неома», в 2015 р. – ячмінь сорту «Парнас».

Агрофізичні параметри темно-сірого опідзоленого ґрунту визначали перед сівбою культур: у 2013 р. 17 квітня (ділянка 1, ячмінь) та 29 квітня (ділянка 2, кукурудза), у 2014 р. 18 квітня (ділянка 1, після ячменю) і 23 квітня (ділянка 2, після кукурудзи), у 2015 р. 27 та 28 квітня на двох ділянках поля відповідно.

Дослідження на чорноземі типовому важкосуглинковому проводили в 2014 році. Передпосівну підготовку ґрунту під ячмінь сорту «Парнас» виконали культиватором КТС-6

¹ Науковий керівник – академік НААН, професор, доктор біол. наук В.В. Медведєв

на глибину 6-8 см після оранки восени на глибину 25-27 см (стандартний обробіток) та експериментальним передпосівним знаряддям [5] на глибину 8-10 см. Експериментальне знаряддя для передпосівного обробітку являє собою ґрунтообробний агрегат, який складається з рами, щонайменше одного культиватора-плоскоріза, виконаного у вигляді лемеша з сепарувальними решетами, стояка, роторного робочого органу з ножами, вісь обертання якого розташована над сепарувальними решетами. Вісь обертання робочого органу встановлено з можливістю переміщення як у вертикальному, так і горизонтальному напрямках відносно сепарувальних решіт. Таким чином, за допомогою спеціального роторного пристрою здійснюється накопичення структурних окремоностей потрібного розміру, ґрунт розпушується, сепарується і прошовується через отвори решітки і розміщується над насінням [5]. Агрофізичні параметри чорнозему типового визначали перед сівою ячменю 3 квітня.

Методи аналітичних робіт: структурний склад ґрунту – просіювання на ситах за Саввіновим (ДСТУ 4744 [6]), щільність будови ґрунту – методом різальних циліндрів (ДСТУ ISO 11272 [7]), вологість ґрунту – термостатно-ваговим методом (ДСТУ ISO 1146 [8]).

3. Аналіз результатів досліджень

Передпосівний обробіток чорнозему типового за показником структурного складу ґрунту у межах посівного шару було виконано набагато якісніше, ніж обробіток темно-сірого опідзоленого ґрунту: як видно з даних таблиці 1, у підшарах 0-5 та 5-10 см темно-сірого опідзоленого ґрунту вміст брил становив 23,7 % та 38,9 % відповідно, у підшарах 0-5 та 5-10 см чорнозему типового після стандартного передпосівного обробітку – 17,5 % та 7,7 %, після обробітку експериментальним знаряддям – 8,4 % та 9,2 % відповідно. Це суттєво перевищує припустимі значення 0-5 % (згідно з [4]). Вміст пилу у посівному шарі досліджених ґрунтів коливався у межах від 0,3 до 3,3 %. Вміст агрегатів агрономічно корисного розміру був меншим за оптимальний для чорноземних ґрунтів важкосуглинкового гранулометричного складу, який становить 70 % [4], лише у насінневому шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту – 57,7 %. При цьому у посівному шарі чорнозему типового було значно більше агрегатів агрономічно корисного розміру.

Обробіток чорнозему типового експериментальним передпосівним знаряддям забезпечив більш сприятливий для проростання насіння ярих культур, порівняно з традиційним обробітком, структурний склад підшару 0-5 см: вміст агрегатів розміром 10-0,25 мм становив 89,7 та 81,5 % відповідно (табл. 1).

Щільність будови посівного шару темно-сірого опідзоленого ґрунту у підшарах 0-5 та 5-10 см перевищувала оптимальне значення ($1,2 \text{ г/см}^3$ [4]). Чорнозем типовий перед сівою ярих культур мав оптимальні параметри щільності будови – $1,15\text{-}1,20 \text{ г/см}^3$ (табл. 1) незалежно від способу передпосівного обробітку.

Таблиця 1

Агрофізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту (середні значення за 2013-2015 рр.) та чорнозему типового перед сівою ярих культур (2014 р.)

Ґрунт, обробіток	Вміст брил (грудки > 10 мм), %, у підшарах, см		Вміст пилу (часточки < 0,25 мм), %, у підшарах, см		Вміст агрегатів агрономічно корисного розміру (10-0,25 мм), %, у підшарах, см		Щільність будови, г/см^3 , у підшарах, см	
	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10
Темно-сірий опідзолений (стандартний обробіток)	23,7	38,9	3,3	3,4	73,0	57,7	1,28	1,35
Чорнозем типовий (стандартний обробіток)	17,5	7,7	1,0	1,8	81,5	90,5	1,15	1,19
Чорнозем типовий (обробіток експериментальним знаряддям)	8,4	9,2	2,0	0,3	89,7	90,5	1,17	1,20

Як видно з даних, наведених у табл. 2, у шарі 0-15 см темно-сірого опідзоленого ґрунту у період проведення досліджень були досить великі запаси вологи: від 37 до 57 мм. Такі запаси вологи можна оцінити як добрі для вирощування ячменю (перевищують 20 мм у шарі 0-20 см [9]) та кукурудзи (перевищують 25-30 мм у шарі 0-20 см [10]).

Таблиця 2

Запаси вологи у підшарах темно-сірого опідзоленого ґрунту (2013- 2015 рр.)

Рік	Запаси вологи (мм) у шарах ґрунту (см)			
	0-5	5-10	10-15	0-15
2013	12	13	12	37
2014	18	20	19	57
2015	13	14	15	42

Згідно з результатами досліджень В.М. Хром'яка зі співавторами [11], найбільш сприятливі умови для формування високого урожаю соняшника складаються в роки, коли запас вологи в метровому шарі ґрунту перед сівбою перевищує 120 мм. До 25 % вологи соняшник використовує в період від появи сходів до бутонізації, тому запаси

вологи у темно-сірому опідзоленому ґрунті перед сівбою соняшника також можна оцінити як оптимальні.

Орний шар чорнозему типового перед сівбою ячменю мав також високі запаси вологи: 114-125 мм у шарі 0-30 см (табл. 3), що, однак, не завадило вчасно почати польові роботи.

Перед сівбою ярих культур потягом періоду проведення досліджень в результаті традиційного обробітку темно-сірого опідзоленого ґрунту було створено агрофізичні параметри, які відрізнялися від оптимальних, а саме: у посівному шарі були присутніми брили, вміст агрегатів агрономічно корисного розміру становив 57,7 %, тобто, виявився суттєво меншим за оптимальний (не менше 70 %); щільність будови насінневого та піднасінного шарів була зависокою, що призводить до утворення недостатньо розвинутих кореневих систем проростків. Все це не сприяло економній витраті добрих запасів вологи, що сформувалися протягом осінньо-зимового періоду.

Таблиця 3

Запаси вологи у підшарах чорнозему типового важкосуглинкового перед сівбою ячменю (2014 р.)

Спосіб передпосівного обробітку ґрунту	Запаси вологи (мм) у шарах ґрунту (см)				
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-30
Стандартний	16	18	39	42	114
Експериментальним знаряддям	16	17	46	46	125

Агрофізичні параметри чорнозему типового перед сівбою ячменю, сформовані в результаті традиційного обробітку та обробітку експериментальним передпосівним знаряддям були оптимальними за всіма показниками, лише вміст брил у посівному шарі перевищував оптимальний. При цьому обробіток експериментальним знаряддям сформував кращу структуру наднасінного шару, ніж традиційний обробіток: брилистіх грудочок у ньому було вдвічі менше за такої самої щільності будови, що створювало більш сприятливі умови проростання насіння та зменшувало непродуктивні втрати вологи через випаровування з поверхні ґрунту.

4. Висновки

У виробничих умовах традиційний передпосівний обробіток не забезпечує створення оптимальних агрофізичних параметрів темно-сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту та чорнозему типового важкосуглинкового перед сівбою ярих культур. Застосування експериментального передпосівного знаряддя підвищує якість передпосівного обробітку за структурним складом, але за вмістом брилистіх грудочок не відповідає чинним агрономогам. З огляду на це, потрібно удосконалити передпосівне знаряддя таким чином, щоб його застосування виключало наявність брил у посівному шарі перед сівбою ярих культур.

Перелік використаної літератури

1. Atkinson B.S. Using selected soil physical properties of seedbeds to predict crop establishment / B.S. Atkinson, Sparkes D.L., Mooney S.J. // Soil and Tillage Research. – 2007. - № 97. – P. 218-228
2. Ardivissson J. Early sowing – a system for reduced seedbed preparation in Sweden / J. Ardivissson, Rydberg T., Feiza V. // Soil and Tillage Research. – 2000. - № 53. – P. 145-155
3. Atkinson B.S. Identification of optimum seedbed preparation for establishment using soil structural visualization PhD Summary Report No. 6, November 2008 Project No. RD-2004-3031 – 42 p.
4. Медведєв В.В. Агровимоги до технології і знарядь передпосівного обробітку чорноземних ґрунтів / В.В. Медведєв, І.В.Пліско, О.М. Бігун [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2016 – № 3. – С. 43-48.
5. Ґрунтообробний агрегат : пат. 82554 Україна : МПК А01В 49/06 (2006.01) / В.К. Пузік, В.В. Медведєв, В.Ф. Пашенко, С.І. Корнієнко, А.О. Батулін, С.І. Хекало, Н.Г. Пташинська; – № у 2013 03966; заявл. 01.04.2013; опубл. 12.08.2013, Бюл. № 15. – 9 с. : іл.
6. ДСТУ 4744:2007 Якість ґрунту. Визначення структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І.Савінова – Чинний від 2008-01-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с. – (Національний стандарт України).
7. ДСТУ ISO 11272:2001 Якість ґрунту. Визначення щільності складання на суху масу. (ISO 11272:1998, IDT) – Чинний від 2003-07-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 15 с. – (Національний стандарт України).
8. ДСТУ ISO 11465:2001 Якість ґрунту. Визначення сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT) – Чинний від 2003-01-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 11 с. – (Національний стандарт України).
9. Медведєв В.В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур / В.В. Медведєв, Т.Н. Лактионова, Л.В. Донцова. – Х: Апостроф, 2011. – 224 с.
10. Підручник. — Гудзь В.П., Шувар І.А., Юник А.В., Рихлівський І.П., Міщенко Ю.Г. За ред. Гудзя В.П. — К. : «Центр учбової літератури», 2014. – 336 с.
11. Хромяк В.М. Рекомендації з вирощування соняшнику в ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу України (на прикладі Луганської області) / В.М. Хромяк, В.В. Наливайко, К.І. Тохтарь [та ін.]. – ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського», 2015. – 15 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016

AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOIL IN SEED LAYER BEFORE SOWING OF SPRING CROPS

A.L. Borodin

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine

E-mail: a.l.borodin@yandex.ua

Agrophysical properties of the dark gray podzolic heavy-loamy soil and typical heavy-loamy chernozem within the seed layer (structural composition, bulk density, moisture content) in the spring before sowing of spring crops in 2013-2015 were investigated. It was determined that agrophysical properties of dark gray podzolic soil formed within seed layer as a result of traditional presowing tillage were different from the assumed ones (according to current agronomical requirements): there were lumps in sowing layer, content of aggregates of agronomically useful size was significantly smaller than the permissible; bulk density of the seed layer was too high. Good moisture reserves formed during the autumn and winter period. Parameters of chernozem typical structure before barley sowing in 2014 were acceptable except the lumps presence of sowing layer. Tillage by experimental tool formed better structure of over-seed layer than traditional cultivation.

Keywords: dark gray podzolic soil, bulk density, presowing cultivation of soil, structure, chernozem typical.

УДК 631.417.2:630.237.1

ПАРАМАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ЇХ ЗМІНА ЗА РІЗНОГО СПОСОБУ ОБРОБІТКУ

М.А. Попірний

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

E-mail: max_papirny@mail.ru

За результатами визначення електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) виділених препаратів гумінових кислот чорнозему типового, виявлено природу сигналу та структурні особливості їх

трансформації під впливом мінімізованого, нульового та традиційного способів обробітку ґрунту. Досліджено методом ЕПР механізм структурної трансформації гумінових кислот за різних способів обробітку ґрунту. Виявлено, що за традиційного обробітку чорнозему типового відбувається підвищення парамагнітного сигналу у виділених препаратах гумінових кислот, завдяки процесу макроциклічного хелатоутворення.

Ключові слова: чорнозем типовий, гумінові кислоти, способи обробітку ґрунту, електронний парамагнітний резонанс (ЕПР), хелати, макроциклічний ефект.

1. Вступ

Гумінові кислоти – це клас складних полідисперсних, гетерогенних, біоорганічних сполук змінного складу та нерегулярної будови, які формують термодинамічну нелінійну дисипативну функціональну гумусову систему [1, 2]. Поліфункціональність гумінових кислот в екосистемах (агроекосистемах) визначається структурно-функціональними особливостями їх будови [3]. Утворення гумінових кислот дуже складний процес, який супроводжується водночас пов'язаними процесами синтезу та розпаду органічних сполук у ґрунті, що стимулює гумус до обміну енергією (та інформацією) з навколишнім середовищем. Розпад органічних сполук відбувається завдяки відбору найбільш термодинамічно стабільних речовин через гідролітичні ферменти мікробіоти та подальшої поліконденсації продуктів біодеструкції. Синтез ароматичних структурних елементів гумусових кислот відбувається завдяки полімеризації через внутрішньомолекулярні ковалентні зв'язки. При цьому утворюються ароматичні елементи гумінових речовин шляхом конденсації розщеплених продуктів лігніну і хінонів, за вільно-радикальним механізмом через семіхінони, які утворюють гідрофобне конденсоване макроциклічне ядро гумінових кислот [4]. Після чого відбувається подальше «дозрівання» через стабілізацію конденсованої ароматичної структури координаційними металами та самоорганізація завдяки міжмолекулярним взаємодіям (гідрофобними Ван-дер-Ваальсовими, π - π -стекинг та π -СН-аліфатичні структури) з іншими новосинтезованими молекулярними асоціатами, утворюючи гетерогенну, полідисперсну високоорганізовану супрамакромолекулу гумусових речовин ґрунту, що обумовлюють процеси утворення агрономічно цінного якісного гумусу [5, 6, 7]. За розуміння гумусу як надмолекулярної «суміші» гетерогенних молекулярних асоціатів, фульвокислоти належать до низькомолекулярних асоціатів гумусових кислот з більшим умістом оксигеновмісних функціональних груп, але меншим ступенем ароматизації конденсованої системи подвійних зв'язків [5, 8].

У зв'язку з інтенсивним сільськогосподарським використанням чорноземів останнім часом відзначено зменшення запасів гумусу, що обумовлено інтенсивним розпадом органічних речовин ґрунту, що, своєю чергою, призводить до активного виділення вуглекислого газу [9]. У зв'язку з цим серед технологій обробітку ґрунту впроваджуються мінімізовані способи, які, як відомо, послаблюють процеси мінералізації органічних речовин та сприяють збереженню агрономічно цінних характеристик гумусу (якісні показники) [9, 10].

Якість гумусу обумовлена наявністю фракцій гумінових кислот, які відображають зміни в гумусових речовинах ґрунту залежно від антропогенного впливу [2, 6, 9, 10]. Відомо, що родючість ґрунтів забезпечується вмістом лабільної фракції гумінових кислот, які характеризуються незрілими, новоутвореними біоорганічними сполуками (перша фракція гумінових кислот) [10], але для оцінки та вивчення агрогенної трансформації важливо та необхідно враховувати і більш стабільні біохімічно зрілі компоненти гумусу (друга фракція гумінових кислот) [11]. Особливої актуальності набуває вивчення трансформації складу органічних речовин ґрунту за допомогою неруйнівних фізико-хімічних досліджень, які дають більш глибоке розуміння функціонування гумусу в ґрунті, завдяки виявленню механізмів перетворення гумусових сполук які обумовлюють якість ґрунту. [1- 4, 6-8, 12].

Мета досліджень – встановити природу ЕПР-сигналу та структурні особливості препаратів гумінових кислот чорнозему типового за різних способів обробітку ґрунту.

2. Об'єкти та методи досліджень

2.1. Об'єкт дослідження та лабораторно-аналітичні методи аналізу ґрунтових зразків

Проби ґрунту було відібрано на ділянках польового дослідження кафедри землеробства Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва, закладеного з метою вивчення дії різних способів обробітку на властивості чорнозему типового важкосуглинкового. Схема дослідження: 1) традиційна технологія обробітку ґрунту – оранка на глибину 20-22 см, 2) мінімальний обробіток – дискування на глибину 10-12 см, 3) нульовий обробіток – прямий посів у необроблений ґрунт. За контроль було взято необроблюваний 40-річний переліг. Загальна площа дослідження – 1,4 га. Розміщення ділянок у досліді послідовне, повторність триразова. Площа посівної ділянки – 800 м². На час відбирання проб термін дії досліджуваних факторів становив 8 років.

Проби ґрунту відбирали з поверхневого шару 0-10 см згідно з ДСТУ 4287:2004 [13]. Для визначення гумусового стану ґрунту лабораторно-аналітичними засобами використано такі методики: загальний вміст органічного вуглецю – ДСТУ 4289:2004 [14]; вміст доступної (лабільної) органічної речовини – ДСТУ 4732:2007 [15]; груповий та фракційний склад гумусу – за методом І.В. Тюріна в модифікації В.В. Пономарьової та Т.А. Плотникової [16].

2.2. Методика ЕПР-дослідження

Виділення препаратів другої фракції гумінових кислот з ґрунту проводили за методом Д.С. Орлова [1]. Спектри електронного парамагнітного резонансу були зроблені в лабораторії електронного парамагнітного резонансу радіофізичного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна на приладі BRUKER Electron Paramagnetic Resonance Spectrum JES-ME-3x в області вимірювання 3000 Гаус (трихв. сантиметровий діапазон) з частотою модуляції 100 кГц. Досліджувані зразки (препарати гумінових кислот) для ЕПР спектроскопії являли собою порошки масою 10 мг, які закладали у кварцові ампули фірми JEOL. Досліджувані зразки препаратів гумінових кислот у кварцових ампулах поміщали в пучність СВЧ магнітного поля резонатора ЕПР спектрометра. ЕПР дослідження зразків проводили за кімнатної температури через 12 годин після їх приготування.

За стандартну мітку для визначення невідомого *g*-фактора та інтенсивності ЕПР-спектру використовували полікристалічний зразок ДФПГ (дифенілпікрілгідразил), середнє значення *g*-фактора якого дорівнює $2,003 \pm 0,0003$. Показник *g*-фактор визначає міру взаємодії орбітального моменту електрона з магнітним полем ядра атома. Оскільки кожна молекула ДФПГ має один неспарений електрон, то ДФПГ використовували як еталонний зразок для вимірювання інтенсивності ЕПР-спектрів. Оксид алюмінію (III) використовували для калібрування розгортки магнітного поля спектрометра (форми лінії ЕПР-сигналу), а монокристали рубіну – для вимірювання відносної інтенсивності ліній ЕПР-спектру.

Обчислення загальної інтенсивності парамагнітного сигналу ЕПР-спектрів були отримані в першому наближенні $I \times \Delta H^2$, де *I* – амплітуда сигналу (Гаус), ΔH – ширина лінії спектра парамагнітного сигналу від піку до піку (Гаус). Інтенсивність парамагнітного сигналу прямо пропорційна парамагнітним центрами аналізованих зразків гумінових кислот.

3. Результати досліджень та їх обговорення

Встановлено, що у результаті дії систем обробітку різної інтенсивності у чорноземі типовому відбувся перерозподіл кількісних і якісних параметрів органічної речовини порівняно з необроблюваною цілиною (табл. 1). Найбільший вміст загального вуглецю виявлено в необроблюваній цілині, як наслідок природного переважання процесів утворення (гуміфікації) та накопичення гумусу над процесом його мінералізації. Інтенсивний традиційний обробіток сприяв посиленню мінералізації органічної речовини чорнозему типового, що пов'язано з інтенсивним механічним перемішуванням поверхневого шару ґрунту. Також виявлено незначне закономірне збільшення вмісту гумусу за рахунок зменшення мінералізації в поверхневому шарі ґрунту при мінімалізації обробітку. Найменший вміст лабільного вуглецю та фракції ГК-1 констатовано за нульової технології обробітку чорнозему типового. Показник біологічної мінералізації органічної речовини за відношенням C/N закономірно зростає зі збільшенням інтенсивності обробітку та утворенням доступних та лабільних органічних сполук ґрунту. Отримані дані вказують на накопичення лабільного пулу органічної речовини на варіанті з традиційним інтенсивним обробітком, натомість, за дії мінімізованих технологій (особливо на варіанті нульового обробітку та цілини) іде накопичення фракції ГК-2, що відображає утворення

зрілих стабільних гумусових речовин. Таким чином, встановлено, що на варіанті з традиційним обробітком чорнозему типового спостерігається накопичення першої фракції гумінових кислот, за мінімізованого та нульового обробітку – зафіксовано зниження вмісту цієї фракції. Вміст фракції ГК-2 на ціліні (39,84 %) близький до вмісту фракції ГК-2 на варіанті за нульової технології (39,86 %).

Таблиця 1

Вплив різних систем обробітку на показники гумусового стану чорнозему типового у шарі 0-10 см

Показники	Варіанти			
	Контроль (цілина)	Традиційна (оранка)	Мінімальна (диски)	Нульова (прямий посів)
Сзаг, %	3,13	2,77	2,85	2,84
Слаб, %	0,15	0,16	0,15	0,11
Сгк1, % від Сгк	12,40	18,79	16,14	7,04
Сгк2, % від Сгк	39,84	22,74	33,86	39,86
Сгк3, % від Сгк	6,39	4,33	5,36	5,63
Сгк, % від Сзаг	58,63	45,86	55,36	52,53
C/N	12,06	10,45	11,85	11,73

Було проведено спектроскопію ЕПР (рис. 1) виділених препаратів другої фракції гумінових кислот та встановлено природу парамагнітного сигналу виділених препаратів гумінових кислот. Встановлено, що фактор спінового та орбітального моментів вільних

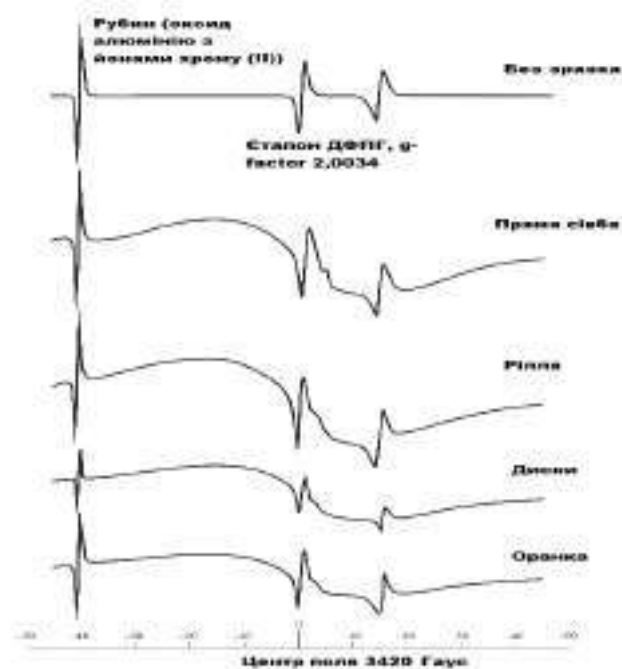


Рис. 1. Форма ЕПР-спектрів виділених препаратів гумінових кислот другої фракції (з g -фактор 2,0034) чорнозему типового залежно від інтенсивності обробітку ґрунту

неспарених електронів g -фактор становить $2,0034 \pm 0,003$, що відповідає карбонізованим ароматичним структурам, для яких характерно наявність неспарених електронів семіхіноних радикалів макроциклічних структур, що обумовлюють парамагнітну активність гумінових кислот [12, 17].

Але форма лінії не відповідає семіхіноним радикалам, для яких характерна вузька лінія сигналу, тому основний внесок у парамагнітну активність виділених препаратів роблять парамагнітні центри, які представлені хелато-комплексам типу кластерних структур [18]. При цьому форма ліній залежно від інтенсивності обробітку чорнозему не змінюється, змінюється лише інтенсивність сигналу, компоненти надтонкої взаємодії відсутні рис. 1. За даних умов, таким парамагнітним координованим металом є тривалентне залізо (Fe^{3+}), оскільки відомо, що

двовалентне залізо не проявляє парамагнітний сигнал за кімнатної температури [19].

Відомо, що парамагнітні іони заліза належать до груп іонів з електронною конфігурацією, які знаходяться в S -стані (спіновий момент 6 ($5/2$) характерний для Fe^{3+} та Mn^{2+}). В таких іонах орбітальний момент дорівнює нулю, тому розщеплення головних рівнів у кристалічних ґратках не повинно бути, але парамагнітна активність проявляється. Іони S -стану в комплексах мають g -фактор близький до стану неспареного електрона ($2,00 \pm$), що також показано на спектрах [19]. Таким чином, отримана широка лінія

парамагнітного резонансу гумінових кислот з g -фактором вільного неспареного електрона ($2,00 \pm$) чітко відповідає «невільному» неспареному електрону хелатного комплексу.

Парамагнітний координований іон, оточений макроциклічними ароматичними лігандами з декількома бічними ланцюгами, що взаємодіють за допомогою електростатичних зв'язків, має назву мультидентний ліганд у комплексі з катіоном металу [20, 21]. Макроциклічні з'єднання, які виступають в ролі лігандів, здатні розташовувати свої донорні атоми в просторі таким чином, що утворюється готова координаційна сполука, в яку вбудовується іон-комплексоутворювач (в даному випадку – парамагнітний іон Fe^{3+}) завдяки слабким іон-дипольним взаємодіям [20-22].

Макроциклічні ліганди високо селективні, мобільні (здатні транспортувати елементи надмолекулярної структури) та стабільні, тобто, утворюють особливо міцні комплекси з катіонів певного розміру. Поєднання селективності макроциклічних лігандів з високою міцністю комплексів, що утворюються, носить назву макроциклічного ефекту, стійкість яких також частково пояснюється хелатним ефектом [22-24]. Враховуючи складність макрогетероциклічної ароматичної системи ядерної частини гумінових кислот, такі парамагнітні комплекси можна віднести до хелато-макроциклічних комплексів, які утворюють Fe^{3+} -комплекси з багатьма циклами – макрополіциклічні Fe^{3+} комплекси [22-24], подібні до краун- та криптандним сполукам гумусу [25, 26].

Висока селективність взаємодії специфічного макроциклічного комплексу з металом дозволяє використовувати ці комплекси для виділення нестійких хімічних сполук, а також для певних каталітичних і різних міжфазних процесів [20-22]. Тому можливо, що за активної мінералізації відбувається активне новоутворення незрілих реакційно здатних гумінових кислот, які утворюють макроциклічні хелатні комплекси з іонами металів проміжної групи [19, 21]. Необхідно відмітити, що макроциклічний ефект, пов'язаний не тільки з парамагнітними іонами проміжної групи, а також з лужними та лужноземельними металами, які відіграють важливу роль у формуванні фізико-хімічних властивостей ґрунту [20, 22].

Розраховано інтенсивність парамагнітного сигналу гумінових кислот (рис. 2). Виявлено, що найбільша інтенсивність парамагнітного сигналу гумінових кислот належить гуміновим кислотам, утвореним у чорноземі типовому після оранки. Вірогідно, що інтенсивне новоутворення незрілих гумінових кислот супроводжується активною мінералізацією та стабілізується утворенням хелатних комплексів за умов інтенсивного обробітку. Важлива властивість таких парамагнітних комплексів – це доступність заліза рослинам, тобто, новоутворені гумінові кислоти утворюють комплекси хелатно-макроциклічного типу [20-22], які не піддаються розкладу гідролітичними ферментами (через просторову конфігурацію та динамічну конформацію молекулярних асоціатів) та, завдяки супрамолекулярній організації метало-комплексу, взаємодіють з надмолекулярними структурами (мембранними супрамолекулярними білковими комплексами) клітинних стінок коренів рослин, та через властивість селективності транспорту та трансформації (притаманна супрамолекулярним сполукам [5-7, 27]) «передають» залізо рослині (трансформація у доступний стан) [6-8, 27].

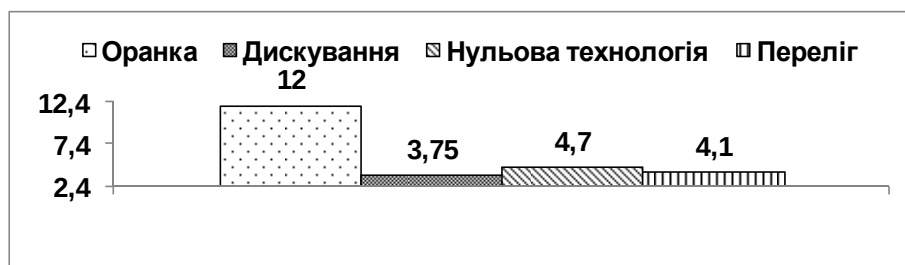


Рис. 2. Інтенсивність парамагнітного сигналу гумінових кислот (Гаус)

4. Висновки

Встановлено природу парамагнітного сигналу спектру ЕПР препаратів гумінових кислот, яка обумовлена утворенням хелатних комплексів за допомогою мультидентних лігандів макрогетероциклічних структур ароматичної системи гумінових кислот та координованого парамагнітного металу заліза (III).

Виявлено, що після оранки чорнозему типового відбувається підвищення

парамагнітного сигналу гумінових кислот, що свідчить про підвищення кількості парамагнітних центрів у препаратах другої фракції гумінових кислот за рахунок активного процесу макроциклічного хелатоутворення з парамагнітним залізом (III).

Список використаної літератури

1. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов // М.: МГУ, 1990. – 325 с.
2. Stevenson F.J. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions / F. J. Stevenson // 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltd. – 1994. – P. 512.
3. Орлов Д.С. Свойства и функции гуминовых веществ / Д. С. Орлов // Гуминовые вещества в биосфере. – М. – 1993. – С. 16-27.
4. Schnitzer M. State of the Art Structural Concept for Humic Substances M. Schnitzer, H. Schulten // Naturwissenschaften. – №80. – 1997. – Pp. 29-30.
5. Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances / A. Piccolo // Soil Sci. - 2001.- № 166. - Pp. 810-832.
6. Nebbioso A. Advances in Humeomic: enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid / A. Nebbioso, A. Piccolo // Analytica Chimica. – 2012. - № 720. -Pp. 77 – 90.
7. Piccolo A. Supramolecular associations versus macromolecular polymers/ A. Piccolo A., P.Conte // Adv. Environ. Res.– 2000. – № 3.– Pp. 508–521.
8. Kravchenko Y. Quality and dynamics of soil organic matter in a typical Chernozem of Ukraine under different long-term tillage systems / Y. Kravchenko, N. Rogovska, L. Petrenko // Canadian Journal of Soil Science. - 2012. - № 92. - Pp. 429-438.
9. Медведев В.В. Нульовий обробіток ґрунту в європейських країнах / В.В. Медведев // Харків, 2010. – 200 с.
10. Дегтярьов В.В. Гумус чорноземів Лісостепу і Степу України /В.В. Дегтярьов // Харків, 2011. – 359 с.
11. Овчинникова М.Ф. Признаки и механизмы агрогенной трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы / М.Ф. Овчинникова // Агрохимия. - 2012.-№1.- С. 3-13.
12. Parfitt R.L. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spinresonance and nuclear magnetic resonance / R.L. Parfitt, B.K. Theng, J.S. Whitton, T.G. Shepherd // Soil&Tillage Research.- 2000.- № 53. - P. 95-104.
13. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2007. – [Чинний від 2005–07–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – С.10. – (Національний стандарт України).
14. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини : ДСТУ 4289:2004 – [Чинний з 2005-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2005. – 12 с. – (Національний стандарт України).
15. Якість ґрунту. Методи визначення доступної (лабільної) органічної речовини. : ДСТУ 4732:2007 – [Чинний від 2008-01-01.] – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 9 с. – (Національний стандарт України).
16. Визначення групового та фракційного складу гумусу за методом І.В. Тюріна в модифікації В.В. Пономарьової та Т.А. Плотникової, спалювання за Б.А. Нікітіним (варіант ННЦ ІГА) : МВВ 31-497058-008-2002/ Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. – Х.: Друкарня № 13, 2004. – Кн. 1. – С. 129–155.
17. Ингрэм Д. Электронный парамагнитный резонанс в биологии / Д. Ингрэм // М.: Мир, 1972,- с. 295.
18. Губин С.П. Химия кластеров /С.П. Губин // М.: Наука, 1987.- 262 с.
19. Альтшулер С.А. Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп / С.А. Альтшулер, Б.М. Козырев // М.: Наука, 1972.- 366 с.
20. Melson G.A. Coordination Chemistry of Macrocyclic Compounds / G.A. Melson // New York: Plenum Press, 1979.- 325 с.
21. Sauvage J. P. Interlacing molecular threads on transition metals: catenands, catenates, and knots / J. P. Sauvage// PureAppl. Chem, - №62, 1990.- Pp. 319-327.
22. Лен Ж.М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. - Новосибирск: Наука, 1998. - 334 с.
23. Pedersen C.J. Cyclic polyethers and their complexes with metal salts / C.J. Pedersen//Journal of the American Chemical Society, - №89, - 1967 Pp. 7017–7036.
24. Хираока М. Краун-соединения. Пер. с англ. / М. Хираока. – М.: Мир, 1986.- 363 с.
25. Ионенко В.И. Краун-клатратная концепция структуры гумуса// Мелиорация и химизация земледелия Молдавии: тез. докл. респ. конф. Ч. 1. – Кишинев, 1988. - С. 5-8.
26. Цапко Ю.Л. Структурна будова гумусових кислот в аспекті впливу на кислотні функції ґрунтів / Ю.Л. Цапко // Вісник ХНАУ ім. В. Докучаєва, 2014.- №1.- С. 12-18.
27. Clapp C.E. Plant growth promoting activity of humic substances. /, C.E., Chen, Y., Hayes, M.H.B., Cheng, H.H.,// In: Swift, R.S., Sparks, K.M. (Eds.), Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Waters, International Humic Science Society, Madison, 2001.- Pp. 243–255.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016

PARAMAGNETIC PROPERTIES OF CHERNOZEM TYPICAL HUMIC ACIDS AND THEIR CHANGE UNDER DIFFERENT SOIL TILLAGE

M.A. Popirny

National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine
E-mail: max_popirny@mail.ru

As a result of physical-chemical analysis there were revealed the structural features of the transformation of humic acids of chernozem typical under the influence of minimized, no till and traditional methods of soil tillage. It was investigated the mechanism of structural transformation of humic acids under different soil tillage, by electron paramagnetic resonance (EPR). It was found that for the ordinary tillage of chernozem typical there was an increase in spin signal allocated preparations of humic acids, due process chelates and macrocyclic effect.

Keywords: Chernozem typical, humic acid, soil tillage, electron paramagnetic resonance (EPR), chelates, macrocyclic effect.

УДК 631.452: 631.6

ЗМІНА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ Й ЕСПАРЦЕТУ ЯК ФІТОМЕЛІОРАТИВНИХ КУЛЬТУР¹

А.І. Огородня

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, Україна
E-mail: Yaroshevich26@i.ua

У статті висвітлено результати визначення фізико-хімічних характеристик чорнозему опідзоленого важкосуглинкового, на якому протягом трьох років поспіль в умовах польового досліду вирощували багаторічні трави – люцерну та еспарцет, як фітомеліоративні культури. Виявлено помітні зміни параметрів деяких фізико-хімічних властивостей ґрунту: активність іонів (рН і рСа); вміст обмінних кальцію і магнію; кислотно-основна буферність. Констатовано, що вирощування багаторічних трав сприяє оптимізації кислотно-основної рівноваги та кальцієвого режиму ґрунту завдяки накопиченню кальцію у верхньому шарі ґрунту.

Ключові слова: багаторічні трави, рН-буферність, фітомеліорація, чорнозем опідзолений, фізико-хімічні властивості.

1. Вступ

Проблема збереження та відтворення родючості ґрунтів із зрушеною в бік підкислення кислотно-основною рівновагою є важливою й актуальною. За уточненими даними ДУ «Інституту охорони ґрунтів України» на території Харківської області серед земель сільськогосподарського використання ґрунти із зрушеною у кислотний бік реакцією ґрунтового розчину (з рН водн. < 6,0) розповсюджені на площі 326,4 тис. га. Серед них слабокислі ґрунти (рН водн. 5,5–6,0) займають площу 264,1 тис. га, що становить близько 81 %, до яких, власне, і належать чорноземи опідзолені [0]. За іншими даними, площа ґрунтів із підвищеною кислотністю щорічно збільшується на 0,5 %. В результаті чого спостерігається тенденція до зниження вмісту кальцію у ґрунті [0].

Після призупинення фінансування робіт з вапнування, як із державного так і з місцевого бюджетів, цей важливий агрозахід з відтворення родючості кислих ґрунтів все менше застосовується землекористувачами. Останнє зумовило необхідність пошуку й розробки інших ресурсощадних способів поліпшення властивостей слабокислих ґрунтів.

Перспективними є біологічні методи меліорації й окультурювання, серед яких, окреме важливе місце належить фітомеліорації, біомеліоративний вплив якої, завдяки використанню фітопотенціалу обґрунтовано підібраних сільськогосподарських культур, є доволі м'яким та екологічно безпечним порівняно з хімічною меліорацією.

Мета дослідження – виявити вплив багаторічного вирощування люцерни та еспарцету, як фітомеліорантів, на фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого.

¹ Науковий керівник – доктор біологічних наук Ю.Л. Цапко

2. Об'єкти і методи досліджень

Дослідження проводили у польовому досліді на території дослідного господарства ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» – ДП «ДГ Граківське» (Харківський район, Харківська область).

Ґрунт – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесоподібному суглинку. На момент закладання досліді (2013 р.) ґрунт мав такі параметри фізико-хімічних властивостей в орному шарі: $pH_{\text{водн.}}$ – 5,7; гідролітична кислотність 4,32 ммоль/100 г ґрунту; сума обмінних основ – 21,94 мекв/100 г ґрунту; у складі обмінних катіонів переважає кальцій (18,35 мекв/100 г ґрунту) та магній (3,16 мекв/100 г ґрунту); активність кальцію – 1,5 мекв/л; вапняний потенціал – 4,3.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур загальноприйнята для Лівобережного Лісостепу України. За рік до закладання досліді та протягом його ведення на дослідні ділянки добрива і меліоранти не вносили. Багаторічні трави – люцерну (*Medicago sativa*) та еспарцет (*Onobrychis viciaefolia*) було висіяно навесні 2013 р. За контроль-порівняння взято варіанти з польовими культурами: у 2013 році – ячмінь, у 2014 – кукурудза, у 2015 – просо. Дослідження проведено після трьох років вирощування багаторічних трав.

Проби ґрунту відбирали буром із шару 0-20 см в трикратній повторності восени 2015 року (ДСТУ ISO 10381-2:2004). З індивідуальних проб готували середні змішані зразки (ДСТУ 4287:2004), які використовували для подальшого визначення таких показників ґрунту: активність іонів (pH і pCa) потенціометричним методом за МВВ 31-497058-002-2001; вміст обмінних кальцію і магнію за МВВ 31-497058-007; кислотно-основна буферність ґрунту – згідно з ДСТУ 4456:2005.

3. Аналіз результатів досліджень

Здобуті результати свідчать про поліпшення фізико-хімічних властивостей чорнозему опідзоленого на ділянках, де вирощували багаторічні трави, порівняно з контролем – польовими культурами (табл.1). Зафіксовано чітке закономірне зниження кислотності ґрунту в орному шарі на варіантах з люцерною та еспарцетом до 6,5 і 6,2 одиниць pH , що характеризує реакцію ґрунтового розчину, згідно з існуючою градацією [0], як близьку до нейтральної, тоді, як на контролі вона залишається слабокислою – 5,8.

Таблиця 1

Зміна параметрів фізико-хімічних властивостей чорнозему опідзоленого залежно від вирощуваних культур (середні дані за 2015 рік)

Показник і одиниця вимірювання	Параметри на варіантах		
	Контроль	Люцерна	Еспарцет
$pH_{\text{водн.}}$	5,8	6,5	6,2
Вміст обмінного кальцію, мекв/100 г ґрунту	16,1	26,9	24,8
Вміст обмінного магнію, мекв/100 г ґрунту	3,8	3,3	3,7
Сума обмінних Ca^{2+} і Mg^{2+} , мекв/100 г ґрунту	19,9	30,2	28,5
Активність кальцію, аСа, мекв/л	1,3	21,9	16,6
Вапняний потенціал, $pH-0,5$ pCa	4,2	5,5	5,1
<i>Оцінювальні показники кислотно-основної буферності:</i>			
Коефіцієнт буферної асиметрії (КБА)	0,35	0,27	0,28
Буферна ємність лужного крила (БЄл), бали	36,1	38,7	33,8
Буферна ємність кислого крила (БЄк), бали	17,5	22,4	19,0
Загальний оцінювальний показник буферності (ЗОПБ), бали	34,9	44,8	37,9

Проте, за Д.М. Прянишниковим [0], величині кислотності ґрунтового розчину не можна надавати абсолютного значення; реакцію ґрунту, як фактор, що впливає на ріст і розвиток рослин, слід розглядати у зв'язку з іншими умовами і факторами ґрунтового середовища (співвідношення катіонів, буферність ґрунту, вміст органічних речовин і т.д.).

Після трьох років вирощування багаторічних трав сумарний вміст обмінних кальцію і магнію збільшився на 32-40 % порівняно з вихідними значеннями та на 43-52 % – порівняно з варіантом контролю. Такі зміни фізико-хімічних параметрів ґрунту можна пояснити фізіологічними особливостями потужної кореневої системи багаторічних трав, тобто, її здатністю «підтягувати» кальцій з нижніх горизонтів та, навіть, з материнської породи до орного шару [4] (у межах статті не досліджували).

Крім того виявлено, що за загальної маси коренів багаторічних трав на одному гектарі близько 10-11 т (визначили методом монолітів за Н.А. Качинським), у них міститься близько 148 (люцерна) та 109 (еспарцет) кг сполук кальцію (CaO).

Накопичені у корінні багаторічних трав сполуки кальцію по закінченню вегетації, після часткового відмирання кореневої системи, разом із рослинними рештками залишаються у ґрунті, тим самим оптимізуючи кальцієвий режим ґрунту. Останнє, безумовно, впливає як на кислотно-основну рівновагу (зростають показники кислотно-основної буферності), так і на регуляцію фізико-хімічних процесів (підвищуються вміст та активність кальцію і значення вапняного потенціалу).

З результатів, представлених у табл. 1 видно, що разом зі зниженням кислотності ґрунтового розчину та підвищенням вмісту обмінних кальцію та магнію на варіантах із багаторічними травами відбувається суттєве підвищення активності кальцію, що відбивається і на зміні вапняного потенціалу, який через три роки досяг оптимальних значень, що дозволяє, як рекомендує Р.С.Трускавецький [0], оцінити агроєкологічний стан ґрунту як задовільний.

Зміна кислотно-основної рівноваги у ґрунті тісно пов'язана з кислотно-основною буферністю, яка виявляє поліфункціональний вплив на родючість ґрунтів, тому саме параметри рН-буферності широко використовуються для оцінки агроєкологічного стану ґрунту [0, 0] .

Встановлено, що після трьох років проведення фітомеліорації ґрунт на варіантах з багаторічними травами характеризується більш високою буферністю щодо як кислотних, так і лужних навантажень, порівняно з варіантом контролю.

На варіанті з люцерною усі оцінювані параметри кислотно-основної буферності є більш високими, що свідчить про тісний зв'язок між рН-буферністю та активністю кальцію, яка саме на цьому варіанті є найбільшою (коефіцієнт кореляції 0,8730). Значення коефіцієнта буферної асиметрії (КБА) за вирощування багаторічних трав свідчить про симетрію ґрунту за буферними ємностями та про те, що у ґрунті під травами більше спрацьовують механізми саморегуляції та самовідновлення порівняно з варіантом контролю.

Статистичний аналіз здобутих результатів (рис. 1) дозволяє стверджувати, що саме підвищена активність кальцію є одним із буферних механізмів ґрунту проти підкислення.

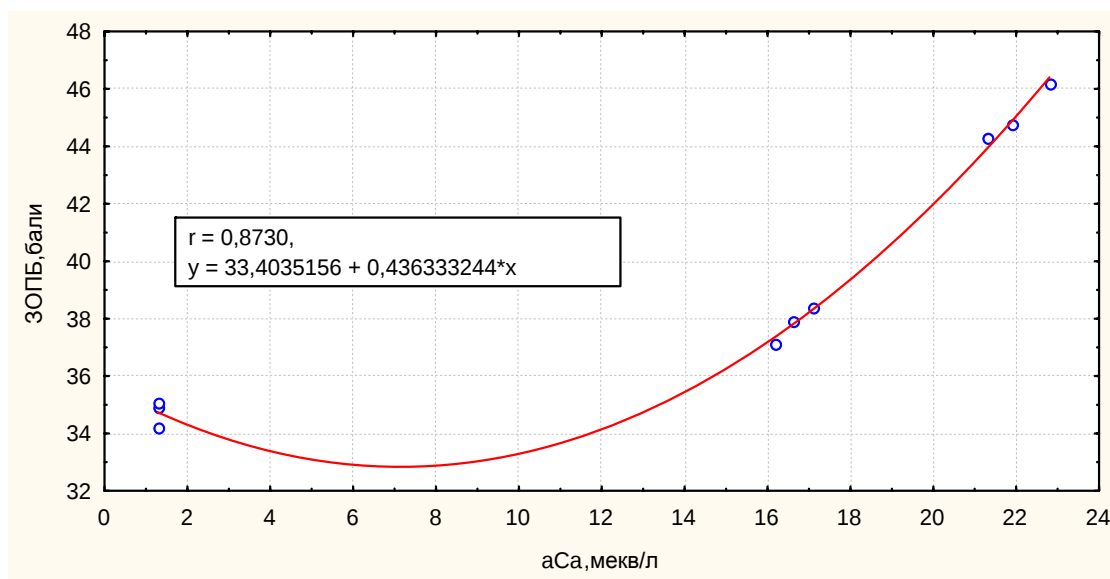


Рис.1. Залежність загального оцінювального показника буферності (ЗОПБ) від активності кальцію

4. Висновок

Виявлено, що за вирощування люцерни та еспарцету на чорноземі опідзоленому протягом трьох років у ґрунті (шар 0-20 см) відбувається підвищення активності кальцію з 1,3 до 21,9 та 16,6 мекв/л, відповідно, порівняно з варіантом контролю. Останнє свідчить про здатність еспарцету, і особливо, люцерни, до накопичення кальцію у верхньому шарі ґрунту, що позитивно позначається на кислотно-основній буферності ґрунту.

Список використаної літератури

1. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів / За редакцією С.А. Балюка і Р.С. Трускавецького – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2008. – 100 с.
2. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві: Наукова монографія / За ред. М.К. Шикли. – Київ: ПФ «Оранта», 1998. – 680 с.
3. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников. – М.: Сельхозгиз, 1952. – Т. 1. – 520 с.
4. Трускавецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції / Р.С. Трускавецький. – Харків: ППВ „Нове слово“, 2003. – 225 с.
5. Мотузова Г.В. Природа буферности почв к внешним химическим воздействиям / Г.В. Мотузова // Почвоведение. – 1994. – № 4. – С. 46-52.
6. Трускавецький Р.С. Оціночні показники кислотно-основної буферності ґрунтів / Р.С. Трускавецький, Ю.Л. Цапо // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2003. – Вип.64. – С. 12-16.
7. Качинский Н.А. Корневая система растений в почвах подзолистого типа / Н.А. Качинский // Тр. Моск. обл. с.-х. опытной станции. – В. – № 7. – 1925. – С. 89-95.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016

CHANGES OF PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE CHERNOSEM PODZOLIZED AFTER GROWING OF ALFALFA AND SAINFOIN AS PHYTOMELIORATION CROPS

A.I. Ogorodnya

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
E-mail: Yaroshevich26@i.ua

The article deals with the impact of growing alfalfa (*Medicago sativa*) and sainfoin (*Onobrychis viciaefolia*), as phytomelioration crops, on the physical-chemical properties of chernozem podzolized, which lies on the loess loams. It was revealed that the cultivation of perennial grasses contributes to optimizing the acid-base balance and calcium regime of the chernozem podzolized by physiological characteristics of its own root systems, that are able to pull calcium compounds through the profile and accumulate them in their roots. Found that the cultivation of lucerne and sainfoin at chernozem podzolized during 3 years there is increased activity of calcium from 1.3 mEq / L to 21.9 and 16.6 mEq / L respectively in the 0-20 cm layer compared to version control. Proved that came increased activity of calcium is a buffer mechanism against soil acidification.

Keywords: perennial grasses, pH-buffer, phytomelioration, chernozem podzolized, physical-chemical properties.

УДК 006.91:631.4

ВПРОВАДЖЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ МЕТОДІВ У НАЦІОНАЛЬНУ ПРАКТИКУ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ҐРУНТОЗНАВСТВІ¹

А.В. Шовковська

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна
E-mail: avshovk@ukr.net

Проаналізовано підходи до оцінювання точності методів визначення складу і властивостей ґрунту, встановлених у національних і гармонізованих стандартах України. Виявлено відсутність єдиного

¹ Науковий керівник – канд. с.-г. наук М.Є. Лазебна

підходу до процесу оцінювання та способів вираження точності методів у національних стандартах України. Наведено результати оцінювання (відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ ІСО 5725) точності (прецизійності) методів визначення вмісту фосфору, калію, органічної речовини і рН, установлених такими стандартами: ДСТУ 4115, ГОСТ 26483, ДСТУ 4289. Обґрунтовано перевагу використання для оцінювання точності методів підходу, регламентованого міжнародними стандартами – ДСТУ ГОСТ ІСО 5725.

Ключові слова: *точність, методи визначення, склад, властивості, ґрунт, міжнародні стандарти, прецизійність*

1. Вступ

Розвиток галузі оцінювання якості ґрунту на сучасному етапі характеризується процесами глобалізації та спрямуванням на міжнародне співробітництво. Одним із актуальних напрямів міжнародної інтеграції є гармонізація методів вимірювань. У галузі ґрунтознавства рівень гармонізації стандартів становить 54 % (152 стандарти з 283) [1]. Але для повноцінної гармонізації важливим є не тільки переклад тексту методики і надання чинності стандарту, але й розуміння підходів як до процедури аналізування, так і до оцінювання достовірності результатів проведених вимірювань.

Мета роботи – проаналізувати підходи до оцінювання точності вимірювань, впроваджені в міжнародній практиці та оцінити, згідно з міжнародним підходом, точність методів визначення складу та властивостей ґрунту, установлених національними стандартами ДСТУ.

2. Об'єкт і методи досліджень

Об'єкт – підхід до оцінювання точності методів визначення складу та властивостей ґрунту.

Застосовувані методи: аналітичний – для аналізу та порівняння підходів до оцінювання точності методів вимірювання (визначення) в національних та гармонізованих нормативних документах; статистичний і розрахунково-аналітичний – для оцінювання точності методів визначення складу та властивостей ґрунту, установлених національними стандартами – ДСТУ.

3. Аналіз результатів досліджень

У національних стандартах, які гармонізовані з міжнародними та європейськими, зустрічається посилання на комплекс стандартів ISO 5725, яким користуються у міжнародній практиці під час оцінювання точності методів вимірювань. Цей комплекс стандартів було прийнято методом підтвердження в Україні ще 2006 року, але широкого застосування ці стандарти не набули через відсутність інформаційної підтримки та робіт з їх упровадження. Під час розроблення національних стандартів на методи визначення складу та властивостей ґрунту керуються ДСТУ 1.5 [2], який регламентує вимоги до змісту та оформлення стандарту, але не містить чіткого підходу до оцінювання точності описуваного стандартом методу. До того ж, прийнятий у ДСТУ 1.5 порядок розробки стандартів на методи, на жаль, не включає такий важливий процес, як проведення міжлабораторних випробувань методу.

Порівняно з усталеним у вітчизняній стандартизації та метрології підходом до оцінювання *точності* методів, підхід у міжнародних стандартах, який регламентовано комплексом стандартів ISO 5725 (в Україні – ДСТУ ГОСТ ІСО 5725 [3 - 8]), має такі основні відмінності:

- 1) впроваджений термін «прийняте опорне значення»;
- 2) чітко регламентовані терміни, які використовують для описування точності метода вимірювання;
- 3) удосконалений процес стандартизації методу.

У вітчизняній метрологічній практиці точність та похибка результатів вимірювання, як правило, визначаються порівнянням результату вимірювання з істинним або умовно істинним значенням вимірюваної фізичної величини, що є фактично еталонними значеннями. У разі відсутності необхідних еталонів використовують середнє значення результатів вимірювання, що не є коректним для двох або трьох повторень. В ДСТУ ГОСТ ІСО 5725 ця ситуація відображена у терміні «*прийняте опорне значення*», тобто

значення, що є узгодженим для порівняння й отримане як:

- 1) теоретичне чи встановлене значення, що базується на наукових принципах;
- 2) приписане чи атестоване значення, що базується на експериментальних роботах національної чи міжнародної організації;
- 3) узгоджене чи атестоване значення, що базується на результатах спільних експериментальних робіт під керівництвом наукової або інженерної групи;
- 4) середнє значення заданої сукупності результатів вимірювань – тільки у випадку, коли 1), 2) та 3) недоступні.

Згідно з ДСТУ ГОСТ ІСО 5725, точність – це ступінь близькості результату вимірювання до прийнятого опорного значення.

Для описування точності методу вимірювання використовують два терміни: «*правильність*» і «*прецизійність*». Термін «*правильність*» характеризує ступінь близькості середнього значення, отриманого на основі результатів вимірювань, до прийнятого опорного значення; термін «*прецизійність*» – ступінь близькості результатів вимірювання один до одного.

Прецизійність є загальним терміном для вираження мінливості повторюваних вимірювань. На мінливість результатів вимірювань, що виконані за одним методом, можуть впливати різні фактори, у тому числі оператор, обладнання, параметри навколишнього середовища (температура, вологість, тощо) і, що важливо для ґрунту, інтервал часу між вимірюваннями.

Для представлення мінливості результатів вимірювання використовують дві умови прецизійності: умови *повторюваності* (збіжності) та *відтворюваності*. В умовах повторюваності (збіжності) фактори, які перераховано вище, вважають постійними й вони не впливають на мінливість, у той час як в умовах відтворюваності всі ці фактори змінні та впливають на мінливість результатів вимірювання. Таким чином, повторюваність та відтворюваність являють собою два крайні випадки прецизійності, де перший – характеризує мінімальну, а другий – максимальну мінливість результатів. Показники точності за ДСТУ ГОСТ ІСО 5725 схематично представлено на рисунку 1.



Рис. 1. Показники точності методу

Показники точності (правильності та прецизійності) згідно з ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-1 [3] повинні визначатися на основі серії результатів вимірювань, що представлені різними лабораторіями. Отже, на відміну від вітчизняної практики, процес стандартизації методу обов'язково включає експеримент з оцінки точності: проводиться серія міжлабораторних порівняльних вимірювань, на основі результатів яких визначаються показники точності методу.

Експеримент з оцінки точності розглядається як практична перевірка методу вимірювань, що стандартизується. Таким чином, у процесі стандартизації метод вимірювання проходить своєрідну апробацію серед фахівців вимірювальних (аналітичних)

лабораторій, працюючих у сфері призначення даного стандарту, зокрема, в сфері контролю стану (якості) ґрунту.

Ми провели оцінку прецизійності (згідно з ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-2 [4]) методів визначення вмісту фосфору, калію, органічної речовини і рН, установлених такими стандартами: ДСТУ 4115, ГОСТ 26483, ДСТУ 4289 [9-11]. Для цього було використано дані міжлабораторних випробувань галузевих стандартних зразків ґрунту, проведених 2013 року. У випробуваннях брали участь 11 лабораторій різних установ України, до яких було надіслано проби галузевих стандартних зразків таких ґрунтів: чорнозем типовий важкосуглинковий; чорнозем звичайний малогумусний; дерново-підзолистий супіщаний.

Тим самим ці міжлабораторні випробування задовольняли вимогам ДСТУ ГОСТ 5725-1 до експерименту з точності за кількістю лабораторій (від 8 до 15 лабораторій) та матеріалів, що використовуються в експерименті (матеріали повинні у повній мірі представляти ті, до яких цей метод застосовують на практиці і мати декілька рівнів різних матеріалів). Але, з огляду на те, що метою цих випробувань було встановлення атестаційних характеристик галузевих стандартних зразків, а не оцінка прецизійності методів, не виконувалась вимога ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-2 щодо однакової кількості паралельних визначень, що не дало можливість застосувати всі статистичні критерії.

Після статистичної обробки для кожного типу ґрунту розраховано, згідно з ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-2, дисперсії повторюваності та відтворюваності кожного методу. Після аналізу здобутих даних, дійшли висновку, що як показники прецизійності методів можуть бути використані середні значення (з отриманих дисперсій для трьох ґрунтів для кожного методу) стандартних відхилів повторюваності S_r та відтворюваності S_R . Міри прецизійності методів представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Міри прецизійності методів

Показник, одиниця вимірювання	Нормативний документ на метод визначення	Кількість лабораторій	Стандартний відхил повторюваності, S_r , %	Стандартний відхил відтворюваності, S_R , %
Масова частка рухомих форм фосфору, мг/кг	ДСТУ 4115	11	2,839	3,390
Масова частка рухомих сполук калію, мг/кг	ДСТУ 4115	11	5,499	6,823
рН сол., од. рН	ГОСТ 26483	11	0,131	0,138
Масова частка вуглецю органічної речовини, %	ДСТУ 4289	11	0,112	0,123

Використання значень точності, у разі коли вимірювання виконують за стандартним методом, стандартні відхили повторюваності та відтворюваності якого відомі, на практиці регламентує стандарт ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-6 [8]. Згідно з цим стандартом процедура перевірки правильності виконання лабораторією вимірювань зводиться до порівняння розходження результатів із критичними значеннями, що значно спрощує оцінювання результатів, адже не потрібно кожний раз розраховувати похибку вимірювання.

Все вищенаведене дозволяє зробити висновок, що удосконалення відповідно до міжнародних стандартів ДСТУ ГОСТ ІСО 5725 порядку розробки стандартів на методи вимірювання, особливо процесу оцінки їх точності, дасть змогу підвищити якість методів вимірювання у сфері контролю стану та визначення характеристик якості ґрунтів, спростити процес оцінювання точності результатів, досягти єдності підходів з міжнародними стандартами та вимогами, а отже, й визнання результатів вимірювання іншими організаціями.

4. Висновок

Аналіз національного та міжнародного підходів до визначення точності лабораторного вимірювання деяких параметрів якості ґрунту виявив, що підхід до

оцінювання точності методу, впроваджений у міжнародній практиці, дозволяє спростити поточне контролювання точності вимірювань в аналітичних лабораторіях, досягти однозначності у вираженні точності методів, а головне, удосконалити методи визначення складу та властивостей ґрунтів, що стандартизуються, адже у процесі стандартизації метод вимірювання проходить своєрідну апробацію серед фахівців вимірювальних (аналітичних) лабораторій, що працюють у сфері контролю стану (якості) ґрунтів.

Список використаної літератури

1. Шовковська А.В. Сучасний стан, проблеми та тенденції розвитку метрологічного забезпечення у сфері якості ґрунтів / А.В. Шовковська // Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості : Всеукр. наук.-практ. конф. : матеріали – Київ – 2015 – С. 132-133.
2. Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів (ISO/IEC Directives, Part 2, 2001, NEQ) : ДСТУ 1.5:2003 – [Чинний з 2003-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2003. – IV, 56 с. – (Національний стандарт України).
3. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення (ГОСТ ІСО 5725-1-2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-1:2005 – [Чинний з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 31 с. – (Національний стандарт України).
4. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 2. Основний метод визначення повторюваності і відтворюваності стандартного методу вимірювання (ГОСТ ІСО 5725-2-2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-2:2005 – [Чинний з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 59 с. – (Національний стандарт України).
5. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 3. Проміжні показники прецизійності стандартного методу вимірювання (ГОСТ ІСО 5725-3-2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-3:2005 – [Чинний з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 40 с. – (Національний стандарт України).
6. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 4. Основні методи визначення правильності стандартного методу вимірювання (ГОСТ ІСО 5725-4-2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-4:2005 – [Чинний з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 36 с. – (Національний стандарт України).
7. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 5. Альтернативні методи визначення прецизійності стандартного методу вимірювання (ГОСТ ІСО 5725-5-2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-5:2005 – [Чинний з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 59 с. – (Національний стандарт України).
8. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 6. Використання значень точності на практиці (ГОСТ ІСО 5725-6-2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-6:2005 – [Чинний з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 54 с. – (Національний стандарт України).
9. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова : ДСТУ 4115-2002 – [Чинний з 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2002. – 9 с. – (Національний стандарт України).
10. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её pH по методу ЦИНАО : ГОСТ 26483-85 – [Введ. с 1986-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 6 с. – (Государственный стандарт союза ССР).
11. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини : ДСТУ 4289:2004 – [Чинний з 2005-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2005. – 12 с. – (Національний стандарт України).

Стаття надійшла до редколегії 22.04.2016

IMPLEMENTATION OF INTERNATIONAL APPROACHES TO THE ACCURACY EVALUATION METHODS IN NATIONAL PRACTICE OF ANALYTICAL RESEARCH IN SOIL SCIENCE

A.V. Shovkovska

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
E-mail: avshovk@ukr.net

There were analyzed the approaches to the evaluation of the accuracy of methods for determining the composition and properties of soil, established in national and harmonized standards of Ukraine. It was discovered lack of a single approach to estimation and ways of expressing precision methods in national standards of Ukraine. Given the results of the testing (according to requirements of DSTU GOST ISO 5725) accuracy (precision) methods for determination of phosphorus, potassium, organic matter and pH set the following standards: DSTU 4115, GOST 26483, DSTU 4289. Substantiated the advantages of using precision techniques for the evaluation approach regulated by international standards - DSTU GOST ISO 5725.

Keywords: accuracy, methods for determining, the composition, properties, soils, international standards, precision

УДК 631.473

ВСТАНОВЛЕННЯ АТЕСТОВАНИХ ЗНАЧЕНЬ НОРМОВАНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНДАРТНОГО ЗРАЗКА СКЛАДУ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО¹

І.А. Прохорова

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна
E-mail: irysyaprokhorova@mail.ru

Представлено методику, порядок проведення міжлабораторної атестації матеріалу-кандидата чорнозему звичайного малогумусного легкоглинистого з метою встановлення атестованих значень параметрів ґрунту і характеристик похибки атестованих значень. В атестації брали участь одинадцять лабораторій для спільного паралельного вимірювання таких характеристик зразка ґрунту: рН сольової витяжки; вміст вуглецю органічної речовини; гідролітична кислотність. Аналізи виконували за однаковими стандартизованими методиками. Статистична обробка результатів вимірювання включала апроксимацію даних нормальним розподілом, обчислення середнього арифметичного значення і довірчого інтервалу для середнього значення, обчислення медіани результатів, відхилення результатів від медіани та оцінювання якості результатів вимірювань з використанням *Z*-індексів. На основі статистичної обробки результатів визначено похибки результатів вимірювання.

Ключові слова: стандартний зразок ґрунту, міжлабораторна атестація, оцінка якості, похибка, результати вимірювань.

1. Вступ

Єдиною можливістю встановлення атестованих значень агрохімічних показників та їхніх похибок у ґрунтовому матеріалі стандартного зразка (СЗ) є метод міжлабораторного порівняння. Міжлабораторна атестація СЗ – метод атестації, який ґрунтується на використанні результатів вимірювань, які незалежно виконують декілька лабораторій, використовуючи один або декілька методів. Ця процедура призначена для того, щоб надійно описати встановлену невизначеність атестованого значення СЗ. Будь-який алгоритм атестації повинен передбачати вирішення двох статистичних задач: оцінку атестованого вмісту (або параметра розташування вихідного розподілу результатів міжлабораторного експерименту) та знаходження довірчого інтервалу, до якого входить невідомий істинний вміст із заданою ймовірністю. Методики, згідно з [1], потрібно вибирати з числа найбільш точних, бажано метрологічно атестованих, які базуються на принципово різних методах. На жаль, всі процедури визначення агрохімічних показників є виключно метод-залежними. Тобто, результати вимірювань жорстко залежать від дотримання аналітиками всіх без винятку умов виконання вимірювань, прописаних у процедурі. Дані, отримані різними методами для того самого агрохімічного показника (йдеться про показники, що їх планується метрологічно атестувати в рамках виконання даного завдання), за визначенням порівнювати некоректно. Тому прийнятним може бути використання у процесі міжлабораторного експерименту лише тих стандартизованих або атестованих методик, сфера використання яких поширюється на визначення даних агрохімічних показників у чорноземах звичайних. В Україні Політика Національної агенції з акредитації щодо участі органів з оцінки відповідності у міжлабораторних порівняннях та перевітках кваліфікації передбачає використання стандартних зразків складу матеріалів під час міжлабораторних порівнянь, що забезпечує зовнішнє оцінювання якості роботи лабораторій [2]. При цьому результати вимірювань, виконаних лабораторіями, можна оцінювати з використанням *Z*-індексу і конфіденційно повідомляти лабораторії-учаснику міжлабораторної атестації.

Мета дослідження: встановити значення нормованих метрологічних характеристик (рН сольової витяжки, гідролітична кислотність та вміст вуглецю органічної речовини) та їх похибок за результатами міжлабораторного експерименту, оцінюючи якість результатів, наданих лабораторіями, за *Z*-індексом.

¹ Науковий керівник – канд. с.-г. наук, старший наук. сп. Я.В. Бородіна

2. Об'єкти та методи досліджень

Об'єктом дослідження були результати вимірювань рН сольової витяжки, гідролітичної кислотності та вмісту вуглецю органічної речовини чорнозему звичайного малогумусного легкоголинистого, надані лабораторіями-учасницями міжлабораторного експерименту.

Методи досліджень: аналіз даних, представлених лабораторіями-учасницями міжлабораторної атестації, методами варіаційної та робастної статистики.

3. Аналіз результатів досліджень

3.1 Організація міжлабораторної атестації

Лабораторією-координатором міжлабораторної атестації ґрунтового матеріалу-кандидата на галузевий стандартний зразок (ГСЗ) чорнозему звичайного малогумусного легкоголинистого була лабораторія інструментальних методів дослідження ґрунтів ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського». Зразки ґрунтового матеріалу для міжлабораторної атестації готували таким чином: ґрунтову масу чорнозему звичайного, відібрану в полі з шару 0-30 см, висушували в приміщенні, рівномірно розподіливши на столі, покритому міцною поліетиленовою плівкою, яка захищає від забруднення. Висушений ґрунтовий матеріал було подрібнено до 1 мм. Усереднення (гомогенізацію) матеріалу виконували шляхом його примусового перемішування на круглому столі, який обертається зі швидкістю 3-4 оберти на хвилину. Матеріал набирали з мішків пластмасовими совками 2 працівники і рівномірно висипали порціями, приблизно по 1 кг, на стіл, що обертався, з середини до країв. Потім матеріал порціями по 1 кг совками знову перевантажували у мішки. Увесь процес завантажування та розвантажування стола - 1 цикл усереднення. Всього було виконано 10 циклів. Випадковим чином (за таблицею випадкових чисел) безпосередньо на столі (поділивши на 120 секторів) відібрали 11 проб ґрунтового матеріалу, які використали для визначення його однорідності. Показники однорідності виявилися задовільними [3].

Кожній лабораторії-учасниці міжлабораторної атестації було надано зразок гомогенізованого ґрунтового матеріалу масою 250 г, для визначення рН сольової витяжки, вмісту вуглецю органічної речовини і гідролітичної кислотності за стандартизованими методиками (табл.1) згідно з програмою атестації.

Таблиця 1

Перелік характеристик ґрунту і методів аналізу, використовуваних у міжлабораторній атестації

Характеристика, що вимірюється	Позначення одиниці виміру	Нормативний документ та метод аналізу
рН сольової витяжки	одиниці рН	ГОСТ 26483 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО
Масова частка вуглецю (С) органічної речовини	%	ДСТУ 4289 Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини
Гідролітична кислотність	ммоль/100 г	ДСТУ 7537 Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності

До участі у проведенні міжлабораторної атестації було запрошено вимірювальні лабораторії таких установ: ДУ Миколаївський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів та якості продукції; Інститут сільського господарства степової зони НААН України (лабораторія екології ґрунтів); ДУ Сумський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів та якості продукції; ННЦ ІГА (лабораторія інструментальних методів досліджень ґрунтів і лабораторія органічних добрив і гумусу); ДУ Дніпропетровський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів та якості продукції; Донецька гідрогеолого-меліоративна експедиція; ДУ Чернігівський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів та якості продукції; Харківська гідрогеолого-меліоративна лабораторія моніторингу ґрунтів та вод; ДУ Харківський

обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів та якості продукції. Кожній лабораторії-учасниці міжлабораторної атестації було присвоєно індивідуальний шифр для забезпечення конфіденційності і незалежності результатів вимірювань.

3.2 Фактичні результати вимірювань

За результатами міжлабораторних атестаційних вимірювань параметрів ґрунтового матеріалу чорнозему звичайного отримали масив даних, які представлено в таблицях 2-4.

Таблиця 2

Результати міжлабораторних атестаційних вимірювань рН сольового

Шифр лабораторії-учасниці	X_{max}	X_{min}	$X_{сер}$	Контроль внутрішньолабораторної прецизійності в умовах повторюваності [4]		
				$r_n = X_{max} - X_{min} $	r	$ X_{max} - X_{min} \leq r$
АЛ1	6,90	6,80	6,85	0,10	0,26	-
АЛ2	7,10	6,89	6,96	0,21	0,36	-
АЛ3	6,90	6,90	6,90	0,00	0,23	-
АЛ4	7,09	7,04	7,07	0,05	0,37	-
АЛ5	7,05	7,03	7,04	0,02	0,36	-
АЛ6	7,07	7,01	7,03	0,06	0,29	-
АЛ7	7,00	6,30	6,92	0,70	0,71	-
АЛ8	7,00	7,00	7,00	0,00	0,29	-
АЛ9	6,90	6,78	6,86	0,12	0,23	-
АЛ10	7,10	7,00	7,05	0,10	0,25	-
АЛ11	7,32	7,08	7,13	0,24	0,28	-

Примітка. АЛ – аналітична лабораторія; X_{max} – максимальне значення, X_{min} – мінімальне значення рН за повтореннями; $X_{сер}$ – середнє арифметичне значення рН; r_n – фактична розбіжність між результатами аналізу при контролі для n результатів паралельних визначень, встановлених методикою аналізу; r – межа повторюваності (відносне значення розбіжності, що допускається між результатами аналізу, при довірчій ймовірності $P = 0.95$ в умовах повторюваності [5]);

Таблиця 3

Результати міжлабораторних атестаційних вимірювань вмісту вуглецю органічної речовини

Шифр лабораторії-учасниці	X_{max}	X_{min}	$X_{сер}$	Контроль внутрішньолабораторної прецизійності в умовах повторюваності [4]		
				$r_n = X_{max} - X_{min} $	r	$ X_{max} - X_{min} \leq r$
АЛ1	2,89	2,76	2,82	0,13	0,14	-
АЛ2	3,03	2,89	2,86	0,14	0,15	-
АЛ3	3,00	2,87	2,93	0,11	0,11	-
АЛ4	2,55	2,45	2,50	0,10	0,13	-
АЛ5	2,71	2,53	2,62	0,14	0,14	-
АЛ6	2,60	2,58	2,59	0,02	0,10	-
АЛ7	3,08	2,77	2,93	0,31	0,30	-
АЛ8	2,80	2,70	2,74	0,10	0,11	-
АЛ9	3,27	3,18	3,23	0,09	0,11	-
АЛ10	2,87	2,77	2,84	0,10	0,10	-
АЛ11	2,75	2,64	2,66	0,11	0,11	-

Примітка. АЛ – аналітична лабораторія; X_{max} – максимальне значення, X_{min} – мінімальне значення вмісту у ґрунті вуглецю органічної речовини за повтореннями; $X_{сер}$ – середнє арифметичне значення вмісту вуглецю органічної речовини; r_n – фактична розбіжність між результатами аналізу при контролі для n результатів паралельних визначень, встановлених методикою аналізу; r – межа повторюваності (відносне значення розбіжності, що допускається між результатами аналізу, при довірчій ймовірності $P = 0.95$ в умовах повторюваності [5]);

Таблиця 4

Результати міжлабораторних атестаційних вимірювань гідролітичної кислотності

Шифр лабораторії-учасниці	X_{max}	X_{min}	$X_{сер}$	Контроль внутрішньолaborаторної прецизійності в умовах повторюваності [4]		
				$r_n = X_{max} - X_{min} $	r	$ X_{max} - X_{min} \leq r$
АЛ1	0,41	0,39	0,40	0,02	0,02	-
АЛ2	не вимірювали			-	-	-
АЛ3	0,60	0,58	0,59	0,02	0,02	-
АЛ4	0,58	0,55	0,56	0,03	0,03	-
АЛ5	0,56	0,54	0,55	0,02	0,03	-
АЛ6	0,53	0,52	0,53	0,01	0,02	-
АЛ7	не вимірювали			-	-	-
АЛ8	0,56	0,54	0,54	0,02	0,02	-
АЛ9	не вимірювали			-	-	-
АЛ10	не вимірювали			-	-	-
АЛ11	0,51	0,49	0,50	0,02	0,02	-

Примітка. АЛ – аналітична лабораторія; X_{max} – максимальне значення, X_{min} – мінімальне значення гідролітичної кислотності за повтореннями; $X_{сер}$ – середнє арифметичне значення гідролітичної кислотності; r_n – фактична розбіжність між результатами аналізу при контролі для n результатів паралельних визначень, встановлених методикою аналізу; r – межа повторюваності (відносно значення розбіжності, що допускається між результатами аналізу, при довірчій ймовірності $P = 0.95$ в умовах повторюваності [5]);

3.3 Статистична обробка результатів міжлабораторної атестації

Грубих технічних або аналітичних помилок у результатах вимірювань, наданих лабораторіями-учасниками експерименту, виявлено не було.

Подальшу обробку експериментальних даних здійснювали з урахуванням здобутих усіма лабораторіями-учасниками параметрів вимірюваних характеристик. Для статистичної обробки даних використовували алгоритм робастної статистики [6], який включає такі складові встановлення статистичної оцінки – характеристики похибки результатів, здобутих у ході міжлабораторної атестації і оцінку якості результатів вимірювання з використанням Z -індексів.

Об'єми міжлабораторних експериментів склали від 3 до 24 незалежних вимірювань. Джерелом інформації щодо вмісту компонента в матеріалі-кандидаті на створення стандартного зразка складу ґрунту, згідно з [7], є тільки один середній результат, отриманий від кожної лабораторії-учасниці атестаційного визначення.

За рядами експериментальних даних, які з довірчою ймовірністю 95 % апроксимуються нормальним розподілом, обчислили оцінки властивостей (агрохімічних показників) матеріалу згідно з ДСТУ-Н ISO Guide 35 [1]. Застосовано також непараметричний метод згідно з ДСТУ ГОСТ 8.532 [6].

Послідовність обробки аналітичних результатів міжлабораторної атестації згідно з ДСТУ-Н ISO Guide 35 [1] є такою:

- упорядкування результатів в порядку збільшення від найменшого до найбільшого;
- оцінювання параметрів вибірки: середнього арифметичного значення, довірчого інтервалу для середнього значення за $P=0,95$.

Послідовність обробки аналітичних результатів міжлабораторної атестації згідно з ДСТУ ГОСТ 8.532 [4] така:

- упорядкування результатів в порядку збільшення від найменшого до найбільшого;
- обчислення медіани результатів;
- обчислення абсолютних відхилень результатів вимірювань від медіани;
- обчислення медіани абсолютних ненульових відхилень MAD_0 ;
- обчислення критичного відхилення результатів від медіани.

Якщо всі значення абсолютних відхилень результатів вимірювань від медіани є меншими за величину критичного відхилення результатів від медіани, то за атестоване значення S_3 приймають середнє арифметичне значення ряду. Обчислили середньоквадратичне відхилення та характеристику похибки міжлабораторної атестації.

У разі, якщо всі значення абсолютних відхилень результатів вимірювань від медіани є меншими за величину критичного відхилення результатів від медіани, за атестоване значення СЗ приймали середньозважене значення ряду. Всі величини, наведені вище, розраховані виходячи з експериментальних даних, здобутих у ході аналізування зразка ґрунту і представлені в табл. 5.

Таблиця 5

Результати міжлабораторної атестації ґрунтового зразка складу (агрохімічних показників) чорнозему звичайного легкоглинистого

Шифр лабораторії-учасниці	pH, одиниці pH	Гідролітична кислотність, ммоль/100 г	Масова частка вуглецю (C) органічної речовини, %
АЛ1	6,9	0,42	2,8
АЛ2	7,0	-	2,8
АЛ3	6,9	0,60	2,7
АЛ4	7,1	0,55	2,5
АЛ5	7,0	0,55	2,6
АЛ6	7,0	0,53	2,6
АЛ7	6,9	-	2,9
АЛ8	7,0	0,54	2,7
АЛ9	6,9	-	3,3
АЛ10	7,1	-	2,9
АЛ11	7,1	0,50	2,6
Розрахунок нормативних метрологічних характеристик за ДСТУ-Н ISO Guide 35			
Xсер	7,0	0,53	2,76
S(X)сер	0,03	0,02	0,06
пох. Xсер (Dм)	0,02	0,07	0,08
Sn, мг/кг	0,12	0,009	0,05
Δат	0,3	0,07	0,13
Розрахунок нормативних метрологічних характеристик за ДСТУ ГОСТ 8.532			
Xмед	7,0	0,54	2,72
Асередньозв.	7,0	0,54	0,18
S(A)	0,1	0,01	0,14
ΔA (Dм)	0,05	0,02	0,45
Δат	0,05	0,2	2,76

3.4 Оцінка якості результатів вимірювань з використанням Z-індексів

Оцінку якості результатів вимірювань в ході міжлабораторної атестації аналітичних лабораторій проводили за кожним показником окремо з використанням Z-індексів. Застосування алгоритму з використанням Z-індексів дозволяє оцінити якість результатів вимірювань параметрів ґрунту лабораторіями-учасницями міжлабораторної атестації, зробити висновки щодо якості результатів та їх придатності для обчислення нормованих метрологічних характеристик стандартного зразка складу ґрунту. На основі сукупності отриманих в ході міжлабораторної атестації даних вираховували значення Z – індексу для кожної вимірюваної характеристики (табл. 6) за формулою:

$$|Z| = \frac{|X - C|}{\sigma(A)} \quad (1)$$

де, X – результат аналізу, отриманий в лабораторії; C – атестоване значення для стандартного зразка, встановлене в ході міжлабораторної метрологічної атестації; $\sigma(A)$ – середнє квадратичне відхилення похибки результату аналізу, встановленої для методики вимірювань.

Таблиця 6

Оцінювання якості результатів вимірювань, виконаних лабораторіями-учасницями у межах міжлабораторної атестації

Характеристика		АЛ1	АЛ2	АЛ3	АЛ4	АЛ5	АЛ6	АЛ7	АЛ8	АЛ9	АЛ10	АЛ11
рН	Z	0,5	0,16	0,33	0,33	0,13	0,10	0,27	0	0,47	0,17	0,22
	Оцінка	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Гідролітична кислотність	Z	1,71	НВ	0,85	0,14	0,07	0,14	НВ	0	НВ	НВ	0,57
	Оцінка	3	НВ	3	3	3	3	НВ	3	НВ	НВ	3
Масова частка вуглецю (С) органічної речовини	Z	0,31	0,69	1,38	1,69	0,77	1,00	1,61	0,15	3,92	1,15	0,92
	Оцінка	3	3	3	3	3	3	3	3	Н	3	3
Примітка. 3 – задовільна оцінка; Н – незадовільна оцінка; НВ – не вимірювали												

Значення Z-індексів за такими вимірюваними характеристиками як рН сольової витяжки та гідролітична кислотність для всіх лабораторій - учасниць задовольняють умову $|Z| \leq 2$. Виходячи з цього результат вимірювання масової частки вуглецю (С) органічної речовини лабораторією АЛ9 має бути визнано незадовільним (таб.6). Таким чином виникла необхідність оцінити якість результатів цієї лабораторії, що й було виконано шляхом перевірки наявності систематичного зсуву в результатах вимірювань за показником Z_c :

$$Z_c = \sum_{i=1}^m Z_i / \sqrt{m} \quad (2)$$

де, Z_i – Z-індекс, розрахований за формулою (2) для i -го результату; m - загальне число результатів для даного агрохімічного показника, що визначається, отриманих в АЛ. Висновок про наявність систематичного зсуву робили на основі порівняння значення $|Z_c|$ зі встановленими нормативами [4]: – при $|Z_c| \leq 2$ систематичний зсув відсутній; – при $2 < |Z_c| \leq 3$ брали під сумнів відсутність систематичного зсуву; – при $|Z_c| > 3$ визнавали наявність систематичного зсуву. Розрахунками виявлено: для учасника АЛ9 – $Z_c = 4,57$ ($Z_c = (3,27+3,18) / \sqrt{2}$). Лабораторія АЛ9 була проінформована щодо наявності систематичного зсуву у результатах, їй було рекомендовано виявити та усунути його причини.

4. Висновки

За результатами статистичної обробки даних, наданих лабораторіями-учасницями міжлабораторної атестації, встановлено атестовані значення та похибки атестованих значень рН сольової витяжки, гідролітичної кислотності та вмісту вуглецю органічної речовини матеріала-кандидата на створення стандартного зразка складу (агрохімічних показників) чорнозему звичайного малогумусного легкоглинистого.

Для оцінювання якості результатів вимірювання нормованих метрологічних характеристик, наданих лабораторіями, доцільно використовувати Z-індекс, як такий, що дозволяє виявити систематичні зсуви у результатах та прийняти обґрунтоване рішення щодо використання даних для обчислення нормованих метрологічних характеристик стандартного зразка.

Список використаної літератури

1. Атестация стандартных зразков. Загальні та статистичні принципи (ISO Guide 35:1989, IDT) : ДСТУ-Н ISO Guide 35:2006. – [Чинний від 2007-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – (Національний стандарт України).
2. Політика НААУ щодо участі органів з оцінки відповідності у міжлабораторних порівняннях та перевірках кваліфікації (станом на 15.07.2015 р.) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://naau.org.ua/english-polityka-naau-shhodo-uchasti-organiv-z-otsinky-vidpovidnosti-u-mizhlaboratornyh-porivnyanniah-ta-perevirkah-kvalifikatsiyi/>.

3. Бородіна Я.В. Показники однорідності стандартних зразків ґрунту / Я.В. Бородіна, І.А. Прохорова // Агрохімія та ґрунтознавство. – № 79. – 2013. – С. 10-14.

4. Измерение массовой концентрации химических веществ методами инверсионной вольтамперометрии. Сборник МУ: - МУК 4.1.1500-03 -, МУК. 4.1.1516-03. Методические рекомендации. МР 4.1 (УТВ МИНЗДРАВОН РФ – 16.12.2004 № 17 ФЦ / 3900).- 10 с.

5. Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки (РМГ 61-2010 ГСИ) – [Действующий от 2012-09-01]. - 2012. – 34 с.

6. Метрологія. Стандартні зразки складу речовин і матеріалів. Міжлабораторна метрологічна атестація. Зміст і порядок проведення робіт (ГОСТ 8.532-2002, IDT). : ДСТУ ГОСТ 8.532-2003. – [Чинний від 2003-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. –14 с. – (Національний стандарт України).

7. Метрологическое обеспечение контроля состава материалов черной металлургии : справочник / [под ред. Ю.Л.Плинера]. – М.: "Металлургия", 1981. – 248 с.

Стаття надійшла до редакції 18.06.2016.

DEFINITION OF CERTIFIED VALUES OF NORMALIZED METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE REFERENCE MATERIAL OF CHERNOZEM ORDINARY

I.A. Prokhorova

**National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine**

E-mail: irysyaprokhorova@mail.ru

Reference materials of soil is a prerequisite for effective measurement of agrochemical laboratories during the analysis of soil samples. Interlaboratory validation reference material - appraisal method based on the use of measurement results that are independently perform several laboratories, using one or more methods. This procedure is designed to reliably describe the uncertainty of set values of certified reference materials. Objective: to establish the value of normalized metrological characteristics (pH of salt extract, hydrolytic acidity and table of contents of carbon organic matter) and error (or uncertainty) on the results of an interlaboratory validation, evaluating the quality of the results provided by the laboratory for Z-index. Samples for inter-laboratory comparative tests were prepared in the soil instrumental methods laboratory of NSCAR named after O.N. Sokolovsky. Original material for the sample – ordinary light-clay chernozem. During the sample preparation were used procedures of drying, grinding, homogenization. Two hundred fifty grams of soil sample were given to laboratories and was suggested to analyze it with proposed methods in the terms of reiteration for content of pH salt extraction, carbon organic matter, hydrolytic acidity. For data' statistical treatment was used ANOVA statistics and robust statistics algorithm. Conclusion about the measurement results quality on each component in each sample was done on the basis of values' comparison. The treatment of the experimental data was carried out taking into account received by all laboratories participating parameters measured soil characteristics. For statistical data used ANOVA statistics and robust statistical algorithm that includes such components to establish a statistical estimation - characteristics of error of the results obtained in the course of inter-laboratory validation and evaluation of the quality measurements using Z-index. A number of experimental data, with a confidence level of 95% approximated by the normal distribution, calculated the valuation of properties (agrochemical parameters) of the material according to DSTU-N ISO Guide 35 "Certification of reference materials. General and statistical principles. " Applying a non-parametric method GOST 8.532. Conclusion about the measurement results quality on each component in each sample was done on the basis of values' comparison. Value of Z-indexes (calculated on agrochemical indicators such as hydrolytic acidity and available organic matter) for all laboratories-participants of inter-laboratory comparative tests fulfill such conditions $|Z| \leq 2$. Unacceptable result was received during estimation of carbon organic matter in analytical laboratory 9. Results of all other participants were appreciated as satisfactory cause their value of Z-indexes, received during estimation of required soil indicator, fulfill such conditions $|Z| \leq Z' = 2$. According to the results of statistical processing of the data provided by participating laboratories interlaboratory certification, established certified values and error (or uncertainty) certified values pH salt extraction, carbon organic matter, hydrolytic acidity in a material candidate for the creation of a standard sample composition (agrochemical parameters) of ordinary chernozem.

Keywords: *soil reference material, interlaboratory validation, quality assessment, indeterminacy, test results, chernozem ordinary.*

УДК 631.816.3

ЗМІНИ АЗОТНОГО РЕЖИМУ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА УМОВ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ¹

К.С. Артем'єва

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

E-mail: artemyeva.katti@gmail.com

Метою роботи було порівняння впливу на елементи азотного режиму чорнозему типового дії внесених під культивування перед сівбою ячменю рідкого азотного добрива – карбамід-аміачної селітри (КАС) та виготовлених на його основі з додатком гумату калію рідких органо-мінеральних добрив (ОМД). Досліджували такі складові азотного режиму ґрунту – загальний вміст азоту, вміст аміачного, нітратного та азоту, що легко гідролізується. Вміст у ґрунті азоту визначали три рази протягом вегетаційного періоду ячменю ярого. Роботу виконано в умовах польового короткострокового досліджу. Встановлено, що за умов внесення КАС та рідких ОМД посилюються процеси мінералізації азоту в ґрунті. Виявлено, що за внесення ОМД (варіанти 3 і 4) під передпосівну культивування на момент повної стиглості ячменю вміст у ґрунті потенційно доступних сполук азоту збільшується на 1-12 % порівняно з неудобреним контролем.

Ключові слова: карбамід-аміачна селітра (КАС), рідкі органо-мінеральні добрива (ОМД), азотний режим, чорнозем типовий, ячмінь ярий.

1. Вступ

Потреба сільськогосподарських культур в азоті, порівняно з іншими елементами живлення, виявляється частіше і більшою мірою. За нестачі азоту в живленні зернових культур зменшується інтенсивність кушіння, посилюється редукція потенційно продуктивних пагонів, колосків, формується щупле зерно і, як наслідок, зменшується врожайність [1].

Забезпеченість рослин ячменю ярого азотом є важливим фактором продукційного процесу. Найінтенсивніше азот засвоюється впродовж досить короткого періоду – від фази кушіння до колосіння (25-30 діб), за цей час у рослини надходить 40-45 % всього азоту, що виноситься з урожаєм.

За вирощування ячменю ярого надзвичайно важливо створити оптимальні умови живлення в поверхневому шарі ґрунту, оскільки особливістю цієї культури є слабкорозвинена коренева система з низькою здатністю засвоєння поживних речовин саме в початковій фазі росту.

Сумарний вміст нітратного та амонійного азоту в орному шарі ґрунту перед сівбою позитивно корелює з урожаєм зернових і може слугувати критерієм для визначення доз азотних добрив. За довідником агрохімслужби [2], для зернових культур на час їх сівби оптимальним у шарі ґрунту 0-30 см є вміст мінерального азоту 25-30 мг/кг.

Як показують дослідження з використанням міченого азоту (¹⁵N), роль ґрунтового азоту за внесення мінеральних азотних добрив не знижується [3]. Встановлено, що за внесення мінерального азоту на ґрунтах із низькою культурою землеробства рослини використовували лише 33 %, в ґрунті закріплювалося близько 15%, а газоподібні втрати становили близько 35 % від загальної кількості азоту, внесеного з добривами.

За даними В.Н. Кудеярова [4], на одиницю азоту, внесеного з мінеральними добривами, мінералізується 0,1-1,0 одиниці азоту ґрунту.

На сьогодні ранньовесняні підживлення сільськогосподарських культур проводять розчином карбамід-аміачної селітри (КАС). Доцільно відмітити, що у складі КАС азот перебуває у трьох формах – аміачній (25 %), нітратній (25 %) та амідній (50 %). Таким чином досягається пролонгованість дії добрива, а рослини забезпечуються трьома формами азоту впродовж вегетації [5].

Заслугує на особливу увагу застосування КАС у поєднанні із гуматвмісними препаратами, які одночасно є і стимуляторами росту рослин, і захисним засобом від ряду несприятливих впливів на сільськогосподарські рослини. Встановлено, що створені таким

¹ Науковий керівник – доктор с.-г. наук Є.В. Скрильник

чином рідкі ОМД є високоефективними за умов застосування під передпосівну культивуцію.

Мета дослідження – порівняти дію рідкого азотного добрива – карбамід-аміачної селітри (КАС) та виготовлених на його основі, з додатком гумату калію, рідких органо-мінеральних добрив (ОМД) на елементи азотного режиму чорнозему типового у разі внесення під культивуцію перед сівбою ячменю ярого.

Азотний режим ґрунту розкрито такими показниками: загальний вміст азоту, вміст аміачного, нітратного та азоту, що легко гідролізується, які визначали три рази протягом вегетаційного періоду ячменю ярого.

2. Об'єкт і методи досліджень

2.1. Об'єкт

Польові дослідження проведено 2014 року на ДП «ДГ «Граківське» ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського (Чугуївський район, Харківська область). Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий важкосуглинковий з такими характеристиками у шарі 0-30 см: вміст гумусу – 4,9-5,5 % (за методом Тюріна) [6]; загальний вміст азоту – 0,27-0,29 % (за К'ельдалем) [7]; азоту, що легко гідролізується – 177,2-192,7 мг/кг (за Корнфілдом) [8]; рухомих форм фосфору – 87,0-132,6 і калію – 94,9-162,7 мг/кг ґрунту (за Чириковим) [9]; pH_{KCl} – 6,7-7,1 [10].

2.2. Застосовувані добрива

Рідкі органо-мінеральні добрива (ОМД-1 і ОМД-2) створено шляхом змішування розчину карбамід-аміачної селітри (КАС) з рідким гуматом калію. Застосовували розчин КАС-32 із вмістом азоту 32 % і гумат калію із вмістом гумінових кислот 4,5 %.

Добрива вносили під культивуцію перед сівбою ячменю ярого за допомогою садового обприскувача.

Схема польового досліду (варіанти):

1. Без добрив (контроль);
2. КАС (N_{40});
3. ОМД-1 (КАС (N_{40}) + гумат калію, 5 % від об'єму КАС);
4. ОМД-2 (КАС (N_{40}) + гумат калію, 15 % від об'єму КАС).

Загальна посівна площа ділянки – 20 м², облікова – 4 м². Повторність досліду трикратна, розміщення ділянок рендомізоване. Сільськогосподарська культура – ячмінь ярий, сорт «Парнас». Закладку польового досліду проводили за методикою Б.А. Доспехова [11].

2.3. Відбирання проб ґрунту і аналіз зразків

Проби ґрунту відбирали три рази протягом вегетаційного періоду – до внесення добрив, у фазу кушіння та фазу повної стиглості ячменю з шарів 0-10, 10-20 і 20-30 см у трикратній повторності. Відбирання проб ґрунту та готування зразків до аналізу здійснювали за ДСТУ 4287:2007 [12]. У зразках визначали загальний вміст азоту методом К'ельдаля за ДСТУ ISO 11261-2001 [7], вміст азоту, що легко гідролізується, методом Корнфілда [8], вміст нітратного і амонійного азоту за ДСТУ 4729:2007 [13]. Аналізування проб ґрунту виконано в лабораторії інструментальних методів аналізу ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського.

3. Обговорення результатів досліджень

Перед внесенням добрив було визначено вміст різних форм азоту в орному шарі ґрунту (табл. 1). Дослідження показали, що ґрунт (згідно з градаціями агрохімслужби [2],) характеризується середнім умістом азоту, що легко гідролізується ($N_{\text{гідрол}}$), низьким умістом мінерального азоту ($NO_3 + NH_4$) та нейтральною кислотністю ґрунтового розчину (pH_{KCl}). Констатовано, що частка мінеральних сполук азоту, які безпосередньо споживаються рослинами, становить менше 1 % від загального вмісту азоту, а частка азоту, що легко гідролізується – 6 %.

Таблиця 1

Параметри агрохімічних показників ґрунту до внесення добрив

Шар ґрунту, см	pH _{KCl}	Вміст азоту і окремих сполук			
		N _{заг} , %	N _{гідрол}	NO ₃	NH ₄
			мг/кг		
0-10	7,0	0,29	192,70	5,68	7,20
10-20	7,0	0,29	179,10	5,05	5,83
20-30	6,9	0,27	177,20	4,96	5,19

За результатами аналізу проб ґрунту, відібраних у фазу кушіння ячменю ярого, виявили що вміст нітратного азоту в орному шарі ґрунту на всіх удобрених варіантах зменшився на 54-68 % порівняно з неудобреним контролем. Вважаємо, що це обумовлено більшою рухомістю нітратів в осередку розміщення добрив, і тому більш інтенсивним поглинанням їх кореневою системою рослин (рис. 1). Зниження вмісту нітратного азоту на 30 % на варіантах із застосуванням ОМД (варіанти 3 і 4) порівняно з КАС (варіант 2) вказує на те, що гумінові кислоти, що входять у складові ОМД, завдяки фізіологічно-активним властивостям сприяють більш повному використанню азоту рослинами ячменю, особливо тоді, коли умови мінерального живлення відхилені від норми.

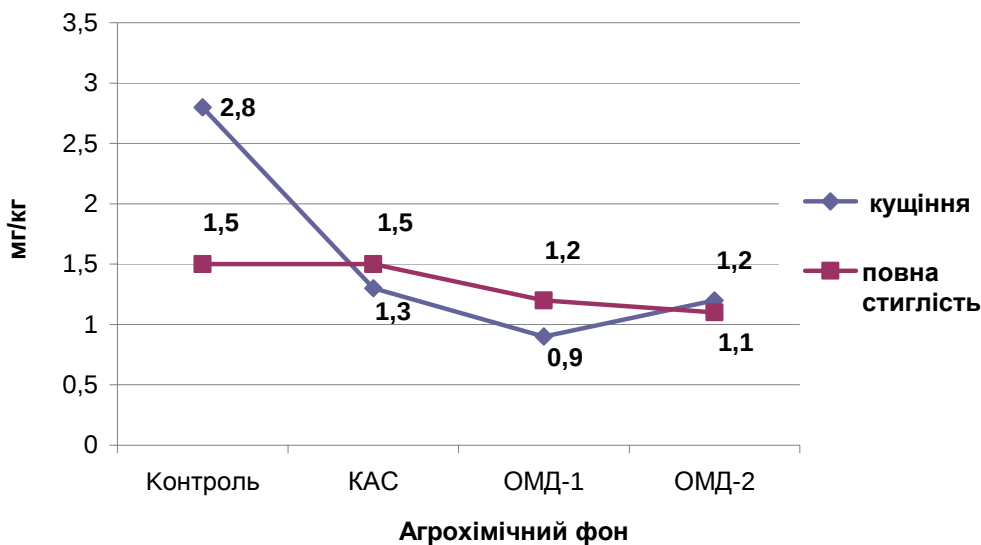


Рис. 1. Вміст нітратного азоту в ґрунті (середні значення у шарі 0-30 см) під ячменем

З літератури [3, 14] відомо, що накопичення нітратів у ґрунті, зайнятому рослинами, особливо злаковими, майже не відбувається через послаблення процесів нітрифікації, поглинання нітратного азоту кореневою системою рослин і вимивання цієї форми в більш глибокі шари ґрунту. На час повної стиглості ячменю вміст нітратного азоту дещо підвищився на усіх варіантах із застосуванням добрив, і був на рівні контролю.

Вміст амонійного азоту в орному шарі ґрунту в фазу кушіння ячменю ярого зменшився на варіантах з КАС та ОМД на 28-41 %, а на час повної стиглості – на 42-50 % порівняно з неудобреним контролем, що свідчить про наявність у рослин стимулів до більш інтенсивного поглинання амонійного азоту на удобрених варіантах (рис. 2). З робіт Т. Н. Кулаковської [3] і Б. С. Носко [14] також відомо, що зменшення вмісту мінерального азоту в ґрунті є наслідком перетворення амонійного та нітратного азоту в органічну форму під дією біологічних процесів (імобілізація).

Між удобреними і неудобреним варіантами існує значна різниця в кількості винесеного із ґрунту мінерального азоту. Використання азотних підживлень рослин різними дозами сприяло збільшенню виносу з урожаєм нітратного та амонійного азоту, що вже було продемонстровано в раніше опублікованих нами матеріалах [15]. Так, внесення

у передпосівну культивуацію КАС в дозі N_{40} забезпечило приріст урожаю зерна ячменю ярого на 0,21 т/га (10 %), а внесення КАС разом з гуматом калію збільшило урожайність зерна на 0,28 т/га (13 %) [15].

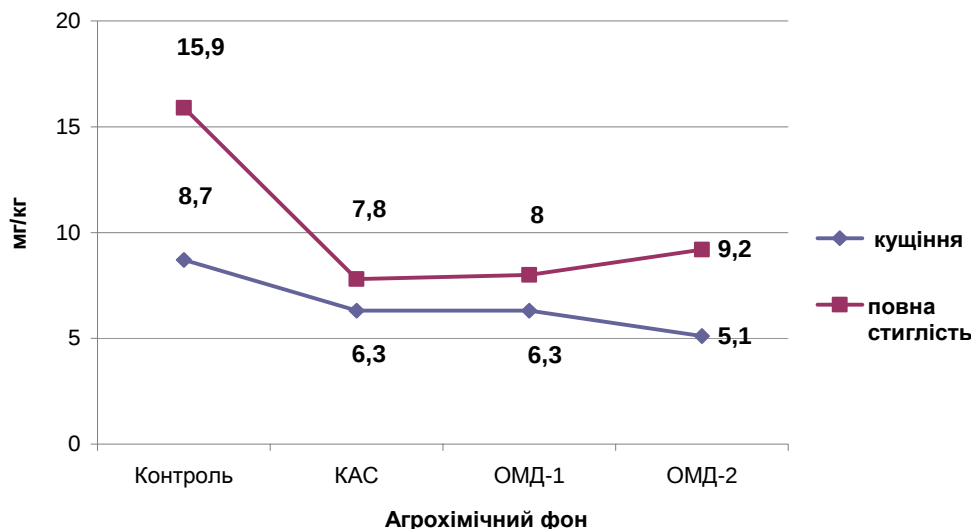


Рис. 2. Вміст амонійного азоту в ґрунті (середні значення у шарі 0-30 см) під ячменем

Азот, що легко гідролізується вважається найближчим резервом у живленні сільськогосподарських культур. Виявлено, що у фазу кушіння ячменю ярого вміст цього азоту в орному шарі ґрунту змінився залежно від внесених рідких азотних добрив із незначними коливаннями. Найбільший вміст було зафіксовано за умов внесення ОМД -1, а у фазу повної стиглості – на ділянках з ОМД-2 (рис. 3).

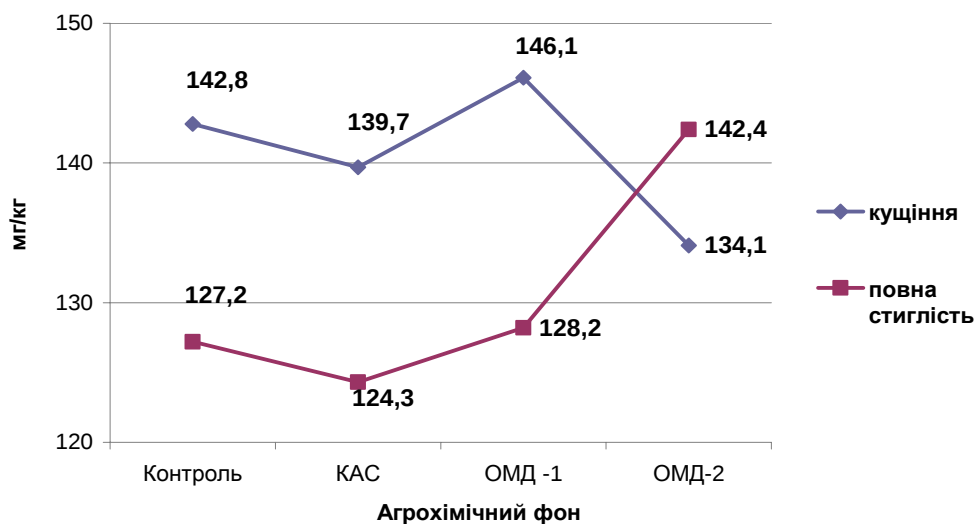


Рис. 3. Вміст азоту, що легко гідролізується в ґрунті (середні значення у шарі 0-30 см) під ячменем

Рівень насиченості ґрунту азотом, що легко гідролізується є низьким – 142 мг/кг, порівняно з ґрунтом до закладки досліду – 170 мг/кг. Зміни вмісту азоту, що легко гідролізується могли бути зумовлені різними гідротермічними умовами під час відбирання проб, але відокремити роль кожного з факторів неможливо.

4. Висновки

За результатами досліджень встановлено, що за умов внесення КАС та ОМД, тобто, азотних добрив у амонійно-нітратно-амідній формі, під передпосівну культивуацію

істотно посилюються процеси мінералізації азоту в ґрунті.

Уміст доступних та потенційно доступних сполук азоту (мінеральний, азот, що легко гідролізується) за умов внесення КАС та ОМД практично не змінюється та відповідає низькому вмісту, що вимагає створення оптимальних умов азотного живлення рослин ячменю ярого у критичні фази розвитку шляхом внесення науково обґрунтованих доз азотних добрив у позакореневе підживлення.

Список використаної літератури

1. Волков Н. В. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и кормовую ценность овса в условиях Алтайского Приобья / Н. В. Волков // *Агрохимический вестник*. – 2007. – №5. – С. 30-31.
2. Довідник працівника агрохімслужби / [Носко Б.С., Христенко А.О., Лісовий М.В. та ін.]. – К.: Урожай, 1986. – 262 с.
3. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
4. Кудеяров В.Н. Количественная оценка процессов азотного цикла при внесении возрастающих доз азотных удобрений / В.Н. Кудеяров, В.М. Семенов, Т.В. Кузнецова // *Агрохимия*. – 1992. – № 2. – С. 3-13.
5. Доля М.М. Високоєфективне застосування КАС і засобів захисту озимої пшениці / М.М. Доля, Л.П. Бондарева // *Пропозиція*. – 2013. – №7. – С.14-16.
6. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. – [Чинний від 2005–07–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – С.14 – (Національний стандарт України).
7. Якість ґрунту. Визначення загального азоту. Модифікований метод К'ельдаля. ДСТУ ISO 11261-2001. – [Чинний від 2003–07–01] - К.: Держспоживстандарт України, 2003. – С. 5 – (Національний стандарт України).
8. *Агрохимические методы* исследования почв / [отв. ред. А.В. Соколов]. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
9. ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова: ДСТУ 4115–2002. – [Чинний від 2002–27–06]. – К.: Держ. комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики 2002. – С. 6. – (Національний стандарт України).
10. Якість ґрунту. Визначення рН: ДСТУ ISO 10390–2007. – [Чинний від 2009–10–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – С. 12.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 351.
12. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2007. – [Чинний від 2005–07–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – С.10. – (Національний стандарт України).
13. Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського: ДСТУ 4729:2007. – [Чинний від 2008–01–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – С. 14. – (Національний стандарт України).
14. Носко Б.С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроєкосистемах / Б.С. Носко – Х: Міськдрук, 2013. – 130 с.
15. Артем'єва К.С. Ефективність позакореневих підживлень рідкими органо-мінеральними добривами посівів ячменю ярого / К.С. Артем'єва // *Агрохімія і ґрунтознавство* - 2015. - № 83. - С. 110-113.

Стаття надійшла до редакції 15.04.2016

CHANGES OF NITROGEN REGIME OF CHERNOZEM TYPICAL IN CONDITIONS OF APPLICATION OF LIQUID ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS

K.S. Artemyeva

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine
E-mail: artemyeva.katti@gmail.com

The aim was to compare the effects of liquid nitrogen fertilizer - carbamide-ammonia mixture (CAM) and liquid organic and mineral fertilizers manufactured at the base of CAM with the addition of potassium humate (OMF), which brought during cultivation before sowing barley, on elements of the nitrogen regime of chernozem typical.

We investigated the following components of soil nitrogen regime - the total nitrogen content of ammonia, nitrate and nitrogen, which is easily hydrolyzed. The content of nitrogen in the soil was determined three times during the growing season of spring barley. The research was carried out in terms of field short-term experiment. It was established that CAM and OMF application intensifies nitrogen mineralization in soil. It was found that fertilizers application during presowing cultivation at the time of full ripeness of barley increases the content of potentially available nitrogen on variants with application of OMF by 1-12% compared to control (without fertilizer).

Keywords: Carbamide-ammonia mixture (CAM), liquid organic and mineral fertilizers (OMF), nitrogen regime, chernozem typical, spring barley.

УДК 628.381.1

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА У ФІТОЕНЕРГЕТИЦІ

Г.М. Грицуляк¹, В.І. Лопушняк²

¹Івано-Франківський коледж ЛНАУ,

²Львівський національний аграрний університет

E-mail: gritsulyaka@mai.ru

Розглянуто результати досліджень вмісту важких металів у профілі дерново-підзолистого ґрунту Передкарпаття за внесення, в умовах польового 3-річного дослід, осаду стічних вод, як засобу удобрення верби енергетичної. Виявили, що такий захід сприяє підвищенню вмісту важких металів, зокрема, кобальту і нікелю в елювіальному горизонті (Е), а свинцю і кадмію – в гумусово-елювіальному (НЕ), а також викликає достовірне зростання вмісту важких металів (у межах ГДК) у вегетативній масі верби. Основна маса поглинутих поліютантів утримується рослинами в їхній підземній частині. Застосування осадів у вигляді компостів з тирсою, або соломною визнано дієвим способом посилення безпечності їх використання, оскільки викликає достовірно менше накопичення важких металів у ґрунті та вегетативній масі верби за тієї ж норми внесення.

Ключові слова: осад стічних вод (ОСВ), важкі метали, верба енергетична, ґрунт.

1. Вступ

Розвиток і розширення міської інфраструктури спричиняє накопичення відходів комунального господарства, в тому числі й у вигляді осаду стічних вод (ОСВ). Їх розміщення в мулових картах і утилізація набувають ознак великої екологічної проблеми. Накопичення великих кількостей ОСВ стає на перешкоді роботі очисних споруд, забруднює навколишнє природне середовище тощо. Водночас хімічний склад ОСВ відзначається високим умістом (близько 40 %) органічних речовин, зольністю понад 20 % [1], значною кількістю і вмістом макро- і мікроелементів мінерального живлення (N – 0,8-6,0; P – 0,6-1,2; K – 0,1-0,6 %) [2, 3], що дає підстави розглядати цей матеріал як небезкорисне органічне добриво.

У країнах Європи, за різними оцінками, в рільництві використовують 36-40 % усіх осадів стічних вод [4]. В США 41 % комунальних ОСВ використовуються в рільництві, 22 – спалюють, 17 – складають, 20 – утилізують в інший спосіб [5].

З огляду на можливість забруднення навколишнього природного середовища поліютантами, які містяться в ОСВ, їх використання у свіжому вигляді в рільництві поступово скорочується. Наприклад, Програмою управління відходами Республіки Польща до 2018 року планується знизити використання ОСВ в рільництві з 33 до 10 % [6].

Основні чинники, які обмежують використання комунальних ОСВ як добрив можуть бути надмірний вміст деяких важких металів та наявність життєздатних шкідливих мікроорганізмів і збудників хвороб. З цієї причини в урядових приписах Республіки Польща ОСВ віднесені до відходів, які перед застосуванням у ґрунт належить піддати стабілізації і гігієнізації. У процесі підготовки ОСВ до внесення знижується вміст деяких важких металів і знезаражується сам субстрат [7, 8].

Економічно доцільним способом підготовки ОСВ до внесення у ґрунт є компостування його з іншими органічними матеріалами, що сприяє оптимізації вологості і відношень C:N, C:P, N:P:K, зниженню вмісту рухомих форм важких металів, позитивно впливає на вміст елементів мінерального живлення, забезпечує поліпшення технологічних властивостей матеріалу (розсипчастості, невисокої пористості тощо). Такі види компостів є безпечним видом добрив і з успіхом можуть використовуватися під різні сільськогосподарські культури, що доведено результатами досліджень та виробничих перевірок [6, 9].

Щороку в Польщі і в Україні розширюються площі під енергетичними культурами, зокрема, вербою енергетичною [10]. З огляду на те, що плантації верби енергетичної закладаються на малопродуктивних землях, використання компостів з ОСВ саме під цю культуру є ефективним заходом підвищення біопродуктивності агроценозів, поліпшення агрофізичних та агрохімічних показників ґрунту. Також використання компостів з ОСВ під непродуктивні (фітоенергетичні) культури знизить імовірність потрапляння важких металів

у трофічні ланцюги та мінімізує ризики забруднення навколишнього середовища полюгантами.

Метою роботи було визначення в умовах польового дослідження можливості безпечного використання ОСВ та компостів на їх основі для удобрення верби енергетичної. Безпечність контролювали за вмістом важких металів у ґрунті і рослинах.

2. Об'єкти і методи досліджень

Дослідження проведено протягом 2011-2014 років у межах польового дослідження, закладеного з метою визначення впливу ОСВ міста Івано-Франківськ та їх компостів з тирсою та соломом на вміст важких металів у ґрунті і в рослинах верби енергетичної.

Польовий дослід закладено 2011 року на колекційно-дослідному полі Івано-Франківського коледжу ЛНАУ в с. Чукалівка Тисменицького району. Ґрунт – дерново-підзолистий глейовий з такими характеристиками у межах орного шару: вміст гумусу - 1,64 %; рН сольовий 5,0; загальний вміст азоту - 0,07 %.

Варіанти дослідження: 1. Контроль – без добрив; 2. Мінеральні добрива – $N_{100}P_{100}K_{100}$; 3. ОСВ – 40 т/га; 4. ОСВ – 60 т/га; 5. ОСВ – 80 т/га; 6. Компост (ОСВ + тирса (3:1)) – 60 т/га; 7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 20 т/га; 8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 40 т/га; 9. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 60 т/га; 10. Компост (ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 %) – 40 т/га.

Цементний пил у варіанті 10 додано з метою виявлення можливості утилізації відходів цементного виробництва.

Компости готували таким способом: На тирсову або солом'яну подушку потужністю 40-50 см шарами по 25-30 см укладали осад стічних вод і тирсу або солому. Розмір компостного бурту - 4х4 м. Товщина шарів осаду стічних вод і тирси або соломи залежить від їх частки в компості. Укладений шар осад стічних вод і солому або тирсу вкривали потім шаром ґрунту потужністю 40-50 см.

Схема садіння верби енергетичної – 0,33 х 0,70 м. Ширина ділянки 4,0, довжина – 7 м.

Проби ґрунту відбирали буром восени кожного року перед закінченням вегетації із середини генетичних горизонтів по профілю ґрунту. Проби рослинного матеріалу відбирали також кожного року перед закінченням вегетації рослин.

Лабораторні дослідження включали визначення вмісту у пробах ґрунту рухомих форм таких мікроелементів і важких металів: кобальт, нікель, свинець, кадмій (згідно з ДСТУ 4770.1 – ДСТУ 4770.9 [11-14]).

Вміст тих самих елементів у рослинному матеріалі визначали в зольних розчинах після сухого озолення на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С – 115У.

3. Результати досліджень

3.1. Вміст важких металів у ґрунті

Результати досліджень вказують на суттєвий вплив внесення ОСВ на вміст рухомих сполук важких металів у дерново-підзолистому ґрунті Передкарпаття (табл. 1).

Низький вміст кобальту у ґрунті зумовлює хлороз, некроз і навіть всихання листя, а його надлишок – може шкодити споживанню і засвоєнню інших мікроелементів. За внесення ОСВ в усіх шарах дерново-підзолистого ґрунту відбувалося зростання вмісту рухомих сполук кобальту. Підвищення норми внесення ОСВ забезпечувало підвищення вмісту рухомих сполук кобальту.

Вміст рухомих сполук кобальту у НЕ горизонті за внесення свіжого ОСВ підвищувався на 0,44 – 0,80 мг/кг ґрунту порівняно з контролем. Проте за внесення компостів на основі ОСВ вміст рухомих сполук кобальту зменшувався порівняно з варіантами, де вносили свіжий ОСВ і становив 1,43 – 1,59 мг/кг ґрунту. Вміст рухомих сполук кобальту зменшувався вниз по профілю і у варіантах, де вносили свіжий ОСВ, був нижчим ніж за внесення компостів.

Вміст рухомих сполук нікелю у горизонті НЕ за внесення свіжого ОСВ зріс дещо більше ніж за внесення компостів на основі ОСВ + соломи (3 : 1) порівняно з контролем. Вміст цього елемента в горизонті Е підвищувався (порівняно з поверхневим горизонтом) на всіх варіантах дослідження адекватно нормам внесення досліджуваних компонентів. З глибиною вміст нікелю помітно зменшувався і в горизонті Р був найнижчим. Отже, маємо констатувати, що відбувається накопичення рухомих форм нікелю у верхніх шарах ґрунту.

Таблиця 1

Вміст рухомих форм кобальту і нікелю у генетичних горизонтах ґрунту
(середні значення за 2011-2014 роки)

Варіант	Co, мг/кг ґрунту				Ni, мг/кг ґрунту			
	HE	E	I	P	HE	E	I	P
	0-20 см	20-27 см	27-42 см	42-100см	0-20 см	20-27 см	27-42 см	42-100см
1. Без добрив – контроль	0,85	0,90	0,75	0,47	0,95	0,99	0,62	0,40
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1,22	1,34	1,11	0,63	1,09	1,11	0,69	0,44
3. ОСВ – 40 т/га	1,29	1,39	1,16	0,67	1,14	1,25	0,76	0,48
4. ОСВ – 60 т/га	1,44	1,54	1,28	0,71	1,32	1,30	0,80	0,52
5. ОСВ – 80 т/га	1,65	1,88	1,49	0,79	1,39	1,40	0,85	0,57
6. Компост ОСВ + тирса (3:1) – 60 т/га	1,43	1,51	1,26	0,70	1,24	1,26	0,73	0,54
7. Компост ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га	1,47	1,49	1,23	0,71	1,12	1,15	0,69	0,50
8. Компост ОСВ + солома (3:1) – 40 т/га	1,25	1,65	1,35	0,77	1,28	1,25	0,79	0,53
9. Компост ОСВ + солома (3:1) – 60 т/га	1,59	1,79	1,40	0,80	1,36	1,33	0,88	0,59
10. Компост ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 % – 40 т/га	1,56	1,81	1,41	0,80	1,31	1,30	0,82	0,57
HIP 0,5	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,02

Вміст у ґрунті рухомих форм свинцю залежав від кількості внесених удобрювальних речовин. Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню вмісту свинцю на 0,7 мг/кг ґрунту. А за внесення ОСВ спостерігали чітку лінію зростання вмісту свинцю паралельно із збільшенням норм внесення ОСВ від 40 до 80 т/га, що особливо помітно в горизонтах HE та E (рис. 1).

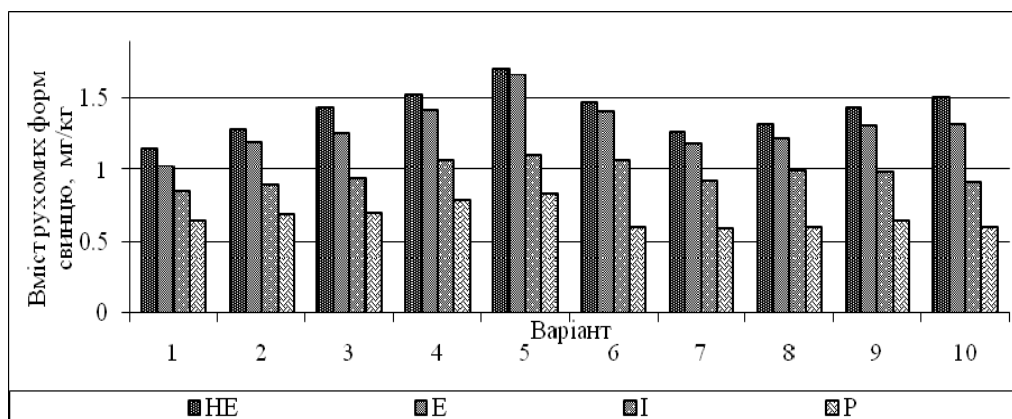


Рис. 1. Вміст рухомих форм свинцю у генетичних горизонтах ґрунту
(середні значення за 2011-2014 роки)

За внесення компостів на основі ОСВ вміст свинцю підвищувався порівняно з контролем, але зменшувався порівняно з варіантами, де вносили свіжий ОСВ але у варіанті із додаванням цементного пилу (10) вміст свинцю був досить високим.

Середній вміст кадмію в ґрунті загалом коливається в межах – від 0,2 до 4,0 мг/кг переважно в іонно-обмінних формах [16]. Більша частина кадмію закріплюється в HE (0 – 20 см) горизонті, а інша частина перерозподіляється за профілем ґрунту залежно від вмісту органічних речовин [17], які здатні закріплювати кадмій у ґрунті [18].

У наших дослідженнях вміст кадмію за профілем ґрунту змінювався залежно від норм внесення ОСВ і компостів (рис. 2), але особливості розподілу у профілі були різними.

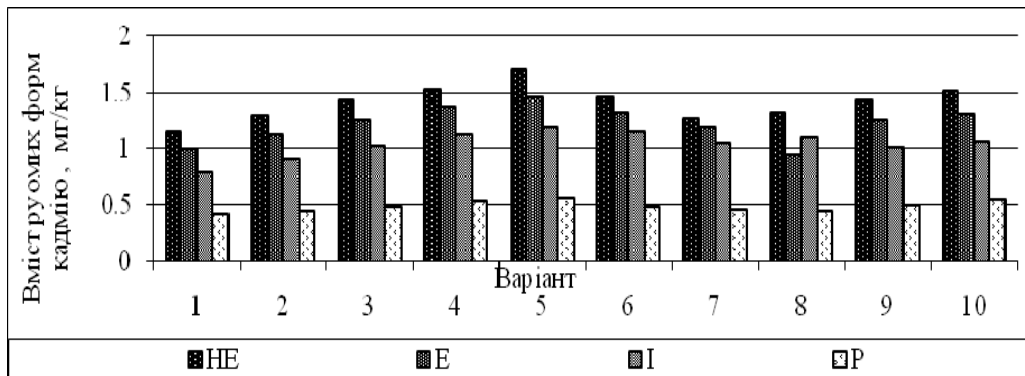


Рис. 2. Вміст рухомих форм кадмію у генетичних горизонтах ґрунту (середні значення за 2011-2014 роки)

За внесення чистого ОСВ зі збільшенням норм помітно зростання вмісту кадмію у трьох верхніх горизонтах ґрунту, тоді як у породі – майже без змін. За внесення компостів чітка лінія зростання помітна лише у першому генетичному горизонті (HE). Слід також звернути увагу на помітний негативний внесок тирси (варіант 7) і цементного пилу (10).

3.2. Вміст важких металів у рослинах

Важливим критерієм оцінки екологічного стану ґрунтів є також вміст важких металів у вирощеній продукції, який залежить від забруднення ґрунту. За певних умов відбувається транслокація цих токсикантів у системі «ґрунт – рослина», що знижує якість і безпечність продукції рослинництва [16, 18]. Проте деякі автори стверджують, що рослини виявляють вибірковість у споживанні елементів живлення, тому в тканинах підтримується відповідне співвідношення між ними [150].

На забруднених територіях накопичення важких металів в рослинах залежить від рівня концентрації їх рухомих форм у ґрунтових розчинах та захисних можливостей механізмів неспецифічної природи, що перешкоджають надходженню полютантів у рослинні тканини [17].

Накопичення всіх важких металів у рослинах коливалося залежно від норми внесення ОСВ чи компостів. Чим вища норма, тим більшою мірою зростав вміст важких металів у вегетативній масі верби енергетичної (табл. 2). Однак, застосування компостів все ж пом'якшувало дію ОСВ щодо накопичення важких металів у рослинах верби.

Таблиця 2

Валовий вміст важких металів у вегетативній масі верби енергетичної (середній за 2011 – 2014 рр.)

Варіант	Cd	Ni	Pb	Co
	мг/кг сухої речовини			
1. Без добрив – контроль	1,14	0,98	0,43	0,42
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1,18	1,00	0,50	0,45
3. ОСВ – 40 т/га	1,38	1,18	0,59	0,64
4. ОСВ – 60 т/га	1,47	1,35	0,69	0,72
5. ОСВ – 80 т/га	1,56	1,46	0,81	0,80
6. Компост ОСВ + тирса (3:1) – 60 т/га	1,43	1,31	0,66	0,61
7. Компост ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га	1,25	1,11	0,42	0,50
8. Компост ОСВ + солома (3:1) – 40 т/га	1,30	1,27	0,53	0,61
9. Компост ОСВ + солома (3:1) – 60 т/га	1,36	1,29	0,58	0,70
10. Компост ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 % – 40 т/га	1,33	1,31	0,57	0,64
НІР 0,5	0,08	0,02	0,15	0,11
Верба з виробн. плантації с. Турка	1,17	0,98	0,43	0,44
Верба в природному ценозі	1,11	0,99	0,41	0,40

Дослідження вмісту важких металів у різних частинах вегетативної маси верби енергетичної вказує на те, що більша частка всіх політантив зосереджена у її підземній частині (табл. 3).

Таблиця 3

Валовий вміст важких металів у коренях верби енергетичної (середній за 2011 – 2014 рр.)

Варіант	Вміст важких металів у коренях, мг/кг сухої речовини			
	Cd	Ni	Pb	Co
1. Без добрив – контроль	1,17	1,03	0,46	0,40
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1,20	1,04	0,51	0,43
3. ОСВ – 40 т/га	1,39	1,10	0,60	0,68
4. ОСВ – 60 т/га	1,42	1,35	0,70	0,73
5. ОСВ – 80 т/га	1,57	1,48	0,81	0,83
6. Компост ОСВ + тирса (3:1) – 60 т/га	1,44	1,32	0,69	0,62
7. Компост ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га	1,27	1,12	0,43	0,50
8. Компост ОСВ + солома (3:1) – 40 т/га	1,31	1,29	0,54	0,61
9. Компост ОСВ + солома (3:1) – 60 т/га	1,47	1,35	0,69	0,76
10. Компост ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10 % – 40 т/га	1,34	1,32	0,59	0,69
НІР 0,5	0,05	0,17	0,10	0,07

Аналізуючи вміст важких металів у коренях верби енергетичної спостерігали позитивну дію компостування – за внесення ОСВ у нормі 40 т/га вміст кадмію становив 1,39 мг/кг, а за внесення такої ж кількості компосту – 1,31 мг/кг ґрунту, а вміст нікелю та свинцю – 1,10 і 0,60 мг/кг ґрунту відповідно.

Найвищий вміст важких металів у коренях верби констатовано за внесення ОСВ у нормі 80 т/га та компосту на основі ОСВ і тирси (3 : 1) – 60 т/га.

4. Висновки

Застосування ОСВ у чистому вигляді під вербу енергетичну сприяє підвищенню вмісту важких металів у дерново-підзолистому ґрунті Передкарпаття. Його внесення у нормах від 40 до 80 т/га призводить до збільшення вмісту кобальту і нікелю в елювіальному горизонті (Е), а свинцю і кадмію – в гумусово-елювіальному (НЕ). Такі норми ОСВ спричиняють також і достовірне зростання вмісту важких металів у вегетативній масі верби енергетичної, проте це підвищення не перевищує гранично допустимих концентрацій.

Застосування аналогічної норми ОСВ у вигляді компостів із тирсою і соломою сприяє достовірному зниженню вмісту важких металів у ґрунті і вегетативній масі (нікелю і кобальту на 2,7-4,5 %, а свинцю і кадмію – на 7,5-16,3 %) порівняно з контролем.

Важкі метали накопичуються, в основному, у коренях верби енергетичної.

Список використаної літератури

1. Лопушняк В.І. Утилізація осаду стічних вод комунальних підприємств з отриманням органічного добрива під енергетичні культури / В.І. Лопушняк, Г.М. Грицуляк // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету : сільськогосподарські науки. – 2014. – Вип. 5 (82). – С. 188–198.
2. Курганова Е.В. Комплексная оценка осадков сточных вод / Е.В. Курганова, О.А. Копейкина, Л.И. Гюнтер // Агрохимический вестник. – 1999. – № 3. – С. 38-40.
3. Мерзлая Г.Е. Экологическая оценка осадка сточных вод / Г.Е. Мерзлая // Химия в сельском хозяйстве. – 1999. – № 4. – С. 38-42.
4. Kalisz M. Prognozy zmian w gospodarce osadami ściekowymi / M. Kalisz // Wodoc. i kanaliz., 2007. – № 3. – S. 30-32.
5. Latus F. Organic contaminant from sewage sludge applied to agricultural soils. False alarm regarding possible problems for food safety / F. Latus, K. von Arnold, C. Gron // Environ. Sci. Pollut. Res., 2007. – № 14 (8). – Pp. 53-60.
6. Krzywy-Gawrońska E. Badania wpływu kompostu z komunalnego osadu ściekowego i substancji czynnej PRP Sol na żywność i urodzajność gleby / E. Krzywy-Gawrońska. – Szczecin, 2009. – 95 s.
7. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. DzU z dnia 2 lipca 2008 r., nr. 119, roz. 765.

8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. DzU z dnia 27 sierpnia 2002 r., nr. 134, roz. 1140.
9. Symanowicz B. Przydatność kompostów otrzymanych na baize osadów ściekowych w nawożeniu kukurydzy / B. Symanowicz. – Siedlce : Wydawnictwo Akademii Podlaskiej, 2007. – Rn. 90. – 91 s.
10. Niemez B. Uwagi zakładania i eksploatacji plantacji wierzby energetycznej (*Salix viminalis*) / B. Niemez, M. Zdemb, V. Lopushnyak // Вісник ЛНАУ: агрономія. – 2010. – № 14 (2). – С. 188–193.
11. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.3:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
12. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кобальту в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.5:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
13. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук нікелю в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.7:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
14. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.9:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
15. Плеханова И.О. Влияние осадков сточных вод на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах / И. О. Плеханова, О. В. Кленова, Ю. Д. Кутукова // Почвоведение. – 2001. – № 4. – С. 496 – 503.
16. Фатеев А.І. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України : монографія / за ред. доктора с.-г. наук А. І. Фатеева і канд. с.-г. наук Я. В. Пашенка. – Харків : Друкарня № 13, 2003. – 117 с.
17. Покровская С.Ф. Использование осадка городских сточных вод в сельском хозяйстве / С.Ф. Покровская, В.А. Касатиков. – М. : ВНИТИ Агропром, 1987. – 60 с.
18. Черных Н.А. Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва – растение при различной антропогенной нагрузке дерново-подзолистой почвы : автореф. дисс. д. б. н. / Н.А. Черных. – М., 1995. – 39 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016.

ENVIRONMENTAL ASPECTS FOR USE OF MUNICIPAL WASTEWATER MUD IN PHYTOENERGY

G.M. Gritsulyak¹, V.I. Lopushnyak²

¹LNAU Ivano-Frankivsk College,

²Lviv National Agrarian University

For contact: E-mail: gritsulyaka@mai.ru

The results of studies of heavy metals in the profile of soddy-podzolic soil of Precarpathians by application, in terms of 3-year field experiment, wastewater mud as fertilizer for willow energy are presented. It is found that this measure contributes to the content of heavy metals, particularly cobalt and nickel - in eluvial horizon (E), and lead and cadmium - in the humus-eluvial (HE), and causes a significant increase of heavy metals content in vegetative mass of willow within maximum concentration limit. Most of the absorbed pollutants are kept by plants in their underground part. The use of sludge as compost with sawdust or straw is effective way to enhance the safety of their use as causing significantly less accumulation of heavy metals in soil and vegetative mass of willows under the same application rate.

Keywords: wastewater mud, heavy metals, willow energy, soil.

УДК 631.461

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН МІКРОБНИХ ЦЕНОЗІВ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ПІД ДІЄЮ ДВОРІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБИЦИДІВ РІЗНОГО КЛАСУ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ¹

А.Б. Рокитянський

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

E-mail: artemborisovichro@gmail.com

Представлено результати дворічного спостереження за станом мікробних ценозів у ґрунтовій масі з орного шару чорнозему опідзоленого. Дослідження проведено в умовах вегетаційного дослід з

¹ Науковий керівник – канд. біол. наук О.І. Маклюк

виращування кукурудзи, де застосовували два ґрунтових гербіциди другого та третього класу небезпечності. Зафіксовано особливості трансформації мікробних ценозів ґрунту під впливом різних доз та комбінацій гербіцидів. Встановлено, що застосування ґрунтових гербіцидів протягом двох років впливає на мікробний ценоз чорнозему опідзоленого залежно від хімічного складу гербіциду, дози його внесення і тривалості застосування. Так, виявлено, що за дворічного внесення гербіцидів відбувається більш виражене пригнічення мікрофлори, ніж за однорічного. Застосування гербіцидів різного класу небезпечності призводить до зниження чисельності мікроорганізмів азотного і фосфорного циклу наприкінці вегетації. Натомість помічається зростання чисельності організмів на початку вегетації, і оліготрофів – протягом вегетації. Виявлено, що негативна дія подвійної дози ацетохлору на мікробіоценоз ґрунту сильніша, ніж подвійної дози прометрину; протилежна ситуація спостерігається при застосуванні рекомендованих доз цих гербіцидів. Із розрахованих коефіцієнтів оліготрофності та мінералізації видно, що гербіциди викликають погіршення трофічного режиму ґрунту та посилення перебігу мінералізаційних процесів, особливо у разі їх застосування два роки поспіль. Згідно з параметрами розрахованого показника мікробіологічної трансформації органічної речовини ґрунту, відбувається також зниження інтенсивності біохімічних процесів перетворення гумусових речовин у чорноземі опідзоленому.

Ключові слова: чорнозем опідзолений, ґрунтові гербіциди, мікроорганізми, *Zea mays* L.

1. Вступ

Специфічна проблема сільського господарства полягає у неможливості залучати все нові площі для виробництва сільськогосподарської продукції, а зростаючий попит на продовольство не залишає нічого іншого, як нарощувати врожай та запобігати його втратам шляхом застосування хімічних засобів захисту рослин, значну частину яких становлять ґрунтові гербіциди. [1, 2].

Накопичуючись у великих кількостях у ґрунті, гербіциди починають токсично впливати на його біологічну складову, адже період їх напіврозпаду становить від 3-6 місяців до одного року, а деякі можуть розкладатись і десятиріччями, негативно впливаючи на мікробіоту ґрунту та мігруючи харчовими ланцюгами [3].

Інтенсифікація землеробства, постійне застосування різних засобів захисту рослин нового покоління викликає необхідність контролю накопичення їх залишків у ґрунті, деструкції цих речовин, а також їх впливу на компоненти ґрунту, зокрема, на його живу фазу [4].

Незважаючи на достатню кількість праць стосовно впливу гербіцидів на ґрунти, питання до кінця залишається невивченим, у зв'язку з тим, що засобів хімічного захисту рослин дуже багато, їх перелік постійно оновлюється, крім того, один і той самий гербіцид за різних умов може по-різному впливати на ґрунт. Отже, постає проблема в необхідності вивчення впливу ґрунтових гербіцидів нового покоління за певних умов на властивості ґрунту, зокрема біологічні.

Мета нашої роботи – дослідити вплив одно- та дворічного застосування ґрунтових гербіцидів різного класу небезпечності на структуру і функціонування мікробних угруповань чорнозему опідзоленого за вирощування кукурудзи в умовах вегетаційного дослідіду.

2. Об'єкти і методи досліджень

2.1. Умови вегетаційного експерименту

У дослідженнях використовувались два ґрунтові гербіциди з діючими речовинами прометрин та ацетохлор:

Гезагارد 500 FW к.с. – ґрунтовий гербіцид селективної дії для боротьби з однорічними дводольними та злаковими бур'янами у посівах: гороху, картоплі, коріандру, кукурудзи, моркви, петрушки, селери, кропу, соняшнику, сої, квасолі, вики, чини, кормових бобів. Діюча речовина – прометрин, 500 г/л, хімічний клас – триазини. Належить до III-го класу небезпечності (малотоксичні) за класифікацією ВООЗ [5].

Трофі 90 ЕС к.е. – селективний ґрунтовий гербіцид для захисту кукурудзи, соняшника та сої від однорічних злакових та дводольних бур'янів. Діюча речовина – ацетохлор, 900 г/л, хімічна група – хлорацетоміди. Належить до II-го класу небезпечності за класифікацією ВООЗ [6].

Для досягнення мети в 2013-2014 рр. був закладений вегетаційний дослід у вегетаційному будиночку ННЦ "ІГА імені О.Н. Соколовського". Ґрунтову масу відібрано з

орного шару чорнозему опідзоленого важкосуглинкового на лесоподібному суглинку на території Слобожанського дослідного поля ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» у Харківському районі Харківської області. Модельний дослід проводили у вегетаційних посудинах ємністю 3000 см³. Схема модельного дослідження (варіанти): 1) К-14 – контроль – ґрунт без внесення гербіцидів; 2) Гз-1/14 – застосування рекомендованої дози Гезагард 500 FW к.с.; 3) Тр-1/14 – застосування рекомендованої дози Трофі 90 ЕС к.е.; 4) К-13 – контроль – без внесення гербіцидів; 5) Гз-1/13 – застосування рекомендованої дози Гезагард 500 FW к.с.; 6) Гз-2/13 – застосування подвійної дози Гезагард 500 FW к.с.; 7) Тр-1/13 – застосування рекомендованої дози Трофі 90 ЕС к.е.; 8) Тр-2/13 – застосування подвійної дози Трофі 90 ЕС к.е.; 9) Гз – Тр/14 – застосування суміші двох гербіцидів Гезагард 500 FW к.с. + Трофі 90 ЕС к.е. у ½ від рекомендованої дози. Гербіциди вносили шляхом обприскування ґрунту після закладання у вегетаційну посудину. Сільськогосподарська культура – кукурудза (*Zea mays L.*, гібрид «Елегія») [7].

Варіанти 1-3, 9 закладено у 2014 р, варіанти 4-8 – у 2013 році, та додатково оброблені гербіцидами у відповідних дозах у 2014 р.

Проби ґрунту для аналітичних досліджень відбирали двічі за вегетаційний період кукурудзи 2014 р. – на початку вегетації (у фазу розвитку 3-5 листків) та наприкінці (у фазу дозрівання зерна).

2.2. Аналітичні методи

У пробах ґрунту визначали чисельність основних груп мікрофлори методом мікробіологічного посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на тверді селективні живильні середовища [8]: органотрофних бактерій – на м'ясо-пептоновий агар (МПА); мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук і актиноміцетів – на крохмально-аміачний агар (КАА); грибів – на середовище Ріхтера; оліготрофних мікроорганізмів – на голодний агар (ГА); олігонітрофільних мікроорганізмів – на середовище Ешбі; мікроорганізмів, що мобілізують мінеральні фосфати – на середовище Муромцева; мікроорганізмів, що мобілізують органічні фосфати – на середовище Менкіної. Чисельність асоціативних азотфіксаторів визначали на середовищі Доберейнер, денітрифікаторів – на рідкому середовищі Гільтая. Розрахункові показники, зокрема мінералізації [9, 10], оліготрофності, олігонітрофільності [11], мікробіологічної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОРГ) [12] – за співвідношенням окремих груп мікроорганізмів, інтегрований показник біогенності ґрунту (ІПБ) – методом відносних величин за Дж. Ацці [13].

3. Результати досліджень

3.1. Органотрофи

За результатами мікробіологічних досліджень виявлено, що протягом вегетації *Zea mays L.* відбувається зміна чисельності органотрофів. Так, на початку вегетації на варіантах, де гербіциди застосовували другий рік поспіль, має місце зростання у два рази мікроорганізмів цієї групи. Наприкінці вегетації їх чисельність на більшості дослідних варіантів наближається до їх кількості на контролі. На 5-му та 6-му варіанті, де застосовано різні дози гербіциду Гезагард, чисельність органотрофів залишається на 34-36 % більшою від контролю. Особливо виділяється 9 варіант, на якому було застосовано суміш двох гербіцидів у ½ дози від рекомендованої, на цьому варіанті спостерігається збільшення чисельності мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту, більш ніж у 2,5 рази, що свідчить про деякий стимулюючий ефект від спільного використання гербіцидів [14].

3.2. Мікроорганізми, що засвоюють азот мінеральних сполук і актиноміцети

На початку вегетації суттєвих змін у чисельності мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні форми азоту, не спостерігається. Лише за застосування другий рік поспіль подвійної дози Трофі та за одноразового застосування суміші двох гербіцидів у половинних дозах відмічається збільшення кількості мікроорганізмів на 66–70 %; але наприкінці вегетації на варіантах, що оброблені різними дозами ґрунтового гербіциду Трофі, відмічається істотне зниження чисельності цих мікроорганізмів на 36–57 %. На

варіанті, де одночасно застосовано обидва гербіциди, відмічається зростання удвічі кількості мікроорганізмів, що утилізують мінеральні форми азоту. Аналогічною є реакція актиноміцетів – найбільш помітні зміни їх кількості спостерігаються на варіанті із застосуванням суміші двох гербіцидів та на варіантах, де було застосовано гербіцид II-го класу небезпечності Трофі.

3.3. Гриби

Протягом вегетації спостерігаються зміни чисельності мікроскопічних грибів. Так, на початку вегетації відбувається збільшення чисельності грибів на варіантах, де застосовано подвійну та рекомендовану дози гербіциду Трофі, на решті варіантів чисельність мікроскопічних грибів зберігається на рівні контролю, або зменшується на 15–39 %. Наприкінці вегетації відмічається зниження чисельності мікроскопічних грибів на 22–72 % на варіантах, які були закладені у 2014 р., та збільшення на 86–106 % на варіантах, які оброблялись гербіцидами два роки, виняток становлять варіанти, де застосовано два роки поспіль подвійну дозу Гезагарду та однократно застосовано суміш двох гербіцидів у дозах $\frac{1}{2}$ від рекомендованих, де спостерігається протилежна тенденція.

3.4. Оліготрофи

На початку вегетації кукурудзи на всіх варіантах, які були оброблені гербіцидами, спостерігається зростання оліготрофної мікрофлори, виняток становив варіант, який було оброблено рекомендованою дозою гербіциду Трофі. Під кінець вегетації відбуваються зміни в чисельності мікроорганізмів даної групи, так, на більшості варіантів відбувається зниження чисельності оліготрофів на 30–47 %, лише на варіанті, де два роки поспіль було застосовано подвійну дозу Гезагарду, не відбувається ніяких змін відносно контролю, та на варіанті з однократним застосуванням суміші двох гербіцидів у половинних дозах спостерігається збільшення чисельності оліготрофів майже у два рази. Оскільки оліготрофна мікрофлора розвивається за рахунок мінімальної кількості органічної речовини і притаманна останнім стадіям мінералізації, то її збільшення може свідчити про погіршення трофічного режиму ґрунту [14, 16].

3.5. Мікроорганізми, що мобілізують мінеральні й органічні фосфати

При застосуванні гербіцидів загальна кількість мікроорганізмів, що розчиняють ґрунтові мінеральні фосфати, дещо змінюється. Особливо помітні зміни відбуваються за сукупного застосування двох гербіцидів, в результаті чого чисельність мікроорганізмів зростає майже у 2,5 рази порівняно з контролем. При застосуванні різних доз ґрунтового гербіциду Трофі спостерігається зниження кількості мікроорганізмів цієї групи на 33–36 %, порівняно з контролем, на решті варіантів суттєвих змін у динаміці чисельності мікроорганізмів, не відбувається. Аналогічна ситуація спостерігається з мікроорганізмами, що активно розчиняють фосфат кальцію ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), утворюючи прозорі зони на середовищі, відмінність полягає лише в більшому коливанні чисельності. Так на варіанті, де застосували суміш двох гербіцидів, чисельність цих мікроорганізмів збільшується більш ніж у 4,5 рази порівняно з контролем, а на варіантах із застосуванням гербіциду Трофі вміст мікроорганізмів цієї групи знижується на 40–52 % відносно контролю. Застосування гербіциду Гезагард на варіантах з однократним застосуванням рекомендованої дози та з сукупним застосуванням суміші двох гербіцидів у $\frac{1}{2}$ дози від рекомендованої призводить до збільшення чисельності мікроорганізмів, що мобілізують органічні фосфати. Окреме застосування рекомендованої дози гербіциду Трофі призводить до зниження чисельності цих мікроорганізмів на 24–52 %.

Слід зазначити, що на варіантах, закладених у 2013 р., відмічається менша чисельність фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, що розчиняють органічні фосфати, ніж на відповідних варіантах, закладених у 2014 р., отже за повторної обробки гербіцидами через рік негативний вплив на мікрофлору чорнозему опідзоленого посилюється. Аналогічна ситуація спостерігається з чисельністю мікроорганізмів, що активно розчиняють фітин (за допомогою фосфатаз), утворюючи прозорі зони на середовищі Менкіної. Загалом зростання чисельності фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, як тих, що розчиняють мінеральні фосфати, так і тих, що розчиняють органічні фосфати, помітно лише на 9-му варіанті, де було застосовано суміш двох

гербіцидів у $\frac{1}{2}$ дози від рекомендованої. Гербіциди знищують небажану рослинність у посівах кукурудзи, а також деякою мірою стимулюють зростання чисельності фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, що можна віднести до позитивного ефекту. На решті варіантів стимулюючу дію гербіцидів виявлено лише на початку вегетації, а наприкінці вегетації на більшості варіантів вже помітно токсичну дію [15].

3.6. Олігонітрофільна мікрофлора

На початку вегетації на варіантах, які були оброблені різними дозами ґрунтового гербіциду Трофі, не відмічається змін чисельності олігонітрофільної мікрофлори, а вже наприкінці вегетації відбувається істотне зниження чисельності цієї групи мікроорганізмів на 33-77 % відносно контролю. Суттєве зростання чисельності олігонітрофілів протягом вегетації (на 77 % відносно контролю) помітно лише на варіанті із застосуванням суміші двох гербіцидів. Застосування різних доз гербіциду Гезагард знижує чисельність олігонітрофілів. Якщо на початку вегетації їхня чисельність залишається на рівні контролю, то наприкінці вегетації на варіантах, які два роки поспіль оброблювались гербіцидами, – знижується на 20–42 %.

3.7. Асоціативні азотфіксувальні мікроорганізми

Чисельність асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів протягом вегетації кукурудзи була дещо меншою від контролю, співвідношення між варіантами зберігається до кінця вегетації, лише на варіанті, де було сукупно застосовано обидва гербіциди, відмічається зростання цієї групи бактерій майже вдвічі, а також на варіантах з однократним застосуванням рекомендованої дози Трофі та із застосуванням другий рік поспіль рекомендованої дози Гезагард, де відбувається зменшення чисельності мікроорганізмів цієї групи на 44–45 % відносно контролю [16].

3.8. Інтегровані показники стану мікробних ценозів ґрунту

Вплив застосування різних доз ґрунтових гербіцидів різного класу небезпечності на стан мікробних ценозів чорнозему опідзоленого оцінено за допомогою інтегрованого показника біогенності (ІПБ), який визначається методом відносних величин з урахуванням чисельності мікроорганізмів головних еколого-функціональних груп (рис. 1).

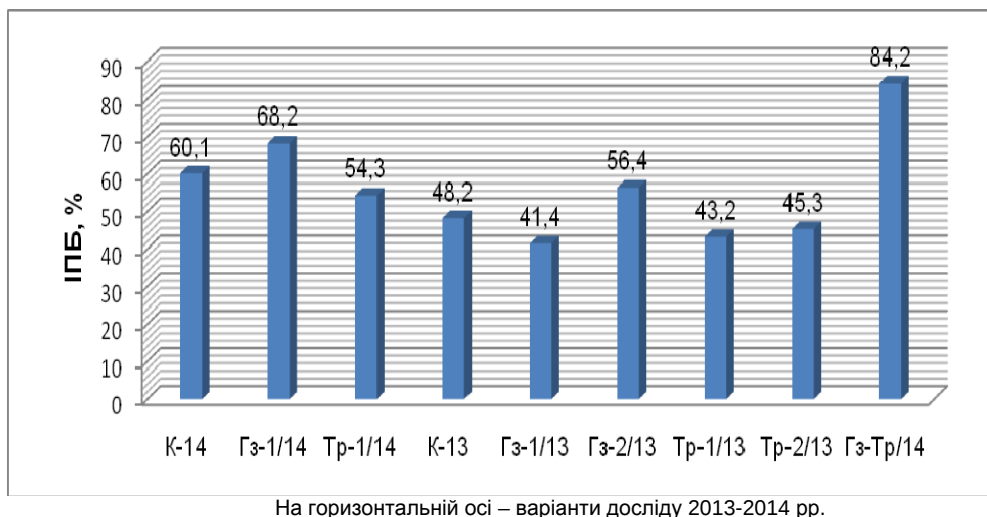


Рис. 1. Інтегрований показник біогенності (ІПБ). Середній за вегетацію, 2014 р.

Згідно з його значеннями, найбільший позитивний вплив на біогенність ґрунту вчинила сукупна обробка двома гербіцидами у $\frac{1}{2}$ дозі від рекомендованої; так на цьому варіанті ІПБ більше від контролю на 20 %, більше від варіантів з однократною обробкою рекомендованими дозами кожного гербіциду окремо і майже вдвічі більше від варіантів з повторною обробкою рекомендованими дозами кожного гербіциду окремо.

За здобутими даними було розраховано коефіцієнти оліготрофності, мінералізації,

олігонітрофільності та показник мікробіологічної трансформації органічної речовини ґрунту [11, 16]. На більшості варіантів відбувається зменшення значень показника оліготрофності, який характеризує поживний режим ґрунту, на 10–25 %, але на варіантах, де другий рік поспіль застосовували подвійні дози гербіцидів, – спостерігається його зростання, що свідчить про погіршення трофічного режиму ґрунту.

Параметри показника мінералізації, який відображає інтенсивність мінералізаційних процесів та засвоєння азотних сполук у ґрунті, зменшуються на всіх варіантах, що свідчить про зниження інтенсивності мінералізаційних процесів у ґрунті. На варіанті, де однократно застосовано гербіцид з діючою речовиною прометрин, цей показник підвищується, відповідно, інтенсивність процесів мінералізації зростає.

На всіх варіантах, окрім тих, де однократно застосовували рекомендовані дози гербіцидів, спостерігається підвищення значень показника мікробіологічної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОРГ), а за сукупного застосування двох гербіцидів спостерігається найбільше збільшення – до 74 %, що вказує на вищу біохімічну активність мікроорганізмів на цьому варіанті.

Параметри коефіцієнту олігонітрофільності, що характеризує процеси іммобілізації азоту у ґрунті, на варіантах, закладених у 2013 р., знизились, що може свідчити про підвищення процесів мобілізації азоту у ґрунті, а на варіантах, закладених у 2014 р., навпаки, підвищились.

4. Висновки

За показниками чисельності головних груп мікрофлори чорнозему опідзоленого встановлено, що під дією різних доз і різної тривалості застосування ґрунтових гербіцидів різного класу небезпечності відбувається перебудова структури мікробних ценозів під час вегетації кукурудзи.

Виявлено збільшення чисельності органотрофів, оліготрофів та грибів, що, вірогідно, може бути наслідком індивідуальної реакції мікрофлори на стресовий фактор діючих речовин гербіцидів (прометрин та ацетохор).

Встановлено, що однорічне застосування рекомендованої дози Гезагарду не пригнічує мікробного ценозу чорнозему опідзоленого, а однорічне застосування рекомендованої дози Трофі призводить до зниження його біогенності. Застосування рекомендованої дози Гезагарду другий рік поспіль вже негативно впливає на чисельність мікрофлори. Повторне застосування як рекомендованої, так і подвійної дози Трофі знижує загальну чисельність мікроорганізмів у ґрунті, що свідчить про його більшу токсичну дію порівняно з Гезагардом.

Встановлено, що за внесення гербіцидів два роки поспіль відбувається більш суттєве пригнічення окремих груп мікрофлори чорнозему опідзоленого, ніж за однорічного внесення, особливо це помітно за збільшення доз гербіцидів.

Найвищий рівень біогенності ґрунту в умовах вегетаційного дослідження спостерігається на варіанті, де однократно застосовано суміш двох гербіцидів – Гезагард 500 FW к.с. та Трофі 90 ЕС к.е. у дозі $\frac{1}{2}$ від рекомендованої.

Встановлені величини розрахункових коефіцієнтів оліготрофності та мінералізації свідчать, що гербіцидами викликано погіршення трофічного режиму ґрунту та збільшення інтенсивності перебігу мінералізаційних процесів після другого року застосування гербіцидів.

Список використаної літератури

1. Андреюк К.І. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К.І. Андреюк, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук та ін. – К.: Обереги, 2001. – 240 с.
2. Ксенофонтова О.Ю. Некоторые особенности взаимодействия пестицидов и микроорганизмов в почве. / О.Ю. Ксенофонтова, П.А. Чиров // Матер. II Международной научной конференции «Ксенобиотики и живые системы». – Минск, 2003. – С. 148-151.
3. Круглов Ю.В. Микрофлора почвы и пестициды / Ю.В. Круглов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 128 с.
4. Тертична О.В. Агроекологічна оцінка впливу високих концентрацій пестицидів на мікробний ценоз ґрунту / О.В. Тертична, Г.Г. Андрієнко, Л.І. Моклячук // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – Том 4 (23). – Полтава, 2005. – С. 174-177.
5. Гезагард 500 FW к.с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.syngenta.com/country/ua/uk/cropprotection/cropprotection/herbicides/Pages/gesagard.aspx>
6. Трофі 90 ЕС к.с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.syngenta.com/country/ua/uk/cropprotection/cropprotection/herbicides/Pages/trofi90EC.aspx>

7. Курурудза гібрид «Елегія МВ» [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://www.agroua.net/plant/catalog/cg-1/c-5/s912/>
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учебное пособие/ [И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Б.А. Бызов и др.] под ред. Д.Г. Звягинцева – М.: Изд. МГУ, 1991. – 304 с.
9. Теплер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теплер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева – М.: Колос, 1972. – 199 с.
10. Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов/ Е.Н. Мишустин – М.: Наука, 1975. – С. 24.
11. Аристовская Т.В. Методы изучения микрофлоры почв и её жизнедеятельности. Методы стационарного изучения почв / Т.В. Аристовская, Ю.А. Худякова – М.: Наука, 1977. – С. 141-286.
12. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Сб. науч. тр. ХСХИ, т. 273, Харьков, 1980. С. 13-16.
13. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология; пер. с англ. Н.А. Емельяновой, О.В. Лисовской, М.П. Шикаданц; под ред. В.Е. Писарева. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. – С. 242-243.
14. Рокитянський А.Б. Мікробіологічні зміни чорнозему опідзоленого, що відбуваються під впливом застосування гербіцидів Трофі 90 ЕС к.с. та Гезагард 500 FW к.е. Агрохімія і ґрунтознавство /А.Б. Рокитянський// Міжнародний тематичний збірник. Спеціальний випуск до IX з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків (30 червня – 4 липня 2014 року, м. Миколаїв) Книга 3. Охорона ґрунтів від ерозії і техногенного забруднення, рекультивація, агрохімія, біологія ґрунтів. – Харків: ТОВ «Смугаста типографія», 2014. – С. 314–315.
15. Рокитянський А.Б. Вплив гербіцидів Гезагард 500 FW к.е. та Трофі 90 ЕС к.с. на чисельність фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів у чорноземі опідзоленому /А.Б. Рокитянський// Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва: матеріали IV міжн. Наук.-практ. конф. мол. вчених 18-19 вересня. 2014 р. – Тернопіль: Крок, 2014. – С. 104–106.
16. Рокитянський А.Б. Перебудова мікробного ценозу чорнозему опідзоленого під впливом гербіцидів різного класу небезпечності /А.Б. Рокитянський// Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 82. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» 2015. С. 108–112.

Стаття надійшла до редакції 10.06.2016

PARTICULARITIES OF CHANGES IN MICROBIAL COMMUNITIES OF CHERNOZEM PODZOLIZED UNDER TWO-YEARS APPLICATION OF HERBICIDES DIFFERENT DANGER CLASS

A.B. Rokityanskiy

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine
E-mail: artemborisovichro@gmail.com

The influence of herbicides Trophy 90 and Gezagard 500 belonging to two different classes of danger on the changes in microbial cenosis of chernozem podzolized during the growing season *Zea mays* L. variety «Elegy» was investigated. It was found that the application of soil herbicides for two years has different effects on on microbial cenosis of chernozem podzolized depending on the period of validity, the hazard class and rates of application of herbicide. It was found that the introduction of herbicides for two consecutive years is more pronounced suppression of microflora than a single application. It was found that the application of herbicides belonging to different danger class reduces the microorganisms belonging to nitrogen and phosphorus cycle at the end of the growing season. It was revealed that the double dose of acetochlor more negative effect on microbial cenosis of chernozem podzolized than double dose prometryn, but the opposite situation is observed at application of the recommended doses of these herbicides. Calculated coefficients oligotrophicity and mineralization showed that herbicides cause deterioration of the trophic regime of the soil and cause an increase in the intensity of mineralization processes in the soil, especially when they are used for two consecutive years. According to the parameters of the calculated index of microbiological transformation of soil organic matter there is a decrease in the intensity of the transformation of organic matter chernozem podzolized.

Keywords: chernozem podzolized; soil herbicides; microorganisms; *Zea mays* L.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**АГРОХІМІЯ і
ҐРУНТОЗНАВСТВО**

Випуск 85

Міжвідомчий тематичний науковий збірник

Відповідальний за випуск канд. с.-г. наук Т.М. Лактіонова

**Адреса редколегії: 61024, Харків, вул. Чайковська, 4,
тел.: (057) 704-16-69;
e-mail: tnlaktionova@ukr.net;
www.agrosoil.yolasite.com**

Підписано до друку 13.11.2015. Формат 6090/8.
Папір офсетний. Гарнітура «Таймс».
Наклад 100 пр. Зам. № 151525

Надруковано у ТОВ «Смугаста типографія»
Україна, 61002, Харків, вул. Чернишевська, 28а.
057 754-49-42