



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК  
УКРАЇНИ



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

# АГРОХІМІЯ і ҐРУНТОЗНАВСТВО

---

МІЖВІДОМЧИЙ  
ТЕМАТИЧНИЙ  
НАУКОВИЙ  
ЗБІРНИК

---

82

ХАРКІВ – 2015

**Агрохімія і ґрунтознавство.** Міжвідомчий тематичний науковий збірник.  
Випуск 82. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2015. – 132 с.

**AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE.** Collected papers.  
No. 82. Kharkiv: NSC ISSAR, 2015. 132 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. Мірошніченко 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](mailto:soilscience@ukr.net)  
[www.agrosoil.yolasite.com](http://www.agrosoil.yolasite.com)

#### **Збірник представлено**

- на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, [www.nbuv.gov.ua](http://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 № 1 від 12.01.2015 р.**

**ISSN 0587-2596**

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

# ЗМІСТ

## ГРУНТОЗНАВСТВО

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Бородіна Я.В.</b><br>Метрологічна атестація галузевих стандартних зразків ґрунтів.....                                                       | 6  |
| <b>Трускавецький С.Р., Вяткін К.В.</b><br>Земельна інформаційна система як геоінформаційно-технологічний інструмент<br>моніторингу ґрунтів..... | 14 |
| <b>Демиденко О.В., Величко В.А.</b><br>Відтворення енергетики ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах.....                                     | 19 |
| <b>Малиновская И.М.</b><br>К вопросу о времени проведения почвенных микробиологических исследований.....                                        | 27 |

## АГРОХІМІЯ

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Фатєєв А.І., Лопушняк В.І.</b><br>Вплив систем удобрення на рухомість кадмію в темно-сірому опідзоленому ґрунті<br>Західного Лісостепу України.....       | 33 |
| <b>Скрильник Є.В.</b><br>Агрохімічні підходи до виробництва органо-мінеральних добрив та ефективність<br>їх застосування у короткоротаційних сівозмінах..... | 37 |
| <b>Біднина І.О.</b><br>Вплив добрив та мікробних препаратів на продуктивність сільськогосподарських<br>культур в умовах зрошення на півдні України.....      | 42 |
| <b>Малюк Т.В.</b><br>Діагностика якості мінерального живлення плодівих культур.....                                                                          | 45 |
| <b>Харченко О.В., Прасол В.І., Петренко Ю.М.</b><br>До проблеми аналітичної оцінки ефективності мінеральних добрив<br>та екологічних обмежень їх норми.....  | 50 |
| <b>Сало Л.В., Доброван Д.А.</b><br>Урожайність насіння льону олійного за різних способів застосування мікродобрив.....                                       | 54 |

## ОХОРОНА І ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Белоліпський В.О.</b><br>Противерозійна стійкість чорнозему звичайного та обґрунтування<br>структури посівних площ.....                                                                                                                                                                                 | 60 |
| <b>Гудзенко Т.В., Іваниця В.О., Волювач О.В., Лісютін Г.В., Васильєва Н.Ю.,<br/>Беляєва Т.О., Конуп І.П., Горшкова О.Г., Пузирьова І.В.</b><br>Визначення вмісту нафтопродуктів і водорозчинних солей у ґрунті на нафто-<br>забруднених ділянках острова Зміїний перед його біотехнологічною обробкою..... | 68 |
| <b>Корсун С.Г., Довбаши Н.І., Клименко І.І.</b><br>Продуктивність кукурудзи на зерно залежно від накопичення<br>важких металів у ґрунті.....                                                                                                                                                               | 75 |

## ІСТОРІЯ НАУКИ

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Носко Б.С.</b><br>С.Л. Франкфурт і розвиток Київської школи агрохімічних досліджень..... | 81 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## РОБОТИ МОЛОДИХ УЧЕНИХ

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ревтьє А.В.</b><br>Оцінка стійкості мікроструктури чорнозему опідзоленого до дії безводного аміаку.....                                      | 86 |
| <b>Цигічко Г.О., Маклюк О.І.</b><br>Динаміка біохімічної активності чорнозему типового за органічної та<br>традиційної систем землеробства..... | 91 |
| <b>Зубковська В.В.</b><br>Трансформація фосфатів у кислих ґрунтах за різних режимів зволоження.....                                             | 97 |

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Волошенюк А.В.</b>                                                                                                                    |     |
| Дефляційні втрати ґрунту за різних технологій основного обробітку та технології по-till під час пилової бурі 26-27 січня 2014 року.....  | 100 |
| <b>Десятник К.О.</b>                                                                                                                     |     |
| Екологічні аспекти застосування кальцієвмісних меліорантів різного походження на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому.....           | 104 |
| <b>Рокитянський А.Б.</b>                                                                                                                 |     |
| Перебудова мікробного ценозу чорнозему опідзоленого під впливом гербіцидів різного класу небезпечності.....                              | 108 |
| <b>Бородин А.Л.</b>                                                                                                                      |     |
| Связность и крошение глыб пахотных почв.....                                                                                             | 112 |
| <b>Поляшенко Н.В.</b>                                                                                                                    |     |
| Порівняння гранулометричного та мікроагрегатного складу чорнозему звичайного на вододілі та на схилі.....                                | 118 |
| <b>Леневич О.І.</b>                                                                                                                      |     |
| Водопроникність бурих лісових ґрунтів на туристичному маршруті (НПП «Сколівські бескиди», Українські Карпати).....                       | 122 |
| <b>Огородня А.І.</b>                                                                                                                     |     |
| Особливості акумуляції-дисипації основних елементів живлення в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом фітомеліорантів..... | 125 |
| <b>Абрамов Д.А.</b>                                                                                                                      |     |
| Ідентифікація вторинного осолонцювання ґрунтів за допомогою багатоспектральних супутникових зображень.....                               | 129 |

## CONTENT

### SOIL SCIENCE

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Borodina Ya.V.</b>                                                                    |    |
| Metrolological certification of industry reference materials of soil.....                | 6  |
| <b>Truskavetsky S.R., Vyatkin K.V.</b>                                                   |    |
| Land information system as a geo-information technological tool for soil monitoring..... | 14 |
| <b>Demydenko O.V., Velychko V.A.</b>                                                     |    |
| Reproduction of soil-formation energy of chernozems in agrocenoses.....                  | 19 |
| <b>Malinovskaya I.M.</b>                                                                 |    |
| The question about time of soil microbiological studies.....                             | 27 |

### AGROCHEMISTRY

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Fateev A.I., Lopushnyak V.I.</b>                                                                                                      |    |
| Effect of fertilization system on the mobility of cadmium in dark-gray podzolized soil of the Western Forest-Steppe of Ukraine.....      | 33 |
| <b>Skrylnik E.V.</b>                                                                                                                     |    |
| Agrochemical approaches to the production of organo-mineral fertilizers and efficiency of their application in short crop rotations..... | 37 |
| <b>Bidnyna I.O.</b>                                                                                                                      |    |
| Influence of fertilizers and microbial preparation on crops efficiency under irrigation in southern Ukraine.....                         | 42 |
| <b>Malyuk T.V.</b>                                                                                                                       |    |
| Quality diagnostics of mineral nutrition of fruit crops.....                                                                             | 45 |
| <b>Kharchenko O.V., Prasol V.I., Petrenko Y.M.</b>                                                                                       |    |
| To the problem of analytical estimation of mineral fertilizers efficiency and environmental constraints of its rate.....                 | 50 |
| <b>Salo L.V., Dobrovan D.A.</b>                                                                                                          |    |
| Crop capacity of oil-flax seeds under different methods of microfertilizers application.....                                             | 54 |

## SOIL PROTECTION and RECLAMATION

### **Belolipskiy V.A.**

- Erosion-preventive resistance of chernozem ordinary and substantiation of sowing areas structure..... 60

### **Gudzenko T.V., Ivanytsia V.O., Voliuvach O.V., Lisyutin G.V., Vasylieva N.Yu., Beliaeva T.O., Konup I.P., Gorshkova O.G., Puzyreva I.V.**

- The determination of oil and water-soluble salts on the oily areas of ground Zmiinyi island before their biotechnological processing..... 68

### **Korsun S.G., Dovbash N.I., Klymenko I.I.**

- Productivity of grain corn depending on accumulation of heavy metals in soil..... 75

## HISTORY OF SCIENCE

### **Nosko B.S.**

- S.L. Frankfurt and development of Kyiv school of agrochemical research..... 81

## YOUNG SCIENTISTS RESEARCHES

### **Revtye A.V.**

- Assessment of microstructure sustainability of chernozem podzolized to influence of anhydrous ammonia..... 86

### **Tsygichko G.O., Maklyuk O.I.**

- Dynamics of biochemical activity of chernozem typical using organic and conventional farming systems..... 91

### **Zubkovska V.V.**

- Transformation of phosphate in acidic soils under different modes hydration..... 97

### **Voloshenyuk A.V.**

- Deflationary soil loss under different soil tillage technologies and no-till technology during dust storms on 26-27 january 2014..... 100

### **Desyatnik K.O.**

- Ecological application aspects of lime meliorants different origin on heavy loamy podzolized chernozem..... 104

### **Rokityanskiy A.B.**

- Reconstruction of microbial cenosis of chernozem podzolized under influence of herbicides of different danger class..... 108

### **Borodin A.L.**

- Cohesion and crumbling of lumps of arable soils..... 112

### **Polyashenko N.V.**

- Comparison of the granulometric and microaggregate compositions of chernozem ordinary on watershed and slope..... 118

### **Lenevych O.I.**

- Brown forest soil water permeability on tourist-route (NNP "Skole Beskids", Ukrainian Carpathians)..... 122

### **Ogorodnya A.I.**

- Features accumulation-dissipation basic elements of nutrition in heavy loamy podzolic chernozem influenced phytomeliorants..... 125

### **Abramov D.A.**

- Identification of the secondary alkalinity of soils with using satellite multi-spectral images..... 129

## ГРУНТОЗНАВСТВО SOIL SCIENCE

УДК 631.473

### МЕТРОЛОГІЧНА АТЕСТАЦІЯ ГАЛУЗЕВИХ СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ ҐРУНТІВ

**Я.В. Бородіна**

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,  
Центр Державної служби стандартних зразків ґрунтів  
(borodina-yaroclava@rambler.ru)

Метрологічну атестацію галузевих стандартних зразків складу (агрохімічних показників) чорнозему звичайного малогумусного легкоглинистого, чорнозему типового малогумусного важкосуглинкового та дерново-підзолистого супіщаного ґрунту, виготовлених у Державному центрі стандартних зразків ґрунтів при ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», виконано за процедурою міжлабораторного експерименту. Встановлено, що надані лабораторіями-учасницями експерименту дані не завжди можна апроксимувати нормальним розподілом, тому для встановлення атестованих значень нормованих метрологічних характеристик доцільно використовувати як параметричні методи обрахунку (коли це можливо), так і непараметричні.

**Ключові слова:** агрохімічні показники; метрологічна атестація; міжлабораторний експеримент; нормовані метрологічні характеристики; стандартний зразок (СЗ) складу ґрунту.

**Вступ.** Чинний в Україні ГОСТ 8.315 [1] встановлює перелік засобів для метрологічної атестації стандартних зразків (СЗ) складу речовин. Допускається використовувати методики атестації, засновані на таких підходах – використання еталонів (зразкових засобів вимірювання), а також інших СЗ (затверджених відповідно до вимог ГОСТ 8.315 [1]), застосування атестованих методик виконання вимірювань (МВВ), способів міжлабораторної атестації (згідно з вимогами ДСТУ ГОСТ 8.532 [2]) та розрахунково-експериментальної процедури виготовлення СЗ.

Рівень об'єктивності та достовірності метрологічної атестації СЗ у цьому переліку згори донизу різко зменшується. Провідні фахівці у галузі виготовлення СЗ визнають, що для таких складних об'єктів як ґрунти та гірські породи метрологічна атестація СЗ за методами міжлабораторної атестації та за розрахунково-експериментальною процедурою не має альтернативи [3].

Настанови ДСТУ-Н ISO Guide 35 [4] для забезпечення простежуваності атестованих характеристик СЗ складу до одиниць системи СІ (це одна з основних вимог чинного в Україні ДСТУ ISO/IEC 17025 [5]) встановлюють декілька *референтних* («первинних») методів вимірювання (кулонометрія, гравіметрія, кріометрія, мас-спектроскопія з ізотопним розбавленням), які є абсолютними та не потребують для своєї реалізації будь-яких СЗ. СЗ, атестовані «первинними» методами – «первинні» СЗ, мають найвищі метрологічні характеристики. Всі інші методи є «методами порівняння», їх застосовують лише з використанням СЗ. Простежуваність СЗ, атестованих з використанням «методів порівняння» («вторинні» СЗ) можна реалізувати лише за умови використання «первинних» СЗ.

Очевидно, що галузеві стандартні зразки (ГСЗ) складу ґрунтового матеріалу, атестованого на агрохімічні показники, не можна атестувати жодним з перерахованих референтних методів з тієї причини, що ці методи не призначені для визначення

агрохімічних показників ґрунтів. Немає еталонів, а також інших СЗ складу (агрохімічних показників) ґрунтів, створених з використанням референтних методів.

Розрахунково-експериментальна процедура виготовлення СЗ у даному випадку є неприйнятною, оскільки в одній лабораторії неможливо досягти задовільної точності досліджень з метрологічної атестації ГСЗ, в силу необхідності використання метод-залежних процедур визначення агрохімічних показників ґрунтів, що мають суттєві загальні невизначеності.

Єдиною можливістю встановлення атестованих значень агрохімічних показників та їхніх невизначеностей у ґрунтовому матеріалі ГСЗ є метод міжлабораторного порівняння. Міжлабораторна атестація СЗ – метод атестації, який ґрунтується на використанні результатів вимірювань, виконаних незалежно кількома лабораторіями, за одним або різними методами. Ця процедура призначена для того, щоб надійно описати встановлену невизначеність атестованого значення СЗ. Потрібно дослідити, охарактеризувати, і за можливості, мінімізувати невизначеності використаних методик і в подальшому врахувати їх під час визначення інтервалу невизначеності, а також характеристики стабільності матеріалу СЗ [20].

Методики, згідно з [6, 7], 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. Параметри показника, отримані різними методами, за визначенням порівнювати некоректно. Тому прийнятним може бути використання в процесі міжлабораторного експерименту лише тих стандартизованих або атестованих методик, сфера використання яких поширюється на визначення певних агрохімічних показників у досліджуваних ґрунтах.

Мета досліджень – встановити атестовані значення та невизначеності атестованих значень агрохімічних показників ГСЗ складу (агрохімічних показників) ґрунтів; порівняти способи розрахунку нормованих метрологічних характеристик ГСЗ параметричним та непараметричним методами.

**Об'єкти та методи досліджень.** Об'єкт досліджень – галузеві стандартні зразки складу чорнозему звичайного малогумусного легкоглинистого, чорнозему типового малогумусного важкосуглинкового та дерново-підзолистого супіщаного ґрунту, виготовлені у Державному центрі стандартних зразків ґрунтів при ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» у 2011-2012 рр.

До виконання міжлабораторного експерименту було залучено висококваліфікованих фахівців агрохімічних лабораторій ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» (лабораторія інструментальних методів досліджень ґрунтів та лабораторія органічних добрив і гумусу), Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» (колишній Державний науково-технологічний центр охорони родючості ґрунтів), її філій та вимірювальних лабораторій геолого-меліоративних експедицій Державного агентства водних ресурсів України. Всього до проведення міжлабораторного експерименту було залучено 16 лабораторій. Ці лабораторії у повсякденній практиці вимірюють параметри показників ґрунтів, наведені у переліку нормованих метрологічних характеристик ГСЗ.

Показники якості ГСЗ, параметри яких вимірювали під час міжлабораторних порівняльних випробувань, а також методики вимірювань, застосовувані лабораторіями-учасницями, представлено в табл. 1.

До кожної лабораторії було надіслано по одному екземпляру кожного з трьох ГСЗ для атестування; програму та методику атестації (в тому числі форму протоколу вимірювань) і параметри агрохімічних показників, визначені у лабораторії інструментальних методів дослідження ґрунтів ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського». Від кожної лабораторії отримано протоколи результатів атестаційних вимірювань за стандартизованими методиками згідно з програмою та методикою атестації ГСЗ.

Джерелом інформації щодо вмісту компонента в матеріалі ГСЗ є тільки один середній результат, отриманий від кожної лабораторії-виконавця атестаційного визначення. Інші дані, які лабораторії долучили до протоколів, використано для попереднього контролю якості виконання вимірювань.

Результати міжлабораторного експерименту обробляли таким чином: розглянули протоколи вимірювань на наявність грубих технічних або аналітичних помилок; апроксимували експериментальні дані за допомогою нормального розподілу (за критерієм Шапіро-Уїлка); розглянули протоколи вимірювань на наявність статистичних помилок (перевірка на наявність викидів за критерієм Граббса) (у разі, якщо гіпотезу щодо можливості апроксимувати експериментальні дані нормальним розподілом можна було прийняти із довірчою ймовірністю 95 %); перевірили гіпотезу щодо належності середніх арифметичних рядів даних, наданих учасниками міжлабораторного експерименту до однієї вибірки; розраховували атестовані значення нормованих метрологічних характеристик та їх невизначеності, перевірили відповідність цих значень метрологічним вимогам, встановленим ТЗ.

### 1. Перелік нормованих метрологічних характеристик і методів аналізу

| Характеристика,<br>що атестується і позначення<br>одиниці фізичної величини                                                                               | Нормативний документ<br>на метод аналізу                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Масова частка P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> у ґрунті (рухомі сполуки фосфору за методом Чирікова); млн <sup>-1</sup> (мг/кг)                              | ДСТУ 4115 Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова [8]                                                                                                                                                            |
| Масова частка K <sub>2</sub> O в ґрунті (рухомі сполуки калію) за методом Чирікова); млн <sup>-1</sup> (мг/кг)                                            |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| pH сольової витяжки <sup>1)</sup> ; од. pH                                                                                                                | ГОСТ 26483 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО [9]                                                                                                                                                                      |
| Гідролітична кислотність; ммоль/100 г                                                                                                                     | ГОСТ 26212 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО [10]                                                                                                                                                         |
| Масова частка вуглецю (C) органічної речовини; %                                                                                                          | ДСТУ 4289 Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини [11]                                                                                                                                                                                          |
| Масова частка вуглецю (C) доступної (лабільної) органічної речовини; %                                                                                    | ДСТУ 4732 Якість ґрунту. Методи визначання доступної (лабільної) органічної речовини [12]                                                                                                                                                                    |
| Масова частка нітратного азоту; млн <sup>-1</sup> (мг/кг)                                                                                                 | ДСТУ 4729 Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського [15]                                                                                                                                          |
| Вміст обмінного кальцію; ммоль <sub>екв</sub> /100 г                                                                                                      | а) МВВ 31-497057-007 Ґрунти. Метод визначення обмінних кальцію, магнію, натрію і калію в ґрунті за методом Шолленберґера в модифікації ННЦ ІГА [14]<br>б) ГОСТ 26487 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методом ЦИНАО [15] |
| Вміст обмінного магнію; ммоль <sub>екв</sub> /100 г                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <sup>1)</sup> Результати метрологічної атестації ГСЗ складу ґрунтів за pH сольової витяжки та масовою часткою вуглецю органічної речовини наведено у [16] |                                                                                                                                                                                                                                                              |

Це класичний підхід, який різко критикують Н.Г. Семенко із співавторами [7]. Вони зазначають, що такий спосіб оцінювання є придатним, якщо об'єм вибірки  $n > 20$ , гіпотеза щодо нормальності розподілу середніх результатів після перевірки не відхиляється і результати здобуто за однорідних умов.

**Результати.** Результати міжлабораторної атестації не завжди можна розглядати як середні за вибірками з однієї генеральної сукупності, оскільки вони отримані у різних лабораторіях і в різний час, хоча і з використанням однакових обладнання та методик вимірювання. Не завжди є теоретичні передумови, що дозволяють вважати розподіл похибок нормальним. Критерії узгодженості дослідного розподілу з нормальним, які використовують під час міжлабораторної атестації СЗ, за  $n=5-15$  мають малу потужність і не дозволяють надійно ідентифікувати вид експериментального розподілу. Аналіз гістограм міжлабораторних експериментів з

атестації СЗ свідчить про те, що відхилення від нормального розподілу, в тому числі досить суттєві, зустрічаються досить часто [7].

У зв'язку з тим, що під час міжлабораторної атестації кожна група результатів, одержаних за тією самою МВВ, може мати свої параметри, які характеризують центр розподілу та розсіяння результатів, алгоритми оброблення мають бути вільними від припущень щодо конкретного виду розподілу. У такому разі доцільно використовувати робастні методи оцінювання, стійкі до вигляду вихідного розподілу та наявності у виборці "грубих промахів". Такі методи набули значного розвитку і пропонуються до застосування у практиці метрологічної атестації СЗ методом міжлабораторного порівняння [7, 17].

Будь-який алгоритм атестації передбачає вирішення двох статистичних задач: оцінка атестованого вмісту (або параметра розташування вихідного розподілу результатів міжлабораторного експерименту) та знаходження довірчого інтервалу, до якого входить невідомий істинний вміст із заданою ймовірністю. При цьому на вирішення другої задачі накладаються метрологічні вимоги (інколи невинновданно жорсткі), що обмежують згори величину довірчого інтервалу, і які для ряду елементів важко задовольнити.

Специфіка результатів міжлабораторного експерименту, які є вихідною статистичною інформацією під час атестації СЗ, полягає в тому, що сукупність результатів міжлабораторного експерименту розглядається як випадкова вибірка з множини, розподіленої за невідомим законом, математичне очікування якого ототожнюється з атестованим значенням. У практиці атестації СЗ зустрічаються три основні групи міжлабораторних експериментів [17]. Першу, нечисленну групу, являють міжлабораторні експерименти з дуже близькими результатами. Вирішення задачі атестації у такому разі є нескладним, оскільки будь-які оцінки (середні значення, медіана, мода тощо) співпадають між собою і мають досить малу похибку. Друга – основна група міжлабораторних експериментів, включає менш сприятливі ситуації, коли розподіли результатів можуть бути нормальними і ненормальними, симетричними і несиметричними, унімодальними та багатомодальними, як правило, засміченими і дуже рідко вільними від аномальних вимірювань. У такому разі задача атестації є нетривіальною статистичною проблемою, хоча й припускає інколи прості рішення. Третя група – результати міжлабораторних експериментів, які з різних причин характеризуються значним розсіянням, наприклад, визначення вмісту мікроелементів у ґрунтах. В такому разі жодні статистичні засоби не здатні забезпечити необхідної достовірності атестованих характеристик.

У метрологічній атестації ГСЗ складу (агрохімічних показників) ґрунту ми, очевидно, маємо справу з другою та третьою групами міжлабораторних експериментів.

Об'єми міжлабораторних експериментів склали від 4 до 11 незалежних вимірювань. Такі об'єми є недостатніми для коректного та надійного розпізнавання виду закону розподілу результатів міжлабораторного експерименту. Відомі у прикладній статистиці критерії узгодження дозволяють перевірити несуперечність випадкової вибірки певному заданому закону. Але таких несуперечливих законів для одних і тих самих вибірок можна підібрати необмежену множину, і тим більшу, чим меншим є об'єм вихідної вибірки.

Під час вирішення задачі атестації не можна беззастережно спиратися не тільки на нормальний розподіл, але й на інші закони. Цю задачу потрібно ставити і вирішувати виходячи з припущення, що розподіл результатів міжлабораторного експерименту належить до широкого класу різноманітних законів. Таким чином, оцінки атестованого вмісту та його похибку необхідно розраховувати на основі робастних методів непараметричної статистики. Такі методи, зазвичай, є менш ефективними (стосовно величини довірчого інтервалу дисперсії оцінок), ніж класичні способи, які ґрунтуються

на знанні законів розподілу, але тільки вони дозволяють отримати об'єктивні оцінки метрологічних характеристик СЗ.

Найпростіші непараметричні способи атестації використовують медіани: звичайна вибіркова медіана, медіана Ходжеса-Лемана тощо. Ці оцінки є стійкими до наявності аномальних вимірювань і малочутливі до невеликої асиметрії розподілу результатів міжлабораторного експерименту. Крім того, тут дуже просто вирішується задача знаходження довірчого інтервалу, межі якого задаються досить визначеними статистиками вихідних або перетворених результатів міжлабораторного експерименту. Однак для суттєво несиметричних законів і симетричних розподілів з "важкими хвостами" (наприклад, для рівномірного або близького до нього розподілу) медіана та її довірчий інтервал стають малоефективними статистиками.

У загальному випадку алгоритм атестації СЗ має включати цілий комплекс статистичних прийомів, який охоплює виявлення і виключення аномальних вимірювань та встановлення класу розподілів, які задовольняють вихідній сукупності результатів міжлабораторного експерименту. Кінцева оцінка метрологічних характеристик СЗ залежить від попереднього статистичного і професійного аналізу вихідної інформації [17].

За результатами міжлабораторного експерименту встановлено, що визначити атестовані значення вмісту масової частки нітратного азоту неможливо через невелику кількість результатів та їх значне розсіювання. У такому випадку, згідно з ДСТУ-Н ISO Guide 35 [4], констатують неможливість метрологічної атестації СЗ складу ґрунту за даним показником.

Грубих технічних або аналітичних помилок у протоколах, наданих лабораторіями-учасниками міжлабораторного експерименту, виявлено не було.

Можливість апроксимувати ряди середніх значень вимірюваних параметрів, наданих лабораторіями-учасниками міжлабораторного експерименту, за допомогою нормального розподілу з довірчою ймовірністю 95 % перевірено за критерієм Шапіро-Уїлка. Результати наведено у табл. 2.

## **2. Перевірка узгодження даних міжлабораторного експерименту з нормальним розподілом за рівня довірчої ймовірності 95 %**

| Показник                                                                  | ГСЗ                                                  |                                                      |                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                           | Чорнозем типовий<br>малогумусний<br>важкосуглинковий | Чорнозем звичайний<br>малогумусний<br>легкоглинистий | Дерново-підзолистий<br>супіщаний ґрунт |
| Масова частка $P_2O_5$                                                    | не узгоджується                                      | узгоджується                                         | узгоджується                           |
| Масова частка $K_2O$                                                      | не узгоджується                                      | не узгоджується                                      | узгоджується                           |
| Гідролітична кислотність                                                  | узгоджується                                         | узгоджується                                         | узгоджується                           |
| Масова частка вуглецю<br>(С) доступної (лабільної)<br>органічної речовини | не визначено                                         | не визначено                                         | не визначено                           |
| Обмінний кальцій                                                          | не узгоджується                                      | узгоджується                                         | не узгоджується                        |
| Обмінний магній                                                           | узгоджується                                         | не узгоджується                                      | не узгоджується                        |

Для дослідження рядів експериментальних даних (які з довірчою ймовірністю 95 % апроксимуються нормальним розподілом) на наявність викидів було використано критерії Кохрена та Граббса [18].

Перевірка результатів з використанням одностороннього критерію Кохрена показала, що не всі дисперсії є однорідними. Застосування критерію Граббса вказало на існування двох статистичних викидів (вміст рухомих сполук калію) у ГСЗ чорнозему типового та чорнозему звичайного.

Гіпотези щодо приналежності всіх середніх значень нормованих метрологічних характеристик до однієї вибірки (за кожним з показників) за результатами оцінювання значущості різниці між середніми значеннями рядів даних, наданих лабораторіями, за

критерієм Стьюдента з довірчою ймовірністю 95 % було відкинуто для всіх параметрів ГСЗ ґрунтів.

ДСТУ-Н ISO Guide 35 [4] за таких обставин залишає за виробником СЗ право вирішувати, чи доречно для встановлення атестованого значення розраховувати середнє значення із середніх, чи застосувати інший метод розрахунку.

Розподіл результатів визначення вмісту рухомого фосфору та калію в чорноземі типовому та калію в чорноземі звичайному мають чітко виражені максимуми. Оскільки попередньо було доведено прийнятну однорідність ГСЗ за вмістом рухомих форм фосфору та калію, можна припустити можливість впливу на одержані результати неврахованих чинників. Багаторазові дослідження в лабораторії інструментальних методів дослідження ґрунтів ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» дали стійкі значення вмісту фосфору та калію в ГСЗ ґрунтів. Для чорнозему типового вміст рухомих форм фосфору становив 85,87-94,46 мг/кг, вміст рухомих форм калію – 129,9-135,7 мг/кг, для чорнозему звичайного вміст рухомих форм калію – 132,44-137,5 мг/кг).

Для рядів експериментальних даних, які з довірчою ймовірністю 95 % апроксимуються нормальним розподілом, згідно з ДСТУ-Н ISO Guide 35 [4] для обрахунку атестованих значень метрологічних характеристик та їхніх невизначеностей можна застосовувати дисперсійний аналіз. Для інших вибірок застосовано непараметричний метод (атестовані значення нормованих метрологічних характеристик та їхні невизначеності встановлено за медіанами, ДСТУ ГОСТ 8.532 [2]).

Результати обчислення атестованих значень нормованих метрологічних характеристик та їхніх невизначеностей методом дисперсійного аналізу (коли це було можливим) та непараметричним методом (за медіаною) (з урахуванням невизначеності від неоднорідності) наведено у табл. 3 і 4.

### **3. Метрологічні характеристики галузевих стандартних зразків складу (агрохімічних показників) ґрунтів за результатами дисперсійного аналізу**

| Нормована метрологічна характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Чорнозем типовий<br>малогумусний<br>важкосуглинковий |                              | Чорнозем звичайний<br>малогумусний<br>легкоглинистий |                                | Дерново-<br>підзолистий<br>супіщаний ґрунт |                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | A <sup>1)</sup>                                      | u <sub>A</sub> <sup>2)</sup> | A <sup>1)</sup>                                      | u <sub>A</sub> <sup>2)</sup>   | A <sup>1)</sup>                            | u <sub>A</sub> <sup>2)</sup> |
| Масова частка P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , млн <sup>-1</sup><br>(мг/кг)                                                                                                                                                                                                                                                | розрахувати<br>неможливо                             |                              | 91,95                                                | 8,97<br>(9,76 %) <sup>3)</sup> | 18,65                                      | 4,20<br>(22,5 %)             |
| Масова частка K <sub>2</sub> O, млн <sup>-1</sup><br>(мг/кг)                                                                                                                                                                                                                                                              | розрахувати<br>неможливо                             |                              | розрахувати<br>неможливо                             |                                | 48,85                                      | 8,58<br>(17,6 %)             |
| Гідролітична кислотність,<br>ммоль/100 г                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2,84                                                 | 0,24<br>(8,45 %)             | 0,52                                                 | 0,05<br>(9,62 %)               | 2,03                                       | 0,22<br>(10,8 %)             |
| Вміст обмінного кальцію,<br>ммоль <sub>екв</sub> /100 г                                                                                                                                                                                                                                                                   | розрахувати<br>неможливо                             |                              | 30,96                                                | 6,11<br>(19,7 %)               | розрахувати<br>неможливо                   |                              |
| Вміст обмінного магнію,<br>ммоль <sub>екв</sub> /100 г                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4,52                                                 | 0,93<br>(20,6 %)             | розрахувати<br>неможливо                             |                                | розрахувати<br>неможливо                   |                              |
| <sup>1)</sup> A – атестоване значення агрохімічного показника;<br><sup>2)</sup> u <sub>A</sub> – невизначеність атестованого значення за довірчої ймовірності P=0,95;<br><sup>3)</sup> невизначеність атестованого значення за довірчої ймовірності P=0,95 у відсотках від атестованого значення агрохімічного показника. |                                                      |                              |                                                      |                                |                                            |                              |

Під час розроблення пакету технічної документації перевагу надавали тому способу обчислення атестованих значень агрохімічних показників ГСЗ та їх невизначеностей, який забезпечив результати, найближчі до відповідних значень, що містяться у ТЗ на виготовлення ГСЗ.

Розраховані атестовані значення нормованих метрологічних характеристик для ГСЗ чорнозему типового та чорнозему звичайного повністю відповідають технічним вимогам, які містяться у ТЗ. Невизначеності атестованих значень більшості показників також відповідають встановленим вимогам. Для ГСЗ дерново-підзолистого ґрунту технічними вимогами відповідають лише розраховані значення масової частки вуглецю доступної (лабільної) органічної речовини та обмінного магнію.

Невизначеності більшості показників перевищують встановлені межі. У такому разі, згідно з ДСТУ-Н ISO Guide 35 [4], рекомендовано провести додатковий тур міжлабораторного експерименту.

#### 4. Метрологічні характеристики галузевих стандартних зразків складу (агрохімічних показників) ґрунтів, обчислені непараметричним методом

| Нормована метрологічна характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Чорнозем типовий<br>малогумусний<br>важкосуглинковий |                              | Чорнозем звичайний<br>мало-гумусний<br>легкоглинистий |                              | Дерново-підзолистий<br>супіщаний ґрунт |                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | A <sup>1)</sup>                                      | u <sub>A</sub> <sup>2)</sup> | A <sup>1)</sup>                                       | u <sub>A</sub> <sup>2)</sup> | A <sup>1)</sup>                        | u <sub>A</sub> <sup>2)</sup> |
| Масова частка P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , млн <sup>-1</sup><br>(мг/кг)                                                                                                                                                                                                                                                | 84,61                                                | 11,1<br>(13,1 %)             | 93,31                                                 | 7,08<br>(7,59 %)             | 18,63                                  | 6,77<br>(36,3 %)             |
| Масова частка K <sub>2</sub> O, млн <sup>-1</sup><br>(мг/кг)                                                                                                                                                                                                                                                              | 131,64                                               | 7,92<br>(6,02 %)             | 135,58                                                | 6,59<br>(4,86 %)             | 48,80                                  | 5,99<br>(12,3 %)             |
| Гідролітична кислотність,<br>ммоль/100 г                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3,25                                                 | 0,29<br>(8,92 %)             | 0,54                                                  | 0,20<br>(37,0 %)             | 2,04                                   | 0,38<br>(18,6 %)             |
| Масова частка вуглецю<br>(С) доступної (лабільної)<br>органічної речовини, %                                                                                                                                                                                                                                              | 0,15                                                 | 0,021<br>(14,0 %)            | 0,07                                                  | 0,03<br>(42,9 %)             | 0,17                                   | 0,02<br>(11,8 %)             |
| Вміст обмінного кальцію,<br>ммоль <sub>екв</sub> /100 г                                                                                                                                                                                                                                                                   | 27,37                                                | 3,77<br>(13,8 %)             | 28,04                                                 | 3,67<br>(13,1 %)             | 2,41                                   | 0,44<br>(18,3 %)             |
| Вміст обмінного магнію,<br>ммоль <sub>екв</sub> /100 г                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4,96                                                 | 0,47<br>(9,48 %)             | 2,77                                                  | 0,89<br>(32,1 %)             | 0,51                                   | 0,14<br>(27,5 %)             |
| <sup>1)</sup> А – атестоване значення агрохімічного показника;<br><sup>2)</sup> u <sub>A</sub> – невизначеність атестованого значення за довірчої ймовірності P=0,95;<br><sup>3)</sup> невизначеність атестованого значення за довірчої ймовірності P=0,95 у відсотках від атестованого значення агрохімічного показника. |                                                      |                              |                                                       |                              |                                        |                              |

Розроблено проекти документів, які входять до складу пакету технічної документації на ГСЗ (згідно з СОУ 73.1-37-221 [19]): паспорту ГСЗ, етикетки ГСЗ, опису типу ГСЗ, свідоцтва про метрологічну атестацію ГСЗ. Остаточні редакції цих документів будуть підготовлені після завершення експерименту з дослідження стабільності матеріалу ГСЗ та тотожності їх хімічного складу протягом терміну використання.

#### Висновки

1. Розрахунок метрологічних характеристик ГСЗ складу (агрохімічних показників) ґрунтів є нетривіальною статистичною задачею. У будь-якому випадку, маючи справу з обмеженою кількістю визначень (з об'єктивних причин практично неможливо залучити до проведення міжлабораторного експерименту велику кількість агрохімічних лабораторій), важливо забезпечити задовільні показники відтворюваності атестованих значень ГСЗ ґрунтів. Цього можна досягти лише шляхом жорсткого дотримання всіх вимог до якості виконання процедур під час виготовлення та метрологічної атестації СЗ ґрунтів.

2. Результати атестації, незалежно від способу обрахунку, лише демонструють якість виконаних робіт. Прийнятними для використання можна вважати результати обрахунків як за параметричним, так і за непараметричним методами. У даному конкретному випадку немає підстав надавати перевагу жодному з них.

#### Список використаної літератури

1. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения: ГОСТ 8.315-97 ГСИ. – [Введ. в Украине с 1999-07-01]. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 26 с.
2. Метрологія. Стандартні зразки складу речовин і матеріалів. Міжлабораторна метрологічна атестація. Зміст і порядок проведення робіт: ДСТУ ГОСТ 8.532-2003 (ГОСТ 8.532-2002, IDT). – [Чинний в Україні з 2003-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 14 с.
3. Атанов А.Н. Государственные стандартные образцы – фундамент качества выполнения аналитических работ / А.Н.Атанов // Вопросы аналитического контроля качества вод: XII Ежегодный научно-практический семинар (Санкт-Петербург, 18-21 сент. 2007 г.): тезисы докл. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 21-29.

4. *Атестация стандартных зразків.* Загальні та статистичні принципи: ДСТУ-Н ISO Guide 35:2006 (ISO Guide 35:1989, IDT). – [Чинний в Україні з 2010-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 28 с.

5. *Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій* (ISO/IEC 17025:2005, IDT) : ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. – [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 32 с.

6. *Метрологическое обеспечение контроля состава материалов черной металлургии* : справочник / под ред. Ю.Л.Плинера. – М.: Металлургия, 1981. – 248 с.

7. *Стандартные образцы в системе обеспечения единства измерений* / [Семенко Н.Г., Панева В.И., Лахов В.М.]; под ред. Н.Г.Семенко. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 288 с.

8. *Ґрунти.* Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова: ДСТУ 4115-2002. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 6 с. – (Національний стандарт України).

9. *Почвы.* Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483-85. – [Введен с 1986-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 6 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

10. *Почвы.* Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212-91. – [Введен с 1993-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 7 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

11. *Якість ґрунту.* Методи визначання органічної речовини: ДСТУ 4289:2004 – [Чинний від 2005-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с. – (Національний стандарт України).

12. *Якість ґрунту.* Методи визначання доступної (лабільної) органічної речовини: ДСТУ 4732:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 9 с. – (Національний стандарт України).

13. *Якість ґрунту.* Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського: ДСТУ 4729:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 9 с. – (Національний стандарт України).

14. *МВВ 31-497057-007-2005 Ґрунти.* Метод визначення обмінних кальцію, магнію, натрію і калію в ґрунті за методом Шолленберґера в модифікації ННЦ ІГА // Методики визначення складу та властивостей ґрунтів : збірник. – Харків, 2005. – Книга 2. – С. 35-48.

15. *Почвы.* Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методом ЦИНАО: ГОСТ 26487-85. – [Введен с 1986-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 14 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

16. *Прохорова І.А.* Результати міжлабораторного експерименту з метрологічної атестації стандартних зразків складу ґрунтів – у друку.

17. *Григорьев В.А.* Статистические подходы и алгоритмы аттестации стандартных образцов / В.А.Григорьев, Л.А. Берковиц, А.Г.Фадеев // Стандартные образцы в практической деятельности государственной и ведомственных метрологических служб: Всес. научн.-технич. конф., (Свердловск, 21-23 окт. 1986 г.): тез. докл. – Свердловск, 1986. – С. 52-54.

18. *Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання.* Частина 2. Основний метод визначення повторюваності і відтворюваності стандартного методу вимірювання: ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-2:2005 (ГОСТ ИСО 5725-2:2003, IDT). – [Чинний в Україні з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006 – 59 с.

19. *Галузеві стандартні зразки.* Стандартні зразки ґрунту для агрохімічних і науково-дослідних лабораторій. Загальні положення: СОУ 73.1-37-221:2005. – [Чинний від 2005-10-01]. – К.: Мінагрополітики України, 2005. – 24 с. – (Стандарт Мінагрополітики України).

*Стаття надійшла до редколегії 25.09.2014.*

## METROLOGICAL CERTIFICATION OF INDUSTRY REFERENCE MATERIALS OF SOIL

Ya.V. Borodina

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovskiy"  
(borodina-yaroclava@rambler.ru)

Metrological certification of industry certified reference materials (by agrochemical characteristics) chernozem ordinary light-clay, a chernozem typical heavy-loamy and sod-podzolic sandy-loam soil produced in Centre for Soil certified reference materials at the NSC "ISSAR named after O.N. Sokolovskiy" performed by procedure of interlaboratory experiment. It was determined that experimental data provided by participating laboratories cannot always be approximated by a normal distribution. Therefore, to establish certified values of the normalized metrological characteristics as parametric methods of calculation (if applicable) and nonparametric ones should be used.

**Key words:** agrochemical characteristics, metrological certification, inter-laboratory experiment, normalized metrological characteristics, certified reference materials of soil.

УДК 631.445:631.47:631.471

## ЗЕМЕЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЯК ГЕОІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ

С.Р. Трускавецький, К.В. Вяткін

ІНЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
(space1975@mail.ru)

У статті висвітлено передумови створення, принцип дії та призначення земельної інформаційної системи. Охарактеризовано її структуру, показано принципи створення моніторингових майданчиків для збирання і накопичення даних натурних спостережень. Запропоновано один із шляхів функціонування подібного мережевого сервісу, описано підходи до його обслуговування. Зауважено, що земельна інформаційна система, як оперативний та дієвий інформаційний сервіс, може існувати лише спираючись на об'єктивні часто поновлювані дані дистанційного зондування.

**Ключові слова:** ґрунт; дистанційне зондування (ДЗ); земельна інформаційна система (ЗІС); космічна зйомка; моніторинг ґрунтів; супутник.

**Вступ.** Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, що розроблено з метою реалізації Земельного кодексу України, а також Закони України "Про охорону земель" і "Про державний контроль за використанням та охороною земель" є базовими документами для створення інформаційних систем супутникових спостережень за станом ґрунтового покриву. Згідно з цими документами, моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля і включає систему спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізування інформації про зміни стану ґрунтів та їхньої родючості, розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень, спрямованих на запобігання та ліквідацію наслідків негативних процесів.

Вагомою передумовою для створення відповідного інформаційного сервісу, так званої *Земельної інформаційної системи* (ЗІС), на основі даних дистанційного зондування (ДЗ), є накопичений за півстоліття фонд аерокосмічних знімків та принципова можливість проведення регулярних космічних зйомок території нашої країни. Багаторазовою зйомкою забезпечується об'єктивна та надійна інформація для спостережень за природними об'єктами, і деградаційними явищами, які визначають стан ґрунтового покриву. Ідея створення в Україні єдиного оперативного інформаційного сервісу, для використання даних супутникової зйомки та їх інтерпретації щодо ґрунтового покриву, належить А.В. Шатохіну [1], який ще на початку цього сторіччя запропонував проводити облік земельних ресурсів за допомогою методів дистанційного зондування на базі геоінформаційних систем.

Аналізом літературних джерел доведено, що дані ДЗ, гармонізовані з геоінформаційними системами (ГІС), є потужним і перспективним інструментом для удосконалення системи моніторингу ґрунтів, а саме, для прискорення і підвищення ефективності оцінювання стану ґрунтового покриву одночасно на значних територіях [2]. Використання матеріалів ДЗ та ГІС забезпечує ефективне вирішення завдань моніторингу не тільки на різних територіальних рівнях, але й на усіх його етапах: аналізу та узагальнення архівного фонду даних; ґрунтово-агрохімічного та еколого-меліоративного обстежень ґрунтів; функціонування мережі стаціонарних ділянок та польових дослідів, на яких ведуть спеціальний, кризовий та науковий моніторинг ґрунтів та комплексні дослідження: контролю властивостей ґрунтів; розроблення прогностичних моделей та ґрунтозахисних технологій [3].

Запропонована нами методологія використання даних ДЗ відкриває можливості сучасного інформаційного забезпечення моніторингу ґрунтів та раціонального землекористування [4]. Причому, одночасне використання дистанційних методів в оптичному та мікрохвильовому діапазонах підвищує точність визначень характеристик ґрунту [5].

**Об'єкти і методи досліджень.** На території Харківської області створено моніторингові майданчики з метою спостережень за станом ґрунтового покриву, в тому числі, за допомогою космічної зйомки. Майданчики закладено в Харківському, Великобурлуцькому, Ізюмському, Балаклійському, Зміївському та Куп'янському районах (рис. 1).



**Рис. 1. Схема розташування моніторингових майданчиків у Харківській області**

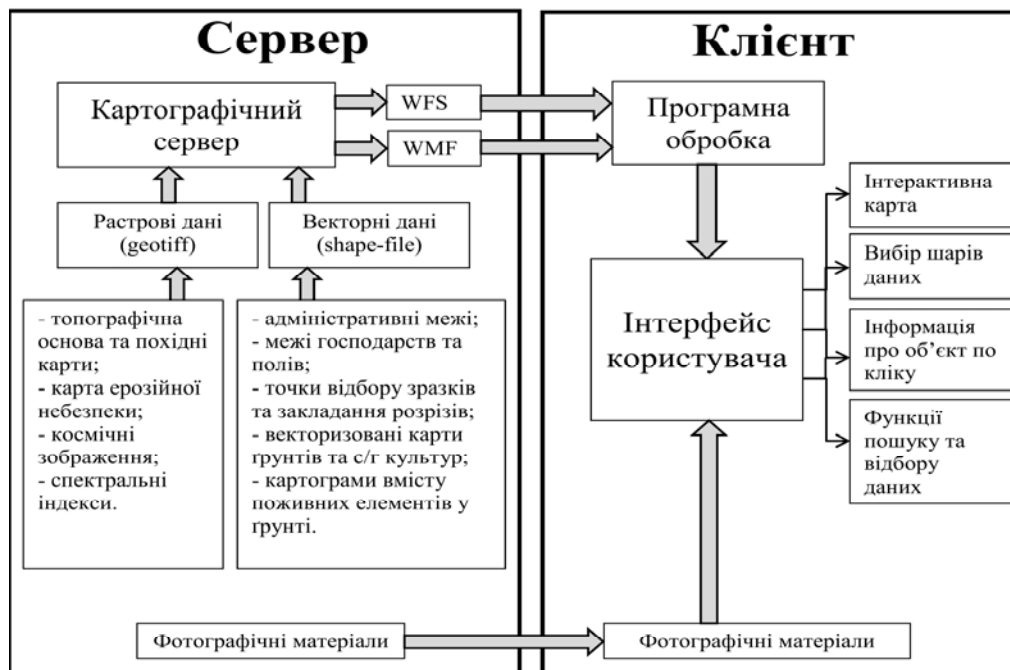
До дослідних об'єктів належать зазначені моніторингові майданчики, які представляють собою як дослідні поля, так і моніторингові ділянки. За своєю сутністю, цілями, завданнями і змістом досліджень об'єкти відрізняються один від одного. Якщо дослідні поля представляють собою єдиний, нерозривний у просторі континуальний об'єкт, то моніторингові ділянки здебільшого є окремою точкою або невеликою ділянкою у просторі. На дослідних полях закладено десятки точок спостережень і відбору проб з поверхні ґрунту на відміну від ділянок, де закладено одну або декілька (3-5) точок спостережень.

На противагу моніторинговим ділянкам на дослідних полях суцільно аналізується і стан сільськогосподарської рослинності, створюються векторні прошарки певних сільгоспкультур, будуються растрові карти окремих вегетаційних індексів, а також картограми певних показників ґрунтів та рослинності.

Мережа моніторингових майданчиків враховує основні типи ґрунтів області, основні види деградації ґрунтів, різні агробіогеоценози, види землекористування тощо. Моніторинговими майданчиками охоплено широкий спектр ґрунтів за генезисом (чорноземи типові, опідзолені, реградовані і звичайні), ступенем змитості та гранулометричним складом. Контрольними точками моніторингу у межах майданчику враховано види землекористування, що чітко фіксуються за допомогою космічних знімків, області техногенного забруднення та території підвищеної ерозійної небезпеки ґрунту. У процесі організації мережі контрольних точок ґрунтоохоронного моніторингу зібрано дані про еколого-генетичний статус ґрунтів. У ході польових досліджень на точках моніторингу закладено ґрунтові розрізи, описано морфологічні особливості профілю ґрунту, відібрано проби ґрунту у генетичних горизонтах по профілю. Підібрано космічні знімки територій навколо майданчиків моніторингу, зроблені в різні періоди різними супутниками з різною просторовою роздільною здатністю, визначено параметри багатоспектрального космічного сканування у декількох діапазонах хвиль безпосередньо в точках відбирання проб, аналітичні дані з декількома характеристиками ґрунтів, тематичний картографічний матеріал, а також результати власних досліджень у вигляді схем та картограм. Весь зазначений набір даних внесено до бази даних ЗІС.

**Обговорення результатів.** Накопичені дані з усіх об'єктів спостережень взято за основу створення своєрідного мережевого сервісу, так званої Земельної інформаційної системи (ЗІС), яка має відображати результати моніторингових досліджень на встановлених майданчиках. Таку електронну систему розроблено для об'єктів моніторингу Харківської та Донецької областей, що є основою геоінформаційно-технологічних та організаційних засад ґрунтоохоронного моніторингу методами дистанційного зондування.

Земельна інформаційна система є апаратно-програмним комплексом, що забезпечує зберігання просторово-координованих даних досліджень, їх візуалізацію та розповсюдження через локальні комп'ютерні мережі або мережу Інтернет. Система складається із серверної та клієнтської частин (рис. 2).



**Рис. 2. Архітектура ЗІС**

Серверна частина включає комп'ютерне обладнання (сервер), відкрите програмне забезпечення *Geoserver* та базу даних. Програма *Geoserver* є веб-сервером із відкритим вихідним кодом, що надає доступ до картографічної інформації стандартним клієнтам (таким як веб-браузери). Основною функцією *Geoserver* є передача інформації клієнту за допомогою протоколів WMS та WFS. WMS (*Web Map Service*) – протокол для передачі географічно прив'язаних даних через Інтернет у вигляді зображень. За допомогою цього протоколу з вихідних файлів *shape* та *geotiff* формується динамічне зображення карти, доступне для будь-якого браузера. WFS (*Web Feature Service*) – протокол для передачі векторних даних через Інтернет. Він дозволяє реалізувати функції пошуку та вибору об'єктів на карті й отримання їхніх атрибутів.

Дані досліджень зберігають на сервері у форматах *shape-file* (векторні дані) та *geotiff* (растрові дані). У програмі *Geoserver* усі шари даних реєструють за допомогою вбудованого веб-інтерфейсу. При цьому вказуються необхідні параметри відображення шарів, зокрема, символіка, що задається за допомогою дескрипторів стандарту SLD. Процес внесення даних до ЗІС полягає у редагуванні існуючих таблиць *shape-файлів* (внесення або оновлення атрибутивної інформації), конвертації табличних даних *excel/dbf* у нові *shape-файли* та їх реєстрації у системі, збереженні растрових даних у форматі *geotiff* та їх реєстрації. Ці функції реалізуються за допомогою більшості геоінформаційних систем, як пропріетарних (*ArcGIS*), так і відкритих (*Quantum GIS*). Оформлення шарів можливе на основі SLD-стилів або зі

створенням нових стилів за допомогою відкритої програми uDig. Таким чином, сервер ЗІС може працювати повністю на відкритому програмному забезпеченні і не потребує вкладання коштів у придбання ліцензійних програмних продуктів.

Клієнтська частина складається з веб-сторінок, написаних мовою *html* та JavaScript з використанням OpenLayers. OpenLayers – це бібліотека з відкритим вихідним кодом, написана мовою JavaScript, призначена для складання карт на основі програмного інтерфейсу. OpenLayers надає інструменти управління картою, які дозволяють створити на веб-сторінці зручний для користувача інтерфейс. Таким чином, клієнтом ЗІС може виступати будь-який браузер (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera та ін.) і користувач отримує доступ до всіх функцій системи без необхідності встановлення будь-яких програм.

Структура даних ЗІС побудована за адміністративно-ієрархічним принципом: країна – область – район – господарство – дослідні об'єкти (майданчики, поля, полігони, ділянки). На кожному рівні система включає растрові та векторні картографічні дані, а також атрибутивну інформацію у вигляді таблиць та фотографій (Рис. 3).

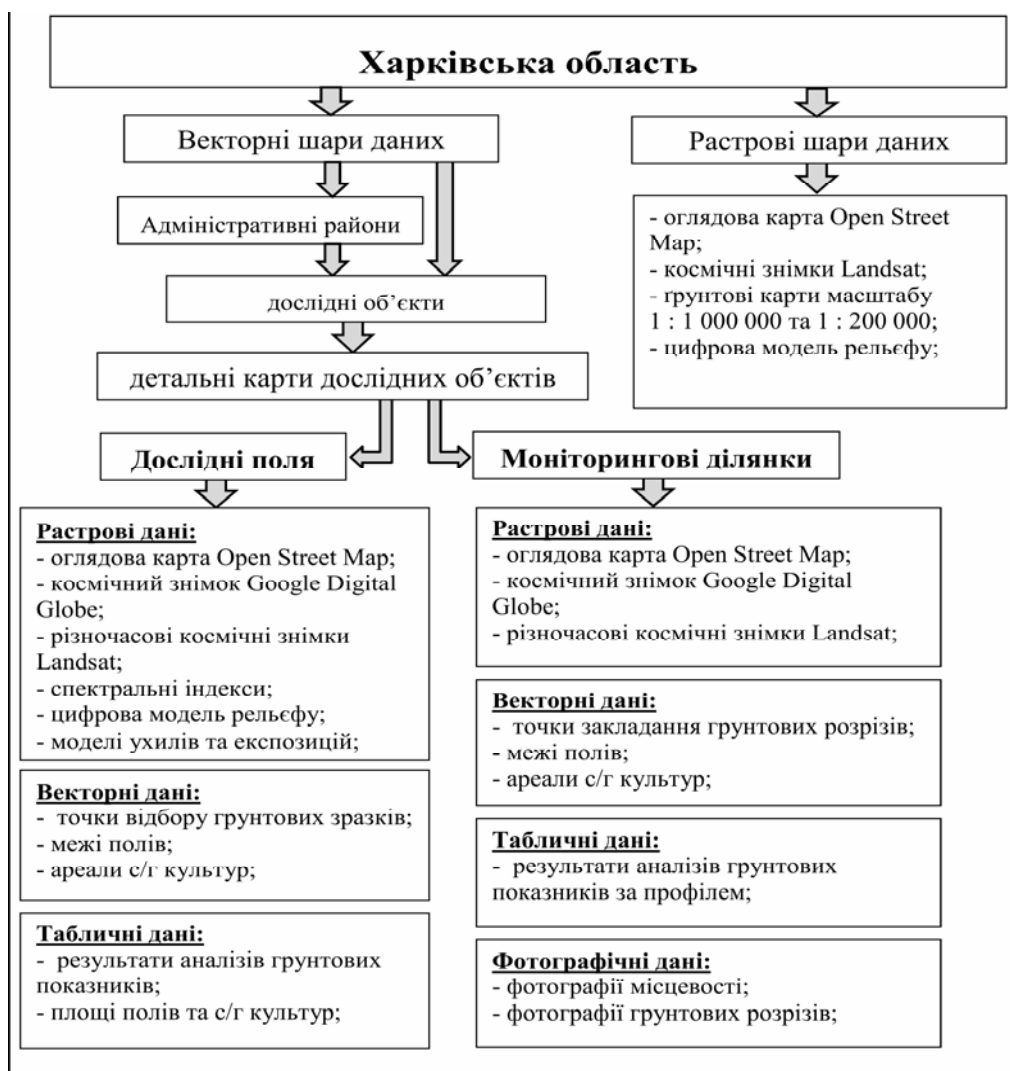


Рис. 3. Структура бази даних ЗІС

Основним елементом інтерфейсу ЗІС є вікно карти, на якій відображаються обрані користувачем шари даних. На адміністративній карті показані райони Харківської області, дослідні поля та ділянки, що підібрані для моніторингу ґрунтів.

Як базову можна обрати одну з таких карт: оглядова карта *Open Street Map*; мозаїка знімків *Landsat*; карта ґрунтів масштабу 1:1000000; карта ґрунтів масштабу 1 : 200000; цифрова модель рельєфу.

Натиснувши на точку користувач може перейти до детальної карти, на якій позначено місця закладання ґрунтових розрізів.

Базовими шарами інформаційної системи є космічний знімок надвисокої роздільної здатності *Google Digital Globe* та різночасові знімки *Landsat*.

Обираючи точку спостережень користувач отримує фотографію ґрунтового розрізу (яку можна збільшити) та аналітичні дані у табличній формі.

Зміст детальних карт дослідних полів залежить від специфіки дослідів. Базовими шарами можуть бути такі: знімки надвисокої роздільної здатності *Google Digital Globe*; різночасові знімки *Landsat*; картограми вегетаційних індексів; картограми вмісту гумусу та інших ґрунтових показників; цифрові моделі рельєфу; картограми ухилів; картограми експозиції схилів.

Як векторні шари можна використовувати такі: схема точок відбирання проб ґрунту; межі сільськогосподарських полів; схема розміщення сільськогосподарських культур.

У кожному одноканальному растровому шарі (цифрова модель рельєфу, ухили, спектральні індекси, картограми вмісту гумусу тощо) користувач може знайти значення необхідного показника у кожному пікселі зображення.

Обираючи точку відбирання проб ґрунту користувач у табличній формі отримує наявні результати досліджень/вимірів характеристик і властивостей ґрунту. При цьому, табличні дані ЗІС можуть бути легко переведені у формат *Microsoft Excel* для подальших аналізу та обробки.

На карті сільгоспкультур користувач може, за допомогою функції «Пошук», автоматично виділити всі поля, зайняті певною культурою та визначити їхню загальну площу.

**Заключення.** Земельна інформаційна система може слугувати інструментом накопичення, оперативної обробки, інтерпретації та зручного відображення результатів моніторингу ґрунтів засобами дистанційного дослідження. Таким чином, ЗІС може вважатися інструментом мережевого інформаційного сервісу з надання оперативної та об'єктивної інформації про стан ґрунтового покриву окремих земельних ділянок, якою можуть зацікавитись не лише органи місцевої та центральної влади, а й науковці, землевпорядники, землекористувачі та землевласники.

Так, наприклад, для моніторингового майданчику у Великобурлуцькому районі в господарстві «Підсереднє» методами космічної зйомки встановлено структуру земельних угідь та посівних площ, за даними періодичної супутникової зйомки визначено сівозміну для декількох полів та зміну видів землекористування, на основі багатоспектральної інформації встановлено видовий склад зернових культур на полях. Всю зазначену інформацію за різними роками дистанційних спостережень внесено до створеної ЗІС у вигляді векторних карт. На основі занесеної в ЗІС та отриманої в ході досліджень інформації для господарства «Підсереднє» є можливість ведення оперативних спостережень за зміною структури посівних площ, за дотриманням системи сівозмін, за зміною видів землекористування, за станом сільськогосподарської рослинності та ґрунтів тощо.

В основу організації моніторингу ґрунтів обов'язково має бути покладено застосування мережевого сервісу «Земельна інформаційна система» із залученням даних багатоспектральної космічної зйомки. Створення електронної інформаційної системи накопичення, зберігання, обробки та інтерпретації даних наземних і аерокосмічних спостережень, є основним інструментом геоінформаційно-технологічних та організаційних засад ґрунтоохоронного моніторингу методами дистанційного зондування.

**Список використаної літератури**

1. Булигін С.Ю. Сучасне інформаційне забезпечення охорони і раціонального використання земель / С.Ю. Булигін, А.В. Шатохін, О.А. Чіоткіна// Стан земельних ресурсів в Україні: проблеми, шляхи вирішення. – К., 2001. – С. 191-193.
2. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи / В.В. Медведев – Харьков: ПФ “Антиква”, 2002. – 428 с.
3. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи. / В.В. Медведев – Харьков: КП «Городская типография», 2012. – 536 с.
4. Трускавецький С.Р. Сучасний погляд на інформаційне забезпечення ґрунтового моніторингу / С.Р. Трускавецький, М.М. Гічка, Т.Ю. Биндич// Вісник аграрної науки. – Київ. – 2006. – № 4. – С. 87-89.
5. Трускавецький С.Р. Напрями удосконалення дистанційних методів картографування та моніторингу ґрунтів / С.Р. Трускавецький, М.М. Гічка, Т.Ю. Биндич. – Науковий вісник НАУ. – 2005. – Вип. 81. – С. 176-180.

Стаття надійшла до редколегії 16.07.2014

**LAND INFORMATION SYSTEM AS A GEO-INFORMATION TECHNOLOGICAL TOOL FOR SOIL MONITORING**

S.R. Truskavetsky, K.V. Vyatkin

NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»  
(space1975@mail.ru)

The paper highlights the background, operating principle and purpose of the land information system (LIS). The structure of the system is described, alongside with establishing of monitoring sites for collecting and storing of in-situ observations. One of the ways of functioning of the corresponding web-service is proposed and approaches to its maintenance are described. It is noted that LIS as an operative and efficient informational service can exist only if based on objective frequently renewable remote sensing data.

**Key words:** soil; land information system (LIS); satellite; space imagery; remote sensing; soil monitoring.

УДК 631. 445. 51

**ВІДТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ ЧОРНОЗЕМІВ В АГРОЦЕНОЗАХ**

О.В. Демиденко<sup>1</sup>, В.А. Величко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства»

<sup>2</sup>ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського  
(smilashiapv@ukr.net)

На основі довгострокових досліджень узагальнено концептуальні положення щодо ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах Лісостепової зони України за тривалого (38-40 років) безвідвального обробітку ґрунту. За оранки ґрунтоутворення в агроценозах зміщується у бік посилення ксероморфності, а за безвідвального обробітку – у бік посилення гідроморфності чорноземів у зоні оптимального зволоження. Під впливом системи безвідвального обробітку ґрунту вектор ґрунтоутворення в агроценозах спрямовується у напрямку формування більш зволжених чорноземів, що відбивається на особливостях процесу гумусонакопичення. Виявлений ефект посилення гумусоутворювальної функції ґрунту запропоновано вважати оцінювальним критерієм адаптованості системи обробітку ґрунту і загалом, системи землеробства до умов зростання посушливості клімату.

**Ключові слова:** агроценоз; безвідвальний обробіток ґрунту; ґрунтоутворення; гумус; чорнозем.

**Вступ.** Чорноземи Лісостепової зони України, як природно-історичні тіла і предмет людської діяльності та основний засіб сільськогосподарського виробництва, не можна розглядати окремо від географічних умов їх формування. Єдність чорноземів та середовища проявляється, як функціональна залежність ґенезису і властивостей ґрунтів від факторів ґрунтоутворення [1], в тому числі і в агроценозах [2,3,4].

Висновок академіка В.В. Медведєва [5, стор. 53] щодо деградованості всіх орних чорноземів України в сучасних умовах господарювання, як і думка про те, що "...ґрунтоутворювальний процес може розвиватися за двома напрямками – природним, що формує типовий генетично детермінований ґрунт і антропоґенним, що формує деґрадований ґрунт (через постійно дефіцитний баланс біогенних елементів і ненормований, майже неконтрольований тиск) з параметрами, відмінними від природних..." є справедливими. Чорноземи в агроценозах стають антропоґенно трансформованими деґрадованими утвореннями, а сумарне техногенне та антропогенне навантаження перевищує можливості ґрунту (чорноземів) до самовідтворення та саморегуляції ґрунтової родючості.

При цьому, окультурювання чорноземів, як напрям розвитку ґрунтів в агроценозах, у сучасному трактуванні розглядається, як систематичне використання заходів щодо підвищення родючості з урахуванням генетичних властивостей ґрунту і вимог сільськогосподарських культур, тобто, формування ґрунтів із більш високою здатністю реалізовувати відтворену потенційну родючість через її ефективну форму [5, 6], що не завжди у сучасних умовах господарювання є екологічно та економічно обґрунтованим. Це є, більшою мірою, економічна реорганізація тіла чорнозему.

Проте, є всі підстави повернути напрям ґрунтоутворення до природного за рахунок моделювання (відновлення) природних ґрунтоутворювальних процесів в агроценозах під систематичним довгостроковим впливом безвідвального обробітку, як засобу біологізації ґрунтозахисного землеробства, за якого здійснюють удобрення ґрунту, а не сільськогосподарських культур та спрямовують зусилля на посилення процесів реґрадації деґрадованих чорноземів [3, 4, 7, 8, 9, 10, 11].

Окультурювання чорноземів на базі ґрунтозахисного землеробства дозволить логіку діяльності людини наблизити до логіки функціонування біогеоценозу, при цьому віддалені наслідки впливу людини на навколишнє середовище не будуть протистояти найближчим цілям і знищувати значення цілей, що були прийняті раніше. Перехід на якісно нові технології у виробництві із замкнутим циклом використання речовини і енергії буде сприяти зниженню витрат природних ресурсів, а нові витрати пов'язуватимуться лише з розширенням відтворення родючості чорноземів і підвищенням продуктивності агроценозу [12].

**Методика досліджень.** На основі результатів багаторічних досліджень наукової школи ґрунтозахисного і біологічного землеробства М.К. Шикіли [7, 8] сформульовано концептуальні положення щодо відновлення процесу ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах Лісостепової зони України. Дослідження проведені у довгострокових (від 10 до 40 років) стаціонарних дослідах [7, 8]. Основою базового теоретичного обґрунтування ґрунтозахисної системи землеробства з розширеного відтворення родючості ґрунтів слугували 22-річні дослідження кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів (НУБІП) у різних природних зонах України. Крім того, було узагальнено досвід упровадження ґрунтозахисних технологій вирощування культур у господарствах 18 областей України [7, с. 67-69].

Наукове обґрунтування концептуальних положень було продовжено у довгостроковому (38-40 років) багатофакторному стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської станції ННЦ «Інституту землеробства НААН». Дослідження проводили впродовж 2000-2014 рр. Загальна

площа під дослідом 12,4 га, розмір посівної ділянки – 162 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>, повторність триразова. В досліді вивчали два типи 5-пільних сівозмін: А: багаторічні трави – пшениця озима – цукрові буряки – кукурудза – ячмінь + багаторічні трави (зернові – до 60 %, технічні – до 20 %; багаторічні трави – до 20 %); В: горох – озима пшениця – цукрові буряки – кукурудза на зерно – кукурудза на зерно (зернові – до 60 %, технічні – до 20 %; зернобобові – до 20 %). Система удобрення: 2001–2012 рр.: 6,0 т/га побічної продукції; N<sub>31</sub>P<sub>33</sub>K<sub>41</sub> (середня доза); N<sub>62</sub>P<sub>66</sub>K<sub>82</sub> (подвійна доза). Способи основного обробітку: різноглибинний відвальний на глибину 22-25 см під усі культури; безвідвальний на 22-25 см під усі культури; неглибокий безвідвальний на 8-12 см під усі культури.

**Досліджувані показники та методи їх визначення.** Для визначення змін характеристик ґрунту відбирали змішані проби через 10 см з метрової товщі ґрунту згідно з ДСТУ 7030:2009 (ГСТУ 46.001-96), а також проби рослинного матеріалу з кожної ділянки дослідю. Аналізи зразків ґрунту і рослинного матеріалу, облік та розрахунки виконували за такими методиками: польова вологість ґрунту – термогравіметричним методом за основними періодами росту культур (ДСТУ ISO 11465:2001); щільність будови ґрунту – методом різального кільця в модифікації Н.А. Качинського в періоди інтенсивного росту культур та формування урожаю (ДСТУ ISO 11272:2001); запаси вологи – розрахунково (з використанням даних польової вологості та щільності будови окремих шарів ґрунту до глибини 150-180 см); загальний вміст ґумусу – за І.В. Тюрнім у модифікації Сімакова (ДСТУ 4289:2004); вміст власне ґумусових речовин (ВґР) та детриту (Д) – за Шпрінгером.

Запаси енергії в ґумусі розраховували за С.А. Алієвим, з удосконаленням за В. Козиним (1980). Облік великих за розміром безхребетних ґрунтових організмів (дощові черви) проводили за М.С. Гіляровим. В основу статистичної обробки даних досліджень покладено аналіз одномірної сукупності даних методом непараметричної статистики. Результати польових досліджень піддавали статистичній обробці методом дисперсійного аналізу (Б.О. Доспехов, 1985) з використанням програми Statistica–6.

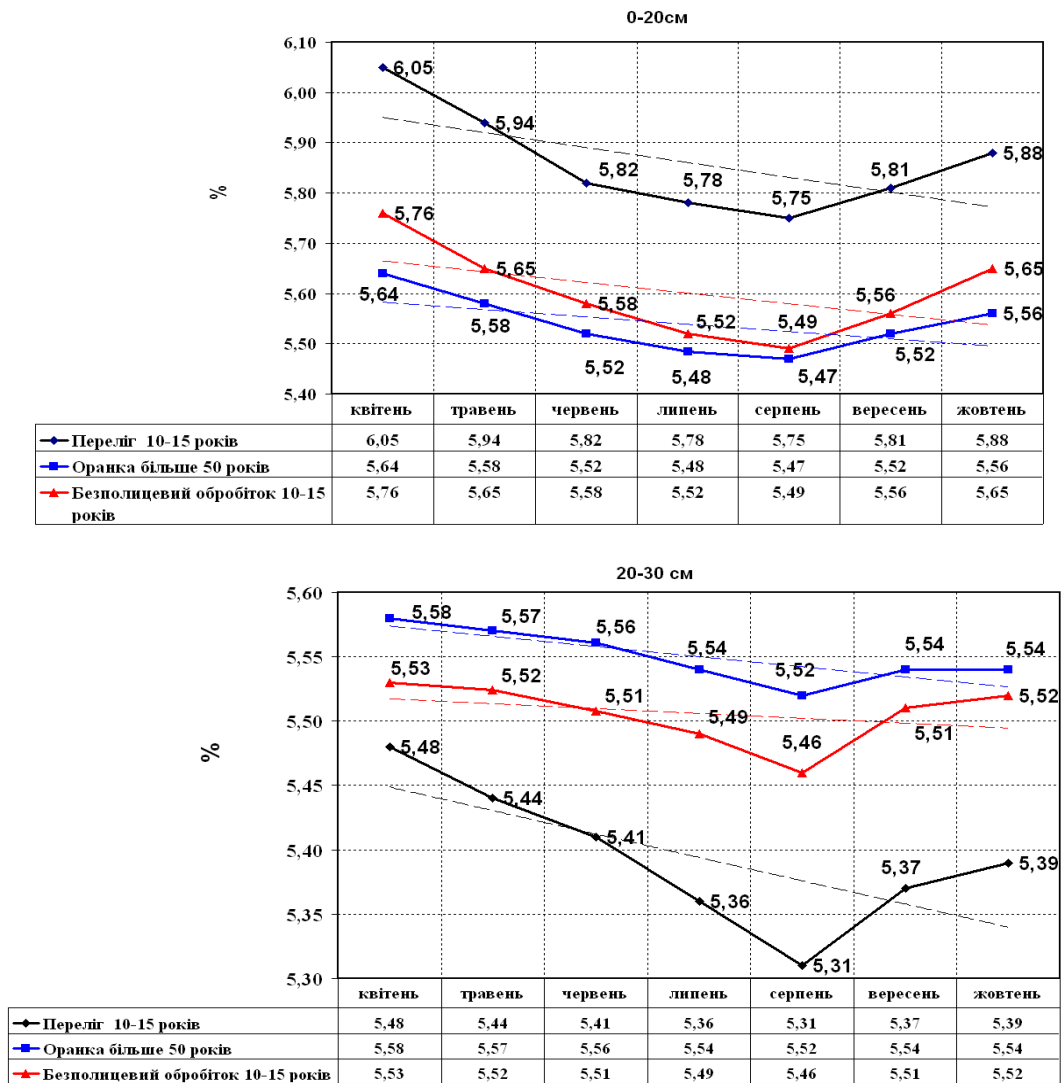
**Результати досліджень.** Систематичне застосування ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур з різноглибинним та неглибоким безвідвальним обробітком ґрунту, мульчуванням поверхні поля пожнивними та поукісними рештками, поверхневим загортанням ґною та мінеральних добрив сприяє посиленню біогенності ґрунтової товщі чорноземів у сезонному циклі і забезпечує умови відновлення природних процесів ґрунтоутворення в агроценозах. Основне, що очікують від застосування безвідвального обробітку ґрунту у перші роки після припинення оранки – це збагачення верхньої третини ґумусового горизонту рослинними органічними рештками різного ступеню розкладу (детритом) і забезпечення високої біологічної (мікробіологічної) активності у шарі 0–15 см. Тобто, необхідно відтворити перегнійно–ґумусо–акумулятивний (органогенний) шар у верхній третині ґумусового горизонту чорнозему з високою целюлозолітичною активністю та домінуванням мікроорганізмів–деструкторів роду *Cellvibrio* з міцною і стійкою структурою зв'язків в асоціаціях ґрунтових мікроорганізмів. Сформований органогенний шар чорнозему, обов'язково повинен бути прикритий свіжими подрібненими пожнивними рештками зернобобових та просапних культур, і між шаром рослинної мульчі і поверхнею ґрунту не повинно бути розмежування. Тобто, шар рослинної мульчі має лежати на біологічно активному шарі чорнозему, складати з ним єдине ціле, що забезпечить комфортне середовище для відтворення ґрунтового біорозмаїття, а нижня частина шару рослинної мульчі повинна поступово, за допомогою ґрунтових мікроорганізмів та мезофауни, залучатися до малого біологічного кругообігу (МБК) речовин та енергії в ґрунті.

Диференціація гумусового горизонту чорнозему за мікробіологічною активністю, вмістом гумусу, детриту та елементів живлення є природним явищем, вона проявляється на 4–5 рік систематичного застосування безвідвального обробітку ґрунту, який стимулює розміщення кореневих систем за типом “дернини” – локалізацію 75–85 % фізіологічно активних коренів у шарі 0–15 см. Поверхнєве розміщення кореневих систем сільськогосподарських культур стимулює прояв хемотаксису, що спонукає формування стабільних угруповань мікроорганізмів у верхній частині гумусового горизонту. Для них характерні низькі коефіцієнти зміни чисельності та міцна структура зв'язків між асоціаціями ґрунтових мікроорганізмів та зоофауною. Між масою коренів, кількістю мікроорганізмів, активністю гідролітичних ферментів, рівнем зволоженості ґрунту та доступністю рослинам основних макроелементів живлення у 0–15 см шарі ґрунту та урожайністю культур існує прямий сильний кореляційний зв'язок ( $R=0,75-0,85\pm 0,03$ ), тоді як за оранки такий зв'язок розривається, що призводить до руйнування природної структури мікробних угруповань у чорноземах [7,8,12].

Збагачення детритом гумусового горизонту чорнозему найбільш ефективно відбувається в аеробних умовах за безвідвального обробітку ґрунту, що дає змогу упорядкувати азотне живлення культур агроценозу за рахунок накопичення на поверхні детриту білків та амінокислот, які зберігаються до його повного розкладу, а потім самі стають джерелом азотного живлення і саморегульованими системами на користь культур в агроценозах. Поліпшення гідротермічних умов трансформації ґною, рослинних і кореневих решток в умовах безвідвального обробітку в короткий строк (10–15 років) сприяє накопиченню в гумусовому горизонті ґрунту детриту, запас якого зростає в 1,5–2,5 рази й одночасно в 1,7–2,5 рази зростає кількість новоутворених гумусових речовин, порівняно з оранкою. Відповідно збільшується запас власне гумусових речовин, які адсорбуючись на поверхні детриту, забезпечують потрібні фізико-хімічні умови відтворення мікро- і макроструктури та нормативні параметри щільності будови, а сам детрит виконує роль зв'язувального органічного субстрату у формуванні агрономічно цінних структурних окремоностей, крупніших за 1 мм, що погоджується з висновками Т.М. Лактіонової про роль детриту у формуванні макроструктури чорноземів, тривало удобрюваних ґноєм [13].

Застосування безполицевого обробітку забезпечує відтворення середніх сезонних і річних параметрів вмісту гумусу, властивих перелугу: для шару 0–20 см діапазон коливань параметрів становить 0,25–0,49 %, що, за коефіцієнтом гуміфікації, еквівалентно внесенню на 1 га поля 400–500 тонн ґною. За оранки діапазон сезонної зміни вмісту гумусу становить 0,17–0,21 %. За час репродуктивної фази вегетації культур вміст гумусу відтворюється на 0,21–0,25 % за безвідвального обробітку та на 0,05–0,07 % – за оранки. До настання весни гумус ефективніше (у 2,3–2,5 рази) відтворюється за безвідвального обробітку. Масштаби сезонної динаміки вмісту гумусу перевищують його можливе новоутворення більш як на 50 %. Чим більш широким є сезонний і річний діапазони коливань вмісту гумусу, тим більш високою є здатність чорнозему до саморегуляції [3,4,7]. Встановлену закономірність сезонної динаміки вмісту гумусу показано на прикладі чорноземів типових легкоглинистих південної частини Лівобережного Лісостепу України (див. рис.). Такі самі закономірності ми спостерігали і на чорноземах менш гумусованих [7, 8].

За систематичного безвідвального обробітку посилюється залежність водостійкості структури від сезонних і річних циклів зміни вмісту і якості гумусу: знижується залежність водостійкості структури від фактору зволоження чорноземів типових в річному та сезонному циклі, а взаємообумовлена пульсація гумусового і макроагрегатного станів чорнозему типового є ознакою припинення агрофізичної деградації, відновлення саморегуляції та відтворення природної родючості ґрунту в агроценозах сівозмін.



**Рис. Вплив різних способів обробітку чорнозему типового середньогумусного легкоглинистого на сезонну динаміку вмісту гумусу (за даними кафедри ґрунтознавства НУБіП 1999-2006 рр.)**

За відвального обробітку стан макроструктури більшою мірою залежить від фактору зволоження чорнозему у річному та сезонному циклах, що більш характерно для деградованих чорноземів [8, 12].

У річному циклі ґрунтоутворення весняно-ранньолітній період є найбільш активною фазою процесу. Висока активність дощових черв'яків на ділянках із безвідвальним обробітком (копрогенний та коагуляційний механізми ґрунтоутворення) забезпечує щорічне надходження у гумусовий горизонт чорнозему з копролітами карбонатного матеріалу з нижніх горизонтів ґрунтової товщі. Одночасно відбувається залучення мезофауною рослинних решток з нижньої частини шару рослинної мульчі і посилення сезонної фізіологічної активності кореневих систем у верхній третині гумусового горизонту, що забезпечує щорічне оновлення чинників ґрунтоутворення в активній частині профілю чорнозему і є необхідною умовою для прояву механізмів чорноземоутворення. На ділянках із безвідвальним обробітком чисельність дощових черв'яків у верхній третині гумусового горизонту зростає на 165-190 %, а в його нижній частині – на 135-146 % відносно оранки, що підвищує переритість гумусового горизонту і на третину збільшує у ньому кількість копролітів. Активність розкладання кореневих та поукісних решток за рахунок зростання целюлозолітичної активності в ґрунті, збагаченому дощовими черв'яками, зростає на 25 % завдяки підсиленню ендосимбіозу черв'яків з целюлозолітичними бактеріями. Використання продуктів

мікробного розкладу целюлозо-лігнінового комплексу, руйнування рослинних решток і перерозподіл їх у ґрунті забезпечують мікроартроподи (ногохвістки і кліщі), яких за мінімального обробітку було в 1,25-1,40 раза більше, що забезпечує зростання вмісту детриту в нижній частині гумусового горизонту.

Систематичне застосування безвідвального обробітку впродовж 10, 15 або 25 років забезпечує відтворення енергії гумусу та стійку тенденцію збагачення гумусом товщі чорноземів (табл.1).

**Вплив безвідвального обробітку та утримання чорноземів типових в агроценозах Лівобережного Лісостепу України на запас енергії гумусу за внесення  $N_{60-85}$   $P_{65-75}$   $K_{60-65}$  + 10-15 т гною на 1 га сівозмінної площі**

| Обробіток ґрунту                                                                                                     | Запас енергії гумусу у межах горизонтів, млн Ккал/ га |                            |                            |                    |                                |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
|                                                                                                                      | Н<br>(0-40)                                           | Н <sub>рк</sub><br>(40-70) | Н <sub>Рк</sub><br>(70-90) | Phr<br>(90-120)    | P(h) <sub>к</sub><br>(120-170) | Рк<br>(170-200)    |
| <i>Чорнозем типовий середньогумусний середньосушлинговий (Заповідник «Михайлівська цілина») Сумської області</i>     |                                                       |                            |                            |                    |                                |                    |
| Оранка 54 роки                                                                                                       | $3,21 \cdot 10^2$                                     | $1,56 \cdot 10^2$          | $0,81 \cdot 10^2$          | $0,31 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |
| Переліг                                                                                                              | $4,05 \cdot 10^2$                                     | $1,86 \cdot 10^2$          | $1,00 \cdot 10^2$          | $0,42 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |
| <i>Чорнозем типовий середньогумусний легкоглинистий (дослід, 10 р.), Карлівський район Полтавської області</i>       |                                                       |                            |                            |                    |                                |                    |
| Оранка на 22-32 см                                                                                                   | $4,30 \cdot 10^2$                                     | $2,02 \cdot 10^2$          | $0,63 \cdot 10^2$          | $0,486 \cdot 10^2$ | $0,175 \cdot 10^2$             | $0,110 \cdot 10^2$ |
| Безвідвальний обробіток                                                                                              | $4,46 \cdot 10^2$                                     | $2,17 \cdot 10^2$          | $0,76 \cdot 10^2$          | $0,554 \cdot 10^2$ | $0,205 \cdot 10^2$             | $0,131 \cdot 10^2$ |
| <i>Чорнозем типовий середньогумусний легкоглинистий (виробництво, 15 р.) Карлівський район Полтавської області</i>   |                                                       |                            |                            |                    |                                |                    |
| Оранка на 22-32 см                                                                                                   | $4,00 \cdot 10^2$                                     | $2,06 \cdot 10^2$          | $0,90 \cdot 10^2$          | $0,39 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |
| Безвідвальний обробіток                                                                                              | $4,35 \cdot 10^2$                                     | $2,27 \cdot 10^2$          | $1,10 \cdot 10^2$          | $0,48 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |
| <i>Чорнозем типовий середньогумусний середньосушлинговий (виробництво 25 р.) Шишацький район Полтавської області</i> |                                                       |                            |                            |                    |                                |                    |
| Оранка на 22-32 см                                                                                                   | $4,01 \cdot 10^2$                                     | $1,65 \cdot 10^2$          | $0,56 \cdot 10^2$          | $0,35 \cdot 10^2$  | $0,24 \cdot 10^3$              | $0,85 \cdot 10^2$  |
| Безвідвальний обробіток                                                                                              | $4,14 \cdot 10^2$                                     | $1,85 \cdot 10^2$          | $0,65 \cdot 10^2$          | $0,43 \cdot 10^2$  | $0,29 \cdot 10^2$              | $0,91 \cdot 10^2$  |
| <i>Чорнозем типовий середньогумусний середньосушлинговий (дослід) Полтавський район Полтавської області</i>          |                                                       |                            |                            |                    |                                |                    |
| Оранка на 22-32 см                                                                                                   | $3,96 \cdot 10^2$                                     | $2,99 \cdot 10^2$          | $1,80 \cdot 10^2$          | $0,87 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |
| Переліг 17 років                                                                                                     | $4,29 \cdot 10^2$                                     | $3,75 \cdot 10^2$          | $2,19 \cdot 10^2$          | $1,05 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |
| <i>Чорнозем типовий малогу́мусний легкосу́глинговий (дослід 38-40 р.) Драбівський район Черкаської області</i>       |                                                       |                            |                            |                    |                                |                    |
| Оранка на 22-25 см                                                                                                   | $3,65 \cdot 10^2$                                     | $2,75 \cdot 10^2$          | $1,55 \cdot 10^2$          | $0,55 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |
| Безвідвальний обробіток на 22-25 см                                                                                  | $3,89 \cdot 10^2$                                     | $2,85 \cdot 10^2$          | $1,65 \cdot 10^2$          | $0,85 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |
| Переліг 40 років                                                                                                     | $4,65 \cdot 10^2$                                     | $3,85 \cdot 10^2$          | $2,29 \cdot 10^2$          | $1,15 \cdot 10^2$  | -                              | -                  |

Зростання урожаїв культур у сівозмінах із безвідвальним обробітком [7,8,12] пов'язано з посиленням вологонасиченості ґрунту, що сприяє зростанню енергетики гумусонакопичення. Темпи гумусонакопичення у смузі межування Степової і Лісостепової зон є у 6,7 раза більшими, ніж у північній частині Лісостепової зони, але далі на південь – є нижчими у 2,7 раза. Запас енергії у гумусі, накопиченому завдяки застосуванню безвідвального обробітку впродовж 10–15 років, перевищує запас енергії в додатковому врожаї у 2,4–6,7 раза, що свідчить про відтворення природних процесів ґрунтоутворення в агроценозах завдяки зростанню темпів гумусонакопичення. Співвідношення запасу енергії у надбавці врожаю і надбавці гумусу від дії неглибокого безвідвального обробітку слід сприймати, як коефіцієнт посилення гумусонакопичення (К), який має максимальне значення у південній частині Лісостепу, а далі на північ та південь послаблюється (табл. 2).

**2. Коефіцієнти посилення гумусонакопичення в агроценозах під впливом застосування безвідвального обробітку**

| Кліматична зона                  | Запас енергії, млн Ккал на 1 га, в надбавці: |                                          | Коефіцієнт посилення гумусонакопичення (К) <sup>1)</sup> |
|----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                  | урожаю (J <sub>y</sub> )                     | гумусу (J <sub>g</sub> ) у шарі 0-100 см |                                                          |
| Північна частина Лісостепу       | $390 \cdot 10^4$                             | $1120 \cdot 10^4$                        | $\frac{\approx 3,0}{100}$                                |
| Південна частина Лісостепу       | $250 \cdot 10^5$                             | $500 \cdot 10^6$                         | $\frac{20,0}{666}$                                       |
| Центральна частина Степової зони | $750 \cdot 10^4$                             | $555 \cdot 10^5$                         | $\frac{7,4}{246}$                                        |

<sup>1)</sup> Над ризикою –  $K = J_g : J_y$ ; під ризикою – К, %

За безвідвального обробітку, завдяки посиленню вологозабезпеченості товщі чорнозему [7, 8] (запас продуктивної вологи у червні-липні за безвідвального обробітку зростає на 25-35 мм, порівняно з оранкою) основна маса коренів зосереджується у товщі чорнозему 0-170 см (згідно з результатами обстеження 15 ґрунтових розрізів), де створюються умови для високої фізіологічної активності кореневих систем культур агроценозу. За візуальними спостереженнями у ґрунтових розрізах на коренях рослин навішується у 2-3 рази більше структурних агрегатів, подібних до перелогу або цілини. Підвищений ступінь вологозабезпеченості товщі чорноземів типових за безвідвального обробітку є сприятливим для забезпечення умов посилення ґрунтовідновлювальної активності кореневих систем та насичення передгумусовими речовинами і забезпечення їхнього водорозчинного стану у момент їх новоутворення. Завдяки чому відбувається інтенсивне насичення (на глибину регулярного промочування ґрунтового профілю), головним чином гуматами Са другої фракції (ГК-2) гумусових кислот, рухомість яких нижча, порівняно з відвальним обробітком (табл. 3).

**3. Вплив різних способів обробітку на вміст та запаси гумінових кислот у чорноземі типовому на 10-й рік від початку проведення досліджень за внесення за сівозміну  $N_{85}P_{75}K_{65} + 15 \text{ т/га}$  гною**

| Шар ґрунту, см     | Гумусові речовини, здатні до пептизації (1+2 фракції ГК) за М.М. Годліним |             |              |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
|                    | вміст, %                                                                  | запас, т/га | рухомість, % |
| 0-30               | <u>2,08</u>                                                               | <u>79,0</u> | <u>53,0</u>  |
|                    | 2,25                                                                      | 85,0        | 42,0         |
| 30-40              | <u>1,95</u>                                                               | <u>69,0</u> | <u>50,0</u>  |
|                    | 1,85                                                                      | 63,0        | 40,0         |
| 40-70              | <u>1,50</u>                                                               | <u>48,0</u> | <u>49,0</u>  |
|                    | 1,38                                                                      | 38,0        | 38,0         |
| 70-100             | <u>1,10</u>                                                               | <u>38,0</u> | <u>69,0</u>  |
|                    | 1,18                                                                      | 30,0        | 35,0         |
| НІР <sub>0,5</sub> |                                                                           |             |              |
| 0-40               | 0,11                                                                      | 5,0         | 5,0          |
| 40-100             | 0,23                                                                      | 12,0        | 9,0          |

Примітка: над рискою – за відвального обробітку, під рискою – за безвідвального

Оптимальна агрофізична будова гумусового горизонту [8, 12] сприяє утримувannya концентрації вуглекислоти в ґрунтовому повітрі на депресивному рівні (>1,24-1,25 %) для окисно-відновних процесів, що забезпечує глибоку гуміфікацію новоутворених гумусових речовин: підвищується їхня оптична щільність на 10-15 %, а гумінові кислоти, зв'язані з Са, які мають високу оптичну щільність, поступово мігрують через карбонатну товщу до ґрунтоутворної породи, утворюючи затьоки гумусу.

Відтворення запасу енергії гумусу в товщі чорнозему в природних умовах, можливе, якщо гумус перехідних горизонтів стає, більшою мірою, продуктом трансформації не коренів, а водорозчинних прижиттєвих кореневих виділень, як найбільш активної форми органічних речовин. Вони відіграють виняткову роль у ґрунтоутворенні і створенні морфогенетичних ознак чорноземів в агроценозах [14]. Наші дані свідчать, що під впливом довгострокового безвідвального обробітку чорноземів у агроценозах природні процеси енергозбагачення гумусу відтворюються.

**Висновки.** Посилення гумусонакопичення за безвідвального обробітку відбувається завдяки підвищенню вологозабезпеченості товщі чорнозему у сезонному і річному циклах. За відвального обробітку ґрунтоутворення в агроценозах зміщується у бік посилення ксероморфності оптимально зволжених чорноземів, а за безвідвального обробітку – у напрямі посилення зволоженості. Характер гумусонакопичення, пов'язаний з посиленням вологозабезпечення, слід розглядати як критерій адаптивності системи землеробства до умов недостатнього зволоження за наростання посушливості клімату.

### Список використаної літератури

1. Докучаев В.В. Русский чернозем / В.В. Докучаев: соч. – М: Сельхозгиз, 1949. – 633 с.
2. Полупан М.І. Класифікація ґрунтів України / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко. – Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідом. темат. наук. збірник. – Спец вип. – кн.1.- 2002.- С. 129-139.
3. Шикуча М.К. Вплив мінімальної обробки на родючість чорнозему/ М.К. Шикуча, О.В. Демиденко // Вісн. аграрної науки. – №8.- 2004. – С.18-23.
4. Шикуча Микола Кіндратович. Вчений ґрунтознавець. До 80-річчя з дня народження. Персоналія / НАУ.- К.: Колообіг, 2005.- 208 с.
5. Медведев В.В. Взаємозв'язки між антропогенними навантаженнями, деградацією і сталістю ґрунтів/ В.В. Медведев // Вісник аграрної науки. – №8. – 2007.- С. 49-55.
6. Мазур Г.А. Основи відтворення родючості ґрунтів / Г.А. Мазур // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. темат. наук. збірн. Спец. вип., Кн1, Пленарні доповіді. – Харків: ТОВ “Смугаста типографія”, 2014. – С. 68-75.
7. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Наукова монографія/ НАУ. Під ред. М.К. Шикучи. Київ: ПФ «Оранта», 1988. – 680 с.
8. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні: Монографія / за ред. М.К.Шикучи / – К.: ПФ «Оранта», 2000. – 389 с.
9. Шикуча М.К. Спосіб відновлення природних процесів ґрунтоутворення в агроценозах / М.К. Шикуча, О.В. Демиденко // Декл. патент №-2003087415. – Пріоритет від 5.08.2003. – видано 15.04.2004 р.
10. Шикуча М.К. Ґрунтовідновлювальна і ґрунтозахисна роль солом та інших післяжнивних решток в агроценозі / М.К. Шикуча, А.Д. Балаєв, О.В. Демиденко // Вісн. аграрної науки. – №4. – 2003. – С.27-33.
11. Демиденко О.В. Посилення фациального гумусонакопичення чорноземів в агроценозах/ О.В. Демиденко, М.К. Шикуча // Вісник аграрної науки. – 2007.- №1.- С.16-21.
12. Демиденко О.В. Відтворення родючості чорноземів типових в агроценозах при ґрунтозахисному землеробстві / О.В. Демиденко //Вісник аграрної науки.–2013.–№11.–С.47-51.
13. Лактіонова Т.М. Вплив тривалого застосування органічних добрив на макроструктуру чорноземів/ Т.М. Лактіонова // Вісник с.-г. науки.- № 8.- 1983.- С. 75-78.
14. Пономарева В.В. Гумус и почвообразование [В.В.Пономарева, Т.А. Плотникова]. Л.: Наука, 1980.- 222 с.

Стаття надійшла до редколегії 19.05.2014

### REPRODUCTION OF SOIL-FORMATION ENERGY OF CHERNOZEMS IN AGROCENOSISES

O.V. Demydenko<sup>1</sup>, V.A. Velychko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Cherkassy state agricultural research station of NSC «Institute of agriculture»

<sup>2</sup> NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»  
(smilashiapv@ukr.net)

Based on research years of scientific school of soil conservation and biological agriculture of M.K. Shichula the conceptual positions on the process of soil formation of chernozems in agrocenoses of Forest-Steppe zone of Ukraine is formulated. The study was conducted in the long term (10 to 40) stationary experiments with expanded reproduction of soil fertility in different natural zones of Ukraine.

The aim was to study the scientific and theoretical grounding the positive impact of the systematic use of boardless soil tillage to a depth from 5-12 to 22-27 cm and the surface earnings of stubble residues, manure and mineral fertilizers on soil fertility development by intensification soil natural processes.

As a result of complex long-term (1990-2012) studies it is proved that the natural direction of soil formation processes is caused by increased combined action of biological factors due to higher soil moisture (during the season and year) under the influence of boardless soil tillage.

Humus content and humus energy reserves become positive changes already after 10 years of use boardless soil tillage in research fields on chernozem typical. The use of boardless soil tillage for 10-40 years contributed to the accumulation of humus energy by 9-10 % in top layer and 15-16 % - in layer 70-120 cm. For example, the use of soil-protecting technologies for 25 years on Chernozem typical silty loam (the central part of Left Bank of Forest-Steppe) helped increase the energy reserves of humus in the humus horizon by 7-12 %, in transition (HPk) horizon (70-90 cm) – 16 %, while the horizon Phk (90-100 cm) – by 18-19 %. Maintenance the chernozem in a state of fallow lay land for 15-35 years has increased the supply of energy in humus in layer of 40-90 cm by 21-25 %.

**Key words:** agrocenosis; boardless soil tillage; soil formation; humus; energy of humus; chernozem.

УДК 633.2:577.486:581.524.34

## К ВОПРОСУ О ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**И.М. Малиновская**

**Национальный научный центр “Институт земледелия НААН”**

Киевская обл., Киево-Святошинский р-н, п.г.т Чабаны, ул. Машиностроителей, 26,  
(irina.malinovskaya.1960@mail.ru)

Изучали состояние микробных сообществ темно-серой оподзоленной почвы в корневой зоне растений сои в период от конца цветения до начала налива бобов и после окончания вегетации. Установлено, что максимальные различия между исследованными вариантами опыта наблюдаются в период наивысшего вегетативного развития растений, затем они начинают уменьшаться и после окончания вегетации становятся минимальными. Делается вывод о необходимости проведения микробиологических исследований в фазу конца цветения – начала формирования генеративных органов.

**Ключевые слова:** азотобактер; вегетация; гумус; микробиологические процессы; стрептомицеты; органическое вещество.

**Введение.** В почвенной микробиологии не до конца решённым остается методический вопрос о том, когда правильнее изучать протекание микробиологических процессов: во время вегетации растений или же по окончании ее. Растения участвуют в формировании функциональной, таксономической и пространственной структуры микробного сообщества корнеобитаемого слоя почвы [1-4], причем, видовая принадлежность растения влияет на протекание микробиологических процессов [5, 6]. Характеристики почвы: содержание макро- и микроэлементов, pH, содержание гумуса, влажность и проницаемость для воздуха, пул фитотоксичных веществ, оставшихся от предыдущих вегетационных периодов, также существенно влияют на численность микроорганизмов отдельных функциональных и эколого-трофических групп. Однако те же самые факторы влияют и на развитие растений, которые в свою очередь выделяют корневые экссудаты, потребляемые ризосферной микрофлорой. Таким образом, направленность минерализационных и синтетических процессов в почве определяется множеством факторов: видом растения и составом его корневых выделений, агрохимическим фоном, который влияет на интенсивность развития растений, а значит, и количество корневых выделений, физико-химическими, сорбционными и фитотоксическими свойствами почвы, которые сформировались на протяжении ее длительной истории. Поэтому перед почвенными микробиологами встает вопрос о времени изучения состояния микробного сообщества какой-либо конкретной почвы: если это сделать во время вегетационного периода, то накладывается влияние со стороны растений, если же по окончании вегетации, можно избежать значительной части этого влияния. С целью частичного разъяснения этого вопроса проводились экспериментальные исследования структуры микробных сообществ темно-серой оподзоленной почвы в корневой зоне растений сои во время максимального вегетативного развития растений (фаза конца цветения – начала налива бобов) и по окончании вегетации – через 20 дней после уборки урожая.

**Материалы и методы.** Исследования проведены в системе локального мониторинга, созданного на базе стационарного опыта лаборатории интенсивных технологий зерновых колосовых культур и кукурузы ННЦ “Институт земледелия НААН”, размещенного на территории опытного хозяйства «Чабаны» в Киево-Святошинском районе Киевской области на правобережье р. Днепр. Почва опытной деланки – темно-серая оподзоленная. До закладки опыта почва характеризовалась

следующими агрохимическими показателями:  $pH_{(KCl)}$  – 5,2; гидролитическая кислотность – 2,9; сумма поглощенных оснований – 12,5 мэкв на 100 г почвы; общее содержание гумуса – 2,0 %; содержание подвижных фосфатов – 16,0, обменного калия – 14,0 мг/100 г почвы.

Объектом исследования были варианты стационарного опыта с запахиванием побочной продукции растениеводства (1 – внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{20}P_{30}K_{30}$ ; 2 –  $N_{40}P_{60}K_{60}$ ; 3 –  $N_{60}P_{90}K_{90}$ ; 4 – фосфор и калий внесены в запас +  $N_{40}P_{60}K_{60}$ ; 5 – без удобрений - контроль) и варианты без запахивания побочной продукции (6 – внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{40}P_{60}K_{60}$ ; 7 – без удобрений - контроль). В исследуемых вариантах выращивалась соя сорта Легенда, предшественник – озимые зерновые. Площадь опытной делянки 420 м<sup>2</sup>, учетной – 25,0 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехразовая.

Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп оценивали методом посева почвенной суспензии на соответствующие питательные среды [7]. Показатели интенсивности процессов минерализации и фитотоксические качества почвы определяли в соответствии с описанным ранее методом [6]. Коэффициент удельной фосфатрастворяющей активности (Кг) определяли на агаризованных средах по разработанному нами методу [8]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием современных программ *Microsoft Excel*.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что по окончании вегетационного периода численность и физиолого-биохимическая активность микроорганизмов основных эколого-трофических групп, по сравнению с периодом максимального вегетативного развития растений, существенно изменилась. Так, численность аммонификаторов в почве всех исследованных вариантов сократилась в 1,2-4,6 раза, максимально – в почве варианта с минимальной дозой минеральных удобрений (табл.1 и 2). Количество нитрификаторов, которые следуют за аммонификаторами в цикле превращений соединений азота, также уменьшилось по окончании вегетации в среднем в 1,9 раза. Напротив, численность иммобилизаторов минерального азота увеличилась в 1,5-4,0 раза, что свидетельствует об активизации иммобилизации соединений азота в биомассе микроорганизмов.

Количество и физиолого-биохимическая активность денитрификаторов в фазе максимального вегетативного развития растений сои зависели от внесенной дозы азотных минеральных удобрений, и были наивысшими в вариантах с максимальными дозами удобрений (табл. 1). По окончании вегетационного периода количество и физиолого-биохимическая активность денитрификаторов увеличились до максимальных значений во всех вариантах опыта независимо от внесенной дозы удобрений (табл. 2). Причиной этого является, вероятно, исчезновение из агроценоза растений, которые были основными потребителями азота, фиксированного микрофлорой корневой зоне. Именно этот азот становится доступным денитрификаторам, следствием чего является вспышка активности денитрификационного процесса, что подтверждает данные, полученные для сои ранее [9]. Является ли эта закономерность общей для всех фитоценозов, или же касается только зерно-бобовых культур – задача для дальнейших исследований.

На основе многолетних наблюдений над монокультурами и травосмесями бобовых было показано, что в ризосфере растений, особенно бактеризованных комплексными препаратами полифункционального действия, ингибируется развитие свободноживущих азотфиксаторов, в частности, азотобактера [5, 6, 9]. Количество азотобактера в ризосфере сои постепенно уменьшается по фазам онтогенеза: в фазу начала цветения – в 1,3 раза, в фазу формирования бобов – в 14,4 раза (по сравнению с периодом посева).

### 1. Численность микроорганизмов в темно-серой оподзоленной почве в корневой зоне растений сои (конец цветения и начало налива бобов)

| Вариант                                                      |                                                                                              | Количество микроорганизмов, млн КОЕ <sup>1)</sup> /г абсолютно сухой почвы |                                   |                |                                              |                 |               |           |                       |                           |            |               |             |                                   |                   | Общая численность |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|---------------|-----------|-----------------------|---------------------------|------------|---------------|-------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                              |                                                                                              | Аммонификаторы                                                             | Иммобилизаторы минерального азота | Олигонитрофилы | Азотобактер, % обрастания почвенных комочков | Денитрификаторы | Нитрификаторы | Педотрофы | Целлюлозо-разлагающие | Полисахарид-синтезирующие | Автотонные | Стрептомицеты | Микромикеты | Мобилизаторы минеральных фосфатов | Кислотообразующие |                   |
| Запахивание<br>побочной<br>продукции<br>растение-<br>водства | N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>                                              | 880,1                                                                      | 17,7                              | 14,8           | 9,00                                         | 8,30            | 0,17          | 66,8      | 14,4                  | 0,10                      | 2,1        | 4,10          | 0,347       | 1,80                              | 0,10              | 1019,8            |
|                                                              | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                                              | 937,2                                                                      | 39,8                              | 27,9           | 2,01                                         | 10,6            | 0,56          | 163,3     | 55,4                  | 2,21                      | 10,5       | 8,91          | 1,369       | 5,21                              | 1,86              | 1267,8            |
|                                                              | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                              | 747,4                                                                      | 20,7                              | 26,7           | 2,67                                         | 152,4           | 0,50          | 100,5     | 27,8                  | 1,10                      | 8,8        | 9,82          | 1,543       | 11,6                              | 2,54              | 1119,4            |
|                                                              | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +РК<br>40 мг на 100<br>г почвы <sup>2)</sup> | 476,7                                                                      | 58,9                              | 52,7           | 0,20                                         | 119,1           | 0,26          | 132,2     | 67,2                  | 2,21                      | 9,0        | 16,3          | 0,256       | 10,8                              | 19,5              | 965,3             |
| Без запахива-<br>ния побочной<br>продукции                   | Без удобрений                                                                                | 402,4                                                                      | 42,1                              | 34,9           | 97,3                                         | 23,9            | 0,25          | 101,3     | 57,5                  | 3,42                      | 9,1        | 12,8          | 0,331       | 5,30                              | 14,7              | 905,3             |
|                                                              | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                                              | 412,7                                                                      | 44,9                              | 33,3           | 76,0                                         | 48,8            | 0,30          | 59,0      | 60,8                  | 2,20                      | 9,2        | 14,8          | 0,148       | 9,10                              | 9,40              | 780,6             |
|                                                              | Без удобрений                                                                                | 470,2                                                                      | 44,7                              | 47,9           | 41,3                                         | 21,6            | 0,24          | 66,7      | 84,0                  | 7,61                      | 12,4       | 11,2          | 2,102       | 10,5                              | 6,81              | 873,4             |
| НСР <sub>05</sub>                                            |                                                                                              | 5,05                                                                       | 2,54                              | 4,15           | 0,92                                         | 2,00            | 0,02          | 5,04      | 2,01                  | 0,45                      | 0,68       | 1,03          | 0,01        | 0,76                              | 1,06              |                   |

<sup>1)</sup> КОЕ – колониобразующая единица;  
<sup>2)</sup> 40 мг РК на 100 г почвы – искусственно созданный фон по содержанию подвижных соединений фосфора и обменного калия путем их разового внесения в виде минеральных удобрений

<sup>1)</sup> КОЕ – колониеобразующая единица;

<sup>2)</sup> 40 мг РК на 100 г почвы – искусственно созданный фон по содержанию подвижных соединений фосфора и обменного калия путем их разового внесения в виде минеральных удобрений

### 2. Численность микроорганизмов в темно-серой оподзоленной почве после окончания вегетирования сои

| Вариант                                                      |                                                                                              | Количество микроорганизмов, млн КОЕ <sup>1)</sup> /г абсолютно сухой почвы |                                     |                  |                                            |                   |                 |            |                        |                             |               |                  |              |                                   |                |                   |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------------------|-------------------|-----------------|------------|------------------------|-----------------------------|---------------|------------------|--------------|-----------------------------------|----------------|-------------------|
|                                                              |                                                                                              | Аммо-нифи-каторы                                                           | Иммоби-лизаторы минераль-ного азота | Олиго-нитро-филы | Азотобактер, % обрастания почвенных комков | Дени-трифи-каторы | Нитри-фика-торы | Педо-трофы | Целлюлозо-разлагаю-щие | Поли-сахарид-синтези-рующие | Авто-хтон-ные | Стре-пто-ми-цеты | Микро-мицеты | Мобилизаторы минеральных фосфатов | К <sub>r</sub> | Общая численность |
| Запахивание<br>побочной<br>продукции<br>растение-<br>водства | N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>                                              | 191,7                                                                      | 71,6                                | 38,0             | 32,0                                       | 120,5             | 0,13            | 22,6       | 33,2                   | 2,56                        | 11,9          | 26,3             | 0,106        | 40,5                              | 0,640          | 591,17            |
|                                                              | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                                              | 356,7                                                                      | 59,7                                | 35,0             | 3,00                                       | 154,7             | 0,28            | 81,8       | 28,7                   | 4,42                        | 13,5          | 16,6             | 0,413        | 27,3                              | 0,757          | 782,1             |
|                                                              | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                              | 270,1                                                                      | 71,7                                | 39,9             | 8,01                                       | 154,3             | 0,25            | 51,8       | 29,4                   | 0,74                        | 10,0          | 13,2             | 0,209        | 15,9                              | 0,625          | 665,5             |
|                                                              | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +РК<br>40 мг на 100<br>г почвы <sup>2)</sup> | 208,2                                                                      | 58,8                                | 40,5             | 9,33                                       | 120,5             | 0,14            | 103,7      | 31,8                   | 5,11                        | 9,8           | 12,0             | 0,137        | 11,7                              | 0,571          | 611,7             |
| Без запахива-<br>ния побочной<br>продукции                   | Без удобрений                                                                                | 203,3                                                                      | 39,2                                | 24,3             | 99,3                                       | 49,0              | 0,20            | 30,1       | 22,5                   | 3,99                        | 8,6           | 7,63             | 0,120        | 21,8                              | 0,706          | 510,0             |
|                                                              | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                                              | 355,1                                                                      | 64,1                                | 21,6             | 9,33                                       | 153,7             | 0,11            | 23,6       | 29,6                   | 1,46                        | 9,9           | 10,3             | 0,152        | 19,4                              | 0,726          | 698,4             |
|                                                              | Без удобрений                                                                                | 225,6                                                                      | 83,3                                | 16,4             | 83,3                                       | 120,1             | 0,12            | 18,6       | 28,0                   | 1,09                        | 7,3           | 16,4             | 0,075        | 5,82                              | 1,214          | 606,1             |
| НСР <sub>05</sub>                                            |                                                                                              | 5,00                                                                       | 5,45                                | 1,95             | 4,62                                       | 10,2              | 0,04            | 6,52       | 2,14                   | 0,22                        | 1,90          | 2,85             | 0,030        | 3,48                              |                |                   |

<sup>1)</sup> и <sup>2)</sup> смотри табл. 1

<sup>1)</sup> и <sup>2)</sup> смотри табл. 1

В конце вегетации растений (фаза полной спелости) количество азотобактера снова увеличивается [9]. В представленных данных мы также наблюдаем увеличение количества азотобактера после окончания вегетации во всех вариантах опыта, предусматривающих запахивание побочной продукции предшественника в севообороте, в 1,5-46,7 раза (табл. 1, 2). Единственным вариантом, в почве которого количество азотобактера не увеличилось, а уменьшилось в 8,2 раза – это вариант с внесением  $N_{40}P_{60}K_{60}$  без запахивания побочной продукции. Возможно, имеет место какая-то флуктуация численности в исследованиях первого периода, поскольку внесение минеральных удобрений, особенно азотсодержащих, закономерно приводит к угнетению азотобактера, чего мы не зафиксировали в этом варианте опыта (табл.1). Количество азотобактера в корневой зоне растений аналогичного варианта с запахиванием побочной продукции было минимальным и в период максимального вегетативного развития и по окончании вегетации. Те же самые наблюдения можно сделать относительно распространения азотобактера в почве других вариантов с внесением минеральных удобрений – они подавляют развитие азотобактера, и их последствие сохраняется по окончании вегетационного периода.

Можно предположить, что развитие азотобактера в течение вегетационного периода в ризосфере бобовых растений сдерживается азотофиксирующими микроорганизмами, находящимися с растением в ассоциативных взаимоотношениях, и развитие которых растение специфично стимулирует изменением состава корневых выделений. В качестве таковых могут выступать как представители ассоциативных азотофиксаторов, населяющие данную почву, так и клетки биоагентов инокуляционных препаратов, изготавливаемых на основе *Bradyrhizobium japonicum* и используемых для предпосевной бактеризации семян сои. Известно, что при формировании элементов симбиотического аппарата в растение проникает только незначительная часть интродуцированных клеток. Большая часть из 200000 клеток, которые используют для бактеризации одного семени, остаются в окружающей почве, которая впоследствии становится корневой зоной и в которой брадиоризобии развиваются, выполняя функцию ассоциативной фиксации атмосферного азота и популяция которых целенаправленно поддерживается растением. Таким образом, вытеснение азотобактера из почвы корневой зоны бобовых относится к области конкурентных взаимоотношений между микроорганизмами близких по физиологии групп – свободноживущих и ассоциативных азотофиксаторов.

Анализ экспериментальных данных также показывает, что численность азотобактера максимальна в почве многолетних контролей, куда органические и минеральные удобрения не вносятся с 1987 года (табл.1 и 2). Это позволяет, с одной стороны, говорить о невозможности использования этого микроорганизма как индикаторного эффективного плодородия почвы, поскольку в контролях получают минимальные урожаи; с другой стороны, можно рассматривать этот микроорганизм как индикатор экологического благополучия агроценозов, что согласуется с мнением других исследователей, поскольку именно с минеральными и органическими удобрениями в почву попадают многие поллютанты [11, 12].

По окончании вегетационного периода в почве существенно (в 5,3-22,5 раза) возрастает количество микроорганизмов, мобилизующих фосфор из его нерастворимых минеральных форм (табл. 1, 2). Максимально количество мобилизаторов минеральных фосфатов возрастает в варианте с наименьшей дозой минеральных удобрений ( $N_{20}P_{30}K_{30}$ ). Вариант опыта с внесением фосфора и калия в запас и обеспечением 40 мг/100 г почвы подвижных фосфора и калия характеризуется средним количеством фосфатмобилизующих бактерий как в период максимального вегетативного развития растений, так и по окончании вегетации (табл.1, 2). При этом коэффициент удельной фосфатрастворяющей активности в

этом варианте опыта минимален в отличие от контролей, которые характеризуются высоким уровнем удельной фосфатрастворяющей активности.

Согласно исследованиям Головченко и Полянской [10], плотность стрептомицетного мицелия возрастает к осеннему периоду в 4-7 раз. Эта закономерность подтверждена нами только отчасти: в части вариантов опыта численность КУО стрептомицетов возрастает в 1,4-6,4 раза, а в трех вариантах опыта она снижается. Поскольку в работе Головченко и Полянской дата проведения исследований не детализирована (весна-лето-осень), то возможно, речь идет о глубокой осени, и в преддверье количество стрептомицетов резко возрастет. Опубликованы также данные Шурхно с соавт. [13], согласно которым, в ризосфере многолетних бобовых трав к концу полевого сезона (сентябрь) численность актиномицетов и бактерий снижается, а численность микромицетов увеличивается. Нам не удалось подтвердить эту закономерность – согласно приведенным результатам, численность микромицетов резко снизилась после окончания вегетации (табл. 2).

Количество целлюлозоразлагающих бактерий существенно уменьшилось после прекращения вегетации, а количество автохтонных – напротив, увеличилось. Причиной чего является прекращение притока в почву легкодоступного материала корневых экссудатов, которые потреблялись бактериями цикла углерода. В результате исчезновения легкодоступных субстратов активизируются микроорганизмы, разлагающие труднодоступные молекулы, в том числе, гумусовые. Это подтверждается также результатами расчета активности минерализации гумуса: летом она в 1,4-5,3 раза ниже, чем осенью (табл. 3). Такие же выводы можно сделать относительно индекса педотрофности, которым описывается интенсивность расходования почвенного органического вещества. Таким образом, с исчезновением растений из агрофитоценоза активность минерализации общего органического вещества почвы, и особенно гумуса, резко возрастает.

### 3. Показатели интенсивности минерализационных процессов и фитотоксические свойства темно-серой оподзоленной почвы в корневой зоне растений сои

| Вариант                                                                                         |                                                                                 | Индекс педотрофности |       | Кэф-фициент олиготрофности |       | Кэф-фициент минерализации азота |       | Активность минерализации гумуса, % |      | Масса 100 растений тест-культуры – озимой пшеницы, г |      |       |      |       |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|----------------------------|-------|---------------------------------|-------|------------------------------------|------|------------------------------------------------------|------|-------|------|-------|------|
|                                                                                                 |                                                                                 | 1                    | 2     | 1                          | 2     | 1                               | 2     | 1                                  | 2    | стебли                                               |      | корни |      | общая |      |
|                                                                                                 |                                                                                 |                      |       |                            |       |                                 |       |                                    |      | 1                                                    | 2    | 1     | 2    | 1     | 2    |
| Запахивание<br>побочной<br>продукции<br>растениеводства                                         | N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>                                 | 0,076                | 0,373 | 0,017                      | 0,198 | 0,020                           | 0,373 | 3,14                               | 16,6 | 7,77                                                 | 6,10 | 7,31  | 8,34 | 15,1  | 14,4 |
|                                                                                                 | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                                 | 0,174                | 0,155 | 0,030                      | 0,066 | 0,042                           | 0,113 | 6,43                               | 16,5 | 9,02                                                 | 7,58 | 7,88  | 9,59 | 16,9  | 17,2 |
|                                                                                                 | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                 | 0,134                | 0,192 | 0,036                      | 0,148 | 0,028                           | 0,265 | 8,76                               | 19,3 | 8,89                                                 | 8,27 | 6,71  | 9,93 | 15,6  | 18,2 |
|                                                                                                 | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +<br>РК 40 мг<br>на 100 г почвы | 0,277                | 0,498 | 0,111                      | 0,195 | 0,123                           | 0,282 | 6,81                               | 9,40 | 8,71                                                 | 8,38 | 7,52  | 11,7 | 16,2  | 20,1 |
|                                                                                                 | Без удобрений                                                                   | 0,252                | 0,148 | 0,087                      | 0,120 | 0,105                           | 0,193 | 8,98                               | 28,6 | 8,38                                                 | 6,98 | 7,01  | 10,4 | 15,4  | 17,4 |
| Без<br>запахивания<br>побочной<br>продукции                                                     | N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                                 | 0,143                | 0,066 | 0,081                      | 0,061 | 0,109                           | 0,180 | 15,6                               | 41,9 | 7,58                                                 | 7,94 | 7,64  | 10,9 | 15,2  | 18,9 |
|                                                                                                 | Без<br>удобрений                                                                | 0,142                | 0,082 | 0,102                      | 0,073 | 0,095                           | 0,369 | 18,6                               | 39,2 | 7,45                                                 | 7,17 | 6,67  | 10,1 | 14,1  | 17,2 |
| HCP <sub>05</sub>                                                                               |                                                                                 | -                    | -     | -                          | -     | -                               | -     | -                                  | -    | 0,08                                                 | 0,03 | 0,05  | 0,04 | -     | -    |
| Примечание: 1 – фаза конца цветения и начала налива бобов, 2 – фаза окончания вегетирования сои |                                                                                 |                      |       |                            |       |                                 |       |                                    |      |                                                      |      |       |      |       |      |

**Вывод.** Таким образом, процессы, происходящие в сложных многофакторных системах, каковой является почва корневой зоны растений в агроценозах, развиваются в динамике соответственно фазам роста растений, выделяющих корневые экссудаты, которые являются субстратами для роста микроорганизмов многих функциональных групп. Изменение интенсивности синтетических и минерализационных микробиологических процессов во многом определяется количеством и составом этих корневых

выделений. Поэтому максимальные различия между почвой исследуемых вариантов наблюдаются именно в фазу максимального вегетативного развития растений, затем они начинают уменьшаться. Для объективной микробиологической оценки, например, элементов технологий, агрофонов и пр., нужно исследовать почвенные образцы именно в период, предшествующий началу формирования генеративных органов. Требования многих оппонентов почвенных микробиологических работ приводить усредненные данные за вегетационный период, на наш взгляд, необоснованны, как с точки зрения объема публикуемого материала, так и закономерностей развития микробных сообществ по фазам вегетации культур.

### Список использованной литературы

1. Азарова Т.С. Корневые выделения злаковых и бобовых культур и их влияние на состав модельного микробиоценоза ризосферы / Т.С. Азарова. - Дис.....канд. биол. наук: 03.00.07 // ВНИИСХМ. - Ленинград, 1986. - 188 с.
2. Звягинцев Д. Г. Растения как центры бактериальных сообществ/ Д.Г. Звягинцев, Т.Г. Добровольская, Л.В. Лысак // Журнал общей биологии. - 1993. - Т. 54. - №2. - С. 183-199.
3. Steer J., Harris J.A. Shifts in the microbial community in rhizosphere and non-rhizosphere soils during the growth of *Agrostis stolonifera*/ J. Steer, J.A. Harris // Soil Biology&Biochemistry. - 2000. - V. 32. - P. 869-878.
4. Самцевич С.А. Корневые выделения растений и их значение/ С.А. Самцевич //Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур. - Вильнюс, 1986. - С. 301-303.
5. Малиновская И.М. Микробиологические процессы в ризосфере растений разных сельскохозяйственных культур/ И.М. Малиновская // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки та перспективи», Чернівці, 27-30 вересня - 2011. - С.250-255.
6. Малиновская И.М. Структура микробных сообществ корневой зоны фитоценозов разного типа/ И.М. Малиновская // Мікробіологія і Біотехнологія, Одеса. - 2011. - №4 - С.60-68
7. Теплер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теплер, В.К. Шильникова, Г.И.Переверзева. - М.: Дрофа, 2004. - 256 с.
8. Малиновская И.М. Определение фосфатрастворяющей активности микроорганизмов на жидкой и агаризованных средах Муромцева / И.М. Малиновская // Агроекологічний журн. - 2002. - №3. - С.68-71
9. Малиновская И.М. Динамика формирования микробиоценоза ризосферы растений сои, бактеризованных азотфиксирующими и фосфатмобилизующими микроорганизмами/ И.М. Малиновская // Сільськогосподарська мікробіологія. - 2007. - вип.6 - С.51-66.
10. Головченко А.В. Сезонная динамика численности и биомассы микроорганизмов по профилю почвы/ А.В. Головченко, Л.М. Полянская // Почвоведение. - 1996. - №10. - С.1227-1233.
11. Селивановская С.Ю. Влияние осадков сточных вод, содержащих металлы, на микробные сообщества серой лесной почвы / С.Ю. Селивановская, С.Н. Киямова, В.З. Латыпова, Ф.К. Алимова // Почвоведение. - 2002. - №5. - С.588-594.
12. Kolosvary I. Data concerning the possibility of using the abundance of the *Azotobacter* cells as bioindicator of soil pollution / I. Kolosvary // Stud. Univ. Babes-Bolyai.Biol. - 1998. - N 1-2. - P.137-141.
13. Шурхно Р.А. Биологические свойства корнеобитаемой зоны многолетних бобовых трав/ Р.А. Шурхно, Н.В. Королева, Р.П. Наумова // Доклады Рос. академии с.-х. наук. - 2006. - №3. - С.31-36.

Статья поступила в редколлегию 20.12.2013.

### THE QUESTION ABOUT TIME OF SOIL MICROBIOLOGICAL STUDIES

I.M. Malinovskaya

National Scientific Centre "Institute of Agriculture NAAS"

Kiev region , Kiev Svyatoshinsky district, s.m.t Shepherds str. Mashinostroiteley 2b,  
(irina.malinovskaya.1960@mail.ru)

The state of microbial communities of dark gray podzolized soil in the rhizosphere of soybean plants was studied. The study was conducted during the end of flowering, start pouring in the beans and after the growing season. It was investigated that the maximum difference between the variants of experience observed during vegetative growth of plants, and they started to decrease and after the end of the growing season melts vegetation was minimal. Thus there is a need microbiological testing phase late flowering or beginning of formation of generative organs.

**Key words:** *microbiological processes; vegetation; Azotobacter; streptomycetes; organic matter; humus.*

## АГРОХІМІЯ AGROCHEMISTRY

УДК 631.82.631.445.2(477.8)

### ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА РУХОМІСТЬ КАДМІЮ В ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

А.І. Фатєєв<sup>1</sup>, В.І. Лопушняк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

<sup>2</sup>Львівський національний аграрний університет  
(Vasyll@mail.ru)

За результатами досліджень у стаціонарному польовому досліді, проведеному на території Західного Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому ґрунті, встановлено, що за мінеральної системи удобрення в короткоротаційній польовій сівозміні відбувається значне (в два рази) зростання вмісту рухомих сполук кадмію. Під впливом органо-мінеральної системи удобрення - за поєднання гною, соломи й сидерату з мінеральними добривами, в ґрунті підвищується (з 1,03 до 1,38) співвідношення  $C_{гк}/C_{фк}$ , знижується  $H_r$  з 4,00 до 2,71, порівняно з мінеральною системою удобрення, та зменшується вміст рухомої форми кадмію з 0,17 до 0,06 мг/кг ґрунту, що усуває небезпеку можливого зростання вмісту кадмію в рослинницькій продукції.

**Ключові слова:** гумінові й фульвокислоти; кадмій; темно-сірий опідзолений ґрунт.

**Постановка проблеми.** Висока біопродуктивність ґрунту та реалізація сільськогосподарськими культурами генетичного потенціалу залежать не лише від вмісту і складу органічної речовини та основних елементів живлення, а й від рівня фітотоксичності ґрунту, яка проявляється в рухомості важких металів [1]. Тому дані щодо вмісту останніх та їх динаміки під впливом різних агрохімічних засобів дають змогу оцінити екологічний стан ґрунтового середовища, слугують підставою для вживання заходів, спрямованих на збереження родючості ґрунту та вирощування екологічно безпечної рослинної продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні основним джерелом забруднення ґрунтів важкими металами вважається удобрення мінеральними добривами через внесення баласту, в якому міститься кадмій (калійні добрива). Також у певній кількості цей елемент міститься в гної [2; 3]. Він є одним із найнебезпечніших важких металів (належить до першого класу токсичності) в агроценозах, та є поширеним забруднювачем агроландшафтів [4; 5; 6].

Тривале застосування добрив призводить до динамічних змін фізико-хімічних, біологічних і агрофізичних властивостей ґрунту, що позначається на доступності та інтенсивності засвоєння сільськогосподарськими культурами важких металів, в тому числі, і кадмію [2; 7]. Накопичення кадмію в ґрунті залежить від рівня кислотності [2], а також вмісту гумусу та його фракційно-групового складу [8]. Тому для екологічної оцінки систем удобрення важливо знати закономірності накопичення і міграції цього елемента в ґрунті.

**Мета досліджень** – встановити закономірності зміни вмісту кадмію в темно-сірому опідзоленому ґрунті на території Західного Лісостепу України під впливом різних систем удобрення сільськогосподарських культур у короткоротаційній польовій плодозмінній сівозміні.

**Матеріали і методика досліджень.** Польові дослідження проводили в умовах стаціонарного досліді кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії Львівського

національного аграрного університету. Чергування культур у зерно-просапній плодозмінній сівозміні було таким: пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий – конюшина лучна. Зразки ґрунту відбирали після третьої ротації сівозміни. Лабораторні дослідження проводили в лабораторії інструментальних методів досліджень ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» у м. Харкові згідно з такими методиками: визначення рухомої форми кадмію [3]; гідролітичної кислотності [9] та групового складу гумусу [10].

У схему польового досліду включено фактори – мінеральна, органічна та органо-мінеральна системи удобрення з різним насиченням органічними добривами у таких варіантах: 1. Без добрив (контроль); 2. Мінеральна система удобрення  $N_{390}P_{210}K_{430}$ ; 3. Органо-мінеральна система удобрення  $N_{390}P_{207}K_{430}$ , із них внесено з мінеральними добривами  $N_{270}P_{150}K_{263}$ , насиченість сівозміни органічними добривами – 6,25 т/га сівозмінної площі; 4. Органо-мінеральна система удобрення  $N_{390}P_{210}K_{430}$ , із них внесено з мінеральними добривами  $N_{100}P_{170}K_{173}$ , насиченість сівозміни органічними добривами – 12,5 т/га; 5. Органо-мінеральна система удобрення  $N_{390}P_{210}K_{430}$ , із них внесено з мінеральними добривами  $N_{50}P_{85}K_{113}$ , ступінь насичення органічними добривами – 15,0 т/га сівозмінної площі; 6. Органічна система удобрення  $N_{390}P_{210}K_{430}$ , ступінь насичення органічними добривами – 17,5 т/га. В усіх варіантах з добривами сума NPK становила 1030 кг д. р./га, усі варіанти досліду були збалансованими за кількістю основних елементів живлення.

Як мінеральні добрива в досліді використовували суперфосфат простий гранульований і калійну сіль, які вносили в основне удобрення, та аміачну селітру, яку вносили під передпосівний обробіток і в підживлення пшениці озимої. Як органічні добрива в основне удобрення під буряки цукрові використовували напівперепрілий соломистий гній великої рогатої худоби, редьку олійну на сидерат і солому пшениці озимої. Загальна площа дослідних ділянок – 450 м<sup>2</sup>, облікова – 374 м<sup>2</sup>, повторність досліду – триразова, розміщення ділянок систематичне.

**Результати досліджень** вказують на певну залежність вмісту в ґрунті рухомих форм кадмію від систем удобрення в короткоротаційній польовій сівозміні. Якщо загалом з літератури відомо, що середній вміст рухомих сполук кадмію коливається в широких межах – від 0,2 до 4,0 мг/кг ґрунту [1], то у наших дослідженнях у шарі ґрунту 0-20 см, залежно від системи удобрення, він коливався від 0,05 до 0,18 мг/кг ґрунту (див. табл.). Мінеральна система удобрення сприяла більш високому вмісту рухомих форм кадмію у верхньому шарі ґрунту, приблизно у два рази більшому порівняно з контрольним варіантом у кожному полі сівозміни.

**Вміст рухомих сполук кадмію в темно-сірому опідзоленому ґрунті під впливом систем удобрення культур у польовій плодозмінній сівозміні, середнє за 2009-2012 роки**

| Варіант досліду                                                             | Шар ґрунту, см | Вміст рухомих сполук кадмію у ґрунті під культурами, мг/кг |               |             |                |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|---------------|-------------|----------------|--------------------|
|                                                                             |                | буряки цукрові                                             | пшениця озима | ячмінь ярий | конюшина лучна | середнє за ротацію |
| 1. Без добрив (контроль)                                                    | 0-20           | 0,09                                                       | 0,08          | 0,09        | 0,08           | 0,09               |
|                                                                             | 20-40          | 0,10                                                       | 0,09          | 0,10        | 0,09           | 0,10               |
| 2. $N_{390}P_{210}K_{430}$                                                  | 0-20           | 0,18                                                       | 0,17          | 0,15        | 0,16           | 0,17               |
|                                                                             | 20-40          | 0,17                                                       | 0,15          | 0,16        | 0,15           | 0,16               |
| 3. 20 т/га гній + 5 т/га солома + $N_{270}P_{153}K_{260}$                   | 0-20           | 0,15                                                       | 0,13          | 0,13        | 0,12           | 0,13               |
|                                                                             | 20-40          | 0,15                                                       | 0,13          | 0,12        | 0,10           | 0,13               |
| 4. 30 т/га гній + 15 т/га сидерат + 5 т/га солома + $N_{100}P_{110}K_{173}$ | 0-20           | 0,12                                                       | 0,10          | 0,1         | 0,11           | 0,11               |
|                                                                             | 20-40          | 0,11                                                       | 0,09          | 0,09        | 0,10           | 0,10               |
| 5. 40 т/га гній + 15 т/га сидерат + 5 т/га солома + $N_{50}P_{85}K_{113}$   | 0-20           | 0,07                                                       | 0,08          | 0,06        | 0,06           | 0,07               |
|                                                                             | 20-40          | 0,06                                                       | 0,07          | 0,05        | 0,06           | 0,06               |
| 6. 50 т/га гній + 15 т/га сидерат + 5 т/га солома + $N_{25}P_{60}K_{50}$    | 0-20           | 0,06                                                       | 0,07          | 0,06        | 0,05           | 0,06               |
|                                                                             | 20-40          | 0,05                                                       | 0,07          | 0,06        | 0,06           | 0,06               |

Застосування органічних добрив разом з мінеральними забезпечувало зниження вмісту рухомих форм кадмію в ґрунті адекватно насиченості системи удобрення у сівозміні органічними добривами. Множинний коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) становив 0,90-0,95, що вказує на дуже високий зв'язок між кількістю внесених органічних добрив і вмістом рухомих сполук кадмію у ґрунті.

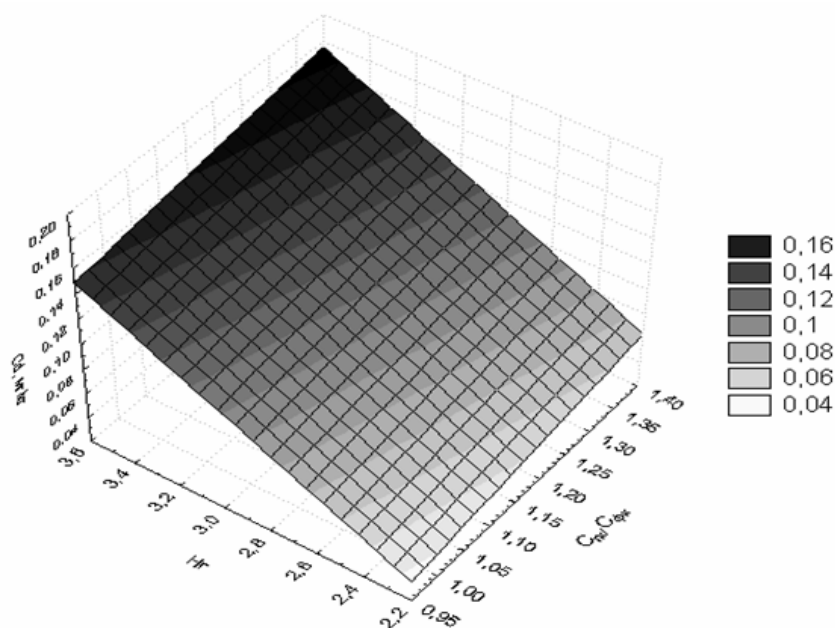
Нижчі показники вмісту рухомих форм кадмію зафіксовано в підорному (20-40 см) шарі ґрунту, де також дещо послабилася залежність вмісту рухомих форм кадмію від насиченості сівозміни органічними добривами. Множинний коефіцієнт детермінації ( $R^2 = 0,81-0,93$ ) знижувався від поля буряків цукрових до поля конюшини лучної.

За результатами двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що значення величини F-статичне для фактора А (поле сівозміни)  $F^A = 4,31$ , а критична область описується правостороннім інтервалом (3,28;  $+\infty$ ). Оскільки  $F^A = 4,31$  потрапляє в критичну область, то поле сівозміни має вплив на вміст рухомих сполук кадмію у верхньому (0-20 см) шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту. Розрахункове значення величини F-статичне для фактора Б (система удобрення)  $F^B = 100,1$ , а критична область описується правостороннім інтервалом (2,91;  $+\infty$ ). Оскільки  $F^B = 100,1$  потрапляє в критичну область, то система удобрення, а саме, насиченість сівозміни органічними добривами, також має суттєвий вплив на вміст рухомих сполук кадмію в ґрунті й свідчить про істотні відмінності між вибірками.

Як зазначено, вміст рухомих форм кадмію в ґрунті залежить від рівня кислотності та вмісту гумусу, зокрема гумінових і фульвокислот та їх співвідношення [8]. У наших дослідженнях встановлено тісну залежність між цими показниками (див. рис.), а взаємний вплив на вміст рухомих сполук кадмію гідролітичної кислотності та співвідношення між вмістом гумінових і фульвокислот у шарі (0-20 см) ґрунту можна описати таким рівнянням:

$$Cd = -0,1962 + 0,0602 \cdot x + 0,0799 \cdot y,$$

де Cd – вміст рухомих сполук кадмію, мг/кг; x – відношення  $C_{гк}/C_{фк}$ , y – гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту.



**Рис. Залежність вмісту рухомих сполук кадмію в темно-сірому опідзоленому ґрунті від відношення  $C_{гк}/C_{фк}$  та гідролітичної кислотності ( $H_g$ )**

Коефіцієнти 0,06 і 0,08 вказують на приблизно однаковий вплив відношення гумінові / фульвокислоти і гідролітичної кислотності на рухомість кадмію в ґрунті.

**Висновки.** Система удобрення суттєво впливає на рухомість кадмію в орному і підорному шарах темно-сірого опідзоленого ґрунту. Під впливом зниження гідролітичної кислотності і зростання частки гумінових кислот у гумусі знижується вміст у ґрунті рухомих сполук кадмію з 0,18 до 0,06 мг/кг, що сприяє поліпшенню екологічного стану ґрунту. Вплив цих двох показників на рухомість кадмію приблизно однаковий.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення з насиченістю органічними добривами 15 т/га сівозмінної площі забезпечує найнижчий уміст рухомих сполук кадмію у ґрунті на всіх полях короткоротаційної польової плодозмінної сівозміни.

### Список використаної літератури

1. Мірошніченко М.М. Агрогеохімія мікроелементів у ґрунтах України / М.М. Мірошніченко, А.І. Фатєєв // Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб. Спец. вип. до VIII з'їзду УТГА: Охороні ґрунтів державну підтримку. – Харків, 2010. – Кн. 1. – С. 98-107.
2. Габибов М.А. Экологическое состояние темно-серых лесных почв при совместном применении минеральных и органических удобрений в севообороте / М. А. Габибов, Е. А. Лупанов, С. И. Чельцов // Вестник ВГУ. – 2008. – № 2. – С. 82-85. – (серия «География. Геоэкология»).
3. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.3:2007. – [Чинний від 2009-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
4. Тяжёлые металлы в системе почва–растение–удобрение / [М.М. Овчаренко, И. А. Шильников, Г.Г. Вендило и др.]. – М.: ЦИНАО, 1997. – 290 с.
5. Черных Н.А. Тяжёлые металлы и радионуклиды в биогеоценозах / Н. А. Черных, М. М. Овчаренко. – М.: Агроконсалт, 2002. – 200 с.
6. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias. – [3 ed.]. – CRC Press, 2001. – 412 p.
7. Габрель Г. Вплив вапнування та удобрення на вміст валових та рухомих форм важких металів у ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті / Г. Габрель, Ю. Оліфір, О. Германович // Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., Рівне, 25 лип. 2012 р. – Рівне: ПП Свиначук Р.В., 2012. – С. 22-23.
8. Фатєєв А.І. Співвідношення С<sub>гк</sub>/С<sub>фк</sub> у ґрунтах України як показник рухомості мікроелементів / А.І. Фатєєв, Д.О. Семенов, М.М. Мірошніченко [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2013. – № 7. – С. 16-19.
9. ММВ 31-497058-006-2002. Ґрунти. Визначення групового складу гумусу за методом І.В. Тюріна в модифікації М.М.Конової та Н.П. Бельчикової, спалювання за Б.А.Нікітіним /Варіант ННЦ ІГА) // Методики визначення складу та властивостей ґрунтів: Збірник – Харків, 2004. –книга 1. –С.107-129.
10. ГОСТ 26212 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО – Введенное 1993-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1992. -7 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

Стаття надійшла до редколегії 30.11.2014

### EFFECT OF FERTILIZATION SYSTEM ON THE MOBILITY OF CADMIUM IN DARK-GRAY PODZOLIZED SOIL OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

A.I. Fateev<sup>1</sup>, V.I. Lopushnyak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky»,

<sup>2</sup>National agrarian University, Lviv  
(Vasyll@mail.ru)

In the stationary field experiment it is determined that in short crop rotation in Western Forest-Steppe of Ukraine in dark gray podzolized soil the content of mobile forms of cadmium significantly (twofold) increased as a result of mineral fertilizer system. Under the influence of organic and mineral fertilizer system which is combining manure, straw and green manure with chemical fertilizers the ratio of carbon humic acid and carbon of fulvic acid in the soil increases from 1.03 to 1.38 and hydrolytic acidity reduces from 4.00 to 2.71 mmol/100 g of soil compared with mineral fertilization system. The content of mobile forms of cadmium decreases from 0.17 to 0.06 mg/kg of soil, eliminating the possibility of the danger of cadmium content in crop production increasing.

**Key words:** cadmium; humic and fulvic acids; dark-gray podzolized soil.

УДК 631.86:631.895:631.417.2

## АГРОХІМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИРОБНИЦТВА ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

**Є.В. Скрильник**

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
([orgmin@mail.ru](mailto:orgmin@mail.ru))

Метою роботи було теоретичне й технологічне обґрунтування процесів виробництва органо-мінеральних добрив (ОМД) із місцевої сировини на основі регульованого біокондиціонування та визначення агрохімічної ефективності їх застосування в короткоротаційних сівозмінах. Використано інформацію з результатів роботи у польових стаціонарних дослідях. Розроблено єдиний підхід щодо регульованої переробки сировини, який ґрунтується на концептуальній моделі формування гумусових сполук у процесі біокондиціонування та концептуальних основах створення ОМД. Новітні підходи дають змогу розширити функціональні можливості реагентів та вузькоспеціалізованих домішок. Встановлено перевагу ОМД в короткоротаційних сівозмінах порівняно з органічними і мінеральними добривами, які вносили в еквівалентних дозах окремо. Висновки: доведено перевагу локального способу внесення ОМД порівняно із внесенням уроzkид. Гранульовані ОМД, за ефектом дії та післядії на врожайність сільськогосподарських культур, мали перевагу порівняно з аморфними добривами аналогічного складу.

**Ключові слова:** місцева сировина; органо-мінеральні добрива (ОМД); технології; ефективність; рослини.

**Вступ.** Учені одноставно констатують наявність у довкіллі України різноманітних негативних процесів, пов'язаних з накопиченням відходів різного походження. Обмеження негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище сьогодні є глобальною екологічною проблемою, що впливає на всі сфери життя і діяльності людей [1, 2]. В Україні ця проблема набула особливої гостроти внаслідок великих обсягів утворення та накопичення відходів та відсутності тривалий час адекватної реакції на створювану ними небезпеку.

На цей час вочевидь виникає необхідність розроблення екологічно безпечних технологій для знезараження і перероблення різних відходів з метою їх застосування як вторинної сировини [3]. Системне вирішення комплексної проблеми підвищення ефективності використання біоресурсів і органічних добрив, як провідного фактору відтворення родючості ґрунтів і підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, є можливим лише шляхом істотного розширення фундаментальних та прикладних досліджень щодо розробки адаптивних технологій виробництва і застосування добрив, які відповідають екологічним вимогам та сучасним ринковим відношенням товаровиробників.

Багатьма дослідженнями в різних країнах встановлено, що одним із раціональних шляхів підвищення ефективності органічних та мінеральних добрив і зменшення їхнього негативного впливу на навколишнє середовище (ґрунти, ґрунтові та поверхневі води, тощо) є застосування нових ОМД пролонгованої дії, з яких поступово вивільняються поживні речовини під час взаємодії з ґрунтом впродовж вегетаційного періоду рослин, що обумовлює їхні екологічні, агрономічні та економічні переваги порівняно зі стандартними формами добрив [4-6].

У зв'язку з цим актуальною є розробка інтегрованих систем управління живленням рослин. Це, насамперед, забезпечення культур оптимальним рівнем макро- і мікроелементів впродовж вегетації, по-друге – спрямована регуляція процесів біологічної активності ґрунтів з метою уповільнення мінералізації органічної речовини та посилення

їхньої гуміфікації, що сприяє синтезу та накопиченню гумусу в ґрунтах, підвищенню їхньої родючості, посиленню захисту біосфери від забруднення хімічними реагентами.

**Мета дослідження** – теоретично й технологічно обґрунтувати процеси виробництва ОМД з місцевої сировини на основі регульованого біокондиціонування, визначити агрохімічну ефективність застосування добрив у короткочасних сівозмінах.

**Об'єкти і методи досліджень.** Вивчення ефективності дії та післядії різних форм ОМД, за різних строків та способів внесення, на врожайність сільськогосподарських культур, якість продукції та елементи родючості ґрунту проводили впродовж 1997-2002 рр. на Коротичанському дослідному полі у польових дослідах, варіанти яких схематично відображено в табл. 1. Ґрунт – чорнозем типовий важкосуглинковий із вмістом загального азоту – 0,26 %, загального фосфору – 0,21 %, рухомих форм фосфору – 5,7, калію – 10,0 мг/100 г ґрунту, азоту в мінеральній формі – 12,0 мг/100 г ґрунту, рН – 6,5.

Повторення досліду – 4-разове. Розмір облікової ділянки – 10 м<sup>2</sup>

Аналізування місцевої сировини та ОМД, ґрунту і рослин проводили в атестованій лабораторії за ГОСТ та ДСТУ.

### 1. Схема та дози внесення добрив у дослідах

| Варіант                                    | Доза внесення добрив під сільськогосподарські культури |                                                 |                                                 |                                                 |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                            | основне внесення                                       |                                                 | припосівне внесення                             |                                                 |
|                                            | кукурудза на силос                                     | пшениця озима                                   | кукурудза з/к                                   | ячмінь                                          |
| Органічний компонент (гній ВРХ) – врозкид  | N <sub>120</sub>                                       | N <sub>80</sub>                                 | N <sub>15</sub>                                 | N <sub>12</sub>                                 |
| Органічний компонент (гній ВРХ) – локально | N <sub>120</sub>                                       | N <sub>80</sub>                                 | N <sub>15</sub>                                 | N <sub>12</sub>                                 |
| Орґано-мінеральні добрива:                 |                                                        |                                                 |                                                 |                                                 |
| порошкоподібні – врозкид                   | N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>     | N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> | N <sub>15</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub> | N <sub>12</sub> P <sub>10</sub> K <sub>13</sub> |
| порошкоподібні – локально                  | N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>     | N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> | N <sub>15</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub> | N <sub>12</sub> P <sub>10</sub> K <sub>13</sub> |
| гранульовані – врозкид                     | N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>     | N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> | N <sub>15</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub> | N <sub>12</sub> P <sub>10</sub> K <sub>13</sub> |
| гранульовані – локально                    | N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>     | N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> | N <sub>15</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub> | N <sub>12</sub> P <sub>10</sub> K <sub>13</sub> |
| НРК мінеральних добрив – врозкид           | N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>     | N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> | N <sub>15</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub> | N <sub>12</sub> P <sub>10</sub> K <sub>13</sub> |
| НРК мінеральних добрив – локально          | N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>     | N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> | N <sub>15</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub> | N <sub>12</sub> P <sub>10</sub> K <sub>13</sub> |

**Аналіз результатів досліджень.** З факторів, що піддаються регулюванню, найбільше на врожайність сільськогосподарських культур, за інших рівних умов, впливають добрива, ефективність дії яких визначається потребами культур і ґрунтово-кліматичними умовами.

Останнім часом розробляють принципово нове технологічне рішення, що передбачає поєднання органічних і мінеральних добрив у новій – орґано-мінеральній формі. Основним завданням є поєднати позитивні властивості обох компонентів і за можливості позбутися негативних. На першому етапі досліджень ОМД являли собою фактично просту суміш органічних та мінеральних добрив, у якій дози мінеральних добрив розраховували виходячи з потреби сільськогосподарських культур в елементах живлення. Позитивною стороною таких простих сумішей є те, що частина елементів живлення, що входять до складу мінеральних добрив, могла переходити в обміннофіксовані форми, що унеможлиблювало їх втрати шляхом вимивання і подовжувало термін вивільнення елементів живлення через мінералізацію органічної складової.

Дослідивши процеси трансформації та взаємодії гетерогенних систем ми розробили технологію виробництва ОМД зі змінним співвідношенням поживних і гумусових речовин, що досягається шляхом модернізації формули добрива. На відміну від традиційних підходів, що панують у світі, пропонуємо єдиний підхід до перероблення як органічних відходів промислового походження, так і відходів комунального господарства і рослинництва. В основу розробки покладено концептуальну модель формування гумусових сполук у процесі біокондиціонування

органічних відходів [7] та концептуальні положення щодо виробництва комплексних ОМД [8].

Технологією виробництва є процес регульованого аерокондиціонування органо-мінеральної пульпи з використанням сучасного обладнання та вимірювальних приладів для контролю процесу. Мета аерокондиціонування – одержання стабільної маси, збагаченої фізіологічно активними речовинами та біогенними елементами, значна частина яких зв'язана з високогуміфікованою органічною речовиною в органо-мінеральному комплексі, що перешкоджає вимиванню та подальшій ретроградації поживних речовин у ґрунті після внесення добрив. Для оптимізації живлення рослин на початковому етапі росту та розвитку до одержаної кондиційованої субстанції додають стартову дозу поживних речовин. Добривам надають склад та вміст поживних речовин, з урахуванням особливостей конкретної культури залежно від ґрунтово-кліматичної зони її вирощування. На основі багаторічних досліджень розроблено методичні підходи до розрахунку складу ОМД та їхню рецептуру під основні сільськогосподарські культури для різних зон України.

У польових дослідах на чорноземі типовому важкосуглинковому встановлено ефективність дії та післядії комплексних порошкоподібних і гранульованих ОМД в короткочасних сівозмінах за основного, припосівного (локально) і передпосівного (вразки) внесення в ґрунт. Аналіз урожайних даних показав перевагу нових комплексних ОМД порівняно з традиційними мінеральними і органічними добривами, які вносили окремо. Максимальні врожаї силосної маси кукурудзи у середньому за три роки одержано у варіантах, де добрива вносили локально: за застосування гранульованих ОМД приріст урожаю становив 6,8 т/га, порошкоподібних – 9,0 т/га. У варіантах, де вносили органічні добрива, приріст урожаю силосної маси кукурудзи за розкидного способу внесення становив 8 %, за локального – 16 % порівняно з контролем. Внесення мінеральних добрив забезпечило приріст урожаю силосної маси кукурудзи на рівні 15-28 %. Загалом у ланці сівозміни максимальний сумарний врожай сільськогосподарських культур одержано у варіантах, де локально внесено ОМД – 10,5-10,9 т зернових одиниць з 1 га (сумарний врожай на контролі – 7,7 т зернових одиниць з 1 га). Внесення органічних добрив під кукурудзу на зелений корм забезпечило у ланці сівозміни сумарний врожай культур на рівні 8,7-9,3 т зернових одиниць з 1 га, внесення еквівалентних доз мінеральних добрив – на рівні 9,2-9,9 т зернових одиниць з 1 га.

Аналогічну ситуацію спостерігали після основного внесення комплексних ОМД під пшеницю озиму (пряма дія) в дозах з розрахунку  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . Комплексні ОМД в прямій дії забезпечили максимальні прирости зерна пшениці озимої у варіантах з локальним і розкидним внесенням порошкоподібної форми – 51-75 % порівняно з контролем (врожайність на контролі – 2,1 т/га). Мінеральні добрива після внесення як уразки, так і локально мали перевагу в прямій дії порівняно з органічними добривами й дещо поступалися за ефективністю ОМД. Максимальні сумарні врожаї сільськогосподарських культур у сівозміні після основного внесення ОМД під пшеницю озиму на рівні 10,3-10,9 т зернових одиниць з 1 га, одержано у варіантах з локальним внесенням комплексних ОМД як аморфних, так і гранульованих. Найбільшу окупність сільськогосподарських культур додатковим урожаєм отримано після внесення комплексних ОМД (табл. 2).

Передпосівне і припосівне внесення ОМД у прямій дії забезпечило прирости зерна ячменю у варіантах, де вносили порошкоподібну форму добрив – вразки 27 %, локально – 43 % порівняно з контролем, гранульовану – 26-33 %. Мінеральні добрива після внесення як вразки, так і локально, мали переваги в прямій дії порівняно з органічними добривами, але поступалися за ефективністю ОМД, які вносили локальним способом. Максимальний сумарний врожай двох культур – 4,2 т зернових одиниць з 1 га отримано у варіанті, де локально вносили порошкоподібні ОМД.

## 2. Ефективність основного внесення ОМД в короткоротаційних сівозмiнах

| Варіант                                                                          | Сiвозмiна (пшениця озима – ячмiнь – кукурудза на з/к) |                         |                                | Сiвозмiна (кукурудза на силос – пшениця озима – ячмiнь) |                         |                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|                                                                                  | збiр, тонн зерн. од/га                                | насиченiсть, кг д.р./га | окупнiсть, кг зерн. од/кг д.р. | збiр, тонн зерн. од/га                                  | насиченiсть, кг д.р./га | окупнiсть, кг зерн. од./кг д.р. |
| Без добрив (контроль)                                                            | 7,84                                                  | -                       | -                              | 7,72                                                    | -                       | -                               |
| Гнiй                                                                             | 8,68                                                  | 206                     | 4,1                            | 8,68                                                    | 295                     | 3,3                             |
|                                                                                  | 9,50                                                  | 206                     | 8,1                            | 9,26                                                    | 295                     | 5,2                             |
| ОМД порошкоподiбнi                                                               | 9,45                                                  | 240                     | 6,7                            | 9,89                                                    | 360                     | 6,0                             |
|                                                                                  | 10,25                                                 | 240                     | 10,0                           | 10,47                                                   | 360                     | 7,6                             |
| ОМД гранульованi                                                                 | 9,63                                                  | 240                     | 7,5                            | 10,08                                                   | 360                     | 6,6                             |
|                                                                                  | 10,87                                                 | 240                     | 12,6                           | 10,93                                                   | 360                     | 8,9                             |
| NPK                                                                              | 9,14                                                  | 240                     | 5,4                            | 9,17                                                    | 360                     | 4,0                             |
|                                                                                  | 9,75                                                  | 240                     | 7,9                            | 9,85                                                    | 360                     | 5,9                             |
| <b>Примiтка.</b> Над ризикою – за внесення добрив урожай, пiд ризикою – локально |                                                       |                         |                                |                                                         |                         |                                 |

Максимальнi врожаї зеленої маси кукурудзи у прямiй дiї одержано у варіантах пiсля припосiвного локального i розкидного внесення ОМД – прирiст урожаю становив 24-27 % порiвняно з контролем. Загалом за сiвозмiну у цьому дослiдi максимальний сумарний врожай сiльськогосподарських культур одержано у варіантах, де локально вносили гранульованi ОМД – 8,8 т з. од. з 1 га (сумарний врожай на контролi – 7,3 т з. од. з 1 га). Внесення порошкоподiбних добрив локально i врозкид забезпечувало прирiст урожаю на рiвнi 15-18 %. Припосiвне внесення гною пiд кукурудзу на зелений корм забезпечувало за сiвозмiну сумарний урожай культур на рiвнi 7,9-8,3 т з. од. з 1 га, внесення еквiвалентних доз мiнеральних добрив на рiвнi 8,0-8,5 т з. од. з 1 га.

Пiсля передпосiвного i припосiвного внесення порошкоподiбних i гранульованих ОМД пiд ячмiнь врозкид i локально окупнiсть додатковим урожаєм 1 кг дiючої речовини становила 13,7-21,1 кг зернових одиниць (табл. 3).

## 3. Ефективність передпосiвного i припосiвного внесення ОМД в короткоротаційних сiвозмiнах

| Варіант                                                                                      | Сiвозмiна (кукурудза на з/к – пшениця озима – ячмiнь) |                         |                                | Сiвозмiна (ячмiнь – пшениця озима) |                         |                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|                                                                                              | збiр, тонн зерн.од./га                                | насиченiсть, кг д.р./га | окупнiсть, кг зерн.од./кг д.р. | збiр, тонн зерн.од./га             | насиченiсть, кг д.р./га | окупнiсть, кг зерн.од./кг д.р. |
| Без добрив (контроль)                                                                        | 7,25                                                  | -                       | -                              | 3,48                               | -                       | -                              |
| Гнiй                                                                                         | 7,86                                                  | 39                      | 15,6                           | 3,63                               | 31                      | 4,8                            |
|                                                                                              | 8,33                                                  | 39                      | 27,7                           | 3,80                               | 31                      | 10,3                           |
| ОМД порошкоподiбнi                                                                           | 8,31                                                  | 45                      | 23,5                           | 3,97                               | 35                      | 14,0                           |
|                                                                                              | 8,56                                                  | 45                      | 29,1                           | 4,22                               | 35                      | 21,1                           |
| ОМД гранульованi                                                                             | 8,19                                                  | 45                      | 20,9                           | 3,96                               | 35                      | 13,7                           |
|                                                                                              | 8,84                                                  | 45                      | 35,3                           | 4,08                               | 35                      | 17,1                           |
| NPK                                                                                          | 7,96                                                  | 45                      | 15,8                           | 4,08                               | 35                      | 17,1                           |
|                                                                                              | 8,50                                                  | 45                      | 27,8                           | 4,16                               | 35                      | 13,4                           |
| <b>Примiтка.</b> Над ризикою – за передпосiвного внесення добрив, пiд ризикою – припосiвного |                                                       |                         |                                |                                    |                         |                                |

**Висновки.** Розроблено технології виробництва ОМД на основi місцевої сировини. Встановлено, що важливою особливiстю нових видiв добрив є можливiсть коригування їх властивостей залежно вiд умов, де їх будуть використовувати. Визначено, що за технологiчним процесом передбачається отримання органо-мiнерального комплексу, значну частину якого становить високогумiфiкована органiчна речовина, хiмiчно зв'язана з бiогенними елементами, непродуктивнi витрати яких у процесi зберiгання i пiсля внесення в ґрунт будуть зведенi до мiнiмуму. Для оптимiзацiї живлення рослин на раннiх фазах розвитку i з урахуванням способу внесення до одержаного комплексу додається стартова доза того чи iншого елемента живлення у певному сiввiдношеннi.

На чорноземі типовому важкосуглинковому встановлено агрохімічну ефективність застосування в короткоротаційних сівозмінах ОМД, порівняно з органічними і мінеральними добривами, які вносили в еквівалентних дозах окремо. Доведено перевагу ОМД перед традиційними добривами. Гранульована форма ОМД за ефективністю дії та післядії на врожайність сільськогосподарських культур мала перевагу, порівняно з порошкоподібними добривами аналогічного складу. Внесення комплексних ОМД в дозах, рекомендованих для припосівного і передпосівного внесення, слід розглядати лише з урахуванням їх прямої дії на врожайність культур.

#### Список використаної літератури

1. *Агроекологія* / [М.М. Городний, М.К. Шикуча, М.Ф. Повхан та ін.]. – К.: Вища школа, 1993. – 416 с.
2. *Виговська Г.П.* Структура відходів в Україні, їх джерела та кількісні показники / Г.П. Виговська // *Рідна природа*. – 2004. – № 3–4. – С. 23–25.
3. *Вторичные материальные ресурсы номенклатуры Госснаба СССР.* (Образование и использование): [справочник]. – М.: Экономика, 1987. – 244 с.
4. *Крамарев С.М.* Физико-механические свойства нового вида органо-минерального удобрения пролонгированного действия / С.М. Крамарев, А.С. Матросов // *Агрохимия*. – 2003. – № 2. – С. 37–44.
5. *Ляковский М.И.* Влияние сложного органо-минерального удобрения на основе гидролизного лигнина на рост и продуктивность овощных культур / М.И. Ляковский // *Агрохимия*. – 2003. – № 4. – С. 29–38.
6. *Ляковский М.И.* Формирование морфоструктуры, накопления и ассимиляции азота у растений яровой пшеницы под влиянием сложного органо-минерального удобрения / М.И. Ляковский // *Агрохимия*. – 1997. – № 7. – С. 32–43.
7. *Бацула О.О.* Концептуальна модель механізму гумусоутворення / О.О. Бацула, Є.В. Скрильник // *Вісник ХДАУ – Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»*. – 2001 – № 3. – С. 45–52.
8. *Перспективи і напрями виробництва та застосування органо-мінеральних добрив і біостимуляторів в землеробстві України* / Є.В. Скрильник, О.О. Бацула, Р.А. Розумна [та ін.] // *Вісник аграрної науки Півд. рег.* – 2000. – Вип. 1. – С. 223–228.

*Стаття надійшла до редколегії 17.10.2014*

#### AGROCHEMICAL APPROACHES TO THE PRODUCTION OF ORGANO-MINERAL FERTILIZERS AND EFFICIENCY OF THEIR APPLICATION IN SHORT CROP ROTATIONS

E.V. Skrylnik

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky",  
Kharkiv, Ukraine  
(orgmin@mail.ru)

The aim was to ground theory and technologically the processes of production of organic and organo-mineral fertilizers from local raw material on the basis of the managed bioconditioning and to define agrochemical efficiency of their application in short crop rotations. Methods: the field, laboratory-analytical methods. Results: there has been elaborated a unified approach regarding a regulated processing of raw materials into fertilizers; said approach is based on a conceptual model of humus compositions formation in the course of bio conditioning, and on conceptual essentials of creating the organic and organo-mineral fertilizers as well. The innovative approaches enable us to expand functional capabilities of reagents and special-purpose additives. There has been found an advantage of organic and organo-mineral fertilizers in short-rotational cropping, as compared to organic and organo-mineral fertilizers being routinely applied separately in equivalent doses. Conclusions: an advantage of localized application of organic and organo-mineral fertilizers, contrast to manner of even dissipation hereof, has been proven. The granulated organic and organo-mineral fertilizers, owing to direct effect and after-effect on increase of crops yield, have shown their advantage versus powder-like fertilizers of similar composition. Application of complex organic and organo-mineral fertilizers in doses recommended for now- sowing and pre- sowing application, should only be considered with regard to their direct impact on the yield of crops.

**Key words:** local raw materials; technologies; organo-mineral fertilizers; efficiency; plants.

УДК 631.8:633:631.6 (477.72)

## ВПЛИВ ДОБРИВ ТА МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

**І.О. Біднина**

**Інститут зрошуваного землеробства НААН**

73483, м. Херсон, сел. Наддніпрянське  
(irinabidnina@mail.ru)

Метою роботи було визначення ефективності вирощування кукурудзи МВС, пшениці озимої та ячменю ярого на різних фонах живлення за проведення передпосівної бактеризації насіння. Дослідження проводили у польових умовах на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті у межах дослідного поля Інституту зрошуваного землеробства НААН (у Херсонській області) упродовж 2011-2013 років. У досліді вивчали вплив бактеризації насіння кукурудзи, ячменю ярого і пшениці озимої мікробними препаратами на ділянках без добрив, з добривами та за їх застосування на фоні заорювання стебел кукурудзи. Визначено, що найбільш ефективною є передпосівна обробка насіння мікробними препаратами за внесення  $N_{90}P_{60}$  на фоні заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію восьмипільної сівозміни. Цим забезпечується формування високої продуктивності та найвищої окупності мінеральних добрив приростом урожаю.

**Ключові слова:** збір кормових одиниць; економічна ефективність; кукурудза МВС; мікробні препарати; мінеральні добрива; ячмінь ярий; пшениця озима; урожайність.

**Вступ.** Вирощування високих урожаїв сільськогосподарських культур належної якості завжди було і залишається актуальним питанням сільськогосподарського виробництва. В теперішніх складних економічних умовах гостро постає питання розробки нових підходів у землеробстві для підвищення продуктивності культур за рахунок менш витратних технологій.

Окрім внесення традиційних мінеральних і органічних добрив у сучасній системі удобрення раціональним є заорювання сидератів, післяжнивних решток у вигляді соломи колосових культур, стебел кукурудзи, а також застосування досить ефективних і, разом з тим, недорогих бактеріальних препаратів. Все це дозволяє знизити дози мінеральних добрив, підвищити ефективність використання основних елементів живлення, а отже й знизити хімічне навантаження на ґрунт, поліпшити його фізико-хімічні властивості та структуру. Встановлено, що застосування мікробних препаратів дозволяє скоротити дозу мінеральних добрив на 30 % без зниження продуктивності сільськогосподарських культур. Крім того їх використання за своєю дією може прирівнюватись до внесення 40-60 кг/га мінерального азоту та 15-30 кг/га фосфору [1-3].

**Мета роботи** – визначення ефективності вирощування кукурудзи МВС, пшениці озимої та ячменю ярого на різних фонах живлення за проведення передпосівної бактеризації насіння.

**Методика досліджень.** Дослідження проведено на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті у межах польового досліді на території дослідного поля Інституту зрошуваного землеробства НААН (м. Херсон, сел. Наддніпрянське) упродовж 2011-2013 років. Попередником кукурудзи МВС у восьмипільній сівозміні була кукурудза на зерно (2010), після збирання якої залишки стебел було заорано (10 т/га, один раз за ротацію восьмипільної сівозміни).

У досліді вивчали вплив бактеризації насіння трьох культур мікробними препаратами на ділянках без добрив і за внесення  $N_{90}P_{60}$  на фоні заорювання стебел

кукурудзи та  $N_{110}P_{80}$  – середня за роки досліджень, в т.ч. під кукурудзу –  $N_{60}P_{60}$ , ячмінь –  $N_{150}P_{90}$ , пшеницю –  $N_{120}P_{90}$ .

Агротехніка вирощування культур була загально визнаною для зрошуваних умов Степу України. Мінеральні добрива (аміачну селітру та гранульований суперфосфат) вносили восени під основний обробіток ґрунту. Поливи проводили дощувальною машиною ДДА-100МА. Насіння культур перед сівбою обробляли такими мікробним препаратами: *азотфіксуювальними* (АФБ): біогран (кукурудза), мікрогумін (ячмінь ярий), діазофіт (пшениця озима) та *фосфатмобілізувальними* (ФМБ): поліміксобактерин (кукурудза, пшениця озима), фосфоентерин (ячмінь ярий) відповідно до інструкції з їх використання. Норми витрат препаратів на одну гектарну норму висіву насіння становили: біограну – 10 кг, мікрогуміну – 200 г, діазофіту – 100 мл, поліміксобактерину – 60 мл (для кукурудзи) та 150 мл (для пшениці), фосфоентерину – 100 мл.

Вміст у рослинній продукції білка визначали за ДСТУ 4117:2007, сирого крохмалю – за ГОСТ 10845-76, клейковини – за ГОСТ 13586,1-68.

**Результати досліджень.** З'ясовано, що використання мікробних препаратів позитивно відобразилось на урожаї як зеленої маси кукурудзи МВС, так і зерна ячменю ярого та пшениці озимої на всіх фонах живлення (табл. 1).

**1. Вплив мікробних препаратів і фонів удобрення на врожай культур та збір кормових одиниць (2011-2013 рр.)**

| Варіант                   | Урожайність, т/га      |              |                | Збір кормових одиниць, т/га |              |                |
|---------------------------|------------------------|--------------|----------------|-----------------------------|--------------|----------------|
|                           | зеленої маси кукурудзи | зерна        |                | зеленої маси кукурудзи      | зерна        |                |
|                           |                        | ячменю ярого | пшениці озимої |                             | ячменю ярого | пшениці озимої |
| без добрив                | 34,8                   | 2,8          | 4,5            | 7,7                         | 3,2          | 5,2            |
| без добрив + АФБ          | 36,3                   | 3,1          | 4,9            | 8,0                         | 3,5          | 5,5            |
| без добрив + ФМБ          | 35,6                   | 3,1          | 4,9            | 7,8                         | 3,5          | 5,5            |
| $N_{90}P_{60}^{1)}$       | 44,0                   | 3,5          | 5,8            | 9,7                         | 4,0          | 6,9            |
| $N_{90}P_{60}^{1)} + АФБ$ | 46,2                   | 3,9          | 6,7            | 10,2                        | 4,5          | 7,6            |
| $N_{90}P_{60}^{1)} + ФМБ$ | 45,8                   | 4,0          | 6,8            | 10,1                        | 4,5          | 7,6            |
| $N_{110}P_{80}$           | 41,1                   | 3,6          | 6,0            | 9,0                         | 4,2          | 7,1            |
| $N_{110}P_{80} + АФБ$     | 43,3                   | 4,0          | 6,9            | 9,5                         | 4,6          | 7,7            |
| $N_{110}P_{80} + ФМБ$     | 42,6                   | 4,0          | 7,0            | 9,4                         | 4,6          | 7,7            |
| $НІР_{05}$                | 1,2                    | 0,2          | 0,2            | 0,3                         | 0,2          | 0,3            |

<sup>1)</sup> На фоні заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни

Найвищі прирости врожаю культур здобули завдяки застосуванню мікробних препаратів на фоні заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни за внесення  $N_{90}P_{60}$ . Так, урожай зеленої маси кукурудзи МВС суттєво збільшився відносно неудобрених ділянок на 32-33 %, зерна ячменю ярого – на 39-43 %, пшениці озимої – на 49-51 %, а відносно даного фону живлення без використання АФБ і ФМБ – відповідно на 4-5 %, 11-14 % та 15-17 %.

Збір кормових одиниць також збільшувався в результаті бактеризації насіння та внесення добрив. Так, після обробки насіння кукурудзи мікробними препаратами максимальним цей показник був за внесення  $N_{90}P_{60}$  на фоні заорювання стебел кукурудзи та, відповідно, становив 10,1-10,2 т/га, що перевищило дані з неудобрених ділянок на 33-34 %. За іншої системи мінерального живлення збір кормових одиниць був дещо нижчим і становив 9,4-9,5 т/га (приріст 24-25 %). Збір кормових одиниць ячменю ярого і пшениці озимої за обох систем живлення в результаті бактеризації насіння варіював в однакових межах 4,5-4,6 т/га та 7,6-7,7 т/га, що більше за контроль без добрив відповідно на 41-44 % та 46-48 %.

Обробка насіння сільськогосподарських культур мікробними препаратами в середньому за роки досліджень сприяла підвищенню збору кормових одиниць на всіх фонах живлення (табл. 2). У середньому за роки досліджень визначено, що максимальний приріст збору кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі здобуто в результаті бактеризації насіння культур на фоні внесення  $N_{90}P_{60}$  і заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни.

**2. Продуктивність 1 га сівозмінної площі під впливом мікробних препаратів та удобрення (2011-2013 рр.)**

| Варіант                            | Збір, т/га       |       |                 |            |
|------------------------------------|------------------|-------|-----------------|------------|
|                                    | кормових одиниць | білка | сирого крохмалю | клейковини |
| без добрив                         | 5,4              | 0,33  | 1,40            | 1,06       |
| без добрив + АФБ                   | 5,7              | 0,37  | 1,56            | 1,18       |
| без добрив + ФМБ                   | 5,6              | 0,37  | 1,57            | 1,15       |
| $N_{90}P_{60}$ <sup>1)</sup>       | 6,9              | 0,51  | 1,82            | 2,02       |
| $N_{90}P_{60}$ <sup>1)</sup> + АФБ | 7,4              | 0,62  | 2,05            | 2,47       |
| $N_{90}P_{60}$ <sup>1)</sup> + ФМБ | 7,4              | 0,62  | 2,11            | 2,37       |
| $N_{110}P_{80}$                    | 6,8              | 0,53  | 1,85            | 2,06       |
| $N_{110}P_{80}$ + АФБ              | 7,3              | 0,61  | 2,06            | 2,39       |
| $N_{110}P_{80}$ + ФМБ              | 7,2              | 0,61  | 2,07            | 2,39       |

<sup>1)</sup> На фоні заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни

Приріст відносно варіанту без добрив і мікробних препаратів становив 37 %, тоді як на фоні мінерального живлення з середньою дозою  $N_{110}P_{80}$  приріст від бактеризації становив 33-35 %.

За меншої дози мінеральних добрив високим був і збір білка – 0,62 т/га, (приріст відносно варіанту без добрив і мікробних препаратів становив 88 %, а відносно неудобрених ділянок з бактеризацією – 68 %). Збір сирого крохмалю і клейковини найвищими були також на фонів заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни за внесення  $N_{90}P_{60}$ . При цьому збір крохмалю був максимальним після обробки насіння ФМБ (2,11 т/га), а клейковини – АФБ (2,47 т/га).

Розрахунками економічної ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур визначено, що комплексне використання біопрепаратів і мінеральних добрив позитивно позначилось на чистому прибутку – найвищим він був за вирощування кукурудзи, насіння якої було оброблене АФБ – 4711 грн/га, а інших культур – ФМБ: ячменю ярого – 3266 грн/га та пшениці озимої – 7276 грн/га (табл. 3).

**3. Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур та окупність застосування мінеральних добрив (2011-2013 рр.)**

| Варіант                            | Чистий прибуток, грн/га |             |               | Окупність 1 кг діючої речовини мінеральних добрив приростом, кг |              |                  |
|------------------------------------|-------------------------|-------------|---------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|------------------|
|                                    | кукурудза МВС           | ячмінь ярий | пшениця озима | зеленої маси                                                    | урожаю зерна | кормових одиниць |
| без добрив                         | 3560                    | 2340        | 4100          | -                                                               | -            | -                |
| без добрив + АФБ                   | 3840                    | 2788        | 4645          | -                                                               | -            | -                |
| без добрив + ФМБ                   | 3685                    | 2755        | 4585          | -                                                               | -            | -                |
| $N_{90}P_{60}$ <sup>1)</sup>       | 4291                    | 2419        | 5931          | 6,1                                                             | 7,1          | 10,0             |
| $N_{90}P_{60}$ <sup>1)</sup> + АФБ | 4711                    | 3191        | 7176          | 7,6                                                             | 10,7         | 13,3             |
| $N_{90}P_{60}$ <sup>1)</sup> + ФМБ | 4616                    | 3266        | 7276          | 7,3                                                             | 11,0         | 13,3             |
| $N_{110}P_{80}$                    | 3940                    | 2037        | 5731          | 5,3                                                             | 5,3          | 7,4              |
| $N_{110}P_{80}$ + АФБ              | 4360                    | 2629        | 6816          | 7,1                                                             | 7,4          | 10,0             |
| $N_{110}P_{80}$ + ФМБ              | 4205                    | 2686        | 6956          | 6,5                                                             | 7,6          | 9,5              |

<sup>1)</sup> На фоні заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни

У середньому за роки досліджень найвищої окупності внесених мінеральних добрив приростом урожаю зеленої маси, зерна і кормових одиниць досягнуто також

за бактеризації насіння на фоні застосування  $N_{90}P_{60}$  і заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни.

**Висновки.** Найбільш економічно доцільним для вирощування кукурудзи, ячменю та пшениці озимої у зрошуваних умовах є обробка насіння перед сівбою мікробними препаратами на фоні заорювання стебел кукурудзи один раз за ротацію сівозміни та внесення добрив дозою  $N_{90}P_{60}$ , що забезпечує формування високої продуктивності та найвищої окупності мінеральних добрив приростом урожаю.

#### Список використаної літератури

1. Волкогон В.В. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: Монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Т.М. Ковалевська та ін. – К.: Аграрна наука, 2006. – 312 с.
2. Патица В.П. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В.П. Патица, І.А. Тихонович, І.Д. Філіп'єв та ін. – К.: Урожай, 1993. – 176 с.
3. Волкогон В.В. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Волкогон, А.С. Заришняк, І.В. Гриник та ін. – К.: Аграрна наука, 2011. – 156 с.

Стаття надійшла до редколегії 14.07.2014

#### INFLUENCE OF FERTILIZERS AND MICROBIAL PREPARATION ON CROPS EFFICIENCY UNDER IRRIGATION IN SOUTHERN UKRAINE

I.O. Bidnyna

Institute for irrigated agriculture NAAS  
(irinabidnina@mail.ru)

The object of this work was the determination of the effectiveness of growing corn breast wax ripeness, winter wheat and spring barley on the different nutritious backgrounds during carrying out the presowing bacterization of their seeds. The studies were performed on dark chestnut middle loam soil within the experimental field of the Institute for irrigated agriculture NAAS during 2011-2013 years. In the experiment it was studied the effect of seed corn bacterization breastwax ripeness, spring barley, winter wheat microbial drugs in areas without the use of fertilizers, with fertilizers and fertilizer application when adding corn stalks. It was established that the most economically feasible is the cultivation of crops for seeds treatment before sowing microbial agents on the background making corn stalks once for crop rotation and application of fertilizers dose  $N_{90}P_{60}$  providing high productivity and profitability of mineral fertilizers to increase crop.

**Key words:** fertilizer; microbial preparations; corn milk wax ripeness; spring barley; winter wheat; yield; collection of fodder units; economic efficiency.

УДК 634.10:631.41:631.811

#### ДІАГНОСТИКА ЯКОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Т.В. Малюк

Мелітопольська дослідна станція садівництва імені М.Ф. Сидоренка ІС НААН  
(iosuaan@zp.ukrtel.net)

Метою роботи є діагностика мінерального живлення яблуні і груші шляхом виявлення змін властивостей удобрюваного ґрунту через комплекс критеріїв, які характеризують якість живлення рослин. Дослідження проводили у польових дослідах з вивчення систем мінерального живлення груші та яблуні з урахуванням особливостей ґрунтових умов півдня України, вікових періодів та технології вирощування насаджень на землях Мелітопольської дослідної станції садівництва імені М.Ф. Сидоренка ІС НААН. Схемами дослідів передбачено різні дози, форми, способи та співвідношення НРК в насадженнях чотирьох сортів груші (Весільна, Пектораль, Ізюминка Криму, Конференція) та двох сортів яблуні (Айдаред та Флоріна). Виявили, що рівень накопичення поживних речовин у чорноземі південному й інтенсивність їх поглинання деревами залежать від зміни вмісту

елементів живлення внаслідок удобрення, а також гідротермічного режиму ґрунту. Найбільше надходження NPK у рослини констатовано за вологості ґрунту 70-80 % НВ, температури 22-26 °С і вмісту  $\text{N-NO}_3$  у ґрунті – 14,5-21,7 мг/кг,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 3,9-5,0 мг/100 г,  $\text{K}_2\text{O}$  – 29,4-37,2 мг/100 г. За результатами аналізу якості мінерального живлення яблуні і груші визначено, що оптимальними параметрами для проходження фізіолого-біохімічних та продукційних процесів є вміст азоту і калію в листках яблуні та груші у межах 1,8-2,2 % і 0,35-0,60 % відповідно, співвідношення N:P:K – 4,6-5,7:1:1-2,3, вміст  $\text{P}_2\text{O}_5$  у ґрунті – 3,5-4,6 мг/100 г. Також доведено, що збалансоване мінеральне живлення підвищує загальну стійкість плодових дерев до несприятливих факторів.

**Ключові слова:** діагностика живлення; насадження яблуні і груші; оптимальний вміст елементів; урожайність.

Застосування добрив є потужним заходом, який дозволяє регулювати продуктивність плодових культур. Проте надлишкове або несвоєчасне живлення, може зумовити погіршення якості продукції, надлишковий вегетативний ріст і забруднення довкілля. Звідси витікає завдання щодо оптимізації мінерального живлення рослин для визначення реальних потреб в елементах живлення [1, 2].

До теперішнього часу накопичено значну кількість даних щодо діагностики мінерального живлення рослин на основі різноманітних методів. Проте, унаслідок того, що досліді проведено в різних умовах і підходи до вивчення цього питання були неоднаковими, наявні дані не завжди дозволяють надати конкретні рекомендації щодо оптимізації живлення плодових культур для певних регіонів. Недоліком є й те, що зміни властивостей ґрунтів переважно оцінювали лише за одним критерієм – урожайність або прибавка урожайності від внесення мінеральних добрив [3].

На сучасному етапі для науково обґрунтованої оцінки систем удобрення та змін під їх впливом агрохімічних властивостей ґрунтів необхідні дані з так званої «якості живлення» рослин мінеральними речовинами. З якістю живлення функціонально пов'язані всі продукційні процеси рослин і вона, своєю чергою, безпосередньо залежить від якості ґрунту [1–4].

Таким чином, екологічний підхід до визначення змін агрохімічних властивостей ґрунтів під впливом антропогенної дії потребує споріднених досліджень щодо змін агрохімічних властивостей ґрунтів та реакції рослин на ці зміни стосовно кожного агроландшафту, зокрема, плодового агроценозу.

Унаслідок цього виникла потреба у проведенні досліджень з діагностики мінерального живлення найцінніших промислових культур – яблуні і груші, заснованих на спорідненому вивченні змін властивостей ґрунтів унаслідок удобрення та комплексу критеріїв, які характеризують якість живлення рослин.

**Методи досліджень.** Дослідження проведено (протягом 2003–2014 рр.) на базі стаціонарних польових дослідів з вивчення особливостей тривалого застосування різних систем внесення мінеральних добрив у насадженнях яблуні сортів Айдаред і Флоріна та груші сортів Весільна, Пектораль, Конференція, Ізюминка Криму.

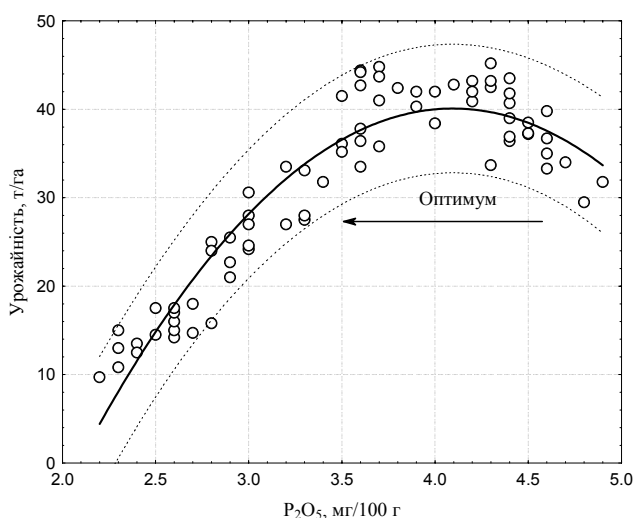
Досліджуваний ґрунт – чорнозем південний важкосуглинковий характеризується такими показниками (у шарі 0-60 см): гумус – 2,33 %, pH – 7,8, сума увібраних катіонів – 47,0 мекв/100 г ґрунту,  $\text{Na}+\text{K}_{(\text{увібр.})}$  – 0,9 % від суми катіонів. Вміст рухомих сполук фосфору і калію (за методом Мачигіна) у шарі 0-40 см становить 2,6 і 28,0 мг/100 г ґрунту відповідно. Система утримання ґрунту – парова.

У пробах ґрунту, відібраних у динаміці впродовж вегетації плодових культур визначали вміст мінеральних форм азоту, фосфору і калію за загальноприйнятими методиками. У рослинних зразках (листки) встановлювали загальний вміст NPK за Гінзбург, Щегловою [5], швидкість перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) мембран – за накопиченням малонового діальдегіду (МДА) за реакцією з тіобарбітуровою кислотою

[6]. Математичну обробку даних проводили з використанням програм *Microsoft Excel* і *Statistica 6.0*.

**Результати досліджень.** Віднайдено дані щодо вмісту, розподілу і співвідношення елементів у рослинах залежно від змін ґрунтових умов унаслідок застосування добрив. Так, вміст азоту в листках дерев яблуні і груші упродовж вегетації визначався кількома факторами: він зменшувався з віком рослин, а також залежав від вологості і температури ґрунту та вмісту в ньому поживних речовин. Найбільше надходження NPKу плоді культур відмічено за вологості ґрунту 70-80 % НВ, температури ґрунту (22-26 °С) і вмісту N-NO<sub>3</sub> у ґрунті 9,5-16,7 мг/кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 3,9-5,0 мг/100 г, K<sub>2</sub>O – 29,4-37,2 мг/100 г.

З метою удосконалення діагностики фосфорного режиму ґрунту, актуальність якої обумовлена слабким реагуванням яблуні на застосування фосфорних добрив, окремо проаналізовано залежність вмісту P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у ґрунті, з реакцією рослин на удобрення. Установлено, що оптимальній якості живлення яблуні цим елементом,



**Рис. Оптимальний діапазон вмісту у ґрунті P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

яка обумовлює формування понад 30 т/га плодів сортів Айдаред і Флоріна, відповідає діапазон вмісту P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у ґрунті 3,5-4,6 мг/100г (рисунок).

Згідно з градаціями, встановленими для плодів культур [7], такий вміст P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у ґрунті відповідає середньому рівню забезпеченості. Водночас, як показали дослідження, збільшення вмісту фосфору у ґрунті за рахунок добрив до підвищеного рівня не призводить до відповідного зростання врожайності яблуні. Зважаючи, на те, що урожайність є інтегрованим показником умов живлення рослин,

рівень вмісту P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, що забезпечує отримання запланованого врожаю плодів високої екологічної якості, за економії матеріальних ресурсів може вважатися нормативним (оптимальним) для даних умов.

Крім того, результати досліджень, детально описані у попередніх публікаціях [8, 9], свідчать, що оптимальний діапазон вмісту азоту і калію в листках яблуні і груші, в межах якого зберігається оптимальна якість їх живлення і досягається урожайність не менше ніж 25 т/га, не перевищує 1,8-2,2 % і 0,35-0,60 % відповідно по елементах. Використання у сучасних умовах раніше визначених середніх значень оптимуму концентрації цих елементів для діагностичних цілей та встановлення доз добрив може зумовити зниження ефективності добрив та зростання екологічного навантаження на ґрунт унаслідок їх надлишкового застосування.

Водночас інформативним показником, з огляду на збалансоване мінеральне живлення, крім оптимальних діапазонів вмісту азоту, фосфору і калію, вважається й їхнє співвідношення (як усіх елементів, так і окремих пар) у різні періоди онтогенезу [2]. Так, з метою поглибленого вивчення особливостей мінерального живлення визначено оптимальні співвідношення N:P:K у різні фази розвитку зерняткових культур.

Наприкладі груші встановлено, що підвищеною забезпеченістю (тобто слабкою потребою в азоті) характеризуються дерева сортів Пектораль і Весільна із співвідношенням N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у межах 5,5-7,0, середньою – 3,0-5,5, низькою – < 3,0. Аналіз «якості живлення» за трьома елементами свідчить про те, що кращому загальному

стану дерев, вищому вмісту хлорофілу, підвищеному ступеню засвоєння речовин у період активного росту відповідає співвідношення N:P:K – 4,6-5,7 : 1 : 1,1-2,3 (табл. 1). Аналогічні закономірності отримано і для двох сортів яблуні.

### 1. Аналіз якості живлення дерев груші за співвідношенням N:P:K в листках

| Співвідношення<br>N:P:K | Діапазон<br>концентрації<br>хлорофілу,<br>% а.с.р. | Діапазон<br>середньозваженого<br>коефіцієнта<br>засвоєння NPK, % | Діапазон площі<br>листової поверхні,<br>м <sup>2</sup> /дер. |
|-------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 2,7-3,8 : 1 : 2,1-3,0   | 0,48÷0,54                                          | 4,6÷4,9                                                          | 4,8÷6,4                                                      |
| 3,8-4,5 : 1 : 1,8-2,6   | 0,65÷0,78                                          | 8,4÷9,0                                                          | 5,9÷7,6                                                      |
| 4,6-5,7 : 1 : 1,1-2,3   | 1,00÷1,12                                          | 10,3÷10,6                                                        | 10,9÷11,4                                                    |
| 5,8-6,6 : 1 : 1,0-1,6   | 0,81÷1,00                                          | 9,3÷10,0                                                         | 10,2÷11,5                                                    |
| 6,7-7,5 : 1 : 0,7-1,1   | 0,85÷0,97                                          | 6,1÷7,1                                                          | 7,6÷11,1                                                     |
| 7,6-11,1 : 1 : 0,5-1,0  | 0,66÷0,71                                          | 5,7÷6,9                                                          | 7,8÷10,9                                                     |

Ще одним критерієм оцінки змін фізіологічного стану рослин на рівні клітини унаслідок дії зовнішніх факторів, зокрема засолення ґрунту, застосування агрохімікатів тощо, є інтенсивність утворення продуктів ПОЛ [10]. У дослідженнях з однорічними деревами груші сорту Весільна виявлено вплив добрив на рівень стресостійкості рослин, а саме, на накопичення кінцевого продукту ПОЛ – малонового діальдегіду (МДА). Встановлено, що відразу після весняного внесення добрив рослини, очевидно, сприймають їх як стрес-фактор, оскільки рівень МДА в листках різко зростає (на 39–65 %) відносно контролю (25,4 нмоль/г сирової маси). До кінця літнього періоду вміст МДА в листках контролю та варіантах з виключенням одного або кількох елементів із поживної суміші підвищився майже втричі, що свідчить про погіршення умов зростання (табл. 2).

Водночас встановлено, що варіант із внесенням N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> характеризувався значно нижчим рівнем МДА (37,6-43,2 нмоль/г). Тобто, за збалансованого мінерального живлення підвищується загальна стійкість плодкових дерев до несприятливих факторів.

Таким чином, зерняткові культури добре засвоюють поживні речовини з ґрунту та раціонально їх використовують на активізацію продукційних процесів за певних гідротермічних умов, відсутності нестачі окремих елементів живлення, а також збалансованої їх кількості у ґрунті. Надлишкові дози удобрення не призводять до збільшення накопичення рослинами органічних речовин, і як наслідок, збільшення врожайності.

### 2. Динаміка вмісту малонового діальдегіду в листках груші під дією добрив (2014)

| Варіант досліджу                                 | Вміст малонового діальдегіду, нмоль/г, |                                 |       |       |       |       |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                                  | дата визначення                        |                                 |       |       |       |       |
|                                                  | 06.05                                  | 21.05                           | 10.06 | 07.07 | 29.07 | 12.08 |
| Контроль<br>(без удобрення)                      | 25,4                                   | 36,4                            | 39,6  | 45,4  | 52,4  | 60,1  |
| N <sub>60</sub> P <sub>45</sub>                  | 35,3                                   | 38,9                            | 45,4  | 46,2  | 48,7  | 54,6  |
| N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                  | 40,6                                   | 42,1                            | 46,9  | 46,7  | 54,2  | 61,7  |
| P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>                  | 39,5                                   | 46,7                            | 54,2  | 59,4  | 65,4  | 69,4  |
| N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>  | 40,1                                   | 37,2                            | 38,4  | 37,6  | 39,7  | 43,2  |
| N <sub>120</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub> | 42,6                                   | 45,6                            | 48,5  | 45,9  | 47,6  | 50,6  |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>  | 41,4                                   | 44,1                            | 47,6  | 49,4  | 52,9  | 60,9  |
| N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>120</sub> | 41,4                                   | 43,2                            | 49,4  | 52,6  | 54,5  | 61,9  |
| HIP <sub>05</sub>                                | 1,6                                    | F <sub>T</sub> < F <sub>n</sub> | 2,5   | 2,7   | 1,9   | 2,8   |

Тобто, із дослідженої взаємодії в системі «ґрунт – плодова рослина – добрива» можна зробити висновок, що для досягнення максимальної продуктивності зерняткових культур за економного використання ресурсів для підтримання високого рівня стресостійкості рослин необхідним є досягнення оптимального рівня вмісту поживних речовин у ґрунті за рахунок раціонального застосування добрив.

### Висновки

1. Рівень накопичення поживних речовин у чорноземі південному й інтенсивність їх поглинання деревами зерняткових культур залежать від зміни вмісту елементів живлення внаслідок удобрення, а також гідротермічного режиму ґрунту. Найбільше надходження NPK у рослини відмічено за вологості 70–80 % НВ, температури 22–26 °С і вмісту N-NO<sub>3</sub> у ґрунті – 14,5-21,7 мг/кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 3,9-5,0 мг/100 г, K<sub>2</sub>O – 29,4-37,2 мг/100 г.

2. Аналіз якості мінерального живлення яблуні і груші показав, що оптимальними параметрами для проходження фізіолого-біохімічних та продукційних процесів є вміст азоту і калію в листках яблуні та груші у межах 1,8-2,2 % і 0,35-0,60 % відповідно, співвідношення N:P:K – 4,6-5,7:1:1,1-2,3, вміст P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у ґрунті – 3,5-4,6 мг/100 г.

3. Доведено, що за збалансованого мінерального живлення за трьома макроелементами підвищується загальна стійкість плодових дерев до несприятливих факторів.

### Список використаної літератури

1. Кондаков А.К. О проблемах удобрения и методики их исследования / А.К. Кондаков // Научные основы эффективного садоводства : труды / ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Воронеж: Кварта, 2006. – С. 209-215.
2. Сергеева Н.Н. Критерии оценки эффективности применения интегрированной системы удобрения в садовых агроценозах интенсивного типа / Н.Н. Сергеева, М.Е. Захарова, Н.П. Федоркова // Оптимизация технологико-экономических параметров структуры агроценозов и регламентов возделывания плодовых культур и винограда. – Краснодар, 2008. – Т.1. – С. 253-257.
3. Ельников И.И. О разработке нормативов изменения агрохимических свойств почв / И.И. Ельников // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – 2008. – Вып. 61. – С. 60-65.
4. Трунов Ю.В. Методика расчета удобрений плодовых культур балансовым методом / Ю.В. Трунов, Т.Н. Гришутина, А.Ю. Филиппов [и др.] // Повышение эффективности садоводства в современных условиях : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Мичуринск, 22-24 декабря 2003 г. – Мичуринск – Научград РФ, 2003. – Т. 1. – С. 237-243.
5. Радов А.С. Практикум по агрохимии: [учеб. и учеб. пособия для высш. с.-х. заведений] / А.С. Радов, И.В. Пустовой, А.В. Корольков ; под ред. И.В. Пустового. – [4-е изд., перераб., доп]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 312 с.
6. Стальная И.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И.Д. Стальная, Т.Г. Гаришвили // Современные методы в биохимии / под ред. В.Н. Ореховича. – М.: Медицина, 1977. – С. 66-68.
7. Садівництво півдня України / Ін-т зрош. садівн.; за ред. В.А. Рульєва. – Запоріжжя: Дике Поле, 2003. – 240 с.
8. Малюк Т.В. Діагностика параметрів взаємозв'язків мінерального живлення та формування урожайності плодових культур за інтенсивних технологій їх вирощування / Т.В. Малюк, Н.Г. Пчолкіна // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2013. – Вип. 17, Т. II. – С. 63-67.
9. Малюк Т.В. До питання про рослинну діагностику калійного живлення яблуні і груші на півдні України / Т.В. Малюк, Н.Г. Пчолкіна // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія». – Вип. 180. – С. 138-143.
10. Кузнецов М.Н. Особенности перекисного окисления липидов мембран в листьях яблони в условиях техногенного загрязнения / М.Н. Кузнецов, П.С. Прудников // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – № 5. – С. 69-72.

Стаття надійшла до редколегії 10.11.2014

### QUALITY DIAGNOSTICS OF MINERAL NUTRITION OF FRUIT CROPS

T.V. Malyuk

Melitopol Research Fruit Growing Station named after M.F. Sydorenko of the Institute of Horticulture, NAAS  
(agrochim.ios@mail.ru)

The research is devoted to diagnostics of mineral nutrition of fruit crops, particularly apples and pears, based on related study of soil properties changes as a result of fertilization and complex of criteria that characterise the quality of plants nutrition. The research was held on the basis of field experiments that studied systems of mineral nutrition of pears and apples, taking into consideration the features of soil conditions of the South of Ukraine, age periods, and technology of growth in the lands of Melitopol fruit growing research station named after M.F. Sydorenko of IH of NAAS. Schemes of the experiments reckon for the study the effect of application of different doses, methods, and ratios of nitrogen, phosphorus, and potassium in orchards on 4 pear varieties (Vesilna, Pektoral, IzuminkaKrimu, Conference) and 2 apple varieties (Idared and Florina). It has been determined that the level of nutrients accumulation in southern chernozem and intensity of their absorption by the trees depend on changes of contents of nutrients as a result of fertilization, and hydrothermal regime of the soil as well. The largest income of NPK in the plants has been observed in case of humidity of 70-80% of field capacity, temperature of 22-26 °C and the contents of N-NO<sub>3</sub> in the soil – 14.5-21.7 mg/kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–3.9-5.0 mg/100 g, K<sub>2</sub>O –29.4-37.2mg/100 g. As a result of the analysis of apple and pear mineral nutrition quality it has been determined that optimal parameters for passage of physiological and biochemical processes are: contents of nitrogen and potassium in the leaves of apples and pears within 1.8-2.2 % і 0.35-0.60 % respectively, N:P:K ratio – 4.6-5.7:1:1.1-2.3, contents of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the soil – 3.5-4.6 mg/100g. It has been also proved that balanced mineral nutrition increases overall resistance of fruit trees against unfavourable factors.

**Key words:** *diagnostics of nutrition; optimum contents of elements; yield; orchards of apples and pears.*

УДК 631.8.022.3:631.452

## ДО ПРОБЛЕМИ АНАЛІТИЧНОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ ЇХ НОРМИ

О.В. Харченко, В.І. Прасол, Ю.М. Петренко

Сумський національний аграрний університет

м. Суми, вул. Г. Кондратьєва, 160, 40021

(petrenko\_yurii@i.ua)

В роботі обґрунтовано доцільність визначення норм мінеральних добрив з урахуванням виносу основних елементів живлення врожаєм культури. При цьому обов'язковим також є врахування природної родючості ґрунтів та моделі чутливості врожайності до рівня удобреності ґрунту. Доведено, що екологічно обмеженою нормою добрив є еквівалентна її величина. У разі її зменшення ефективність добрив зростає, оскільки частина врожаю формується за рахунок природної родючості ґрунтів, та відмічається дефіцит балансу основних елементів живлення.

**Ключові слова:** *врожай; елементи живлення; ефективність мінеральних добрив; мінеральні добрива; норма добрив; природна родючість ґрунту; екологічні обмеження.*

**Вступ.** Проблема аналітичної оцінки ефективності застосування добрив наразі є актуальною і абсолютно необхідною. З одного боку це викликано необхідністю планування застосування добрив, а оскільки їх ціна далеко не завжди забезпечує економічну доцільність цього заходу при вирощуванні тих чи інших культур, то важливість цього не викликає сумніву. З іншого боку, проблема полягає в недопущенні погіршення якості ґрунтів за таким показником як баланс основних елементів живлення, що так чи інакше має бути встановлено вже на етапі планування.

**Стан вивчення проблеми.** Наразі можна стверджувати, що основними методами встановлення необхідних норм мінеральних добрив під заплановану врожайність є балансовий метод та метод нормативної окупності. Відомо, що в першому методі основним показником, який впливає на результат визначень є коефіцієнт (відсоток) використання елементів із добрив, а в другому – нормативна окупність цих добрив. Все це є справедливим і правильним тільки для тих сортів, для яких були визначені ці показники в польових умовах, або для сортів і гібридів одного

порядку урожайності, а отже й одного порядку їх інтенсивності. У разі вирощування більш урожайних і більш інтенсивних сортів чи гібридів, вказані показники треба уточнювати. Слід також зазначити, що факт постійності коефіцієнта використання елементу з добрив, як і нормативної їх окупності, є справедливим тільки для певного незначного значення норм добрив. Тобто, з підвищенням норм добрив їх ефективність буде зменшуватися.

Загалом можна стверджувати, що ефективність норм мінеральних добрив визначається дією такого закону землеробства як закон спадної дохідності. Суть цього, як відомо, полягає в тому, що кожна наступна норма добрив веде до зменшення її віддачі врожайністю культури. Тобто, характер залежності приросту урожайності ( $\Delta Y$ ) від норм мінеральних добрив ( $X$ ) має куполоподібну форму і може бути описаний рівнянням квадратичної параболи без вільного члена [1]:

$$\Delta Y = aX^2 + \epsilon X, \text{ ц/га} \quad (1)$$

де:  $a$  і  $\epsilon$  – емпіричні коефіцієнти, які є індивідуальними для культур, ґрунтів та умов (сприятливі, середні чи несприятливі).

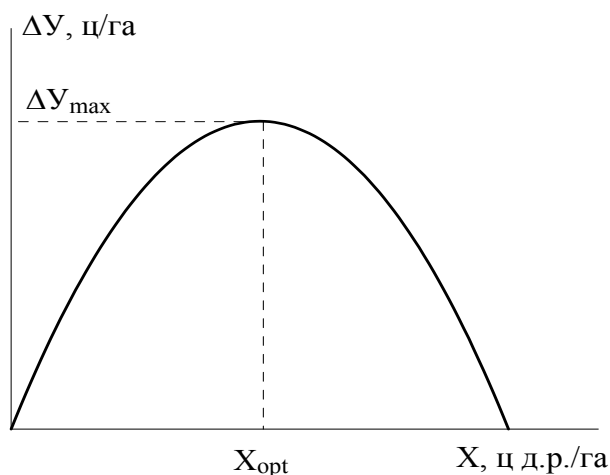
Виходячи з наведеного маємо, що нормативна окупність мінеральних добрив ( $O_{\text{мд}} = aX + \epsilon$ , ц/ц д.р) залежить від самої норми добрив ( $X$ ), а враховуючи, що емпіричний коефіцієнт « $a$ » в залежностях 1 для всіх культур є від'ємним [1, 2], то ця залежність є зворотною, тобто, з підвищенням норм добрив їх нормативна окупність зменшується [2].

**Матеріали та методи.** Експериментальні дані для аналізу ефективності добрив було отримано з результатів польових експериментів у межах Лісостепу.

**Виклад основного матеріалу.** На основі аналізу експериментальних даних для основних сільськогосподарських культур та основних типів ґрунтів держави були побудовані такі залежності для сприятливих, середніх та несприятливих умов [1]. Враховуючи, що вірогідність сприятливих і несприятливих умов приймається на рівні 25 кожні, то за твердженням авторів методики розрахунки слід проводити на середні умови [1]. Так, наприклад, для пшениці озимої на темно-сірих опідзолених ґрунтах та чорноземах опідзолених Лісостепу в середніх за сприятливістю умовах ця залежність має такий вигляд [1, 2]:

$$\Delta Y = -1,20X^2 + 10,16X, \text{ ц/га} \quad (1a)$$

Графічна ілюстрація цієї залежності наведена на рис. 1.



**Рис. 1. Залежність приросту врожайності сільськогосподарської культури на конкретних ґрунтах в середніх за сприятливістю умовах**

При цьому залежність повної урожайності від норм добрив може бути описана таким рівнянням:

$$Y = aX^2 + \epsilon X + c, \text{ ц/га} \quad (2)$$

де  $c$  – урожайність культури, яка може бути сформована за рахунок природної родючості ґрунту.

Якщо урожайність пшениці озимої за рахунок природної родючості в нашому випадку становить 29,8 ц/га [1, 2], то залежність повної урожайності від норм добрив на даних ґрунтах визначиться як:

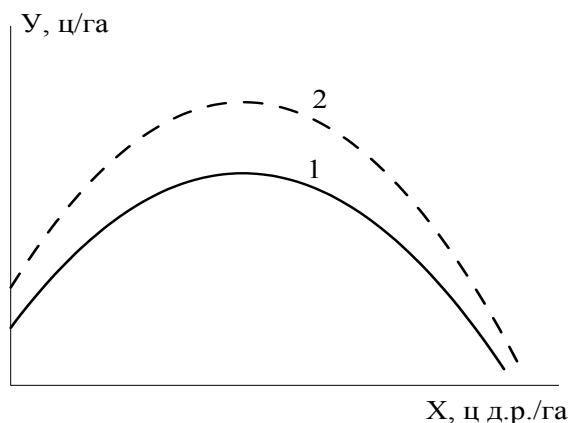
$$Y = -1,20X^2 + 10,16X + 29,8 \text{ ц/га} \quad (2a)$$

Графічну ілюстрацію вказаної залежності наведено на рис. 2 (лінія 1).

Таке трактування ефективності мінеральних добрив цілком відповідає характеру залежності, однак має суттєвий недолік. Суть його полягає в тому, що всі вказані моделі, в тому числі і наведена, одержані для сорту чи групи сортів конкретного проміжку часу.

За впровадження нових, більш продуктивних сортів чи гібридів необхідним є знання особливостей сортової агротехніки. З нашої точки зору обов'язковим в цьому випадку є значення фактичної окупності мінеральних добрив даним сортом. Відсутність таких даних не дозволяє визначитися з залежністю впливу мінеральних добрив на урожайність даного сорту, що є необхідним. Одним із способів встановлення необхідної залежності може бути уточнення тієї, що отримана для базового сорту (див. залежності 1, 1а). Так, наприклад, якщо за останні три роки на даних ґрунтах новий сорт пшениці озимої при нормі мінеральних добрив 150 кг д.р./га забезпечив урожайність 50,6 ц/га, а згідно із залежністю 2а розрахункова урожайність для базового сорту становить 42,2 ц/га, то рівень інтенсивності даного сорту становить 1,20 ( $R_i = 50,6/42,2$ ). Це означає, що даний сорт є на 20 % інтенсивнішим за базовий, а модель відгуку на мінеральні добрива на даних ґрунтах визначається із такої умови:

$$Y = Ri(aX^2 + bX + c) = -AX^2 + BX + C, \text{ ц/га} \quad (3)$$



1 – базовий сорт; 2 – фактичний сорт

**Рис. 2. Залежність повної врожайності пшениці озимої на темно-сірих опідзолених ґрунтах та чорноземах опідзолених Лісостепу в середніх за сприятливістю умовах**

Для нашого випадку маємо (рис. 2):

$$Y = 1,20(-1,20X^2 + 10,16X + 28,0) = -1,44X^2 + 12,19X + 33,8 \text{ ц/га} \quad (3a)$$

Таке трактування підходу до оцінювання впливу добрив на урожайність культури може мати місце, проте не є остаточним. Суть такого обмеження полягає в тому, що воно ніяк не узгоджується з методом, що останніми роками набуває широкого використання, особливо великими орендними підприємствами, і який полягає в реалізації такого закону землеробства як закон повернення поживних речовин у ґрунт.

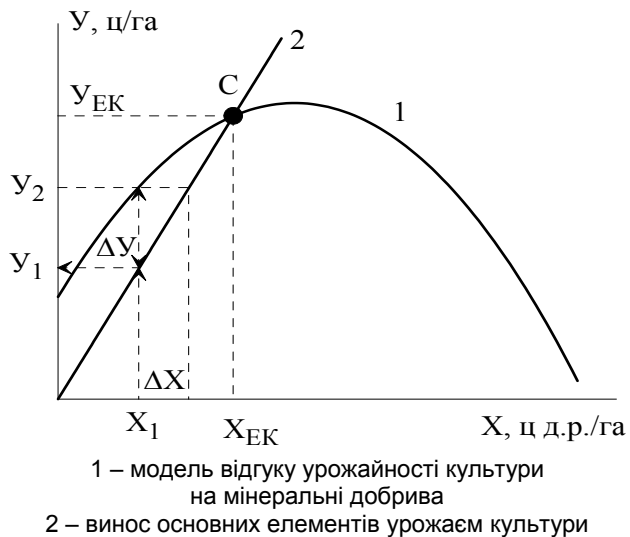
Методично це означає, що норма добрив повинна бути такою, що відповідає кількості винесених основних елементів живлення з урожаєм культури [3]. Тобто, якщо вміст основних елементів живлення в зерні пшениці озимої становить 3,62 кг/ц ( $N = 2,27 \text{ кг}$ ,  $P = 0,80 \text{ кг}$ ,  $K = 0,55 \text{ кг}$ ) [3], то для формування урожайності, наприклад, в 35,0 ц/га необхідна норма добрив становить 126,0 кг/га ( $3,62 \cdot 35,0$ ). Звичайно, з огляду на забезпечення умов бездефіцитності основних елементів, таке трактування проблеми живлення рослин не викликає сумніву, однак при цьому не врахованим залишається природна родючість ґрунту та її вплив на формування врожаю, з одного боку, та врахування встановленої раніше моделі відгуку культури на мінеральні добрива (формула 3) – з іншого. Отже, за законом повернення елементів залежність між урожайністю культури ( $Y$ ) та кількістю елементів, що виносяться, чи запланованою нормою добрив ( $X$ ) має прямолінійний характер і виражається такою умовою:

$$Y = \frac{1}{\sum B_m} X, \text{ ц/га} \quad (4)$$

де:  $\sum B_m$  – сумарний вміст основних елементів живлення в основній продукції, ц д.р./ц.

Схему порівняння двох методичних підходів до удобрення та подальших визначень для прийняття рішень наведено на рис. 3.

Так, за норми добрив  $X_1$  розрахована урожайність становить  $Y_1$ , однак фактично очікувана буде на  $\Delta Y$  більшою, тобто становитиме  $Y_2$ . Отже ця різниця ( $\Delta Y$ ) може вважатися урожайністю культури, що формується за рахунок природної родючості ґрунту на даному фоні удобрення ( $X_1$ ). При цьому винос основних елементів з очікуваним урожаєм  $Y_2$  буде суттєво більшим за надходження в ґрунт,



**Рис. 3. Схема до визначення еквівалентної норми мінеральних добрив**

оскільки це надходження може забезпечити урожайність тільки  $Y_1$ . Сумарний дефіцит основних елементів при цьому становитиме  $\Delta X$ , ц д.р./га (рис. 3).

Отже, тільки за еквівалентної норми добрив ( $X_{EK}$ ) має місце співпадіння врожайностей (точка C), а сама величина її є еквівалентною ( $Y_{EK}$ ), за якої має місце бездефіцитний баланс основних елементів. У разі підвищення норм добрив урожайність культури буде обмежуватися моделлю відгуку культури на добрива (рис. 3), а в ґрунті забезпечуватиметься профіцит основних елементів.

Математично еквівалентна норма добрив, що відповідає критичній точці (точка C), визначається із умови рівності урожайності за залежностями 3 і 4 шляхом вирішення рівняння:

$$-AX^2 + \left(B - \frac{1}{\sum B_m}\right)X + C = 0 \quad (5)$$

Для вказаного прикладу еквівалентна норма добрив становить майже 2,00 ц д.р./га, що дозволяє очікувати урожайність в 54,4 ц/га (формула 3а).

Таким чином, все наведене дозволяє стверджувати, що екологічно обмеженою нормою добрив є еквівалентна її величина. У разі її зменшення ефективність добрив зростає, оскільки частина врожаю формується за рахунок природної родючості ґрунтів, та відмічається дефіцит балансу основних елементів. При цьому чим вищою є природна родючість ґрунтів, тим більшою є ця різниця. Перевищення фактичної норми добрив над еквівалентною ( $X > X_{EK}$ ) суттєво зменшує ефективність добрив, хоча веде до накопичення основних елементів. Отже, реалізація пропонованого підходу до аналітичної оцінки ефективності добрив та прийняття обґрунтованого рішення полягає, перш за все, у визначенні кількісної моделі реакції культури даного сорту на даних ґрунтах на мінеральні добрива зі встановленням еквівалентної норми добрив, а отже й очікуваного рівня врожайності. З іншого боку, застосування методу визначення норм мінеральних добрив за виносом основних елементів живлення є обґрунтованим тільки за планової урожайності, яка за величиною є не меншою за еквівалентне її значення, що визначається для кожного типу ґрунту і кожного сорту чи гібриду.

**Висновки.** Запропонована методика аналітичної оцінки ефективності мінеральних добрив дозволяє узгодити між собою чинні методи та врахувати екологічні обмеження.

### Список використаної літератури

1. *Калінчик М.В.* Економічне обґрунтування норм внесення мінеральних добрив залежно від ціни на ресурси та продукцію. / М.В. Калінчик, М.М. Ільчук, М.Б. Калінчик. – К.: Нічлава, 2006. – 43 с.
2. *Харченко О.В.* Агроекономічне і екологічне обґрунтування рівня живлення сільсько-господарських культур / О.В. Харченко, В.І. Прасол, О.В. Ільченко. – Суми: Університетська книга, 2009. – 125 с.
3. *Методичні рекомендації* розрахунку потреби мінеральних добрив на прогнозований валовий збір урожаю з коригуванням його на фактичні погоднокліматичні умови поточного року / за ред. С.А. Балюка та М.В. Лісового. – Харків, 2013. – 35 с.

Стаття надійшла до редколегії 16.10.2014

### TO THE PROBLEM OF ANALYTICAL ESTIMATION OF MINERAL FERTILIZERS EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL CONSTRAINTS OF ITS RATE

O.V. Kharchenko, V.I. Prasol, Y.M. Petrenko

Sumy National Agrarian University  
(petrenko\_yurii@i.ua)

It was justified feasibility of defining mineral fertilizers standards taking into account fertilizers loss of the main nutrients elements by crop yield. Thus it is also necessary to take into account the natural soil fertility and crop yield model sensitivity to the level of fertilization. It is proved that environmental limited fertilizer rate is equivalent to its value. In case of fertilizer reduction fertilizer efficiency increases as the crop part is formed by natural soil fertility, and deficit of basic elements is marked.

**Key words:** yield; nutrition elements; mineral fertilizer efficiency; mineral fertilizers; natural soil fertility; fertilization.

УДК 633.521:631.84

### УРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОБРИВ

Л.В. Сало, Д.А. Доброван

Кіровоградський національний технічний університет  
(salo\_l@mail.ru)

Досліджено вплив різних способів застосування мікродобрива (обробка насіння та обробка рослин) на фоні мінеральних добрив та без них на урожайність насіння льону олійного різних сортів. Встановлено, що найвища середня урожайність формується у сорту *Надійний* за сукупного застосування мікродобрива для обробки і насіння, і рослин на фоні припосівного внесення мінеральних добрив ( $N_{20}P_{20}K_{20}$ ). Збільшення кількості плодів призводить до формування більш дрібного насіння у рослин всіх досліджуваних сортів. Спосіб використання мікродобрив не впливає на масу 1000 насінин льону.

**Ключові слова:** кількість коробочок льону; льон олійний; маса 1000 насінин; мікродобриво; мінеральні добрива; сорт; урожайність.

**Вступ.** Ринок льону олійного в Україні тривалий час становив лише невелику частину загального ринку олійної сировини. Це було обумовлено обмеженістю сфер збуту як насіння льону, так і продуктів його переробки. Втім, за віддачею витрачених на вирощування коштів, льон не поступається іншим олійним культурам. З 2002 до 2011 року посівні площі льону олійного в Україні збільшились із 9,4 до 60,2 тис. га [1], а в структурі сівозмін Степу він все частіше стає потужним конкурентом соняшнику та ріпаку, якими переобтяжені сівозміни.

Урожайність насіння льону невисока і значною мірою залежить від елементів агротехніки вирощування, серед яких мінеральні добрива відіграють вирішальну роль.

Застосування мікродобрив є нерозривною складовою частиною заходів із підвищення врожайності, оскільки для нормального розвитку рослинного організму застосування лише макродобрив є недостатнім [2, 3]. Мікроелементи прискорюють розвиток рослин і дозрівання насіння, підвищують стійкість рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища, а також роблять їх стійкими до ряду бактерійних і грибових хвороб. Дослідженнями встановлено, що найбільш ефективними є біологічно активні мікроелементи у формі комплексонатів (хелатів) металів [4].

У зв'язку з цим метою наших досліджень було виявити оптимальні способи та комбінації застосування мінеральних макро- та мікродобрив, які б забезпечили максимальну врожайність льону олійного з найкращою якістю його насіння.

**Об'єкти та методи досліджень.** Вплив мінеральних добрив на формування врожайності насіння льону олійного вивчали протягом 2011-2012 років в умовах дослідного поля кафедри загального землеробства Кіровоградського національного технічного університету. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний глибокий малогумусний: вміст гумусу – 4,48 %, рН сольовий 7,1, вміст легкогідролізованого азоту – 10,3, рухомого фосфору та обмінного калію відповідно – 5,0 і 14,2 мг на 100 г ґрунту. Вирощували чотири сорти льону олійного: Айсберг, Чібік, Надійний і Південна ніч. Польовий двофакторний дослід включав 8 варіантів (табл.1) у триразовій повторності. Фактор А – застосування макродобрив: неудобрений та удобрений (NPK), фактор В – способи використання мікродобрива: без обробки (0); обробка насіння (Н); обробка вегетуючих рослин (Р); поєднання обох способів обробки (НР). Макродобрива вносили у вигляді нітроаммофоски під час сівби ( $N_{20}P_{20}K_{20}$ ); обробку насіння мікродобривом здійснювали перед сівбою, доза – 3 л/т; рослини обприскували розчином мікродобрива у фазі «ялинка», норма мікродобрива становила 3 л/га. Склад мікродобрива Реаком-льон (г/л): Cu – 15-20, Zn – 25-30, Co – 0,03-0,05, Mo – 1-1,5, B – 5-7.

**Результати досліджень.** Урожайність льону у 2011 році сформувалась неоднозначно у різних сортів під впливом мінеральних добрив. Фонове удобрення викликало істотну прибавку у сортів Надійний і Чібік, тоді як у сортів Айсберг і Південна ніч різниця між середніми показниками за фактором А була менша за НІР (табл.1).

### 1. Урожайність насіння льону олійного різних сортів

| Варіант           |            |          | Урожай 2011 р., ц/га |      |      | Урожай 2012 р., ц/га |      |      |
|-------------------|------------|----------|----------------------|------|------|----------------------|------|------|
| №                 | Фактор А   | Фактор В | АВ                   | А    | В    | АВ                   | А    | В    |
| 1                 | 2          | 3        | 4                    | 5    | 6    | 7                    | 8    | 9    |
| сорт Айсберг      |            |          |                      |      |      |                      |      |      |
| 1                 | без добрив | 0        | 13,8                 | 16,4 | 14,1 | 14,0                 | 15,1 | 14,5 |
| 2                 |            | Н        | 17,6                 |      | 17,2 | 15,3                 |      | 15,9 |
| 3                 |            | Р        | 15,9                 |      | 17,6 | 14,6                 |      | 16,1 |
| 4                 |            | НР       | 18,5                 |      | 17,8 | 16,6                 |      | 16,3 |
| 5                 | НРК        | 0        | 14,4                 | 16,9 | -    | 15,1                 | 16,3 | -    |
| 6                 |            | Н        | 16,9                 |      | -    | 16,6                 |      | -    |
| 7                 |            | Р        | 19,4                 |      | -    | 17,5                 |      | -    |
| 8                 |            | НР       | 17,0                 |      | -    | 16,0                 |      | -    |
| НІР <sub>05</sub> |            |          | 2,05                 | 1,03 | 1,45 | 1,38                 | 0,69 | 0,98 |
| сорт Надійний     |            |          |                      |      |      |                      |      |      |
| 1                 | без добрив | 0        | 13,8                 | 16,2 | 16,2 | 10,6                 | 15,2 | 12,0 |
| 2                 |            | Н        | 17,2                 |      | 18,6 | 17,1                 |      | 19,4 |
| 3                 |            | Р        | 16,0                 |      | 17,5 | 14,4                 |      | 15,8 |
| 4                 |            | НР       | 17,6                 |      | 18,9 | 18,8                 |      | 21,6 |
| 5                 | НРК        | 0        | 18,5                 | 19,4 | -    | 13,5                 | 19,2 | -    |
| 6                 |            | Н        | 20,1                 |      | -    | 21,7                 |      | -    |
| 7                 |            | Р        | 19,0                 |      | -    | 17,1                 |      | -    |
| 8                 |            | НР       | 20,2                 |      | -    | 24,3                 |      | -    |
| НІР <sub>05</sub> |            |          | 2,24                 | 1,12 | 1,58 | 3,61                 | 1,81 | 2,56 |

Продовження таблиці 1

| 1                                                 | 2      | 3  | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|---------------------------------------------------|--------|----|------|------|------|------|------|------|
| <i>сорт Південна ніч</i>                          |        |    |      |      |      |      |      |      |
| 1                                                 |        | 0  | 15,5 |      | 16,6 | 14,4 |      | 14,5 |
| 2                                                 | без    | H  | 17,2 |      | 17,5 | 14,6 |      | 14,6 |
| 3                                                 | добрив | P  | 17,4 | 17,3 | 17,7 | 15,0 | 14,7 | 14,8 |
| 4                                                 |        | HP | 18,4 |      | 18,6 | 15,0 |      | 14,4 |
| 5                                                 |        | 0  | 17,6 |      | -    | 13,5 |      | -    |
| 6                                                 | NPK    | H  | 17,8 |      | -    | 21,7 |      | -    |
| 7                                                 |        | P  | 18,0 | 18,0 | -    | 17,1 | 14,4 | -    |
| 8                                                 |        | HP | 18,7 |      | -    | 24,3 |      | -    |
| HIP <sub>05</sub>                                 |        |    | 2,44 | 1,22 | 1,73 | 1,26 | 0,63 | 0,89 |
| <i>сорт Чібік</i>                                 |        |    |      |      |      |      |      |      |
| 1                                                 |        | 0  | 13,7 |      | 14,8 | 14,1 |      | 14,1 |
| 2                                                 | без    | H  | 15,0 |      | 15,6 | 14,1 |      | 13,7 |
| 3                                                 | добрив | P  | 15,9 | 15,1 | 16,1 | 14,3 | 14,1 | 14,0 |
| 4                                                 |        | HP | 15,7 |      | 16,0 | 14,0 |      | 14,5 |
| 5                                                 |        | 0  | 15,8 |      | -    | 14,1 |      | -    |
| 6                                                 | NPK    | H  | 16,2 |      | -    | 13,4 |      | -    |
| 7                                                 |        | P  | 16,3 | 16,2 | -    | 13,8 | 14,0 | -    |
| 8                                                 |        | HP | 16,4 |      | -    | 15,0 |      | -    |
| HIP <sub>05</sub>                                 |        |    | 1,52 | 0,76 | 1,08 | 1,06 | 0,53 | 0,75 |
| Примітка: H – обробка насіння; P – обробка рослин |        |    |      |      |      |      |      |      |

Максимального рівня урожайності майже у всіх досліджуваних сортів здобули у варіанті 8 за сукупної дії всіх факторів, що вивчали. Винятком був лише сорт Айсберг, у якого кращі результати були за обробки вегетуючих рослин мікродобривом на фоні припосівного удобрення. Стосовно фактору В, то всі досліджувані сорти реагували позитивно як на обробку насіння, так і обприскування рослин. Згідно з даними, урожайність льону олійного у 2012 році була нижчою порівняно з 2011 роком, що обумовлено більш посушливим вегетаційним періодом. Максимальний урожай зафіксовано на варіантах із сукупною дією всіх факторів, крім сорту Айсберг, для якого найефективнішим виявилось поєднання обробки вегетуючих рослин мікродобривом на фоні припосівного удобрення.

Незважаючи на несприятливі умови вегетаційного періоду 2012 року, дія фонових удобрення була ефективною для сортів Айсберг і Надійний, тоді як Південна ніч і Чібік відреагували навіть незначним зниженням середнього показника на 0,1-0,3 ц/га. Втім, це було неістотним при HIP 0,53-0,63 ц/га. На дію фактора В позитивно відреагували лише сорти Айсберг і Надійний, тоді як інші два сорти не сформуливали істотної прибавки врожаю.

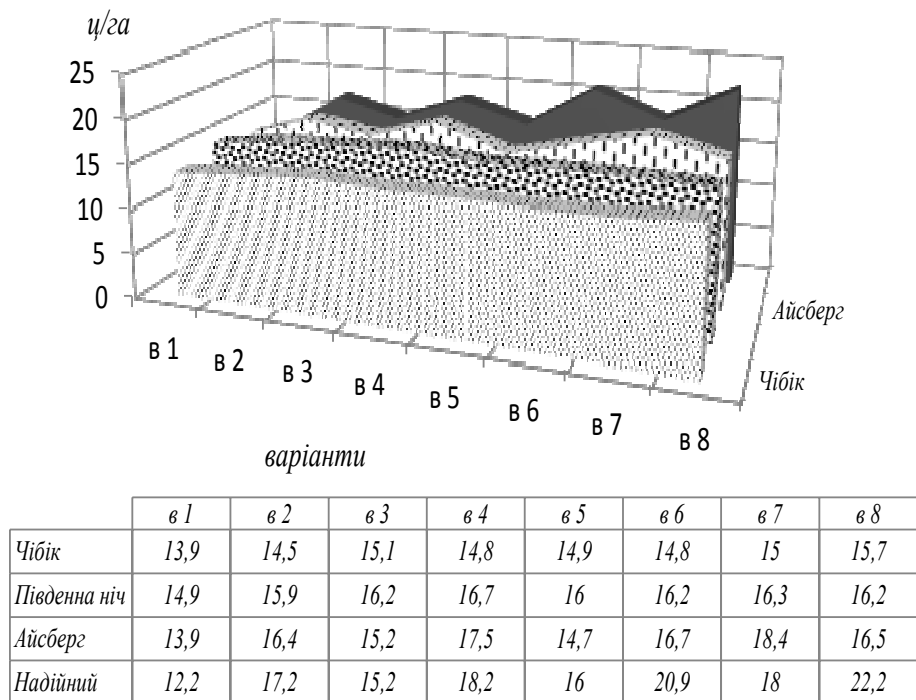
Аналізуючи в середньому за два роки реакцію сортів льону на досліджувані фактори (рис.1), слід відмітити, що найбільш позитивно відгукувався сорт Надійний – як на фонове удобрення, так і на всі способи використання мікродобрива. Помітними були зміни також у сорту Айсберг.

Сорт Південна ніч майже не виявляв реакції на мікроудобрення. Досить толерантним був також сорт Чібік. Що ж стосується дії фактора А, то у всіх сортів врожайність на удобреному фоні була вищою.

Різні способи застосування мікродобрива забезпечували несхожий ефект. Після обробки насіння (варіанти 2, 4, 6 і 8) рослини формували більш потужну кореневу систему, що дозволило їм краще використовувати елементи живлення із ґрунту і з унесених мінеральних добрив. Тому різниця за фактором В між середніми параметрами була більш помітною. Цим доведено, що обробка насіння мікродобривом є впливовим фактором підвищення врожайності.

Урожайність насіння льону олійного, за даними Ф.М. Галкіна та М.А. Сорочинської [5], значною мірою залежить від кількості плодів на рослині. За даними А.Г. Питько [6], найбільша насіннева продуктивність характерна для сортів з

великою масою насіння та великою кількістю коробочок. Визначення параметрів цих показників (результати у таблиці 2), показало, що чотири сорти демонстрували різний відгук на досліджувані фактори. Крім того, помітним був вплив погодних умов вегетаційного періоду.



**Рис.1. Середня за два роки врожайність насіння чотирьох сортів льону олійного за варіантами дослідів (ц/га)**

## **2. Показники структури врожаю насіння льону олійного різних сортів**

| Варіант                       |            |          | Параметри показників структури врожаю насіння різних сортів за роками |      |          |          |      |          |              |      |          |       |      |          |
|-------------------------------|------------|----------|-----------------------------------------------------------------------|------|----------|----------|------|----------|--------------|------|----------|-------|------|----------|
| №                             | Фактор А   | Фактор В | Айсберг                                                               |      |          | Надійний |      |          | Південна ніч |      |          | Чібік |      |          |
|                               |            |          | 2011                                                                  | 2012 | середній | 2011     | 2012 | середній | 2011         | 2012 | середній | 2011  | 2012 | середній |
| кількість плодів, шт./рослину |            |          |                                                                       |      |          |          |      |          |              |      |          |       |      |          |
| 1                             | без добрив | 0        | 13,4                                                                  | 10,6 | 12,0     | 13,2     | 16,2 | 14,7     | 13,4         | 10,2 | 11,8     | 20,5  | 14,7 | 17,6     |
| 2                             |            | Н        | 16,9                                                                  | 11,5 | 14,2     | 15,6     | 25,4 | 20,5     | 13,6         | 11,3 | 12,5     | 16,7  | 11,8 | 14,3     |
| 3                             |            | Р        | 14,6                                                                  | 14,1 | 14,4     | 13,8     | 21,0 | 17,4     | 15,4         | 13,4 | 14,4     | 18,3  | 13,2 | 15,8     |
| 4                             |            | НР       | 17,2                                                                  | 12,5 | 14,9     | 15,0     | 25,7 | 20,4     | 20,2         | 18,1 | 19,2     | 20,1  | 14,5 | 17,3     |
| 5                             | NPK        | 0        | 15,3                                                                  | 12,0 | 13,7     | 16,6     | 20,5 | 18,6     | 17,3         | 15,1 | 16,2     | 21,4  | 15,8 | 18,6     |
| 6                             |            | Н        | 16,6                                                                  | 11,8 | 14,2     | 19,5     | 27,7 | 23,6     | 6,8          | 13,3 | 15,1     | 18,3  | 12,2 | 15,3     |
| 7                             |            | Р        | 18,8                                                                  | 21,6 | 20,2     | 17,9     | 24,1 | 21,0     | 15,6         | 12,8 | 14,2     | 18,8  | 13,7 | 16,3     |
| 8                             |            | НР       | 16,1                                                                  | 25,7 | 20,9     | 17,4     | 30,0 | 23,7     | 21,2         | 20,6 | 20,9     | 19,5  | 14,9 | 17,2     |
| маса 1000 насінин, г          |            |          |                                                                       |      |          |          |      |          |              |      |          |       |      |          |
| 1                             | без добрив | 0        | 7,1                                                                   | 5,9  | 6,5      | 7,2      | 7,7  | 7,4      | 8,0          | 5,9  | 7,0      | 4,6   | 4,5  | 4,6      |
| 2                             |            | Н        | 7,2                                                                   | 5,9  | 6,6      | 7,6      | 7,4  | 7,5      | 8,7          | 6,0  | 7,4      | 6,2   | 4,5  | 5,4      |
| 3                             |            | Р        | 7,5                                                                   | 6,0  | 6,8      | 8,0      | 7,5  | 7,8      | 7,8          | 6,4  | 7,1      | 6,0   | 4,4  | 5,2      |
| 4                             |            | НР       | 7,4                                                                   | 5,7  | 6,6      | 8,1      | 7,4  | 7,8      | 6,3          | 6,1  | 6,2      | 5,4   | 4,5  | 5,0      |
| 5                             | NPK        | 0        | 6,5                                                                   | 5,7  | 6,1      | 7,1      | 7,4  | 7,2      | 7,0          | 6,1  | 6,6      | 5,1   | 4,4  | 4,8      |
| 6                             |            | Н        | 7,0                                                                   | 5,9  | 6,5      | 7,7      | 7,3  | 7,5      | 7,3          | 6,2  | 6,8      | 6,1   | 4,4  | 5,3      |
| 7                             |            | Р        | 7,1                                                                   | 5,9  | 6,5      | 7,3      | 7,3  | 7,3      | 8,0          | 6,3  | 7,2      | 6,0   | 4,8  | 5,4      |
| 8                             |            | НР       | 7,3                                                                   | 5,9  | 6,6      | 8,0      | 7,2  | 7,6      | 6,1          | 6,1  | 6,1      | 5,8   | 4,9  | 5,4      |

У більшості досліджуваних сортів спостерігали обернену залежність параметрів показників структури врожаю – за більшої кількості коробочок у них формувалося більш дрібне насіння. Внесення макродобрих викликало зменшення маси насіння в обидва роки досліджень майже в усіх сортів у середньому на 0,2 г.

Формування більш дрібного насіння, очевидно, пов'язано із збільшенням його кількості. Це можна пояснити тим, що маса 1000 насінин є ознакою сорту і більшою мірою залежить від кількості сформованих на рослині насінин, ніж від інших факторів.

Сорт Айсберг вкрай негативно реагував на погодні умови – у 2012 році урожай був нижчим як за кількістю коробочок, так і за масою 1000 насінин.

За відсутності ефекту від застосування мінеральних макродобрих кількість плодів і маса насіння збільшувались під впливом мікродобрих, застосованих у будь-який спосіб. Сорт Надійний відгукнувся на досліджувані фактори лише збільшенням кількості плодів, тоді як маса 1000 насінин слабо залежала від застосування добрив. Більш ефективною для цього сорту була обробка мікродобривом насіння. Сорт Південна ніч відреагував помітним збільшенням кількості плодів лише на сукупне застосування мікродобрива (варіанти 4 і 8). Зміни маси насіння не мали чітко вираженого характеру. У сорту Чібік досліджувані фактори позитивно впливали лише на масу 1000 насінин, кількість коробочок була максимальною без застосування мікродобрива.

**Висновки.** Більш помітно реагували на застосування мінеральних макро- і мікродобрих сорти Чібік та Південна ніч. Найвищої урожайності насіння льону олійного (22,2 ц/га) досягнуто для сорту Надійний за сукупного застосування мікродобрива (НР) і мінеральних добрив у дозі  $N_{20}P_{20}K_{20}$ . Для даного сорту, а також сорту Айсберг, обробка вегетуючих рослин є менш ефективною, ніж обробка насіння. Збільшення кількості плодів призводить до формування насіння меншого розміру у всіх досліджуваних сортів. Різні способи використання мікродобрива не впливають на масу 1000 насінин льону.

#### Список використаної літератури

1. Тіхосова Г.А. Інвестиційна привабливість інноваційних технологій переробки стебел льону олійного / Г.А. Тіхосова, Т.М. Головенко, І.О. Меньяйло. <http://www.viem.edu.ua>.
2. Ковальов В.Б. Вплив удобрення на структуру врожаю різних видів льону та вихід олії / В.Б. Ковальов, О.Г. Семеній, Т.Ф. Дмитренко //Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства УААН". – Вип. 112. – 2010. – С.126-133.
3. Поляков А.И. Влияние условий выращивания на продуктивность льна масличного /А.И. Поляков, В.А. Ручка, О.В. Никитенко // Научно-технический бюл. ИОК УААН. – 2005. – Вип. 10. – С.179-183.
4. Булигін С.Ю. Мікроелементи в сільському господарстві: 3-є вид. доповнене/ С.Ю. Булигін, Л.Ф. Демішев, В.А. Доронін та ін. – Дніпропетровськ: Січ, 2007. – 100 с.
5. Галкин Ф.М. Взаимосвязь признаков у гибридов F1 льна масличного / Ф.М. Галкин, М.А. Сорочинская // Научно-технический бюллетень ВНИИ масличных культур. – 1984. – Вип. 86. – С. 15-17.
6. Питько А.Г. Изучение коллекционных образцов льна масличного в условиях Кубани с целью выделения исходного материала / А.Г. Питько //Научно-технический бюллетень ВНИИ растениеводства, 1989. – №189. – С. 55-58.

Стаття надійшла до редколегії 24.02.2014

#### CROP CAPACITY OF OIL-FLAX SEEDS UNDER DIFFERENT METHODS OF MICROFERTILIZERS APPLICATION

L.V. Salo, D.A. Dobrovan

Kirovohrad National Technical University  
(salo\_l@mail.ru)

Flax oil is an alternative to sunflower and rapeseed in the structure of crop rotations Steppe. The application of fertilizers is an important part of activities to increase the yield of flax seeds. Trace elements in the form of complexions (chelates) metals are the most effective. However, their use in the cultivation of flax is poorly understood. The aim of our study was to identify the optimal methods of application of fertilizers to maximize yield of linseed with the best quality seeds. We conducted research in 2011-2012.

The soil of the experimental plot is Chernozem ordinary deep. Grew four varieties of linseed: Iceberg, Chibic, Reliable and Southern night. Experience of field docfactory consisted of 8 variants in triplicate. Factor A: the use of mineral fertilizers. Factor B: the use of micronutrients: no finish (0); seed treatment (H); treatment of vegetating plants (P); combination of two processing methods (HP). Mineral fertilizers made in the form of ammonium nitrate at sowing ( $N_{20}P_{20}K_{20}$ ). Linen seeds before sowing treated with micronutrients; plants sprayed during the growing season, the rate of fertilizers 3 l / ha. The composition of micronutrients Reacom-lin: g / l Cu-15-20, Zn-25-30, Co-0,03-0,05, Mo-1-1,5, B-5-7. Varieties of linseed Chibik and South night found a more pronounced response to the application of mineral fertilizers. The highest seed yield of linseed was obtained from the variety of Reliable for total use fertilizers (HP) and the application of micronutrient fertilizers – 2,2 t/ha. For this variety and variety Iceberg processing plants during the growing season are less effective than seed treatment. Increasing the number of fruits leads to the formation of smaller seeds in all tested cultivars. Different ways to use microfertilizers don't affect the weight of 1000 seeds of flax.

**Key words:** *number of boxes of linen; flax oil; weight of 1000 seeds; microfertilizers; mineral fertilizers; variety; yield.*

## ОХОРОНА І ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ SOIL PROTECTION and RECLAMATION

УДК 631.43:631.83

### ПРОТИЕРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ПОСІВНИХ ПЛОЩ

**В.О. Белоліпський**

**Луганська дослідна станція ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського”**

Україна, Луганська обл., Слов'яносербський р-н, сел. Металіст  
(lg-stanzia@ukr.net)

Представлено параметри протиерозійної стійкості чорнозему звичайного, обґрунтовано раціональну структуру польових сівозмін та частку ріллі з урахуванням параметрів захисту ґрунтів від ерозії на регіональному та локальному рівнях.

**Ключові слова:** ерозія; протиерозійна стійкість (ПС); чорнозем звичайний; структура сівозмін.

**Вступ.** У відпрацюванні підходів до чергування культур у сівозміні виходять з кон'юнктури ринку і господарської потреби, а також структури посівних площ, яка може змінюватися і удосконалюватися. Такий підхід застосовується в організації території землекористування за будь-якої системи землеробства [1].

**Аналіз досліджень та останніх публікацій.** Моніторинг ерозійної небезпеки та розроблення системи охорони ґрунтів від ерозії на локальному рівні повинні базуватися на моделях прояву ерозійно-гідрологічного процесу за елементами агроландшафту (АЛ). Такі моделі враховують декілька факторів (гідрометеорологічний, рельєфний, рослинний, агротехнічний та ґрунтовий), функціонально пов'язаних у систему: ґрунт → рослина → властивості ґрунту, які обумовлюють його протиерозійну стійкість [2, 3, 4, 5].

У зв'язку з сучасними економічними проблемами в сільськогосподарському виробництві застосовують схеми короткоротаційних сівозмін на фоні скорочення внесення мінеральних добрив та майже повної відсутності органічних [6].

Просторова мінливість та ймовірнісний характер параметрів показників, що входять до моделей ерозії, істотно ускладнюють їх практичне застосування. Балансові моделі потребують багаторічних трудомістких спостережень за зливом ґрунту на стокових майданчиках; енергетичні моделі (дощування) дають можливість визначити ризик прояву водної ерозії, але не прогнозують обсягів зливу. Тому виникає необхідність удосконалення дослідження протиерозійної стійкості еродованих ґрунтів у структурі сівозмін [7, 8]. Результати досліджень, з урахуванням просторового різноманіття умов і часової динаміки параметрів, мають накопичуватися у базі даних для подальшого обґрунтування раціональної протиерозійної структури сівозмін [3, 4].

**Структура посівних площ і сівозміни на регіональному рівні.** У системі землеробства області (регіону) всі сівозміни повинні бути ґрунтозахисними і мають проектуватися з урахуванням агроекологічних груп земель. Важливою економічною і організаційно-господарською вимогою до сівозміни є правильне розміщення посівів сільськогосподарських культур в АЛ, що дозволить раціонально використовувати землю й ефективно захищати ґрунт від водної і вітрової ерозії [9, 10].

В умовах економічної кризи найприйнятнішою залишається концепція ведення рослинництва на принципах плодозміни, що забезпечує високу продуктивність сільськогосподарських культур. Це набуває особливої актуальності з поширенням

орендних форм господарювання на землі, за яких, як правило, порушуються науково обґрунтовані сівозміни. Віковий досвід свідчить, що продуктивність більшості культур у сівозмінах є на 30-50 % вищою, ніж у беззмінних посівах.

Сівозміни слід проектувати з урахуванням ґрунтово-екологічних умов (агроекологічних груп земель і агрокліматичних умов). При цьому обов'язково потрібно враховувати здатність сільськогосподарських культур захищати поверхню ґрунту від несприятливої дії повітряних потоків, дощових крапель і поверхневого стоку (ПС), оцінка якого має бути кількісною.

**Мета розробки і завдання досліджень** – вивчити ерозійно-гідрологічні показники у технологічному ланцюгу вирощування сільгоспкультур на двох рівнях: регіональному – адміністративні райони та локальному – структура сівозмін на балкових водозборах і обґрунтувати раціональні структури посівних площ на прикладі Луганської області.

Програма етапів розробки:

- Формування банку даних щодо сучасної структури сівозмін з аналізом її впливу на ерозійні та агрофізичні властивості ґрунтів та шляхів управління ерозійно-гідрологічним процесом у межах еколого-ерозійних зон;
- Аналіз досліджень протиерозійної стійкості ґрунтів під різними культурами у сучасних сівозмінах (польові та лабораторні дослідження);
- Порівняння здатності ґрунтового покриву протистояти водній ерозії в умовах короткоротаційних та класичної (7-пільної) сівозмін;
- Моделювання структури посівних площ за співвідношенням культур у трьох сівозмінах з урахуванням ерозійної небезпеки та екологічне обґрунтування раціональної ґрунтоохоронної структури посівних площ у степових агроландшафтах.

**Об'єкти і методи досліджень.** Об'єктами досліджень на *регіональному рівні* є групи водозборів у межах адміністративних районів Луганської області з диференціацією за ерозійно-екологічними зонами та класифікацією ерозійних та екологічних ситуацій в агроландшафті.

Ерозійно-екологічну ситуацію визначали за показниками стоку злив 10-процентної забезпеченості залежно від протиерозійної стійкості агрофонів у структурі посівних площ з використанням математичної моделі [5]:

$$Y = 1,349 \cdot 10^{-7} X_v^{-3,63} X_y^{4,35} X_w^{2,48} X_\mu^{0,43} X_p^{-0,53} X_\alpha, \quad (1)$$

де  $Y$  – стік, л/м<sup>2</sup>;  $X_v$  – поглинання агрофоном, мм/хв.;  $X_y$  – ерозійний індекс дощу 10-процентної забезпеченості ( $E \cdot I_{30/100}$ );  $X_w$  – вологість ґрунту у шарі 0-20 см, %;  $X_\mu$  – ємність мікрорельєфу ґрунту, м<sup>3</sup>/га;  $X_p$  – проективне покриття ґрунту рослинами, %;  $X_\alpha$  – крутість схилу, град.

На *локальному рівні* об'єкт досліджень представлено стаціонарним багаторічним дослідом з короткоротаційними сівозмінами, в якому вивчали дві системи удобрення [6]:

1 - використання енергетичного потенціалу ґрунту (0-20 см) + підтримувальний рівень удобрення ( $N_{23}P_{10} + 4,3$  т/га гною);

2 - використання енергетичного потенціалу ґрунту + підвищений рівень удобрення ( $N_{68}P_{30}K_{11} + 8,5$  т/га гною).

Вплив системи добрив та обробітку відстежується на формуванні стійкості ґрунту від руйнування дощовими краплинами (розбризування) опосередковано через водно-фізичні, метеорологічні та енергетичні фактори за комплексною емпіричною моделлю [11]:

$$Y_{заг} = A \cdot X_6^{-1,7643} \cdot X_8^{0,6161} \cdot X_2^{0,3548} \cdot X_7^{-0,451} \cdot X_5^{-0,2744}, \quad (2)$$

де  $A$  – постійний коефіцієнт, який дорівнює 13,51 за відображення змиву ґрунту в т/га;  $X_6$  – інтенсивність водопоглинання;  $X_8$  – коефіцієнт обробітку;  $X_2$  – ерозійний індекс;  $X_7$  – природний ресурс + добрива;  $X_5$  – коефіцієнт водотривкості.

Вивчали дві спеціалізовані короткоротаційні (3-пільні) сівозміни: 1 – зернопросапна (зайнятий пар, озима пшениця,  $\frac{1}{2}$  ячмінь +  $\frac{1}{2}$  соняшник на 6-й рік) та 2 – зернопаропросапна ( $\frac{1}{2}$  чорний пар +  $\frac{1}{2}$  горох, озима пшениця,  $\frac{1}{2}$  кукурудза на зерно +  $\frac{1}{2}$  соняшник на 6-й рік).

Контроль – 7-пільна зернопаропросапна сівозміна: чорний пар, озима пшениця, кукурудза на зерно, ярий ячмінь, кукурудза на силос, озима пшениця, соняшник.

Земельна ділянка розташована на вирівняній частині міжбалкового вододілу. Ґрунт – типовий для регіону чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий на лесоподібному суглинку. Агротехнічні заходи в сівозмінах застосовують згідно з зональними рекомендаціями (табл. 1).

### 1. Система основного обробітку ґрунту в досліді

| Поле-культура                                          | Спосіб основного обробітку ґрунту; знаряддя; глибина                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>7-пільна зернопаропросапна сівозміна (контроль)</i> |                                                                                                                                                                                  |
| 1-Чорний пар                                           | Безвідвальний; ПГ-3; 20-22 см                                                                                                                                                    |
| 2-Озима пшениця                                        | Поверхневий, навесні культивування; КПЕ-3,8; 10-12 см; пошарова культивування; КПС-4; від 8-10 до 6-7 см                                                                         |
| 3-Кукурудза на зерно                                   | Оранка; ПН-4-35; 28-30 см                                                                                                                                                        |
| 4-Ярий ячмінь                                          | Неглибокий безвідвальний; КПШ-5; 12-14 см                                                                                                                                        |
| 5-Кукурудза на силос                                   | Оранка; ПН-4-35; 28-30 см                                                                                                                                                        |
| 6-Озима пшениця                                        | Поверхневий; БДГ-3; 8-10 см; КПС-4; 6-7 см                                                                                                                                       |
| 7-Соняшник                                             | Безвідвальний; ПГ-3; 25-27 см                                                                                                                                                    |
| <i>3-пільна зернопросапна сівозміна</i>                |                                                                                                                                                                                  |
| 1-Зайнятий пар                                         | Оранка; ПН-4-35; 20-22 см                                                                                                                                                        |
| 2-Озима пшениця                                        | Поверхневий; БД-10; 8-10 см; КПС-4; 6-7 см                                                                                                                                       |
| 3-Ярий ячмінь/Соняшник (на 6-й рік)                    | Неглибокий безвідвальний; КПШ-5; 12-14 см<br>Безвідвальний; ПГ-3; 25-27 см                                                                                                       |
| <i>3-пільна зернопаропросапна сівозміна</i>            |                                                                                                                                                                                  |
| 1-Чорний пар/ Горох                                    | Безвідвальний; ПГ-3; 20-22 см / Оранка; ПН-4-35; 20-22 см<br><i>По чорному пару:</i> навесні культивування; КПЕ-3,8; 10-12 см; пошарова культивування; КПС-4; від 8-10 до 6-7 см |
| 2-Озима пшениця                                        | <i>По гороху:</i> поверхневий БД-10; 8-10 см; КПС-4; 6-7 см                                                                                                                      |
| 3-Кукурудза на зерно/ Соняшник (на 6-й рік)            | Оранка; ПН-4-35; 28-30 см<br>Безвідвальний; ПГ-3; 25-27 см                                                                                                                       |

**Результати досліджень і аналіз.** Аналіз структури посівних площ та ерозійних процесів (регіональний рівень). У структурі посівних площ області відмічається домінування економічно обґрунтованих двох культур – озимої пшениці (28,3 %) і соняшнику (33 %). Ярі зернові – на третій позиції (12,7 %), площі під кукурудзою скорочено до 6,6 %, площі пару становлять 10,6 %, площі ерозійностійких агрофонів (багаторічні трави) зменшено до 2,7 %.

Інтенсивність ерозійно-гідрологічних процесів обумовлюється наявністю ерозійно небезпечних агрофонів – просапних (переважно соняшнику) і пару, а також інтенсивністю зливових опадів в ерозійних зонах (рис. 1). Так, у 1-й і 3-й ерозійно-екологічних зонах за наявності 26-37 % просапних культур і до 15 % пару (тобто полів, які не обробляються) потенційний стік досягає 7-11 мм на рівних ділянках схилу, а на улоговинних водозборах він може збільшуватися до 21-33 мм.

У 2-й ерозійно-екологічній зоні в силу меншої ерозійної небезпеки злив (ерозійний індекс – 17-20), потенційний стік не перевищує 6 мм на рівних ділянках схилу, а в улоговинах він також високий – до 18 мм.

Відповідно до зміни структури посівних площ та ступеню розораності за період 1998-2011 років змінюється ґрунтоводоохоронна здатність агроландшафтів, яка чисельно виражається об'ємом потенційного стоку (ПС). Оцінку ерозійно-гідрологічної ситуації в АЛ за 2008-2011 рр. проводили згідно з рівнем поверхневого стоку (ПС) та

коефіцієнтом відношення фактичного ПС до нормального (5 мм). В цілому спостерігається загальне погіршення ерозійно-гідрологічної ситуації.

Таким чином, структура посівних площ, продиктована економічною необхідністю функціонування агроформувань області, зумовлює високу частку соняшника (культури швидкого отримання доходу) в структурі посівів (більше 30 %), що не забезпечує в усіх зонах захисту ґрунтів від ерозії і не запобігає втратам вологи через стік. Зрегулювати втрати вологи на ріллі можна лише агротехнічними прийомами землеробського блоку.

Тому в цикл заходів з екологічної стабілізації використання земельних ресурсів необхідно включити етапи з вивчення й опрацювання технологічних прийомів стокорегулювання, обґрунтованого зменшення площі ріллі.

*Характеристика протиерозійної стійкості сівозмін на локальному рівні.* За кількісною залежністю руйнування ґрунту від досліджуваних чинників будується оптимізаційна поверхня, представлена ізолініями, які визначають зони та умови сполучення досліджуваних факторів з різними рівнями руйнування ґрунту (рис. 2).

| Коефіцієнт<br>обробітку | Природний<br>ресурс,<br>Гдж/т | Ерозійний індекс опадів           |     |     |      |      |      |    |    |    |               |     |     |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|------|------|------|----|----|----|---------------|-----|-----|
|                         |                               | 17                                | 24  | 30  | 17   | 24   | 30   | 17 | 24 | 30 | 17            | 24  | 30  |
|                         |                               | Інтенсивність водоубирання, мм/хв |     |     |      |      |      |    |    |    |               |     |     |
|                         |                               | 1,5                               | 1,5 | 1,5 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1  | 1  | 1  | 0,7           | 0,7 | 0,7 |
| 1                       | 100                           | до 2 т/га                         |     |     |      |      |      |    |    |    | 5,1-8,0 т/га  |     |     |
| 1                       | 85                            | 2,1-5,0 т/га                      |     |     |      |      |      |    |    |    | 5,1-8,0 т/га  |     |     |
| 1                       | 70                            |                                   |     |     |      |      |      |    |    |    |               |     |     |
| 1                       | 55                            | > 8,0 т/га                        |     |     |      |      |      |    |    |    |               |     |     |
| 2                       | 100                           | до 3 т/га                         |     |     |      |      |      |    |    |    | 5,1-8,0 т/га  |     |     |
| 2                       | 85                            | 3,1-5,0 т/га                      |     |     |      |      |      |    |    |    | 5,1-8,0 т/га  |     |     |
| 2                       | 70                            |                                   |     |     |      |      |      |    |    |    |               |     |     |
| 2                       | 55                            |                                   |     |     |      |      |      |    |    |    | 8,1-12,0 т/га |     |     |
|                         |                               | > 12,0 т/га                       |     |     |      |      |      |    |    |    |               |     |     |

**Рис. 2. Втрати ґрунту – оптимізаційна поверхня**

Приклад: зона максимального руйнування (> 12 т/га) характерна для ерозійного індексу опадів ( $X_2$ ) – 24-30, інтенсивності водопоглинання ( $X_6$ ) ≤ 0,7 мм/хв, природного ресурсу ( $X_7$ ) ≤ 70 Гдж/т, коефіцієнта обробітку ( $X_8$ ) = 2 (7-пільна зернопаропросапна сівозмінна).

( $X_8 = \frac{n \cdot t}{N}$ , де  $n$  – кількість полів у сівозміні з відвальним обробітком;  $t$  – часовий показник, років;  $N$  – кількість полів у просторі).

За об'єднання чинників величину втрати ґрунту розбиваємо на екологічні групи в 3-пільних (зернопросапна і зернопаропросапна) та в 7-пільній (зернопаропросапна) сівозмінах (табл. 2).

## **2. Параметри протиерозійної стійкості чорнозему звичайного важкосуглинкового на лесоподібних породах**

| Сівозмінна                                              | Екологічні групи | Ерозійний індекс | Інтенсивність водопоглинання, мм/хв | Природний ресурс | Коефіцієнт обробітку | Втрати ґрунту від розбризкування, т/га |
|---------------------------------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|----------------------------------------|
| 3-пільні сівозміни (зернопросапна та зернопаропросапна) | 1                | 17–30            | ≥ 1,50                              | 70–100           | 1                    | ≤ 2,0                                  |
|                                                         | 2                | 17–30            | 1,49–1,00                           | 50–70            | 1                    | 2,1–5,0                                |
|                                                         | 3                | 17–30            | 0,99–0,70                           | 50–70            | 1                    | 5,1–8,0                                |
|                                                         | 4                | 17–30            | ≤ 0,70                              | 50–70            | 1                    | ≥ 8,0                                  |
| 7-пільна зернопаропросапна сівозмінна                   | 1                | 17–30            | ≥ 1,50                              | 70–100           | 2                    | ≤ 3,0                                  |
|                                                         | 2                | 17–30            | 1,49–1,25                           | 50–70            | 2                    | 3,1–5,0                                |
|                                                         | 3                | 17–30            | 1,24–1,00                           | 50–70            | 2                    | 5,1–8,0                                |
|                                                         | 4                | 17–30            | 0,99–0,70                           | 50–70            | 2                    | 8,1–12,0                               |
|                                                         | 5                | 24–30            | ≤ 0,70                              | 50–70            | 2                    | ≥ 12,0                                 |

За параметрами протиерозійної стійкості ґрунту зроблено висновок про екологічні допуски рівня втрат ґрунту – за групами сівозмін. Наприклад, в 4-й і 5-й екологічних групах змив досягає 12 т/га і більше, що потребує адаптивних ґрунтоохоронних заходів, спрямованих на стабілізацію агрофізичних властивостей ґрунту – таких, як інтенсивність водопоглинання, природний ресурс ґрунту та оптимізація агротехнічних заходів (коефіцієнт обробітку).

Шлях зменшення руйнування ґрунту за сучасних технологій та структури сівозмін повинен полягати у застосуванні заходів із розуцільнення ґрунту (безвідвальне розпушування), підтримування ґрунту у структурному стані, зменшення у сівозміні кількості відвальної оранки, підтримування додатного балансу гумусу в сівозміні шляхом насичення системи органічними добривами, внесенням гною 40 т/га (8 т/га сівозмінної площі) з додатковим внесенням побічної продукції (солома озимини, ячменю, рослинні залишки соняшнику) до 9 т/га [9]. Такі принципи є складовою частиною еколого-економічного обґрунтування структури сівозмін.

*Оптимізація структури сівозмін на основі лінійного програмування.* Алгоритмом оптимізації структури сівозмін (для площі 100 га) прийнято метод математичного лінійного програмування (сімплекс-метод).

Цільова функція продуктивності ( $F_{\text{прод}}$ ) у поставленій задачі має такий вигляд:

$$F_{\text{прод}} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n \rightarrow \max, \quad (3)$$

де:  $X_{1...n}$  – площі (структура) під культурами, га;

$C_{1...n}$  – урожайність культур у сівозміні, ц/га.

Система обмежень включає такі ресурси:

- (1) Обмеження на використану площу:  $X_1 + X_2 + \dots + X_n = F$  (завдання величин площ або наявність землі);
- (2) Обмеження у втратах ґрунту:  $E_1 X_1 + E_2 X_2 + \dots + E_n X_n \leq \sum EF$ ;
- (3) Обмеження грошових витрат:  $\Gamma_1 X_1 + \Gamma_2 X_2 + \dots + \Gamma_n X_n \leq \sum \Gamma F$ ;
- (4) Обмеження на кількість застосованих добрив:  $D_1 X_1 + D_2 X_2 + \dots + D_n X_n \leq \sum DF$ .

Шуканим невідомим у цій задачі є площі під сільгоспкультурами в структурі сівозмін ( $X_1 \dots X_n$ ). В результаті лінійного програмування було віднайдено рішення для різних сівозмін (табл. 3–5).

### 3. Оптимальна еколого-економічна структура посівних площ у 7-пільній зернопаропросапній сівозміні

| Показник                  | Культура   |        |        |                    |                    |           | Ре-сурс |
|---------------------------|------------|--------|--------|--------------------|--------------------|-----------|---------|
|                           | чорний пар | озима  | ячмінь | кукурудза на зерно | кукурудза на силос | соняш-ник |         |
| Площа, га                 | 14,7       | 28,0   | 14,2   | 13,8               | 13,8               | 15,4      | 100,0   |
| Збір, т зернових одиниць  | Всього     | 0,0    | 70,1   | 28,5               | 34,4               | 41,5      | 202,3   |
|                           | з 1 га     | 0,0    | 2,5    | 2,0                | 2,5                | 3,0       | 2,02    |
| Валовий дохід, тис грн    | Всього     | 0,0    | 147,2  | 57,0               | 51,6               | 83,0      | 436,0   |
|                           | на 1 га    | 0,00   | 5,25   | 4,00               | 3,75               | 6,00      | 4,36    |
| Грошові витрати, тис. грн | Всього     | 8,9    | 63,0   | 21,0               | 29,1               | 29,2      | 174,0   |
|                           | на 1 га    | 0,61   | 2,25   | 1,48               | 2,11               | 2,12      | 1,74    |
| Прибуток всього, тис. грн | Всього     | -8,9   | 84,3   | 36,0               | 22,5               | 53,8      | 262,0   |
|                           | з 1 га     | -0,61  | 3,01   | 2,54               | 1,63               | 3,90      | 2,62    |
| Рентабельність, %         | –          | -100,0 | 133,8  | 171,4              | 77,3               | 184,2     | 150,6   |
| Витрати праці, нормозмін  | Всього     | 4,9    | 43,6   | 15,6               | 14,6               | 14,7      | 104,8   |
|                           | на 1 га    | 0,33   | 1,55   | 1,10               | 1,06               | 1,10      | 1,05    |
| Добрива, т                | Всього     | 0,0    | 5,6    | 1,4                | 0,0                | 0,0       | 7,8     |
|                           | на 1 га    | 0,00   | 0,20   | 0,10               | 0,00               | 0,00      | 0,08    |
| Втрати ґрунту, т          | Всього     | 29,4   | 14,0   | 21,4               | 41,3               | 20,8      | 173,1   |
|                           | з 1 га     | 2,0    | 0,5    | 1,5                | 3,0                | 1,5       | 1,7     |

**4. Оптимальна еколого-економічна структура посівних площ у  
3-пільній зернопаропросапній сівозміні**

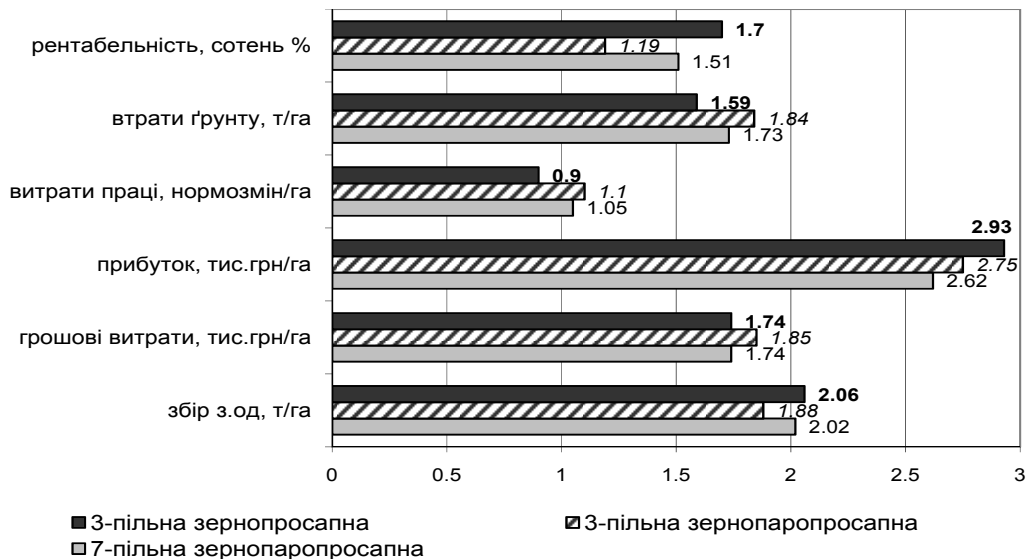
| Показник                  | Культура   |        |        |                    |          | Ресурс |
|---------------------------|------------|--------|--------|--------------------|----------|--------|
|                           | чорний пар | озима  | горох  | кукурудза на зерно | соняшник |        |
| Площа, га                 | 16,5       | 33,3   | 16,6   | 16,6               | 17,0     | 100,0  |
| Збір, ц зернових одиниць  | всього     | 0,0    | 83,2   | 24,9               | 49,8     | 188,5  |
|                           | з 1 га     | 0,00   | 2,50   | 1,50               | 3,00     | 1,88   |
| Валовий дохід, тис. грн   | всього     | 0,0    | 174,8  | 99,5               | 74,6     | 456,0  |
|                           | на 1 га    | 0,00   | 5,25   | 6,00               | 4,50     | 4,56   |
| Грошові витрати, тис. грн | всього     | 10,1   | 74,8   | 39,5               | 35,0     | 184,5  |
|                           | на 1 га    | 0,61   | 2,25   | 2,38               | 2,11     | 1,48   |
| Прибуток всього, тис. грн | всього     | -10,07 | 100,02 | 59,97              | 39,59    | 271,50 |
|                           | з 1 га     | -0,61  | 3,00   | 3,62               | 2,39     | 4,82   |
| Рентабельність, %         | –          | -100,0 | 133,8  | 151,9              | 113,0    | 326,2  |
| Витрати праці, нормозмін  | всього     | 5,5    | 51,7   | 21,9               | 17,6     | 109,3  |
|                           | на 1 га    | 0,33   | 1,55   | 1,32               | 1,06     | 0,74   |
| Добрива, т                | всього     | 0,0    | 6,7    | 1,7                | 0,0      | 9,2    |
|                           | на 1 га    | 0,00   | 0,20   | 0,10               | 0,00     | 0,05   |
| Втрати ґрунту, т          | всього     | 33,00  | 16,65  | 33,20              | 49,80    | 51,00  |
|                           | з 1 га     | 2,00   | 0,50   | 2,00               | 3,00     | 3,00   |

**5. Оптимальна еколого-економічна структура посівних площ у  
3-пільній зернопросапній сівозміні**

| Показник                  | Культура     |       |        |          | Ресурс |
|---------------------------|--------------|-------|--------|----------|--------|
|                           | зайнятий пар | озима | ячмінь | соняшник |        |
| Площа, га                 | 33,0         | 33,0  | 17,0   | 17,0     | 100,0  |
| Збір, ц зернових одиниць  | всього       | 59,5  | 82,4   | 34,0     | 30,5   |
|                           | з 1 га       | 1,80  | 2,50   | 2,00     | 1,80   |
| Валовий дохід, тис. грн   | всього       | 119,1 | 173,1  | 67,9     | 106,9  |
|                           | на 1 га      | 3,60  | 5,25   | 4,00     | 6,30   |
| Грошові витрати, тис. грн | всього       | 49,6  | 74,0   | 25,0     | 25,1   |
|                           | на 1 га      | 1,50  | 2,24   | 1,47     | 1,48   |
| Прибуток всього, тис. грн | всього       | 69,5  | 99,0   | 42,9     | 81,8   |
|                           | з 1 га       | 2,10  | 3,00   | 2,52     | 4,81   |
| Рентабельність, %         | –            | 140,2 | 133,8  | 171,8    | 326,2  |
| Витрати праці, нормозмін  | всього       | 11,2  | 51,2   | 18,6     | 12,5   |
|                           | на 1 га      | 0,35  | 1,55   | 1,09     | 0,74   |
| Добрива, т                | всього       | 0,00  | 6,60   | 1,70     | 0,80   |
|                           | на 1 га      | 0,00  | 0,20   | 0,10     | 0,05   |
| Втрати ґрунту, т          | всього       | 66,0  | 16,5   | 25,5     | 51,0   |
|                           | з 1 га       | 2,00  | 0,50   | 1,50     | 3,00   |

За умов обмеження втрат ґрунту до 7 т/га залежно від культури в 7-пільній зернопаропросапній сівозміні максимальна продуктивність зумовлена наявністю 28,8% озимих, 14,3% соняшнику та 14,5% чистого пару. В 3-пільній зернопаропросапній сівозміні з чистим паром при обмеженнях на змив ґрунту 3 т/га співвідношення культур відповідно 34,7, 15,9 та 16,7%. І в 3-пільній зернопросапній сівозміні з зайнятим паром співвідношення культур наступне: озимих – 33,7, соняшнику – 16,8 та зайнятого пару – 33,7% (рис. 3). На підставі цих даних була побудована модель структури посівних площ за ерозійно-екологічними зонами Луганської області (табл. 6).





**Рис. 3. Еколого-економічні показники в дослідних сівозмінах**

Результати розрахунків для обґрунтування раціональної структури сівозмін були покладені в основу коригування структури посівних площ в зоні з катастрофічним проявом ерозійних процесів в Луганській області (Лутугинський, Антрацитівський, Краснодонський, Перевальський та Свердловський райони) [9].

**Висновки.** Зарегулювання руйнування ґрунту на ріллі необхідно проводити шляхом відпрацювання раціональної структури сівозмін і ґрунтозахисних нормативних показників агроеліоративних прийомів у технологічному блоці АЛ.

Для досягнення цієї мети застосовано інтегровану емпіричну модель втрат ґрунту  $Y_{заг} = A * X_6^{-1,7643} * X_8^{0,6161} * X_2^{0,3548} * X_7^{-0,451} * X_5^{-0,2744}$ , за якою виявлено перевагу протиерозійної сталості 3-пільних сівозмін (втрати ґрунту 1,75-8 т/га) з диференціацією за інтенсивністю водопоглинання в 4-х агроекологічних групах порівняно з 7-пільною (втрати 3-12 т/га) – у 5 агроекологічних групах.

Обґрунтовано раціональну структуру 3-7-пільних сівозмін: 7-пільна зернопаропросапна сівозміна – 28,0 % озимих, 15,4 % соняшнику та 14,7 % чистого пару, 3-пільна зернопаропросапна – 33,3, 17,0 та 16,5 % відповідно і 3-пільна зернопросапна сівозміна з зайнятим паром, де озимих – 33,0, соняшнику – 17,0 та зайнятого пару – 33,0 %.

Екологічне обґрунтування структури посівних площ у межах області проводиться з урахуванням протиерозійної сталості ґрунтів у сівозмінах.

### Список використаних джерел

1. Косолап М.П. Система землеробства No-till: Навч. посібник. / М.П. Косолап, О.П. Кротінов // "Логос", 2011. – 352 с.
2. Тарарико О.Г. Науково-методичні рекомендації з адаптації систем моніторингу ґрунтів земель с.-г. призначення до європейських стандартів і нормативів. Основні положення / О.Г. Тарарико, В.В. Медведєв та ін. // Державний технологічний центр охорони родючості ґрунтів Мінагрополітики України. – К., 2006. – 23 с.
3. Куценко М.В. Про створення та інформаційне забезпечення системи охорони ґрунтів від ерозії в Україні / М.В. Куценко, Д.О. Тимченко Д.О. // Агрохімія та ґрунтознавство. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 75. – Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського", 2011. – С. 116–120.
4. Чорний С.Г. Картографування ерозійної небезпеки території: інформаційне забезпечення та деякі результати / С.Г. Чорний, О.М. Хотиненко // Агрохімія та ґрунтознавство. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 75. – Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського", 2011. – С. 74–77.
5. Белоліпський В.О. Ґрунтоводоохоронна оптимізація агроландшафтів: Навчальний посібник / В.О. Белоліпський. – Суми: Університетська книга, 2012. – 399 с.
6. Лапко П.Г. Спосіб використання землі в короткоротаційній польовій сівозміні / П.Г. Лапко, Ю.І. Усатенко, А.М. Митрошин, Б.А. Павлов, В.В. Наливайко // Патент 517A01I79/02, A01C7/00 – 15.11.2005. Бюл. № 11.

7. Бережняк М.Ф. Оптимізація агрофізичних параметрів чорноземних ґрунтів за різних систем обробітку / М.Ф. Бережняк, Є.М. Бережняк // Вісн. аграр. науки. – 2010. – №12. – С. 16–19.
8. ГОСТ 17.4.4.03-86 «Метод определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей» от 01.07.1987.
9. Белоліпський В.О. Охорона і відновлення родючості еродованих ґрунтів / В.О. Белоліпський, В.М. Белослудцева, О.М. Другов, Ж.І. Мільчевська // за наук. ред. В.О. Белоліпського. – Луганськ. – 2012. – 116 с.
10. Справочник по почвозащитному земледелию / под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской. – К.: Урожай, 1990. – 280 с.
11. Белоліпський В.О. Протиерозійна сталість чорнозему звичайного в умовах різного технологічного навантаження сівозмін / В.О. Белоліпський, М.М. Полулях, А.М. Митрошин // Мат. Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Напрями розвитку сучасних систем землеробства», присвяченої 110-річчю від дня народження проф. С.Д. Лисогорова: наукове видання. – Херсон: ВЦ «Колос», 2013. – 643 с.

Стаття надійшла до редколегії 15.04.2014

## **EROSION-PREVENTIVE RESISTANCE OF CHERNOZEM ORDINARY AND SUBSTANTIATION OF SOWING AREAS STRUCTURE**

**V.A. Belolipskiy**

**Lugansk Experimental Station of NSC “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky”, Ukraine**  
(lg-stanzia@ukr.net)

Parameters of the erosion-preventive resistance of chernozem ordinary are represented in the paper. Rational structure of field crop rotation and ploughed land structure in connection with the soil protection from erosion on regional and local levels are substantiated.

**Key words:** soil; erosion; parameters; soil control stability; chernozem ordinary; structure of crop rotations.

УДК 631.4:631.482:631.67

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ НАФТОПРОДУКТІВ І ВОДОРОЗЧИННИХ СОЛЕЙ У ҐРУНТІ НА НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ДІЛЯНКАХ ОСТРОВА ЗМІЇНИЙ ПЕРЕД ЇХ БІОТЕХНОЛОГІЧНОЮ ОБРОБКОЮ**

**Т.В. Гудзенко, В.О. Іваниця, О.В. Волювач, Г.В. Лісютін,  
Н.Ю. Васильєва, Т.О. Бєляєва, І.П. Конуп, О.Г. Горшкова,  
І.В. Пузирьова**

**Одеський національний університет імені І.І. Мечникова**  
65082, Одеса, вул. Дворянська, 2  
(7872930@mail.ru)

Локальні ділянки, що забруднені нафтопродуктами виявлено на острові Зміїний навесні 2013 року. За результатами ІЧ-спектрометрії та гравіметрії обрано ділянки з максимальним вмістом нафтових вуглеводнів і смолисто-асфальтенових речовин для проведення їх біотехнологічної обробки. Визначено хімічний іонний склад водних витяжок із проб ґрунту, відібраних у межах нафтозабруднених ділянок із шару 0-20 см. Експериментально доведено, що зразки ґрунту характеризуються в основному слабким ступенем засолення. Хімізм засолення є хлоридним за аніонним складом і, в переважній більшості, магнієвим за катіонним складом. Виявлено найменший вміст хлорид- і сульфат-іонів у контрольному зразку ґрунту, що не забруднений нафтопродуктами (фон). Аналітичні дані дозволяють констатувати неоднорідність хімічного складу мінеральної частини ґрунту о. Зміїний.

**Ключові слова:** острів Зміїний; нафтозабруднені ділянки; екологічний стан; нафтопродукти; інфрачервона спектрометрія; гравіметрія; водорозчинні солі; ступінь і хімізм засолення.

**Вступ.** Ґрунт – це особливий компонент екосистеми, який виконує в ній низку важливих біосферно-екологічних і продуктивних функцій. Результатом господарського освоєння острова Зміїний, починаючи з 30-х років XIX століття, та розміщення тут у 40-і роки XX століття військового контингенту і спорядження стало забруднення території острова нафтопродуктами, накопичення побутового і будівельного сміття, техніки, що відпрацювала свій ресурс тощо [1–6].

Важливою генетичною особливістю ґрунтового покриву о. Зміїний є засоленість ґрунтів; типи засолення – хлоридний та сульфатно-хлоридний. Загальна сума солей у верхніх горизонтах профілю у більшості випадків становить 0,05–0,07 %, збільшуючись з глибиною до 0,1–0,2 % від маси ґрунту [3].

Описані у статті дослідження є продовженням наших попередніх наукових робіт, виконаних у рамках держбюджетної теми № 323 “Комплексне обстеження і оцінка сучасного стану забруднення ґрунтів о. Зміїний та розробка біотехнології їх оздоровлення” (2008–2009 рр.), якими на виділених нафтозабруднених ділянках відібрано зразки ґрунту та здійснено комплексний хімічний аналіз з метою визначення вмісту нафтопродуктів. Але на той час не було визначено вміст основних водорозчинних солей.

Тому метою дослідження було виявлення на острові Зміїний існуючих на сьогоднішній день локальних нафтозабруднених ділянок, визначення загального вмісту в ґрунті нафтопродуктів (нафтових вуглеводнів, смолисто-асфальтенових речовин) і водорозчинних солей перед біотехнологічною обробкою ділянок для наукового обґрунтованого й ефективного проведення очистки за допомогою нових поверхнево-активних біопрепаратів, виготовлених на спеціально оптимізованому відповідно до умов острова органо-мінеральному поживному середовищі.

**Об’єкти і методи досліджень.** Об’єктом дослідження слугував ґрунт острова Зміїний. З використанням розробленої в роботі [2] ґрунтової карти острова ми провели інвентаризацію найвірогідніше забруднених нафтопродуктами ділянок ґрунту за такою схемою: обрали місця з’єднання трубопроводів (демонтованих у 2010 році), якими раніше перекачували нафту, та ділянки між насосною станцією та старими ємностями (баки з під нафтопродуктів). За органолептичними показниками та візуально виявленими супутніми ознаками (відсутність або ураження рослинності) для відбирання проб виділили вісім ділянок (ОЗ-1 – ОЗ-8) за принципом середнього діаметру (розміру) забрудненості ґрунтового покриву нафтопродуктами, глибини їх проникнення вглиб ґрунтового профілю та за принципом на основі аналізу розподілення сукупності педохімічних токсичних речовин – нафтопродуктів, водорозчинних солей, загальний вміст яких дозволяє скорегувати подальші біотехнологічні заходи щодо поліпшення екологічного стану ґрунту. Строкатість ґрунтового покриву під час відбирання проб із моніторингових ділянок враховували в оцінці їх забрудненості смолисто-асфальтеновими речовинами (в окремих випадках гумусованості, глинистості).

Зразки ґрунту (чорноземи неповнорозвинені, в переважній більшості кам’янисто-щебенюваті) для проведення аналітичного лабораторного дослідження було відібрано 25 квітня 2013 р. на різних ділянках острова із шару ґрунту 0–20 см. Віддаленість нафтозабруднених ділянок від моря становила 15–20 м при висоті над рівнем морем від 19 до 27 м. Найближче до моря розташовані ділянки ОЗ-1 (поруч із насосною станцією під старим краном) і ОЗ-2 (ділянка між насосною станцією та старими ємностями: баки з-під нафтопродуктів). Найвіддаленішими одна від другої були ділянки ОЗ-2 і ОЗ-8 (місце з’єднання трубопроводів), відстань між ними становила близько 200 м. Аналіз проводили відносно контрольної проби, відібраної з ділянки острова в радіусі 100 м від нафтозабруднених ділянок, що за усіма попередніми показниками в польових умовах (поверхня ґрунтового покриву на 90-

95 % вкрита рослинністю, за органолептичними показниками зовсім відсутній запах нафтопродуктів) прийнято як “фонову”.

Вміст нафтових вуглеводнів (НВ) визначали методом інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії, згідно з методиками, що викладені на порталі нормативних документів [7–9] з деякими змінами у нашій модифікації. Екстракційне вилучення НВ із зразків ґрунту здійснювали двома способами: протягом годинного струшування (І спосіб згідно з [8]) та витримування (ІІ спосіб згідно з [9]).

Для ІЧ-спектроскопічного визначення сумарного вмісту НВ їх екстракцію з підготовлених для цього просіяних повітряно-сухих зразків ґрунту (0,5-1,0 г) здійснювали чотирехлористим вуглецем ( $\text{CCl}_4$ ) марки “ОСЧ” (ТУ 6-09-3219-84). Далі в екстракти для осушування додавали сульфат натрію (20 г) і пропускали через хроматографічну колонку, заповнену оксидом алюмінію (5-6 г) ІІ ступеня активності за Брокманом (ТУ 6-09-3916-75), попередньо змоченим розчином  $\text{CCl}_4$  (10  $\text{cm}^3$ ), з метою відділення від нафтопродуктів супутніх полярних органічних сполук інших класів. Оксид алюмінію в колонці використовували одноразово.

Вміст НВ у ґрунті  $X_{\text{вим}}$  (мг/кг) розраховували за формулою [8]:

$$X_{\text{вим}} = (C_{\text{вим}} \cdot V \cdot V_2 \cdot V_{\text{елюату}}) / (M \cdot V_1 \cdot V_{\text{аліквоти}}), \quad (1)$$

де  $C_{\text{вим}}$  – вимірювана концентрація НВ (мг/л), визначена із градуйованої залежності показань приладу “ІКС-29”  $\Delta D = -\ln(T_1/T_2)$  від вмісту нафтопродуктів (на ІЧ-спектрі  $T_1$  – значення пропускання (%) у максимумі смуги поглинання за  $(2926 \pm 15) \text{ cm}^{-1}$ , а  $T_2$  – значення пропускання (%) у мінімумі смуги поглинання за  $(2700 \pm 15) \text{ cm}^{-1}$ ) згідно з [7];  $M$  – маса наважки ґрунту, взятої для аналізування (кг);  $V$  – сумарний об’єм екстракту (л);  $V_1$  – об’єм екстракту, взятого для розбавлення (л);  $V_2$  – об’єм розбавленого екстракту (л);  $V_{\text{аліквоти}}$  – об’єм аліквоти екстракту (л), що був уведений у хроматографічну колонку, заповнену оксидом алюмінію;  $V_{\text{елюату}}$  – об’єм елюату, одержаного після пропускання екстракту через хроматографічну колонку (л). Елюат фільтрували через знезолений фільтр «червона стрічка» (ТУ 6-09-1678-86).

Хімічний іонний склад фільтратів водних витяжок (ВВ), приготовлених із досліджуваних зразків ґрунту, визначали за стандартними методиками [10–13]. Значення рН фільтратів ВВ контролювали за показаннями рН-метра “Hydrus 400”.

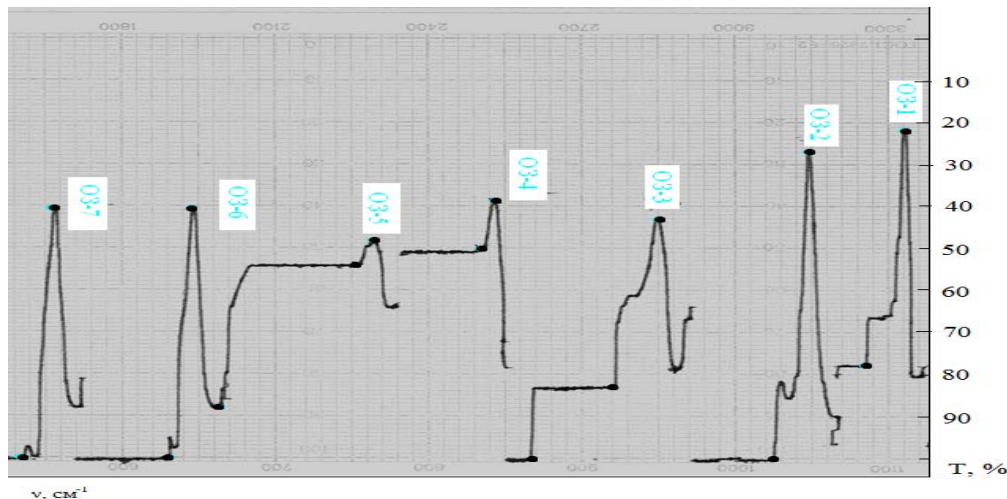
Ступінь засолення зразків ґрунту визначали за загальним вмістом солей у водних витяжках (сухий залишок, %) з урахуванням типу засолення згідно з градацією В.А. Ковди [14, С. 48]. Тип засолення визначали за переважним вмістом іонів (мекв/100г ґрунту) у водних витяжках.

Проводили за відповідними методиками скорочений аналіз фільтратів ВВ на вміст у них:  $\text{HCO}_3^-$  [10, 15],  $\text{Cl}^-$  [11],  $\text{SO}_4^{2-}$  [12, 16],  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  [13, 15]. Суму катіонів ( $\text{Na}^+$ ;  $\text{K}^+$ ) визначали за різницею між сумою аніонів ( $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ) і сумою катіонів ( $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ) у мекв на 100 г ґрунту. Вміст  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  у водних витяжках визначали за стандартним комплексонометричним методом [13].

**Аналіз результатів досліджень.** У польових умовах визначено розмір забрудненості ґрунтового покриву о. Зміїний на виявлених нафтозабруднених його ділянках (ОЗ-1 – ОЗ-8) та глибину проникнення нафтопродуктів ( $h_{\text{нп}}$ , см). Розмір плямистості на ділянці ОЗ-1 становив 110 см x 350 см при  $h_{\text{нп}} \sim 20$  см; на ОЗ-2 – 420 см x 700 см при  $h_{\text{нп}} \sim 40$  см; на ОЗ-3 –  $\varnothing \sim 90$  см при  $h_{\text{нп}} \sim 40$  см; на ОЗ-4 –  $\varnothing \sim 70$  см при  $h_{\text{нп}} \sim 15$  см; на ОЗ-5 –  $\varnothing \sim 90$  см при  $h_{\text{нп}} \sim 10$  см; на ОЗ-6 – (70 x 70) см при  $h_{\text{нп}} \sim 10$  см; на ОЗ-7  $\varnothing \sim 90$  см при  $h_{\text{нп}} \sim 15$  см; на ОЗ-8 – (280 x 420) см при  $h_{\text{нп}} \sim 7,5$  см. Свіжі проби ґрунту, відібрані з восьми ділянок, були вологуватими, з ділянок ОЗ-5, ОЗ-6, ОЗ-7 і ОЗ-8 – характеризувались слабким запахом нафтопродуктів, а відібрані з ділянок ОЗ-1, ОЗ-2 і ОЗ-3 з піщано-щебенюватим ґрунтом – помірним запахом нафтопродуктів у верхньому піщаному шарі (2-3 см) і сильнішим – глибше. Ґрунт на досліджуваних ділянках кам’янисто-щебенюватий. Проба, відібрана на ділянці ОЗ-4,

відрізнялася від проб ґрунту ОЗ-1, ОЗ-2 і ОЗ-3 дещо слабшим запахом нафтопродуктів, забарвленням (з усіх проб найтемніша) і відсутністю щебеня та каміння.

Визначення сумарного вмісту НВ у пробах ґрунту після їх відповідної підготовки [8] здійснювали інтегрованим методом – шляхом обробки аналітичних ІЧ-сигналів (за інтенсивністю смуг поглинання), що були зняті на аналізаторі “ІКС-29” в діапазоні хвильових чисел  $2700\text{--}3200\text{ см}^{-1}$  відносно “ОСЧ” чотирихлористого вуглецю (рис. 1).



**Рис. 1. Результати ІЧ-спектрометричного визначення масового вмісту нафтових вуглеводнів у повітряно-сухих пробах ґрунту з різних ділянок**

У цьому діапазоні приладом реєстрували смуги поглинання, зумовлені валентними коливаннями  $\text{CH}_3$ - і  $\text{CH}_2$ - груп аліфатичних і аліциклічних сполук і бокових ланцюгів ароматичних вуглеводнів, а також вуглець-водневих зв'язків ароматичних сполук [17]. Результат визначення вмісту НВ у ґрунті  $X_{\text{вимір}}$  (мг/кг) розраховували за формулою (1). Експериментально здобуті дані свідчили про сильну забрудненість ґрунту на ділянках ОЗ-1, ОЗ-2 і ОЗ-3 порівняно з іншими досліджуваними ділянками. На ділянках зовсім відсутня рослинність, дуже багато піску і сумарний вміст нафтових вуглеводнів (аліфатичних, аліциклічних, ароматичних вуглеводнів) становив за I способом  $1600\div 1895$  мг/кг ґрунту та за II способом –  $(1920\div 2274)$  мг/кг ґрунту. Вміст смолисто-асфальтенових речовин, десорбованих із оксиду алюмінію хлороформом, і визначений ваговим методом, був зависоким ( $7500\text{--}13427$  мг/кг ґрунту). Саме великим вмістом смолисто-асфальтенових речовин пояснюється липкість свіжих зразків ґрунту, відібраних з ділянок ОЗ-1, ОЗ-2 і ОЗ-3.

Різницю ( $\Delta$ , % у 11-21 %) в отриманих за I та II способом значеннях сумарного вмісту НВ, одержаних при ІЧ-спектрометричному аналізі нафтозабруднених ґрунтів згідно з [8] і з [9] також спостерігали автори роботи [18], які пояснили цей факт з позиції сучасної теорії нафтових дисперсних систем.

Слід зауважити, що аналіз ґрунту на ділянці, яка була прийнята нами за контроль, теж показав в інфрачервоній області спектра пік, обробка якого відповідала концентрації НВ до 50 мг/кг. Із даних літератури [17, 19] відомо, що у нафтодобувних районах фоновий вміст нафтопродуктів у ґрунті становить 100 мг/кг, а у районах, де добування нафти не проводять – 40 мг/кг ґрунту. Отже, перевищення сумарної концентрації нафтових вуглеводнів у ґрунті моніторингових ділянок, без урахування не менш токсичних супутніх складових нафти – високомолекулярних полярних речовин (смол і асфальтенів), було вищим, приблизно, в 40 разів, порівняно з контролем, де були відсутні смоли і асфальтени.

Для проведення біотехнологічної очистки нафтозабруднених ділянок ґрунту о. Зміїний досить важливим був контроль їх сольового режиму. Тому після хімічного

аналізу повітряно-сухих зразків ґрунту на вміст у них нафтопродуктів, за скороченим аналізом фільтратів ВВ на вміст у них водорозчинних солей (мекв на 100 г ґрунту), за щільним осадом (%) визначили тип і ступінь засоленості нафтозабруднених ділянок ґрунту, що було необхідним для подальшої їх біоремедіації з використанням нових біопрепаратів, виготовлених із асоціації нафтоокиснювальних бактерій роду *Pseudomonas* (із колекції мікроорганізмів кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова) і асоціації нафтоокиснювальних мікроорганізмів *Bacillus* (виділених із сильнозабруднених нафтопродуктами ділянок ґрунту о. Зміїний) на основі оптимізованого до певних умов орґано-мінерального поживного середовища.

Аналіз зразків ґрунту проводили з визначенням таких характеристик: актуальна (активна) кислотність – рН водних витяжок; щільний (сухий) залишок; вміст хлор- і сульфат-іонів, оскільки саме вони належать до токсичних [20]. Перераховані іони, у разі зв'язування з гідрокарбонат-іонами і полівалентними катіонами (наприклад,  $Al^{3+}$ ), утворюють солі, що й обумовлює небажане засолення ґрунту.

Виміряні значення рН водних витяжок вказують на те, що на більшості ділянок (ОЗ-3, ОЗ-4, ОЗ-5, ОЗ-6 і ОЗ-8) ґрунтовий розчин мав слабо кислу реакцію (рН від 5,13 до 6,43) (табл. 1), що зумовлено впливом продуктів вивітрювання кислих щільних порід і може бути певною мірою пов'язано з нафтоокиснювальною активністю місцевого біоценозу. На ділянках ОЗ-1, ОЗ-2, ОЗ-7 і на незабрудненій ділянці реакція ґрунтового середовища була майже нейтральною (рН від 6,51 до 6,86).

### 1. Аніон-катіонний склад водних витяжок

| Показник,<br>одиниця виміру                     | Ділянка |         |         |         |         |         |         |          |                       |
|-------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------------------|
|                                                 | ОЗ-1    | ОЗ-2    | ОЗ-3    | ОЗ-4    | ОЗ-5    | ОЗ-6    | ОЗ-7    | ОЗ-8     | Контроль              |
| Щільний (сухий) залишок, %                      | 0,198   | 0,264   | 0,180   | 0,288   | 0,240   | 0,192   | 0,168   | 0,456    | 0,144                 |
| рН                                              | 6,73    | 6,63    | 6,43    | 5,43    | 5,13    | 5,68    | 6,86    | 5,48     | 7,20                  |
| $HCO_3^-$ , %                                   | 0,025   | 0,029   | 0,012   | 0,015   | 0,014   | 0,009   | 0,021   | 0,015    | 0,021                 |
| $HCO_3^-$ , мекв на 100 г ґрунту                | 0,407   | 0,474   | 0,204   | 0,253   | 0,233   | 0,140   | 0,343   | 0,239    | 0,349                 |
| $Cl^-$ , %                                      | 0,017   | 0,028   | 0,022   | 0,021   | 0,016   | 0,027   | 0,019   | 0,031    | 0,011                 |
| $Cl^-$ , мекв на 100 г ґрунту                   | 0,467   | 0,793   | 0,620   | 0,603   | 0,453   | 0,747   | 0,524   | 0,883    | 0,317                 |
| $SO_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup> водної витяжки | 0,0034  | 0,0044  | 0,0046  | 0,0062  | 0,0010  | 0,0008  | 0,0016  | 0,0040   | 0,0016                |
| $SO_4^{2-}$ , %                                 | 0,0017  | 0,0022  | 0,0023  | 0,0031  | 0,0010  | 0,0004  | 0,0008  | 0,002    | 0,0008                |
| $SO_4^{2-}$ , мекв на 100 г ґрунту              | 0,035   | 0,046   | 0,048   | 0,065   | 0,021   | 0,008   | 0,017   | 0,042    | 0,017                 |
| $\Sigma$ аніонів, мекв на 100 г ґрунту          | 0,909   | 1,313   | 0,871   | 0,920   | 0,707   | 0,894   | 0,884   | 1,164    | 0,683                 |
| $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ , мекв на 100 г ґрунту      | 0,540   | 0,744   | 0,312   | 0,564   | 0,600   | 0,396   | 0,444   | 0,612    | 0,324                 |
| $Ca^{2+}$ , мекв на 100 г ґрунту                | 0,240   | 0,348   | 0,060   | 0,180   | 0,204   | 0,156   | 0,216   | 0,312    | 0,096                 |
| $Ca^{2+}$ , %                                   | 0,005   | 0,007   | 0,001   | 0,004   | 0,004   | 0,003   | 0,004   | 0,007    | 0,002                 |
| $Mg^{2+}$ , мекв на 100 г ґрунту                | 0,300   | 0,396   | 0,252   | 0,384   | 0,396   | 0,240   | 0,228   | 0,300    | 0,228                 |
| $Mg^{2+}$ , %                                   | 0,004   | 0,005   | 0,003   | 0,005   | 0,005   | 0,003   | 0,003   | 0,004    | 0,003                 |
| $(Na^+ + K^+)^1$ , мекв на 100 г ґрунту         | 0,369   | 0,569   | 0,559   | 0,356   | 0,107   | 0,498   | 0,440   | 0,552    | 0,359                 |
| Ступінь засолення <sup>2</sup>                  | слабкий | слабкий | слабкий | слабкий | слабкий | слабкий | слабкий | середній | практично незасолений |

<sup>1</sup>  $(Na^+ + K^+) = \Sigma \text{ аніонів} - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$ ;

<sup>2</sup> Ступінь засолення з урахуванням хлоридного типу засолення за градацією В.А. Ковди [14, С. 48] за сумою солей (сухим залишком, у %): слабкий - 0,15-0,3, середній - 0,3-0,5 і практично незасолений -  $\geq 0,15$

Вміст іонів хлору як на нафтозабруднених ділянках ґрунту о. Зміїний, так і на контрольній (фоновій) ділянці переважав вміст сульфат-іонів у 9,3-93,3 раза:  $\text{Cl}^- = 0,317-0,883$  і  $\text{SO}_4^{2-} = 0,008-0,065$  мекв / 100 г ґрунту. Такий вміст хлорид-іонів [3], порівняно з сульфат-іонами, пояснюється їх імпульверизаційно-аеральним надходженням на поверхню ґрунту острова Зміїний з навколишньої акваторії Чорного моря. У фільтраті водної витяжки із незабрудненого ґрунту було виявлено мінімальний вміст хлорид-іонів ( $\text{Cl}^- = 0,317$  мекв / 100 г ґрунту).

На всіх досліджуваних ділянках, окрім контрольної, вміст іонів  $\text{HCO}_3^-$  у 1,2–3,7 раза був нижчим за вміст іонів  $\text{Cl}^-$ . Лише у ґрунті ділянки ОЗ-1, вміст хлорид-іонів (0,467 мекв / 100 г ґрунту) співпадав з умістом гідрокарбонат-іонів (0,407 мекв / 100 г ґрунту). Водна витяжка з проб ґрунту, відібраних з ділянки ОЗ-6, характеризувалась мінімальною лужністю ( $\text{HCO}_3^- = 0,140$  мекв / 100 г ґрунту), порівняно з контролем (0,350) та іншими пробами.

Таким чином, вміст аніонів, визначений у водних витяжках із ґрунту на різних ділянках о. Зміїний, можна розмістити у такій послідовності:  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- >> \text{SO}_4^{2-}$ .

Що стосується катіонів, то сума  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  та сума  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$ , що були визначені, як різниця між сумою аніонів і сумою катіонів ( $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ) у мекв на 100 г ґрунту, у ґрунті контрольної ділянки і ділянок ОЗ-6, ОЗ-7 і ОЗ-8 більш-менш співпадають. Сильне розходження між сумами катіонів спостерігається на ділянці ОЗ-5, де  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = 0,600$ , а  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) = 0,107$  мекв на 100 г ґрунту. Помічено, що на ділянці ОЗ-3 сума катіонів натрію та калію перевищувала суму катіонів кальцію та магнію (0,559 і 0,312 мекв на 100 г ґрунту відповідно). На ділянках ОЗ-1, ОЗ-2 і ОЗ-4 концентрація катіонів магнію і кальцію трохи більше за концентрацію катіонів натрію та калію. Порівнюючи вміст катіонів кальцію і магнію помітили, що концентрація іонів магнію у всіх зразках перевищувала концентрацію іонів кальцію.

Загальний вміст водорозчинних солей у ґрунті на ділянках ОЗ-1, ОЗ-3, ОЗ-6 та ОЗ-7 коливався у межах 0,168-0,192 %, а на ділянках ОЗ-2, ОЗ-4 та ОЗ-5 – 0,240-0,288 %, що свідчило про слабку засоленість ґрунту на цих ділянках, враховуючи встановлений вище хлоридний тип їх засолення [14]. Контрольна проба характеризувалась незасоленістю (0,144 %), а на ділянці ОЗ-8 сума водорозчинних солей була дещо вищою – 0,456 %, що може бути пояснено певним розташуванням контрольної ділянки і ділянки ОЗ-8 відносно рівня Чорного моря.

**Висновки.** Таким чином, на острові Зміїний виявлено вісім локальних ділянок, забруднених нафтопродуктами. За результатами ІЧ-спектрометрії та гравіметрії обрано ділянки ОЗ-1, ОЗ-2 і ОЗ-3 з максимальним вмістом нафтових вуглеводнів і смолисто-асфальтенових речовин (до 15,7 г / кг ґрунту), що потребували проведення біоре mediaції. Зразки ґрунту, відібрані із шару 0-20 см, на досліджуваних ділянках характеризувались в основному слабким ступенем засолення (тип засолення – хлоридний) з деяким перевищенням умісту іонів магнію, порівняно з іонами кальцію, що було враховано в оптимізації органо-мінерального поживного середовища для асоціації спеціально підібраних нафтоокиснювальних мікроорганізмів у складі нових поверхнево-активних біопрепаратів.

### Список використаної літератури

1. Андронати С.А. Остров Змеиный и прилегающий шельф Черного моря как объекты исследования учреждений Национальной академии наук Украины // Вісник Одеського національного університету. – Екологія. – 2005. – Т. 10. – Вип. 4. – С. 14–20.
2. Біланчин Я.М. Картографування ґрунтового покриву і створення ґрунтової карти острова Зміїний / Я.М. Біланчин, А.О. Буяновський, П.І. Жанталай, М.Й. Тортік // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомч. темат. наук. збірник. Випуск 75. — Харків : ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2011. — С. 64–69.
3. Біланчин Я.М. Дослідження ґрунтового покриву о. Зміїний / Я.М. Біланчин, П.І. Жанталай, М.Й. Тортік, А.О. Буяновський // Острів Зміїний. Абіотичні характеристики: монографія; відп. ред. В.І. Медінець; Одес. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова. – Одеса: Астропринт, 2008. – С. 54–79.
4. *Заключний звіт з НДР д/б т. №323 "Комплексне обстеження і оцінка сучасного стану*

забруднення ґрунтів о. Зміїний та розробка біотехнології їх оздоровлення“ (2008-2009 рр.).

5. *Зайцев Ю.П.* Значение острова Змеиный в функционировании экосистемы северо-западного шельфа Черного моря/ Ю.П. Зайцев, Б.Г. Александров // *Экологія. Вісник Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова*. – 2005. – Т. 10, Вип. 4. – С. 20–28.

6. *Сминтина В.А.* Обзор исследований экосистем острова Зміїний та прилеглого шельфу Чорного моря в 2003–2010 рр./ В.А. Сминтина, В.О. Іваниця, В.І. Медінець // *Екологічні проблеми Чорного моря*. – Одеса, 2010. – С. 293–297.

7. *Охрана природы*. Гидросфера. Определение содержания нефтепродуктов в сточных водах методом инфракрасной спектрофотометрии: ГОСТ 38.01378-85. – [Введен с 1986-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 7 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

8. *ПНД Ф 16.1:2.2.22-98*. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органо-генных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии. – 1998. – 12 с. – Электронный доступ: [www.OpenGost.ru](http://www.OpenGost.ru)

9. *Руководящий документ*. Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтегазпрома. РД 39-0147098-015-90. Министерство нефтяной и газовой промышленности. – 1990. – 57 с.

10. *Почвы*. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке: ГОСТ 26424-85. – [Введен с 1986-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 5 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

11. *Почвы*. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке: ГОСТ 26425-85. – [Введен с 1986-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 9 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

12. *Почвы*. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке: ГОСТ 26426-85. – [Введен с 1986-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 8 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

13. *Почвы*. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке: ГОСТ 26428-85. – [Введен с 1986-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 8 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

14. *Практикум по почвоведению* / Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1980. – 272 с.

15. *Практикум по почвоведению* / Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 267-268.

16. *Вода* хозяйственно-питьевого назначения. Полевые методы анализа: ГОСТ 1030-81. – [Введен с 1983-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 22 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

17. *Леоненко И.И.* Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды (обзор)/ И.И. Леоненко, В.П. Антонович, А.М. Андрианов, И.В. Безлуцкая, К.К. Цымбалюк // *Методы и объекты химического анализа*. – 2010. – Т. 5, № 2. – С. 58–72.

18. *Русских И.В., Госсен Л.П.* Сравнение двух методик ИК-спектрометрического определения нефтепродуктов в почве // *Журн. аналит. химии*. – 2009. – Т. 64, № 6. – С. 633 – 635.

19. *Рогозина Е.А.* Актуальные вопросы проблемы очистки нефтезагрязненных почв // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. – 2006. – № 1. – С. 1–11. – Электронный доступ: <http://www.ngtp.ru>.

20. *Горбунов Н.И.* Минералогия и физическая химия почв. – М.: Наука, 1978. – 293 с.

*Стаття надійшла до редколегії 26.06.2014*

## THE DETERMINATION OF OIL AND WATER-SOLUBLE SALTS ON THE OILY AREAS OF GROUND ZMIINYI ISLAND BEFORE THEIR BIOTECHNOLOGICAL PROCESSING

**T.V. Gudzenko, V.O. Ivanytsia, O.V. Voliuvach, G.V. Lisyutin, N.Yu. Vasyliieva, T.O. Beliaeva, I.P. Konup, O.G. Gorshkova, I.V. Puzyreva**

**Odessa Mechnykov National University**  
2, Dvoryans'ka str., Odessa, 65082, Ukraine  
(7872930@mail.ru)

Discovered in the spring of 2013 on the Zmiinyi island of serpents local sites contaminated with petroleum products. According to the results of IR spectroscopy and gravimetry selected areas with the highest levels of petroleum hydrocarbons and resin-asphaltene substances for carrying out their biotechnological processing. Defined chemical ionic composition of water extracts from soil samples taken within contaminated areas of the layer 0-20 cm. Experimentally proved that the soil samples are characterized by mostly weak salinity. Chemism of salinization is chloride by anionic composition, and in most cases magnesium - cationic composition. Identified the lowest content of chloride and sulfate ions in the sample soil is not contaminated by petroleum products (background). The obtained data allow us to ascertain the heterogeneity of the chemical composition of the mineral part of the soil of Zmiinyi island.

**Key words:** Zmiinyi island; oil-contaminated sites; environmental condition; petroleum products; infrared spectroscopy; gravimetry; water-soluble salts, degree and chemism of salinization.

УДК 633.3: 504.53.062.4

**ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗАЛЕЖНО ВІД  
НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ****С.Г. Корсун, Н.І. Довбаш, І.І. Клименко****Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»**вул. Машинобудівників 2-Б, смт Чабани, Київська обл., 08162, Україна  
(Nadezda\_D@ukr.net)

Одним із актуальних завдань сучасної агрохімії є визначення можливості використання ґрунту, забрудненого важкими металами, для вирощування польових культур. Дослідження вели в тривалому дрібноділянковому досліді, де вивчали вплив забрудненості сірого лісового легкосуглинкового ґрунту свинцем, кадмієм і цинком на продуктивність кукурудзи на зерно гібриду Здвиж МВ. Стан агроценозу кукурудзи досліджували впродовж основних етапів органогенезу. Вміст важких металів у рослинному матеріалі визначали методом атомної абсорбції на спектрофотометрі ААС-3 після кислотного гідролізу з наступною термодеструкцією. Кількість білка у зерні та вегетативних органах визначали методом інфрачервоної спектроскопії на аналізаторі NIR Systems 4500. Установлено високу стійкість рослин кукурудзи в умовах агроєкоотопів, забруднених важкими металами. Сірі лісові ґрунти Правобережного Лісостепу з концентрацією свинцю в орному шарі до 1000 мг, цинку до 500 мг і кадмію до 20 мг на кг ґрунту залишаються придатними для вирощування кукурудзи на зерно із збереженням рівня урожайності 6,15–7,93 т/га. Виявлено перевищення ГДК свинцю для продовольчого зерна, отриманого в агроєкоотопах зі вмістом свинцю 100–1000 мг/кг ґрунту. Встановлено позитивний зв'язок між накопиченням ВМ у зерні та кількістю протеїну за коефіцієнтів кореляції для свинцю 0,95, кадмію – 0,88, цинку – 0,77. Запропоновано використання зерна кукурудзи, отриманого в умовах агроєкоотопів, забруднених важкими металами, для кормових та технічних цілей.

**Ключові слова:** важкі метали; ґрунт; екотоп; кукурудза; продуктивність; протеїн.

**Вступ.** Однією з причин незбалансованого розвитку агроєкоосистем в Україні вітчизняні вчені вважають високий рівень техногенного забруднення навколишнього природного середовища [1]. Найбільш поширеними політантами є важкі метали (ВМ) [2]. Обґрунтовану тривогу дослідників викликає зростання забруднення важкими металами, пов'язане з використанням автотранспорту, щорічним спалюванням мільйонів тонн вугілля та іншого палива, агротехногенним навантаженням. Упродовж останніх десятиліть щорічний видобуток кадмію з надр Землі у світі становить близько 22 тис. т, свинцю – 783 тис. т, цинку – 1,35 млн т [3]. Частина від загальної кількості надходить на поверхню ґрунту і депонується ним у міцно фіксованій формі, але значна кількість залишається мобільною, спричиняючи зміни агрохімічних і екоотоксикологічних властивостей ґрунту. Особливо небезпечним є забруднення політантами сільськогосподарських угідь. В Україні близько 8 % земель сільськогосподарського використання містять ВМ вище гранично допустимої концентрації (ГДК) [1]. Забруднення ґрунтів ВМ спонукає до пошуку способів очищення та ефективного використання цих земель.

Депонування забруднювачів ґрунтом у ряді випадків унеможливорює реалізацію потенціалу сорту сільськогосподарських культур, спричиняє забруднення рослинницької продукції [4]. Адже в процесі онтогенезу рослин метали з ґрунту надходять до коренів і надземної маси, змінюючи кількісні та якісні характеристики урожаю сільськогосподарських культур [5]. Тому одним із актуальних завдань сучасної агрохімії є визначення продуктивності польових культур, а також біохімічних і токсикологічних характеристик урожаю в умовах забрудненості агроєкоотопів ВМ і виявленні можливості використання таких ґрунтів для вирощування польових культур.

Метою роботи було дослідження зміни продуктивності кукурудзи на зерно

залежно від рівня забрудненості ґрунту свинцем, кадмієм і цинком в умовах Правобережного Лісостепу.

**Об'єкти і методи досліджень.** Дослідження проводили впродовж 2012–2014 рр. у стаціонарному дрібноділянковому досліді «Вплив цинку, свинцю, кадмію на продуктивність сільськогосподарських культур, агрохімічні та екотоксикологічні характеристики сірого лісового ґрунту», закладеному 1999 р. у дослідному господарстві “Чабани” Національного наукового центру „Інститут землеробства НААН” (Правобережний Лісостеп, Київська обл.). Ґрунт – сірий лісовий легкосуглинковий. Облікова площа ділянки 4 м<sup>2</sup> за чотириразового повторення. У досліді передбачено варіанти зі штучно створеними фонами ВМ: 1 – природний фон цинку, свинцю і кадмію (контроль); 2 – перевищення природного фону металів у 10 разів, 3 – у 100 разів; 4 – у 5 разів. Створюючи фони зважали на кислоторозчинну фракцію металів, оскільки саме вона вважається основною техногенною складовою запасу ВМ у ґрунті [6]. Під час закладання досліді було визначено, що природний фон кислоторозчинної фракції ВМ у сірому лісовому ґрунті дослідного господарства “Чабани” є таким: свинцю – 10, цинку – 5, кадмію – 0,2 мг/кг ґрунту. Згідно з градацією, наведеною у «Методиці суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України» [6], вміст ВМ відповідав слабкому рівню забруднення ґрунту кадмієм, помірному – свинцем та відсутності забрудненості цинком.

Для формування екотопів з різними рівнями забрудненості до верхнього (0–20 см) шару ґрунту вносили такі солі ВМ: свинець азотнокислий ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ), кадмій азотнокислий ( $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ) і цинк азотнокислий ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ).

Накопичення ґрунтом свинцю, цинку і кадмію, змінюючи показники його токсикологічного стану, спричинило певні тенденції у зміні фізико-хімічних і агрохімічних характеристик, але величина обмінної кислотності, вміст гумусу, доступних форм азоту, фосфору і калію залишались у межах одного рівня, відповідно до групування ґрунтів за властивостями у ДСТУ 4362:2004 [7]. Так обмінна кислотність була визначена як середня, вміст гумусу – низький, забезпеченість доступним азотом дуже низька, фосфором – підвищена, калієм – висока.

Об'єктом досліджень була кукурудза (*Zea mais*) гібриду Здвиж МВ. Сівбу проводили широкорядним способом з міжряддями 70 см. Мінеральні добрива вносили навесні під передпосівний обробіток ґрунту в дозі  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ .

Визначення біометричних показників рослин проводили у фазу 3–4 листів, цвітіння та молочної стиглості. Для виявлення динаміки накопичення ВМ вегетативними органами рослин кукурудзи проби надземної вегетативної маси та коренів відбирали впродовж основних етапів органогенезу: 3–4 листки; 12–13 листків; цвітіння; молочної та повної стиглості.

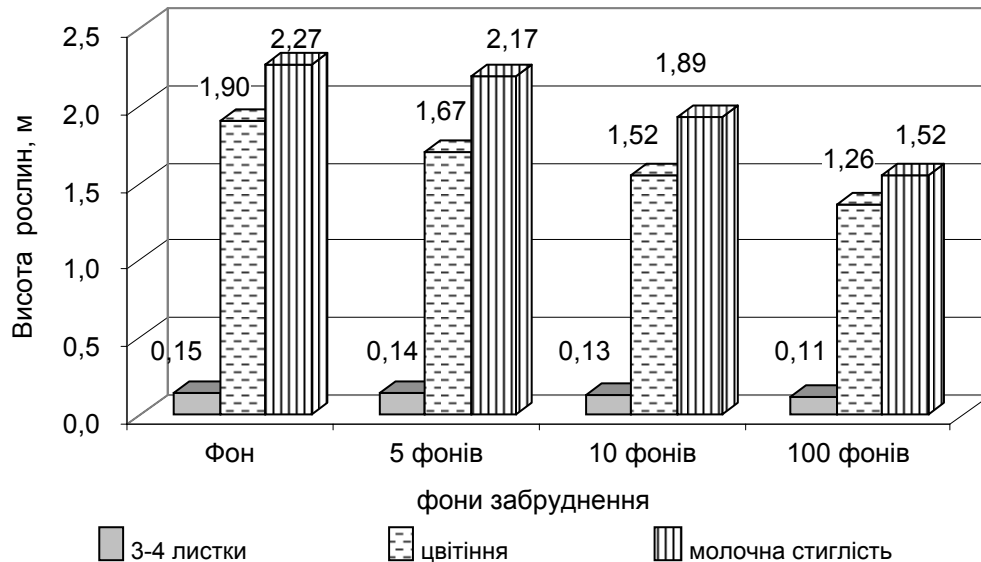
Вміст важких металів у рослинному матеріалі визначали методом атомної абсорбції на спектрофотометрі ААС-3 після кислотного гідролізу з наступною термодеструкцією [8]. Рівень забрудненості зерна кукурудзи ВМ оцінювали за ДСТУ 4525:2006. Кількість білка у зерні та вегетативних органах визначали методом інфрачервоної спектроскопії на аналізаторі NIR Systems 4500. Лабораторні дослідження здійснено у відділі агроєкології та аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН» (свідectvo про атестацію № А-14-053 від 28.03.2014 р.).

Статистичну обробку даних виконували з використанням комп'ютерних програм: Microsoft Office Excel 2003, Statistica 5.0.

**Аналіз результатів досліджень.** Дослідження стану агроценозу кукурудзи в умовах забруднення ґрунту свинцем, кадмієм, цинком засвідчило високу стійкість культури до підвищення вмісту ВМ у ґрунтового середовищі. Передбачені дослідом варіанти дозволили одержати урожай зерна на всіх ділянках, але забруднення ґрунту погіршувало умови росту і розвитку рослин, що відобразилось на біометричних

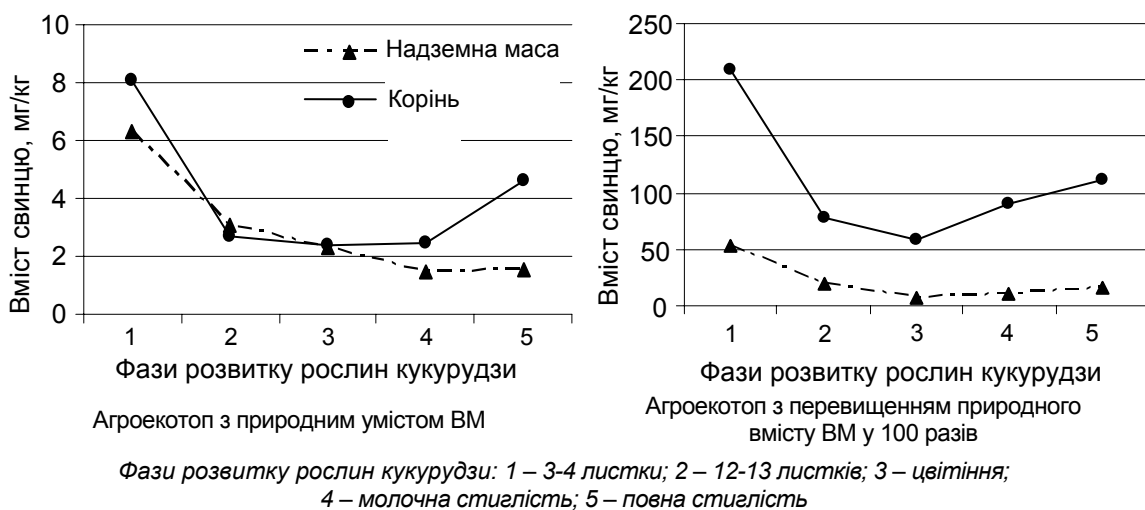
показниках, урожайності, кількості білка та концентрації токсичних металів у зерні.

З підвищенням вмісту ВМ у ґрунті змінювались біометричні показники рослин кукурудзи. Між висотою рослин в основні фази органогенезу і забрудненістю ґрунту виявлено тісний обернений кореляційний зв'язок: у фазу 3–4 листки коефіцієнт кореляції відповідав  $r = -0,922$ , цвітіння –  $r = -0,823$ , молочної стиглості –  $r = -0,923$ . З розвитком рослин негативний вплив металів на лінійний ріст кукурудзи посилювався, досягаючи максимуму у період інтенсивного накопичення вегетативної маси. Якщо у фазу 3–4 листка різниця висоти рослин між природним фоном і іншими варіантами фонів складала 4–29 %, то у фазу 12–13 листків ця різниця зросла до 8–36 %, за цвітіння – 13–34 % (рис. 1).



**Рис. 1. Висота рослин кукурудзи за основними фазами органогенезу залежно від фону забрудненості ґрунту, 2012–2014 рр.**

Установлено, що за понадфонових концентрацій ВМ у ґрунті різко зріс рівень вмісту свинцю, кадмію і цинку у коренях і надземній вегетативній масі рослин кукурудзи. У всіх варіантах відмічено зниження концентрації токсичних елементів впродовж фаз інтенсивного росту: 12–14 листків і цвітіння, порівняно з початком вегетації – фаза 3–4 листки. Найбільшу кількість токсичних металів накопичувало коріння, значно менше – надземна вегетативна маса (рис. 2).



**Рис. 2. Уміст свинцю у вегетативних органах кукурудзи залежно від фаз органогенезу рослин, 2012–2014 рр.**

У науковій літературі відзначено, що в більшості випадків вдається встановити пряму пропорційну залежність між вмістом ВМ у живильному субстраті та рослині. Але надходження ВМ до рослинного організму носить не схоластичний характер, а регулюється фізіологічними бар'єрами біохімічної природи. Поглинання ВМ сповільнюється під впливом механізмів бар'єрної функції кореня, таких як: реактивних центрів апопласта кореня, клітинної стінки, компартментації у вакуолях клітин, що зупиняє акропетальне переміщення шкідливих елементів [2, 3, 4, 5]. Виявлено важливу роль металопротеїнів у забезпеченні бар'єрної функції вегетативних органів [9]. Аналіз надземної вегетативної маси та коріння кукурудзи свідчить про тенденцію до збільшення вмісту протеїну за підвищення концентрації металів у органах рослин. Так, у корінні впродовж фази цвітіння коефіцієнт кореляції для свинцю становив 0,76, кадмію – 0,77, цинку – 0,79. Разом з тим, зниження урожаю та накопичення ВМ у зерні варіантів із забрудненим ґрунтом свідчить про недостатню активність фізіологічних бар'єрів у кукурудзи.

На всіх ділянках з 5–100-разовим перевищенням фону ВМ спостерігали зниження врожаю качанів кукурудзи на 0,52–1,78 т/га, порівняно з контролем, тобто, втрати урожаю становили 6–22 % (табл. 1). Це було пов'язано як із зменшенням маси 1000 зерен, так і розміру качанів.

У варіантах із забрудненням ґрунту ВМ маса 1000 зерен порівняно з природним фоном ВМ знижувалась на 14–33 г, що становило 5–12 %. У варіанті з максимальним навантаженням ВМ відмічено найбільші втрати врожаю та маси 1000 зерен, відповідно на 1,78 т/га та 33 г.

Результати статистичного аналізу показників урожайності кукурудзи свідчать про значну варіабельність маси 1-го качана в межах ділянок дослідів ( $V = 26,7\%$ ). Попри це виявлено чітку тенденцію до зниження маси качана зі збільшенням забрудненості ґрунтового фону ВМ. Втрати до контролю становили 11,4–34,2 г за  $HP_{0,5} = 0,40$ .

**1. Вплив забрудненості ґрунту ВМ на врожайність та якість зерна кукурудзи гібриду Здвиж МВ (2012-2014 рр.)**

| Варіант дослідів<br>(ступінь забруднення)            | Урожай-<br>ність, т/га | Маса<br>одного<br>качана, г | Маса 1000<br>зерен, г | Вміст у зерні, мг/кг |                |              |
|------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|--------------|
|                                                      |                        |                             |                       | кадмій,<br>Cd        | свинець,<br>Pb | цинк,<br>Zn  |
| 1 – природний фон ВМ<br>(контроль)                   | 7,93                   | 94,6                        | 272                   | 0,00                 | 0,4            | 10,5         |
| 4–п'ятиразове перевищення<br>природного фону ВМ      | 7,41                   | 83,2                        | 258                   | 0,00                 | 0,5            | 10,8         |
| 2 – десятиразове переви-<br>щення природного фону ВМ | 7,07                   | 83,1                        | 241                   | 0,05                 | 0,7            | 12,6         |
| 3 – сторазове перевищення<br>природного фону ВМ      | 6,15                   | 60,4                        | 239                   | 0,05                 | 0,9            | 22,8         |
| $HP_{0,5}$                                           | 0,26                   | 0,40                        | 13                    | –                    | –              | –            |
| ГДК: зерно продовольче<br>зерно на корм [10]         | –                      | –                           | –                     | 0,10<br>0,30         | 0,50<br>5,00   | 50,0<br>50,0 |

Аналіз якості зерна свідчить, що підвищення забрудненості ґрунту ВМ змінювало вміст протеїну в продукції. Десятиразове і сторазове перевищення фонових показників ВМ супроводжувалось збільшенням кількості “сирого” протеїну відповідно на 0,19 і 0,16 %, порівняно з контролем (9,29 %). Виявлено позитивний зв'язок між накопиченням ВМ у зерні та кількістю протеїну за коефіцієнту кореляції для свинцю 0,95, кадмію – 0,88, цинку – 0,77.

Загалом зерно кукурудзи виявилось найбільш захищеною частиною рослинного організму в умовах забруднення агроєкотопів ВМ. Важливо відмітити, що жоден із створених у досліді агроєкотопів не спричинив забруднення зерна цинком та

кадмієм. Перевищення ГДК для продовольчого зерна за свинцем відбулось за 10 і 100-разового перевищення фону ВМ у ґрунті. Це свідчить про обмежену можливість використання у продовольчих цілях зерна кукурудзи, отриманого на фонах сірого лісового ґрунту з умістом свинцю 100–1000 мг/кг ґрунту. Попри таке, зерно кукурудзи в усіх варіантах відповідає нормативам щодо кормової сировини, а також може бути використане для технічних цілей (наприклад, виробництво біоетанолу).

**Висновки.** Кукурудза має виражену стійкість до ВМ, що дозволяє ефективно використовувати території, забруднені свинцем, кадмієм і цинком без виведення їх із сільськогосподарського використання. Сірі лісові легкосуглинкові ґрунти Правобережного Лісостепу з концентрацією свинцю в орному шарі до 1000 мг, цинку до 500 мг, кадмію до 20 мг/кг ґрунту залишаються придатними для вирощування кукурудзи на зерно із збереженням урожайності 6,15–7,93 т/га, залежно від рівня забрудненості.

Накопичення свинцю, кадмію і цинку агроекотопами впливало на вміст протеїну і ВМ у продукції. Виявлено позитивний зв'язок між накопиченням ВМ у зерні та кількістю протеїну за коефіцієнтами кореляції для свинцю 0,95, кадмію – 0,88, цинку – 0,77.

Зважаючи на перевищення санітарно-гігієнічних нормативів умісту свинцю у продовольчому зерні кукурудзи, вирощеної за понадприродного накопичення ВМ у ґрунті, таку зернову продукцію можна використовувати лише для кормових та технічних цілей.

#### Список використаної літератури

1. *Балюк С.А.* Підсумки діяльності українського товариства Ґрунтознавців та агрохіміків у 2010–2014 рр. І актуальні завдання на перспективу / С.А. Балюк, В.В. Медведєв // Спец. випуск до ІХ з'їзду УТГА. Кн. 1. 30 червня – 4 липня 2014 року, м. Миколаїв. – Харків. – 2014. – С. 8.
2. *Детоксикація важких металів у ґрунтовій екосистемі.* Методичні рекомендації / Укладачі: Фатєєв А.І., Самохвалова В.Л. – Харків: КП «Міськдрук», 2012 – 70 с.
3. *Singh O.V.* Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil / O.V. Singh, S. Labana, G. Pandey, R. Budhiraja, R.K. Jain // *Appl Microbiol Biotechnol.* – 2003. – 61. – Р. 405–412.
4. *Greger M.* Metal Availability and Bioconcentration in Plants / In: Prasad M.N.V., Hagemeyer J. eds. Heavy metal stress in plants // from molecules to ecosystems. Berlin: Springer, 1999. – Р. 1-27.
5. *Линдман А.В.* Процессы миграции свинца и кадмия в системе «почва – растение»: дис. на соискание ученой степени кандидата химических наук: спец. 03.00.16 «Экология» / А.В. Линдман – Иваново, 2009. – 138 с.
6. *Методика суцільного ґрунтового–агрохімічного моніторингу* сільськогосподарських угідь України (Керівний нормативний документ) / Під. ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. – К., 1994. – С. 52–55.
7. *Ґрунти.* Показники родючості ґрунтів: ДСТУ 4362:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с. – (Національний стандарт України).
8. *Сырье и продукты пищевые.* Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. – [Действует от 2002-01-01]. – К.: Госстандарт Украины, 2001. – 13 с – (Межгосударственный стандарт).
9. *Гуральчук Ж.З.* Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. – К.: Логос, 2006. – 208 с.
10. *Кукурудза.* Технічні умови: ДСТУ 4525:2006. – [Чинний від 2007–04–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 15 с. – (Національний стандарт України).

*Стаття надійшла до редколегії 02.09.2014.*

#### PRODUCTIVITY OF GRAIN CORN DEPENDING ON ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SOIL

**S.G. Korsun, N.I. Dovbash, I.I. Klymenko**

**National Scientific Center "Institute of agriculture of the NAAS"**

2-b, Mashynobudivnykiv str., settlement. Chabany, Kyievo-Svyatoshynskiy district, Kyiv region, 08162, Ukraine  
(Nadezda\_D@ukr.net)

The determination of possibility of use of soils contaminated by heavy metals, for of field cultures growing is one of the actual tasks of modern agricultural chemistry. According to the research methodology, the works were conducted in the long-term small-plot experiment. The influence of contamination of grey forest soil by lead, cadmium and zinc on the productivity of Zdvizh MV corn on grain is studied. The field and laboratory research methods and mathematical analysis were applied. Investigation of corn fettle in the conditions of lead, cadmium and zinc soil contamination demonstrated high resistance of culture to the increase of metals content in the soil solution. However, soil polluting worsened condition of plants growth and development and represented on quantitative and qualitative characteristics of harvest. Possibility of use of products for forage and technical (production of bioethanol) goals is proved.

**Key words:** *soil; corn; productivity; ecotope; heavy metals; protein.*

## ІСТОРИЯ НАУКИ HISTORY OF SCIENCE

### С.Л. ФРАНKFУРТ І РОЗВИТОК КИЇВСЬКОЇ ШКОЛИ АГРОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Б.С. Носко**

**ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»**  
(*pochva@meta.ua*)

Висвітлено внесок С.Л.Франкфурта в організацію дослідних полів, Київської агрохімічної лабораторії та Миронівської дослідної станції, а також його роль у створенні Української академії наук. Підготовлено за матеріалами статті “С.М. Франкфурт і розвиток вітчизняної сільськогосподарської справи (1901-1920 рр.)”, надрукованої в книзі В.А. Вергунова “Нариси історії аграрної науки, освіти і техніки” (Київ: Аграрна наука, 2006).

**Ключові слова:** дослідні поля, цукрові буряки, агротехніка, агрохімічна лабораторія, дослідна станція

Створення мережі дослідних полів професором Харківського університету А.Є. Зайкевичем в господарствах цукрозаводчиків Слобожанщини в останній чверті XIX ст. та впровадження результатів наукових досліджень у сільськогосподарську практику підтвердило ефективність застосування добрив і забезпечило фінансову підтримку від власників великих маєтків і цукроварень. Одночасно важливим фактором розширення мережі дослідних полів стало бажання виробників штучних туків, особливо суперфосфату, збільшити ринок збуту своєї продукції серед цукрозаводчиків. Крім того, як зазначає В.А. Вергунов (2006), існувала низка наукових проблем стосовно культури цукрового буряку: зниження запасів поживних речовин у ґрунті; тривалість вирощування цієї культури на одному місці; дія калійних добрив на формування продуктивності і цукристості буряку; зміна водно-фізичних властивостей ґрунту в процесі вирощування та ін.

Зазначені проблеми спонукали Всеросійське товариство цукрозаводчиків закласти у 1901 році мережу дослідних полів у приватних господарствах південного заходу країни своїм коштом. Обов'язки керівника мережі дослідних полів було покладено на С.Л. Франкфурта, який обіймав посаду голови Київського землеробського синдикату.

Соломон Львович Франкфурт зробив вагомий внесок у розвиток сільськогосподарської науки в Україні. Добре висвітлена його роль і керівна діяльність у межах Всеросійського товариства цукрозаводчиків у періодичних і монографічних виданнях цього творчого об'єднання. Значно менше відома його участь у період 1917-1920 рр. як науковця і громадського діяча на посаді голови Сільськогосподарського Вченого (а згодом Наукового) Комітету України. Окреме місце належить участі С.Л. Франкфурта у створенні Української Академії Наук, як члена організаційного комітету, очолюваного В.І. Вернадським, який у своїх щоденниках називає Соломона Львовича учнем видатного вченого К.А. Тімірязєва.

За ініціативою С.Л. Франкфурта 1912 року було створено Миронівську дослідну і селекційну станцію, а 1909 – Київське агрономічне товариство, агрохімічну лабораторію та контрольно-насіннєву станцію.

Як зазначає за результатами власних досліджень В.А. Вергунов, як за часів царату, так і за радянської доби, та й у роки незалежності України енциклопедичні довідники не згадують і взагалі не наводять основних автобіографічних відомостей про С.Л. Франкфурта; не виявлено особової справи вченого, як одного з організаторів вітчизняної науки, в Центральному архіві вищих органів влади та управління України,

у межах фондів Всеросійського товариства цукрозаводчиків і Сільськогосподарського Наукового Комітету України при Наркомземі республіки.

У зв'язку з вищезазначеним можна навести тільки деякі факти стосовно розвитку дослідної справи і подій із життя С.Л. Франкфурта, які було висвітлено на сторінках різних галузевих видань. Опубліковані вченим дві фундаментальні праці за 1896 рік («О физиологической роли некоторых составных частей семян» [1], а також «Методы химического исследования веществ растительного происхождения (с предисловием ад.-проф. Н.Я. Домвенкова» [2]) дають підстави говорити про його приналежність до Московського сільськогосподарського інституту як викладача, а також практичну наукову діяльність у лабораторії професора Є. Шульца, відомого вченого у Цюріху. Уточнення потрібні і щодо наявності наукових звань вченого. Так серед найавторитетніших авторів щотижневого сільськогосподарського та економічного журналу «Хозяйство» за 1907 рік знаходимо і магістра сільського господарства С.Л. Франкфурта. Редактор-видавець «Журналу Дослідної агрономії» професор П. Косович репрезентує Соломона Львовича вже як приват-доцента. Академік В.І. Вернадський у своїх спогадах за 1919 рік називає С.Л. Франкфурта професором. Однак прямого документального підтвердження стосовно педагогічної діяльності Франкфурта не знайдено.

Разом з тим, у період 1901-1920 рр.. він виявляє блискучі здібності організатора сільськогосподарської дослідної справи і популяризатора результатів досліджень. Характерним прикладом цього є діяльність мережі дослідних полів Всеросійського товариства цукрозаводчиків при лабораторії Південно-Російського товариства заохочення землеробства і сільської промисловості, якою незмінно керував Соломон Львович Франкфурт.

На той час (1901) до мережі було залучено шість дослідних полів:

1. «Червоне», що належало нащадкам Ф.А. Терещенка (Волинська губ.);
2. «Старе» – Л.І. Бродського (Полтавська губ.);
3. «Махарінці» – Махарінецького товариства (Київська губ.);
4. «Мошно-Городище» – Е.А. Балашової (Київська губ.);
5. «Чупахівка» – Чупахівського товариства (Харківська губ.);
6. «Крупець» – Товариства братів Терещенків (Курська губ.).

Головними завданнями серії дослідів було визначено такі:

- виявлення потреби рослин у поживних речовинах;
- встановлення оптимального співвідношення селітри і суперфосфату та порівняння різних способів внесення селітри;
- визначення оптимальних доз суперфосфату і томасшлаку за однакової кількості селітри; порівняння дії суперфосфату і томасшлаку;
- порівняння способів внесення суперфосфату і томасшлаку; вивчення дії суперфосфату і томасшлаку за суцільного способу внесення;
- визначення ефективності дефекаційних речовин за рядкового способу внесення;
- встановлення оптимальної ширини міжрядь.

Вже 1902 року до мережі входили дослідні поля 15 маєтків у Волинській, Київській, Подільській, Полтавській, Курській та Харківській губерніях.

У 1903 році С.Л. Франкфурт створив у Києві одну з найкращих агрохімічних лабораторій, яка діяла в межах Всеросійського товариства цукрозаводчиків не тільки для своєї галузі, а й регіону в цілому. В лабораторії виконували такі види робіт: 1. Аналіз буряку, цукрових продуктів та матеріалів, використовуваних у цукроварінні; 2. Хімічне і колориметричне дослідження палива; 3. Хімічний і бактеріологічний аналізи води; 4. Аналізи ґрунту, добрив і пестицидів.

До початку Першої світової війни кількість дослідних полів постійно збільшувалась і вдосконалювались програми досліджень. Підбиваючи їх підсумки за 1901-1910 роки, С.Л. Франкфурт поділив польові дослідні з культурою цукрових

буряків на дві групи: 1 – досліді з технологічними прийомами (підготовка ґрунту, посів і догляд); 2 – досліді з вивчення дії гною і мінеральних добрив. Він вважав, що станом на 1910 рік програму з установлення оптимальної агротехніки вирощування практично завершено, а другу групу дослідів, особливо стосовно вивчення дії добрив у сівоzmіні, треба продовжувати.

Тим часом з приводу методики проведення дослідів на полях окремих власників маєтків розгорнулася дискусія. Професор С.М. Богданов взагалі розглядав такі досліді як демонстраційні, метою проведення яких була пропаганда певного сорту, окремого агрозаходу, технології використання нової техніки та інше. Висловлювався сумнів, чи може однорічний результат бути основою змін у технології вирощування цукрових буряків. У процесі наукової дискусії постало питання про створення спеціального наукового інституту для вивчення багатьох назрілих агрономічних проблем.

Одночасно обговорення наукових проблем обумовило зміни і розширення програм досліджень, в т.ч. було розгорнуто досліді з культурою картоплі.

М.А. Єгоров у щотижневому сільськогосподарському й економічному журналі Південноросійського товариства заохочення землеробства і сільськогосподарської промисловості «Хозяйство» № 6 від 8 лютого 1907 року обговорює питання про вплив мінеральних добрив, які застосовуються під цукрові буряки, на родючість ґрунту, цілком обґрунтовано вважаючи її результатом антропогенного навантаження.

Програма наукової роботи на дослідних полях постійно удосконалювалася, але незмінним залишалось головне завдання – підвищення родючості ґрунту і продуктивності цукрових буряків під впливом органічних добрив. Результати досліджень, оприлюднених в «Трудах сети опытных полей В.О.С.» за 1909 р. С.Л. Франкфуртом і О.І. Душечкіним («Подальша робота щодо питання про поживне значення гною»), стосовно впливу гною на урожай озимих хлібів і наступних за ними цукрових буряків, не втратили своєї значущості і до сьогодні.

Аналізуючи елементний склад гною, автори приходять до висновку, що гній – це, передусім, азотно-калійне добриво, тому на удобрених гноем полях цукрові буряки найкраще реагують на фосфорні добрива. Гній позитивно впливає на вологість ґрунту в шарі, у який він заорюється, а також на біологічні і фізичні властивості ґрунту.

Автори зазначають: «В то время, как обычный в настоящее время способ поверхностного внесения минеральных удобрений имеет целью повлиять на урожай одной только свеклы, при помощи навозного удобрения может быть достигнуто коренное повышение плодородия почв» (с. 40).

Здобуті на дослідних полях результати свідчать, що в ланці сівоzmіні «озима пшениця–цукрові буряки» найбільш ефективним є застосування гною під озиму пшеницю, що у післядії забезпечує високі врожаї цукрових буряків, навіть вищі, ніж за безпосереднього його заорювання під буряки.

С.Л. Франкфурт доклав дуже багато зусиль для організації системи розповсюдження наукових і практичних результатів діяльності мережі дослідних полів. Прикладом може бути видання на додаток до «Трудів мережі дослідних полів Всеросійського товариства природознавства» щорічних «Звітів про діяльність лабораторії і контрольно-насінневої станції», а також науково-популярної брошури С.Л. Франкфурта «Що потрібно знати землеробу, щоб успішно вирощувати цукрові буряки» із дев'ятьма загальнодоступними бесідами, малюнками і таблицею двох типових ротацій сівоzmін.

Керівник мережі дослідних полів активно роз'яснює результати наукової роботи на різних заходах, виступає на Київській губернській агрономічній нараді із спеціальною доповіддю: «Застосування мінеральних добрив у Київській губернії і умови торгівлі ними», яка потім була доопрацьована і видана окремою книжкою. Як зазначається в доповіді, діяльність мережі дослідних полів сприяла підвищенню

продуктивності цукрових буряків за рахунок новітніх технологій і збільшення застосування мінеральних добрив її товаровиробниками. Наведено приклад, що 1902 року всі господарі Південно-Західного краю Росії внесли в ґрунт 300000 пудів суперфосфату, а 1909 – тільки Київська губернія вносила 840000 пудів під цукрові буряки [3].

Необхідно відзначити особливу роль С.Л. Франкфурта в організації Миронівської дослідної станції. У діяльності мережі дослідних полів, крім позитивних факторів впливу на розвиток дослідництва, були і суттєві недоліки організаційного характеру, які особливо загострились у період російсько-японської війни, коли діяльність дослідних полів залежала від згоди або бажання окремого господаря або адміністратора маєтку. Все це спонукало створити спеціальний Агронауковий інститут. За ініціативою С.Л. Франкфурта правління Товариства цукрозаводчиків, своїм рішенням від 9 грудня 1909 року, погодилось на створення спеціальної узагальнювальної інституції для Південно-Західного краю в межах розробленої В.В. Вігнером порайонної організації сільськогосподарської дослідної справи (В.А. Вергунов, 2006). Проїшов час і тільки 1912 року біля залізничної станції Миронівка було придбано 100 десятин землі, де й створено Миронівську дослідну і селекційну станцію, і її першим директором став С.С. Тулайков. За пропозицією С.Л. Франкфурта до справи розвитку станції було залучено Київське і Поліське земства, які запропонували Товариству цукрозаводчиків розширити програму досліджень станції заради загальних агрономічних інтересів краю, фактично поклавши на неї завдання районної дослідної справи. Вже у червні 1912 року, за результатами доповіді Губернської Управи, спеціальне Земське зібрання виділило кошти на створення на базі Миронівської станції системи польових дослідів для вивчення нагальних локальних проблем щодо виробництва зерна і кормів [4].

У всі часи існування Миронівської станції С.Л. Франкфурт брав активну участь у її розвитку, головним чином, розвитку матеріальної бази, будівництві лабораторних приміщень, завершеному 1918 року. Свого часу це була одна з найкращих сільськогосподарських станцій у Росії.

Після лютневої революції 1917 року різко змінились умови ведення сільськогосподарського виробництва, що не могло не вплинути на проведення науково-дослідницької роботи. Але навіть у цей час С.Л. Франкфурт докладав зусилля до організації ведення в Україні сільського господарства, в першу чергу, цукровиробництва. На агрономічно-економічному з'їзді у жовтні 1917 року він виступав з доповіддю «Значущість цукрової промисловості в економіці краю», якою підкреслює особливо сприятливі природні умови України для розвитку цукрової промисловості, та вказує на неприпустимість зменшення площі бурякових плантацій [5].

У вересні 1917 року, С.Л. Франкфурт взяв участь у Першому Всеукраїнському аграрному з'їзді і виступив на ньому з доповіддю «Аграрна реформа і цукрова промисловість», текст якої згодом видано окремою книгою. Цей виступ і опубліковані матеріали широко використовував уряд Української Народної Республіки стосовно аграрної політики.

Група діячів аграрної науки, до якої входив і С.Л. Франкфурт, 1919 року заснувала Київське Агрономічне Товариство. Серед інших напрямів (селекція і сортовивчення) С.Л. Франкфурт спрямовує свої зусилля на розвиток агрохімічної науки, про що свідчить його виступ на загальних зборах товариства на тему: «Закон мінімуму Лібіха з точки зору теорії і практики». Згодом, у 1928 році, на основі створеної Франкфуртом агрохімічної лабораторії та контрольно-насінневої станції було засновано Центральну агрохімічну лабораторію при Наркомземі республіки, яку очолював багаторічний однодумець Соломона Львовича – О.І. Душечкін. В 1929 році її було перетворено в Інститут угноєння, потім – Інститут агроґрунтознавства та хімізації сільського господарства, далі – Інститут соціалістичного землеробства,

Український НДІ землеробства, Інститут землеробства УААН, нині Національний науковий центр «Інститут землеробства».

Підсумовуючи результати досліджень наукової й організаційної діяльності С.Л. Франкфурта В.А. Вергунов (2006) зазначає, що створена і очолювана ним мережа дослідних полів Всеросійського Товариства Цукрозаводчиків відіграла значну роль у становленні вітчизняної сільськогосподарської науки з питань агрохімії, ґрунтознавства, рослинництва, землеробства, селекції і насінництва, кормовиробництва, первинної і поглибленої переробки продукції рослинництва. С.Л. Франкфурт разом із професором А.Є. Зайкевичем можна вважати фундаторами наукового обґрунтування найбільш раціональної технології вирощування цукрових буряків, яку успішно використовують і сьогодні.

Засноване у 1909 році за активної участі С.Л. Франкфурта Київське Агрономічне Товариство стало передтечею створення у 1919 році Сільськогосподарського Вченого Комітету України при Наркомземі. Сьогодні можна вважати, що на основі цього комітету РНК УРСР створила 22 травня 1931 року Всеукраїнську Академію Сільськогосподарських наук.

С.Л. Франкфурт є фундатором всесвітньо відомого у науковому середовищі Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла УААН, а також теперішнього Національного наукового центру «Інститут землеробства» УААН. Є багато підстав стверджувати, що Соломон Львович, як і академік О.І. Душечкін, є організатором та засновником української агрохімічної науки і її Київської школи.

#### Список використаної літератури

1. Франкфурт С.Л. О физиологической роли некоторых составных частей семян. – М: Типолиитография Высочайше утвержд. Т-ва И.Н. Кушнерев и К<sup>о</sup>, 1896. -78 с.
2. Франкфурт С.Л. Методы химического исследования веществ растительного происхождения (с предисловием ад.-проф. Н.Я. Домвенова). – Издание Московского сельскохозяйственного Института. – М.: Типо-литограф. Высочайше утвержд. Т-ва И.Н. Кушнерев и К<sup>о</sup>, 1896. - 209 с.
3. Франкфурт Л.С. Применение минеральных удобрений в Киевской губернии и условия торговли ими: Доклад, читанный в Киевском Губернском Агрономическом Совещании 27 февраля 1911 г. – К.: Тип. Императорского Ун-та св. Владимира Акц. О-ва Н.Т. Корчан-Новицкого. Меринговская ул., № 6. 1911. - 25 с.
4. Исторический очерк возникновения, организации и деятельности Мироновской опытной и селекционной станции (1912-1920) / Труды Мироновской опытной и селекционной станции. В.С.Х.Н. Сортоводносеменное управление сахаротреста. – К.: Изд. Сахаротреста, 1924. – Вып. 1. – С.9-40.
5. Труды 1-го Всеукраїнського Агрономічно-економічного З'їзду 22-26 жовтня 1917 року у Києві. - Вид. Організаційного Комітету по скликанню 1 Всеукр. Агр.- Екон. З'їзду. – Т. 1. - Постанови З'їзду. – Київ, 1917. - 29 с.

Стаття надійшла до редколегії 06.08.2014

#### S.L. FRANKFURT AND DEVELOPMENT OF KYIV SCHOOL OF AGROCHEMICAL RESEARCH

B.S. Nosko

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky"

61024 Kharkiv, Chaikivska street, 4

The contribution of S.L. Frankfurt in organizing research fields of Kiev agrochemical laboratory and Experiment Station of Myronivka and his role in creation of the Ukrainian Academy of Sciences is shown. It was prepared on materials of the article "S.L. Frankfurt and development of national agricultural business (1901-1920)", printed in the book of V.A. Vergunov "Essays of history of agrarian science, educations and technology" - Kyiv: Agrarna nauka, 2006).

**Key words:** experimental fields; sugar beets; agro-managements; agrochemical laboratory; experimental station.

## РОБОТИ МОЛОДИХ УЧЕНИХ YOUNG SCIENTISTS RESEARCHES

УДК 631.435:631.841

### ОЦІНКА СТІЙКОСТІ МІКРОСТРУКТУРИ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ДО ДІЇ БЕЗВОДНОГО АМІАКУ<sup>1</sup>

**А.В. Ревтьє**

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
(alina\_rev@mail.ru)

Проведено порівняльну оцінку стійкості мікроструктури чорнозему опідзоленого середньо суглинкового мулувато-крупнопилуватого до дії двох видів азотних добрив – безводного аміаку та аміачної селітри (в однакових дозах, еквівалентних 100 кг азоту, як діючої речовини, на га), в тому числі, за двох способів основного обробітку ґрунту (оранка та дискування). Зміни стану мікроструктури ґрунту у шарах 0-20 та 20-40 см спостерігали впродовж двох років, кожного разу через сім місяців після основного внесення добрив. Критеріями контролю змін обрано відомі коефіцієнти, які розраховують за результатами гранулометричного та мікроагрегатного аналізів – гранулометричний показник структурності (за Вадюніною), фактор дисперсності (за Качинським), фактор структурності (за Фагелером) та ступінь агрегованості (за Бейвером і Роадесом). За всіма контрольованими показниками виявлено, що досліджуваний ґрунт зберігає високу мікроагрегованість та водостійкість мікроструктури після дворічного внесення як аміачної селітри, так і безводного аміаку.

**Ключові слова:** безводний аміак; гранулометричні фракції; мікроструктура ґрунту; фактор дисперсності; чорнозем опідзолений.

**Вступ.** Агрофізичні властивості ґрунтів є одним з визначальних факторів родючості, оскільки вони обумовлюють формування водно-повітряного та теплового режиму, впливають на чутливість ґрунту до агрозаходів, вибір технологій та ефективність господарювання [1]. Однак, антропогенне навантаження значною мірою змінює агрофізичні властивості ґрунту, найчастіше спричиняючи його фізичну деградацію – руйнування агрономічно-корисної структури, ущільнення кореневмісного шару, зниження водопроникності й доступності вологи рослинам, посилення диспергованості ґрунту та агрофізичної анізотропності ґрунтового профілю.

Своєчасне виявлення деградації ґрунтів, з метою визначення її причин і розробки способів усунення, є одним з головних завдань моніторингу ґрунтового покриву. Але в реальних умовах сільськогосподарського виробництва на це практично не звертають уваги, оскільки на меті найчастіше є здобування максимального врожаю за мінімізації усіх виробничих витрат, у тому числі й на збереження родючості ґрунту та запобігання його деградації.

Одним з найбільш яскравих прикладів такого ставлення до ґрунту є практика застосування рідких азотних добрив, зокрема, безводного аміаку, дія якого характеризується рядом економіко-технологічних переваг, але, разом із тим, і підвищеним ризиком негативної зміни властивостей ґрунту через руйнацію ґрунтових агрегатів. Цей ефект пояснюють процесами солюбілізації (колоїдного розчинення) органічної речовини ґрунту, а також пептизації ґрунтових колоїдів [2-4]. Натомість, У.Б. Ендрюс [5] вважав, що це практично неможливо, оскільки вплив аміаку короточасний і максимальна руйнівна дія спостерігається лише у зоні його внесення.

На жаль, відомостей щодо впливу безводного аміаку на фізичні властивості

---

<sup>1</sup> Науковий керівник – д-р біол. наук М.М. Мірошниченко

українських чорноземів обмаль, найбільше досліджень з цих питань припадає на США та Канаду. Поширення застосування безводного аміаку у вітчизняному землеробстві, що відбувається останніми роками, вимагає більш детального вивчення усіх екологічних ризиків цієї технології.

**Метою роботи** є оцінка стійкості мікроструктури чорнозему опідзоленого до дії безводного аміаку за різних способів основного обробітку ґрунту.

**Методика досліджень.** Гранулометричний і мікроагрегатний склад ґрунту визначали у зразках, відібраних на демонстраційно-дослідному полі, що належить до території приватного господарства «Райз-Максимко» (м. Червонозаводське Лохвицького району Полтавської області), яке спеціалізується на вирощуванні зернових та технічних культур.

Ґрунт – чорнозем опідзолений середньосуглинковий мулуват-крупно-пилуватий. Основні параметри, що характеризують вихідний стан досліджуваного ґрунту у верхньому (He) генетичному горизонті: вміст фізичної глини – 36,11 %; ступінь насиченості кальцієм – 79 %; загальний вміст гумусу 2,30 %; рН сольовий – 5,31; гідролітична кислотність – 2,11 ммоль/100 г ґрунту.

Зміни властивостей чорнозему опідзоленого, обумовлені дією безводного аміаку, досліджували у двофакторному досліді. Перший фактор – два способи основного обробітку ґрунту: дискування у 2 сліди на глибину 12 см і оранка на глибину 20 см. Другий фактор – застосування двох видів азотних добрив в основне внесення восени: безводний аміак у дозі  $N_{100}$  на глибину 18 см, з шириною між лапами аплікатора (інжектора) 56 см та аміачна селітра в дозі  $N_{100}$  врозкид. Із різних комбінацій двох факторів створено 4 варіанти. Контрольним варіантом обрано оранку без внесення добрив (див. рис. 1). Ділянки досліді, кожна площею 120 м<sup>2</sup> (6×20 м), розміщені систематично у трьох повтореннях ярусами.

Для внесення безводного аміаку використовували автоматизований комплекс: культиватор Blu-Jet LandRunner II у комбінації з польовою бочкою MaxFieldTwin 2000 gal, агрегатовані з трактором JohnDeere, потужністю 300 к.с.

У досліді добрива вносять два роки поспіль на одні й ті самі ділянки: перше внесення – листопад 2011 року (під кукурудзу на зерно), друге – вересень 2012 року (під озиму пшеницю). Проби ґрунту відбирали агрохімічним буром із шарів 0-20 см та 20-40 см через сім місяців після кожного внесення добрив, а саме, у червні 2012 та квітні 2013 років.

У відібраних ґрунтових зразках визначали гранулометричний склад (ГС) методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського (ДСТУ 4730:2007) та мікроагрегатний склад (МС) методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського (ДСТУ 4728:2007). За результатами аналізів визначали ряд показників, якими традиційно характеризують мікроструктурний стан ґрунту та його здатність до агрегації: гранулометричний показник структурності за Вадюніною (для гумусованих ґрунтів)  $\left( \frac{<0,005 \text{ мм ГС}}{0,05-0,005 \text{ мм ГС}} * 100 \right)$  [6], фактор дисперсності за Качинським  $\left( \frac{<0,001 \text{ мм МС}}{<0,001 \text{ мм ГС}} * 100 \right)$  [7], ступінь залучення елементарних часток у мікроагрегати  $\left( \frac{<0,001 \text{ мм ГС} (<0,005, <0,01, <0,05 \text{ мм ГС}) - <0,001 \text{ мм МС} (<0,005, <0,01, <0,05 \text{ мм МС})}{<0,001 \text{ мм ГС} (<0,005, <0,01, <0,05 \text{ мм ГС})} * 100 \right)$  [1, с.103], фактор структурності за Фегелером  $\left( \frac{<0,001 \text{ мм ГС} - <0,001 \text{ мм МС}}{<0,001 \text{ мм ГС}} * 100 \right)$  та ступінь агрегованості за Бейвером та Радесом  $\left( \frac{>0,05 \text{ мм МС} - >0,05 \text{ мм ГС}}{>0,05 \text{ мм МС}} * 100 \right)$  [7].

**Результати досліджень.** Дослідження В.В. Медведєва з вивчення впливу окремих факторів господарської діяльності на агрофізичні властивості чорноземів показали значний негативний ефект від інтенсивного механічного обробітку, численних проходів сільськогосподарських машин, неконтрольованого зрошення тощо. На цьому фоні внесення мінеральних добрив, навіть у високих дозах, є менш

значущим фактором [8]. Але, беручи до уваги значно вищу агресивність безводного аміаку, як хімічної речовини, можна зробити припущення, що в комплексі з механічним обробітком ґрунту ймовірно є зміна мікроструктури чорнозему за рахунок диспергації, дезагрегації і пептизації ґрунтових агрегатів.

Найбільш стабільною, консервативною ознакою ґрунту є гранулометричний склад, який характеризується тривалою стійкістю (близько 20 років) до дії антропогенних чинників [9]. Тому, запропонований О.Ф. Вадюніною *гранулометричний показник структурності*, доцільно визначати не частіше, ніж через 5 років на підставі даних моніторингу фізичних (зокрема, гранулометричного складу) властивостей ґрунтів.

У нашому випадку, в результаті застосування добрив у комплексі із різними способами основного обробітку ґрунту не відбувається істотних змін гранулометричного показника структурності навіть після дворічної дії досліджуваних факторів (табл. 1). Встановлено, що чорнозем опідзолений має високу потенційну здатність до оструктурення (середнє значення – 42 %) у даних умовах антропогенезу. Коливання значень наведеного показника, ймовірно, обумовлені тим, що стандартна технологія аналізу гранулометричного складу не дає можливості руйнувати міцні мікроагрегати, і саме вони збільшують частку пилу та мулу у гранскладі.

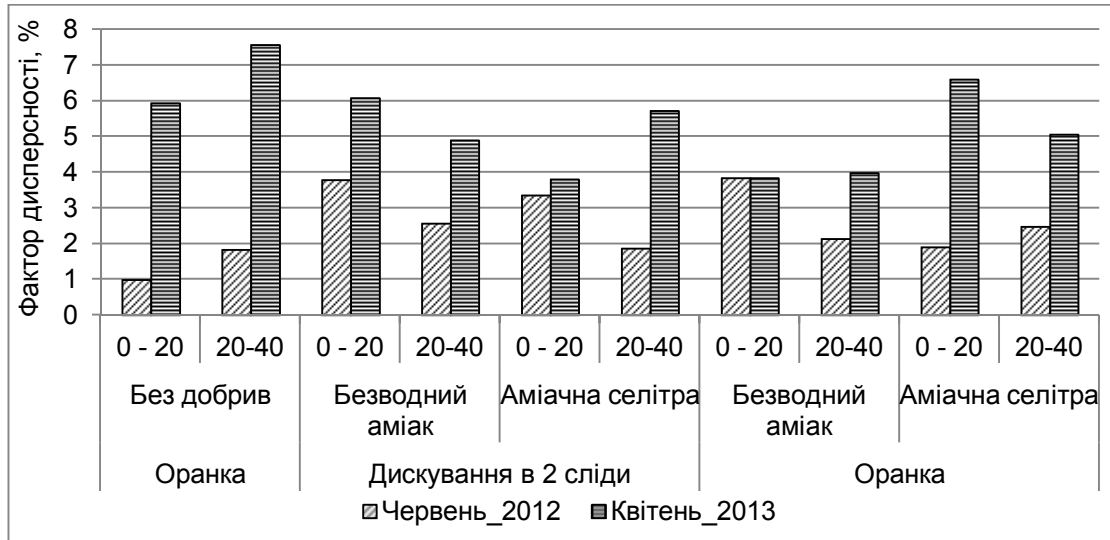
**1. Зміна гранулометричного показника структурності (О.Ф. Вадюніною) під впливом внесення безводного аміаку та різного обробітку ґрунту**

| Спосіб обробітку     | Вид добрив      | Шар ґрунту, см | Гранулометричний показник структурності, % |         |
|----------------------|-----------------|----------------|--------------------------------------------|---------|
|                      |                 |                | 06_2012                                    | 04_2013 |
| Оранка (контроль)    | Без добрив      | 0-20           | 42,8                                       | 44,2    |
|                      |                 | 20-40          | 41,3                                       | 39,3    |
| Дискування у 2 сліди | Безводний аміак | 0-20           | 40,7                                       | 43,5    |
|                      |                 | 20-40          | 41,1                                       | 44,6    |
|                      | Аміачна селітра | 0-20           | 42,2                                       | 43,5    |
|                      |                 | 20-40          | 43,0                                       | 43,3    |
| Оранка               | Безводний аміак | 0-20           | 40,5                                       | 42,6    |
|                      |                 | 20-40          | 40,8                                       | 44,9    |
|                      | Аміачна селітра | 0-20           | 40,9                                       | 41,4    |
|                      |                 | 20-40          | 42,4                                       | 42,9    |
|                      | НСР 05          |                | 5,00                                       | 3,35    |
|                      | НСР 05          |                |                                            | 4,05    |

*Фактор дисперсності ґрунту Качинського* дозволяє судити про потенційну здатність ґрунту до агрегування, про стан плазми та водостійкість ґрунтових структур. Досліджуваному нами ґрунту властиве значне залучення мулистих часток до мікроагрегації (рис. 1). Відповідно до запропонованої Є.В. Шеїним класифікації [10, с. 56], за даним показником досліджуваний ґрунт має високу мікрооструктуреність (фактор дисперсності < 15 %): коливання значень у зразках першого відбору від 1,0 до 3,8 %, другого – від 3,8 до 7,6 %), що свідчить про високу здатність плазми до утворення водостійких агрегатів та наявність стабільних мікроагрегатів. Так, В.В. Медведєв із співавторами вважають, що знеструктурення ґрунтів може бути констатованим за значення фактору дисперсності 8-10 % і вище [11]. Найнижчу дисперсність ґрунту спостерігали на неудобрюваній оранці (контроль), за внесення добрив вона дещо збільшувалася, але ця різниця не була істотною.

Після другого застосування безводного аміаку спостерігається зростання ступеню дисперсності ґрунту на всіх варіантах досліду, що свідчить про розпилення орного шару, певне зниження водостійкості мікро- та макроагретів, зниження здатності до агрегування через легшу пептизацію ґрунтових часточок. Це обумовлено збільшенням у мікроагрегатному складі мулистої фракції, порівняно із першим відбором, за рахунок зменшення вмісту фракції розміром 0,25–0,05 мм.

Статистично значущою різниця була на оранці за внесення аміачної селітри (а не безводного аміаку!). Отже, однозначно констатувати погіршення мікроструктури ґрунту не вдається, можливо, через недостатню тривалість дії безводного аміаку. Поряд із цим, фактор дисперсності рекомендовано використовувати як діагностичний критерій втрати ґрунтом структурності і показник фізичної деградації для визначення необхідності консервації земель [12].



**Рис. 1. Зміна фактору дисперсності (за Н.А. Качинським)**

Загалом, враховуючи певну динаміку показника дисперсності, виявили, що чорнозем опідзолений має дуже високу мікрооструктуреність і залишається лише незначна частина не агрегованих тонкодисперсних гранулометричних елементів ( $<0,001$  мм). На думку В.В. Медведєва та Т.М. Лактіонової максимальна активність процесу агрегації тонкодисперсних часток спостерігається у верхньому генетичному горизонті (у нашому випадку потужність горизонту *He* становить 38 см), яка з глибиною уповільнюється, а кількість елементарних часточок у вільному стані збільшується [1].

Вище наведене підтверджують розрахунки ступеня залучення елементарних часток до мікроагрегатів. Відповідно, у чорноземі опідзоленому найбільший ступінь залучення має фракція мулу ( $< 0,001$  мм), – як по варіантах, так і по строках відбору зразків, він перевищує 90 %. Залучення часток поступово знижується із збільшенням розміру гранулометричних фракцій у ряду  $< 0,005$  мм,  $< 0,01$  мм відповідно на 9 та 20 % порівняно із мулистою фракцією, найменший ступінь характерний для часток розміром  $< 0,05$  мм. Тобто, як і слід було очікувати, ступінь залучення гранулометричних агрегатів у мікроагрегати в чорноземі опідзоленому середньо суглинковому ускладнюється і зменшується із збільшенням їх розміру.

Принципово подібним до фактора дисперсності за своєю суттю, але оберненим за числовим значенням є фактор структурності за Фагелером (табл. 2), який підтверджує високу мікрооструктуреність та водостійкість мікроагрегатів (96-99 % – за першого відбирання проб та 92-96 % – за другого). Істотні зміни спостерігаються за оранки у варіанті без застосування добрив та за внесення аміачної селітри.

Ступінь агрегованості за Бейвером та Роадесом (табл. 2), який також характеризує ступінь мікрооструктуреності ґрунту та водостійкість ґрунтових агрегатів, на усіх варіантах дослідів, окрім контрольного варіанту за другого відбору зразків, перевищував значення 90 %, що підтверджує дуже високу мікрооструктуреність та водостійкість мікроструктури чорнозему опідзоленого. Істотну різницю за зазначеним показником було виявлено у межах другого відбору та між двома строками відбору ґрунтових зразків на контрольному варіанті без застосування добрив на оранці, що

вказує на прогрішення водостійкості структури. Відповідно, на інших варіантах досліду, істотної різниці, незалежно від способу обробітку ґрунту та виду внесених азотних добрив не виявлено.

**2. Вплив безводного аміаку на фактор структурності та ступінь агрегованості чорнозему опідзоленого за різного обробітку ґрунту**

| Спосіб обробітку     | Вид добрив      | Шар ґрунту, см | Фактор структурності Кс (за Фагелером), % |         | Ступінь агрегованості Ка (за Бейвером та Родесом), % |         |
|----------------------|-----------------|----------------|-------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------|---------|
|                      |                 |                | 06_2012                                   | 04_2013 | 06_2012                                              | 04_2013 |
| Контроль             | Без добрив      | 0 - 20         | 99,0                                      | 94,1    | 95,0                                                 | 86,5    |
|                      |                 | 20-40          | 98,2                                      | 92,4    | 92,7                                                 | 87,8    |
| Дискування у 2 сліди | Безводний аміак | 0 - 20         | 96,2                                      | 93,9    | 93,4                                                 | 96,0    |
|                      |                 | 20-40          | 97,4                                      | 95,1    | 94,2                                                 | 93,8    |
|                      | Аміачна селітра | 0 - 20         | 96,6                                      | 96,2    | 95,1                                                 | 95,3    |
|                      |                 | 20-40          | 98,1                                      | 94,3    | 95,5                                                 | 96,5    |
| Оранка               | Безводний аміак | 0 - 20         | 96,2                                      | 96,2    | 94,0                                                 | 93,0    |
|                      |                 | 20-40          | 97,9                                      | 96,0    | 93,5                                                 | 92,5    |
|                      | Аміачна селітра | 0 - 20         | 98,1                                      | 93,4    | 90,4                                                 | 93,4    |
|                      |                 | 20-40          | 97,5                                      | 94,9    | 95,3                                                 | 91,2    |
|                      | НСР 05          |                | 2,21                                      | 1,06    | 4,24                                                 | 3,63    |
|                      | НСР 05          |                | 3,17                                      |         | 4,04                                                 |         |

Слід зазначити, що відмінності у значеннях досліджуваних показників обумовлені використанням у розрахунках різних за агрегуювальною здатністю гранулометричних та мікроагрегатних фракцій.

Враховуючи усе вище наведене, можемо констатувати, що в основному, руйнівну дію на мікроструктуру ґрунту чинить глибокий обробіток, а внесені добрива виступають незначним каталізатором дезагрегації мікроагрегатів. При цьому дія безводного аміаку не перевищує дії аміачної селітри. Зниження агрегації ґрунту із збільшенням інтенсивності обробітку (оранка) раніше було підтверджено результатами досліджень Г. Петерсона [13] та В. Зінченко [14].

**Висновки.** Чорнозем опідзолений середньосуглинковий після двох років застосування безводного аміаку у дозі 100 кг д.р./га у комплексі із механічним обробітком ґрунту не зазнає істотних змін у стійкості мікроструктури, зберігаючи високу мікроагрегованість та водостійкість, що оцінена за розрахунковими показниками: фактор дисперсності, фактор структурності, ступінь агрегованості. При цьому вплив безводного аміаку на мікрооструктуреність ґрунту не перевищує дезагрегуювальної дії аміачної селітри.

Поряд із цим, враховуючи негативну спрямованість зміни параметрів наведених показників, що свідчить про тенденцію до деструктуризації ґрунту, можна передбачити, що застосування безводного аміаку може викликати руйнацію мікроагрегатів. Для уникнення такої агроекологічної проблеми необхідною умовою є періодичний контроль змін фізичних параметрів ґрунту з метою розробки рекомендацій та регламенту застосування у землеробстві безводного аміаку як азотного добрива.

**Список використаної літератури**

1. Медведев В.В. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты) / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова // Харьков: Апостроф, 2011. – 292 с.
2. Papendick R.I. and Parr J.F. (1966). Retention of anhydrous ammonia by soil: Dispensing apparatus and resulting ammonia distribution [Electronic version]. Soil Sci. 102:193-201.
3. Parr J.F. (1969). Retention of anhydrous ammonia by soil: Recovery of microbiological activity and effect of organic amendments [Electronic version]. SoilSci. 107:94-104.
4. Філон В.І. Діагностика і екологічнобезпечне спрямування трансформації ґрунтів при внесенні добрив: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д-ра с.-г. наук: спец. 06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика / В.І. Філон. – Харків, 2009. – 31 с.

5. Эндрюс У.Б. Безводный аммиак как азотное удобрение / У.Б. Эндрюс // Жидкие азотные удобрения и их применение. – М., 1961. – С. 27-105.
6. Вадюнина А.Ф. Методы исследований физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
7. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.
8. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.
9. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи / В.В. Медведев. – Х.: КП «Городская типография», 2012. – 536 с.
10. Шейн Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
11. Медведев В.В. Типологія і оцінка небезпечних явищ у ґрунтовому покриві України / В.В. Медведев, Т.М. Лактіонова, Л.Д. Греков // Ґрунтознавство, Т. 5. – 2004. – № 3-4. – С. 13-23.
12. Медведев В.В. Физическая деградация черноземов. Диагностика. Причины. Следствия. Предупреждения / В.В. Медведев. – Х.: Изд-во «Городская типография», 2013. – 324 с.
13. Петерсон Г. Невспаханная земля. Сохраненная влага / Г. Петерсон // Зерно. – 2006. – №5. – С. 66-74.
14. Зинченко В.С. Оценка экологического состояния серой лесной почвы в агроэкосистемах в зависимости от приемов основной обработки почвы: автореф. дис. на соискание научной степени канд. биол. наук: спец. 03.02.08 – экология (биология), 03.02.13 – почвоведение / В.С. Зинченко. – Владимир, 2011. – 22 с.

Стаття надійшла до редколегії 06.08.2014

#### ASSESSMENT OF MICROSTRUCTURE SUSTAINABILITY OF CHERNOZEM PODZOLIZED TO INFLUENCE OF ANHYDROUS AMMONIA

A.V. Revtye

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky"  
(alina\_rev@mail.ru)

The article presents comparative assessment of microstructure sustainability of chernozem podzolized medium loamy to the influence of two types nitrogen fertilizers – anhydrous ammonia and ammonium nitrate (in equal doses equivalent to 100 kg of nitrogen), including, for two main methods of tillage (plowing and disking). Changing in condition of the soil microstructure in the layers of 0-20 and 20-40 cm were observed during two years, each time in seven months after the basic fertilization. The coefficients were selected as the criteria for control, which are calculated according to the results of granulometric and microaggregate analyzes – granulometric index of structural (per Vadygina), factor of dispersion (per Kachynski), factor of soil structurability (Fageler's factor) and the extent of aggregation (per Bayer and Rhoades). It was established that the investigated soil maintains a high microaggregation and water resistance of the microstructure after two years of application as a ammonium nitrate, as well anhydrous ammonia in all indicators.

**Key words:** chernozem podzolized; anhydrous ammonia; soil microstructure; particle size distribution; factor dispersion.

УДК: 631.461:631.465:631.1:631.3

#### ДИНАМІКА БІОХІМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА ОРГАНІЧНОЇ ТА ТРАДИЦІЙНОЇ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Г.О. Цигічко, О.І. Маклюк

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
(anna\_tsigichko@yahoo.com)

Проведено дослідження біологічної активності ґрунту за показниками ферментативної активності та процесів амоніфікаційної та нітрифікаційної здатності чорнозему типового у Лісостепу України. Найбільшу активність ферментативного комплексу ґрунту та процесів трансформації азоту спостерігали на варіантах органічної системи землеробства, де вирощували озиму пшеницю, нут і соняшник.

**Ключові слова:** амоніфікаційна здатність ґрунту; біологічна активність; нітрифікаційна здатність; органічна та традиційна системи землеробства; ферментативний комплекс ґрунту; чорнозем типовий.

**Вступ.** В умовах ринкової економіки розвиток аграрної системи повинен бути результативним, вигідним, економічно й екологічно обумовленим та направленим на збереження природних ресурсів. Постає питання, як досягти економічної гарантії і стабільності навколишнього середовища, які необхідно провести зміни в аграрному виробництві, щоб перейти від систем, які засновано на використанні інтенсивних хімічних засобів, до більш стійкого господарювання, що спрямоване на збереження довкілля [1, 2].

Об'єктивним напрямом пошуку вирішення вище зазначених проблем виступає органічне землеробство, яке останнього часу знаходить все більше прихильників, і передбачає, перш за все, гармонізацію екологічних і продуктивних функцій ґрунтів, досягнення їх сталого розвитку задля накопичення, а не дисипації енергії [3-6].

Відомо, що на природний потенціал родючості ґрунту суттєво впливає якісний та кількісний склад його мікрофлори, від діяльності якої залежить родючість ґрунту, урожайність рослин, якість сільськогосподарської продукції і стан навколишнього середовища. Т.Г. Добровольська, Л.В. Лисак, Г.М. Зенова, Д.Г. Звягінцев, та інші вчені - мікробіологи вважають склад мікробного ценозу чітким індикатором стану екосистеми.

Уведення ґрунту в активне землекористування призводить до його значних змін, які накопичуються за тривалого використання земель. При цьому вплив факторів певної системи землекористування на формування й функціонування мікробного комплексу і, в цілому, на якість ґрунту мало вивчений, хоча від цього залежить система заходів, що забезпечують гомеостаз ґрунтів, а також їх високу продуктивність [7-10].

Мета роботи полягала у дослідженні динаміки біохімічної активності чорнозему типового, особливо щодо процесів трансформації азоту, як одного із основних елементів живлення рослин, та ензимної активності чорнозему типового.

**Об'єкти і методи.** Дослідження вели у польовому досліді, закладеному на території фермерського господарства Чередниченка В.Г., Чугуївського району Харківської області. Площа дослідного поля – 50 га. Ґрунт – чорнозем типовий мало гумусний важкосуглинковий (легкоглинистий) на лесі. Ґрунт у межах орного шару характеризується таким умістом компонентів: гумус (за методом Тюріна) [11] – 5,6-5,8 %, загальний азот – 0,30-0,34 %, валовий фосфор – 0,19 %, валовий калій – 2,2 %, азот, що легко гідролізується – 12-14 мг/100 г ґрунту, рухомий фосфор – 8-10 мг/100 г

### 1. Схема досліду

| Система землеробства | Набір культур, удобрення                                                      |                                                                               |                                                                        |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                      | 2010                                                                          | 2011                                                                          | 2012                                                                   |
| Органічна            | озима пшениця – без добрив                                                    | нут – без добрив                                                              | соняшник без добрив                                                    |
| Традиційна           | озима пшениця – N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> <sup>1)</sup> | озима пшениця – N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> <sup>1)</sup> | соняшник N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub> <sup>1)</sup> |

<sup>1)</sup> Добрива вносили уроzkид восени

ґрунту; калій (за методом Чирікова) [12] – 9-11 мг/100 г ґрунту; рН сольовий – 6,19-6,68.

Проби ґрунту відбирали у період вегетації рослин та після збирання врожаю за загальноприйнятими методами ґрунтової мікробіології [13].

Амоніфікаційну та нітрифікаційну здатність ґрунту визначали за загальноприйнятими методиками ґрунтової мікробіології [13,14].

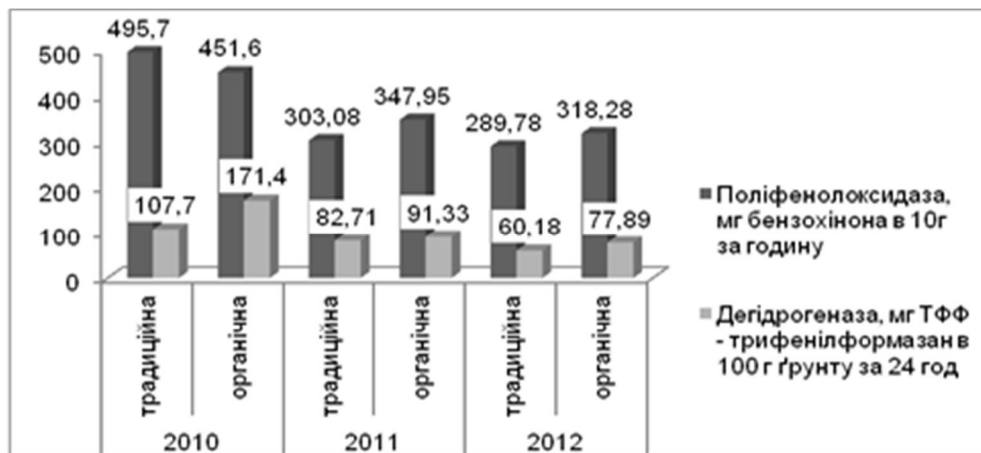
Біохімічні властивості ґрунту визначали за показниками активності ферментів: інвертази – фотоколориметричним методом; дегідрогенази – за методом Галстяна; поліфенолоксидази – за методикою Карягіної та Михайловської [15-18].

Інтегрований показник біологічної активності (ІПБА) визначали за методикою на основі розрахунку сумарного біологічного показника – за Дж. Ацци [20].

Здобуті в результаті досліджень дані було статистично оброблено за методом дисперсійного аналізу у програмі STATISTICA 6.0.

**Результати й обговорення.** Біологічна активність ґрунту визначається не лише загальною кількістю ґрунтових мікроорганізмів, але й урахуванням рівня їхньої функціональної активності [19]. Відомо, що провідною функцією ґрунтової мікрофлори є формування ензимного пулу. До того ж, рівень ферментативної активності є одним із найбільш чутливих параметрів діагностики мікробіологічних процесів у ґрунтах. Для встановлення інтенсивності і спрямованості метаболічних процесів у мікробному ценозі ми визначили дегідрогеназну, інвертазну і поліфенолоксидазну активності. Дегідрогеназна активність свідчить про інтенсивність дегідрування органічної речовини та активність мікробного пулу в цілому [16,17].

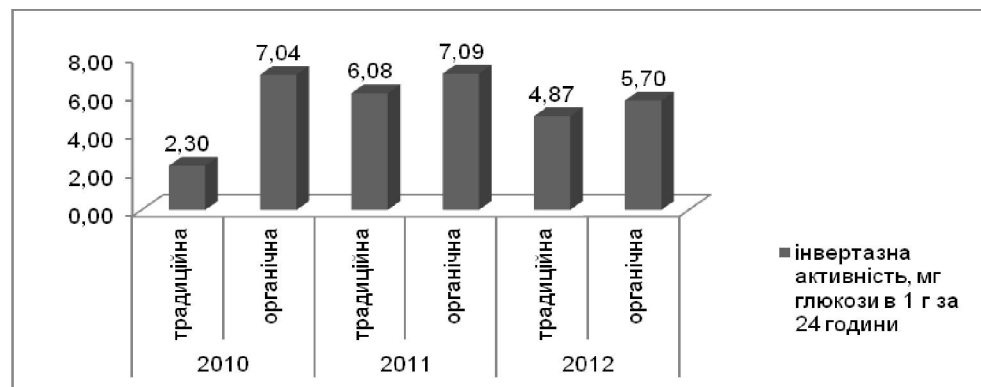
Аналіз даних, що здобуті протягом трьох років досліджень, показав, що на чорноземі типовому з органічною системою землеробства параметри ферментативної активності були дещо вищими порівняно з традиційною системою (рис. 1). Так, на полі з озимом пшеницею прояв дегідрогеназної активності був вищим на 59 %, з нутом – на 11 %, сояшником – на 27 %, порівняно з традиційною системою, що вказує на більш сприятливі умови для збагачення ґрунту на лугорозчинні фракції гумусу (див. рис. 1) [15,17].



**Рис. 1** Зміни ферментативної активності чорнозему типового залежно від системи землеробства, середня за вегетаційний період

Також спостерігається тенденція до підвищення поліфенолоксидазної активності протягом вегетації рослин. Так, при вирощуванні нуту ензимна активність ґрунту була вищою на 15 %, сояшнику – на 29 % порівняно з традиційною системою.

Такі ж позитивні зміни виявлено і для інвертазної активності на всіх варіантах з органічною системою землеробства під час вегетації рослин (рис. 2). Як відомо, параметри цього показника характеризують інтенсивність процесів утилізації вуглеводів ґрунтовою мікрофлорою, рівень природної родючості, окультурювальний вплив різних агрозаходів [13,15,19].



**Рис. 2.** Зміни інвертазної активності чорнозему типового залежно від системи землеробства, середня за вегетаційний період

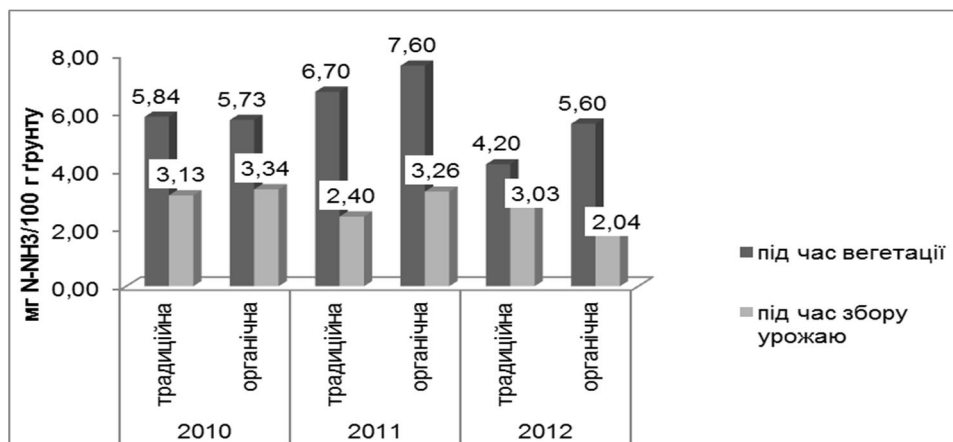
Інвертазна активність чорнозему типового за умов органічної системи в середньому за вегетацію була в 1,17-3,2 раза вищою протягом трьох років спостереження (рис. 2). Привертає увагу поле з вирощуванням озимої пшениці в 2010 р., а саме, показник інвертазної активності за органічної системи землеробства був вищим у 3,2 раза порівняно з традиційною системою. На нашу думку, використання, як попередника, поля чистого пару – у 2009 р., достатність надходження органічної речовини (рослинні рештки) та відмова від агрохімічного навантаження на ґрунт за органічної системи землеробства сформувало більш сприятливі умови для функціонування мікробного ценозу ґрунту, а саме, вплинуло на підвищення інвертазної активності чорнозему типового.

Таким чином, результати трирічних досліджень вказують на формування більш активного ферментативного комплексу у чорноземі типовому під основними сільськогосподарськими культурами саме за органічної системи землеробства. Ці закономірності спостерігали під час вегетації рослин, коли дегідрогеназна та поліфенолоксидазна функції вчиняють максимальну дію на формування та продуктивність рослини. Параметри активності цих ферментів, які зафіксовані під час збирання врожаю, не суттєво відрізнялися між варіантами.

Інша річ щодо інвертазної активності, яка набуває максимальних значень у період надходження до ґрунту рослинних решток. За нашими дослідженнями саме у цей час на варіанті з органічною системою інвертазна активність була вищою, ніж на варіанті з традиційною.

Значну роль у визначенні спрямованості процесів трансформації сполук азоту в ґрунті відіграє здатність ґрунту до амоніфікації і нітрифікації. Існує думка, що амоніфікаційна активність ґрунту дає уявлення про можливість мобілізації азотного фонду та про умови для розвитку аеробних мікроорганізмів [7,14,19], які беруть участь у мобілізації азоту ґрунту.

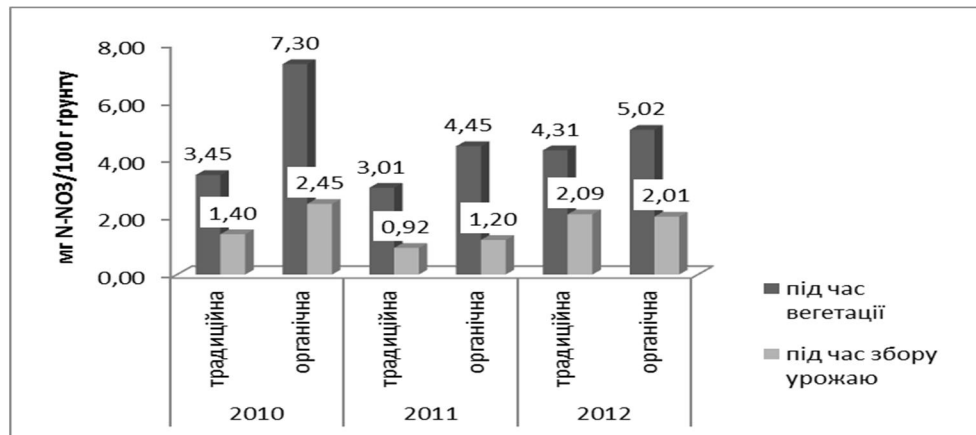
Здобуті дані дають нам підстави вважати, що за використання у сівозміні нуту як основної культури, і як культури-попередника (за органічної системи – альтернатива паровому полю), за органічної системи на чорноземі типовому сформовано більш сприятливі умови для росту і розвитку рослин завдяки достатній кількості амонійного азоту. Так, під впливом органічної системи спостерігається тенденція до підвищення параметрів амоніфікаційної здатності ґрунту, а саме, на полях з вирощуванням нуту – на 13 %, соняшнику – на 27 % порівняно з традиційною системою в період вегетації рослин (рис. 3).



**Рис. 3. Динаміка амоніфікаційної здатності чорнозему типового за різних систем землеробства у вегетаційний період**

Наступним етапом трансформації азоту у ґрунті є нітрифікація, в результаті якої утворюються нітрати, що асимілюються рослинами. Інтенсивність нітрифікації є однією з ознак окультуреності ґрунту [7,13].

Відомо, що максимальна інтенсивність процесу нітрифікації ґрунту необхідна рослинам у період вегетації. У нашому досліді нітрифікація проходить більш інтенсивно на варіанті з органічною системою: на ділянках з вирощуванням озимої пшениці – у 2 рази; нуту – у 1,5 рази; соняшнику – у 1,6 рази, порівняно з традиційною (рис. 4).



**Рис. 4. Динаміка нітрифікаційної здатності чорнозему типового за різних систем землеробства у вегетаційний період**

З метою урахування всіх змін, що відбуваються під впливом органічної та традиційної систем землеробства використано методику розрахунку інтегрованого показника біологічної активності (ІПБА), розроблену свого часу Дж. Ацци [20]. В цілому, спостерігається тенденція зростання ІПБА чорнозему типового у період вегетації на 10 % та під час збирання врожаю – на 7 % на варіанті з органічною системою землеробства порівняно з традиційною системою (табл. 2).

## **2. Рівень біологічної активності чорнозему типового (ІПБА)**

| Система землеробства | Культура      | Рік  | ІПБА, %          |                 |
|----------------------|---------------|------|------------------|-----------------|
|                      |               |      | період вегетації | збирання урожаю |
| Органічна            | Озима пшениця | 2010 | 95               | 96              |
|                      | Нут           | 2011 | 95               | 99              |
|                      | Соняшник      | 2012 | 94               | 86              |
| Традиційна           | Озима пшениця | 2010 | 82               | 89              |
|                      | Озима пшениця | 2011 | 87               | 78              |
|                      | Соняшник      | 2012 | 85               | 92              |

Отже з усього вище зазначеного можна зробити висновок, що оптимальний режим активного функціонування ензимного ґрунтового комплексу і, особливо, зростання активності ферменту інвертази, та висока біохімічна активність процесів трансформації азоту, зокрема амоніфікації і нітрифікації, сприяє формуванню високої біологічної активності чорнозему типового саме за органічної системи землеробства.

Також слід зазначити, що за умов органічної системи землеробства на біологічну активність чорнозему типового в цілому суттєво впливає культура-попередник, її біологічні особливості. Тому використання нуту, який обумовлює високу біологічну активність ґрунту на наступний рік, є бажаним у сівозмінах за органічного землеробства.

## **Список використаної літератури**

1. Бегаулов М.Ш. Повышение плодородия почв / М.Ш. Бегаулов // Аграр. Наука. – 2002. – №6. – С.12-13.
2. Гармашов В.В., Фомичова О.В. До питання органічного сільськогосподарського виробництва в Україні / Вісник аграрної науки – 2010 р. – № 7. – С. 11-16.

3. *Просяникова О.В.* Агрохимические параметры деградации почв Кемеровской области / Автореф. дис. канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Алтайский гос. Аграрн. Универ. – 2004. – 23 с.
4. *Петриченко В.Ф.* Сучасні системи землеробства в Україні. – Вінниця: Діло, 2006 – 212 с.
5. *Цигічко Г.О.* Структурно-функціональні особливості мікробних ценозів чорнозему опідзоленого Лісостепу України за умов ведення органічного землеробства / Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. – Чернівці: ЦНІІ, 2012. – 109 с.
6. *Закон України* «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини», №425-VII, від 03.09.2013 р.
7. *Добровольская Т.Г.* Бактериальное разнообразие почв: оценка методов, возможностей, перспектив/ Т.Г. Добровольская, Л.В. Лысак, Г.М. Зенова, Г.М. Звягинцев // Микробиология. 2001. – Т. 70. – № 2. – С. 149-167.
8. *Іутинська Г.О.* Ґрунтова мікробіологія. – К.: Арістей, 2006. – 284 с.
9. *Гриник І. В.* Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур / І. В. Гриник, В. П. Патица, Ю. М. Шидула // Вісник Полтавської державної аграрної академії – 2011. – № 4. С. 7-10.
10. *Сымочко Л.Ю.* Интегрированность микробного ценоза почвы при антропогенной нагрузке/ Л.Ю. Сымочко, В.В. Сымочко // Науч. зап. Госприродведч. Музея. – Львов, 2007. – В. 23. – С.111-118.
11. *МВВ 31-497058-006-2002 Ґрунти.* Визначення групового складу гумусу за методом І.В.Тюріна в модифікації М.М. Кононової та Н.П. Бельчикової, спалювання за Б.А. Нікітіним (варіант ННЦ ІГА).
12. *Ґрунти.* Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова : ДСТУ 4115-2002 - [Чинний від 2002-27-06]. – К. :Держспоживстандарт України, 2002. – III, 6 С. – (Національний стандарт України).
13. *Мишустин Е.Н.* Определение биологической активности почвы / Е.Н. Мишустин, А.Н. Петрова // Микробиология, В.3.– 1963- С. 479 – 483.
14. *Мишустин Е.М., Емцев В.Т.* Микробиология. – М.: Колос, 1970. – 344 с.
15. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв. - Москва: Наука, 1976. – 39 – 40 с.
16. *Чундерова А.И.* К методике определения активности инвертазы в почве //Сб. Микробиол. и биохим. Исследования почв – Киев: Урожай, 1971. – С. 128 – 130.
17. *Петерсон Н.В.* Изучение начальных этапов превращения органических веществ в почвах с помощью определения дегидрогеназной активности микрофлоры почвенных проб / Н.В. Петерсон, Е.К. Куриляк // Сб. Микробиол. и биохим. Исследования почв. – Киев: Урожай, 1971. – С. 121-124.
18. *Карягина Л.А.* Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве / Л.А. Карягина, Н.А Михайловская // Весци АН БССР, серия с/г навук. – Минск. – 1986. – № 2. – С. 40-41.
19. *Звягинцев А.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М.* Биология почв / А.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова // Изд. 3-е, испр. и доп. - М.: Изд-во МГУ, 2005. – 448 с.
20. *Ацци Дж.* Сельскохозяйственная экология. – Москва-Ленинград, 1959. – 480 с.

*Стаття надійшла до редколегії 26.10.2014*

## **DYNAMICS OF BIOCHEMICAL ACTIVITY OF CHERNOZEM TYPICAL USING ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING SYSTEMS**

**G.O. Tsygichko, O.I. Maklyuk**

**NSC “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N Sokolovsky”**  
(anna\_tsigichko@yahoo.com)

The study of the biological activity of the soil in terms of on parameters enzyme activity and processes and nitrification ability of chernozem in Forest-Steppe zone of Ukraine. The aim of our research was researching the dynamics biochemical activity of the chernozem typical, especially processes of nitrogen transformation, as the one of the main elements of plant nutrition, and enzymatic activity of chernozem typical. The field experiment to carry out in the private farm “Cherednychenko” (Chuhivskyi district in Kharkiv Oblast). The soil – Chernozem typical, low-humic, clay loam (silty clay) on Loess.

The ammonification and nitrification capacity of the soil was determined by the conventional methods of soil microbiology. The soil biochemical properties were determined by the activity of the invertase enzyme using photocolometric method, dehydrogenase – the Galstyan's method and polyphenol oxidase – Karyagin's and Mihaylovskoyi's methodology. The soil samples have been selected during the growing season and after harvesting. It was established that a variant with growing winter wheat the activity index of dehydrogenase was higher by the 59 %, chickpeas - by the 11%, sunflower - by the 27% compared with traditional systems, suggesting that a more favorable environment for the enrichment of the soil alkaline soluble fractions of humus. It was found a fractional increase index of the polyphenol oxidase activity during the growing season. At the variant with growing chickpeas, enzymatic activity was higher by the 15 % and sunflower by the 29 % compared with traditional systems. Growth of the invertase activity of chernozem typical was observed in the conditions with using the organic systems, on the average during the growing season it was higher at 1.17-3.2 times within three years of observation. Under the influence of the organic system the trend has been toward bigger index of the ammonification capacity of the soil, namely, on variants with cultivation chickpea by the 13 % sunflower by the 27 % compared with the

traditional system during the growing season. Also, it was determined growth of the nitrification capacity of chernozem typical on variants with winter wheat in 2 times; chickpeas – in 1.5 times; sunflower – in 1.6 compared with the traditional system. In general, it was tendency to the growth integrated indicator of biological activity of chernozem typical during the growing season of crops – at 10 % and at harvesting – at 7 % when using an organic farming system compared to the traditional system

**Key words:** *ammonification and nitrification capacity; biological activity; organic and traditional farming systems; soil enzymatic complex; Chernozem typical.*

УДК 631.413

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ФОСФАТІВ У КИСЛИХ ҐРУНТАХ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ ЗВОЛОЖЕННЯ<sup>1</sup>

**В.В. Зубковська**

ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського”  
([vikvik09@meta.ua](mailto:vikvik09@meta.ua))

Наведено результати дослідження впливу зволоження на поведінку рухомого фосфору у кислих легкосуглинкових ґрунтах різної ґенези (лес, ясно сірий лісовий поверхнево глеюватий, дерново-підзолистий неоглеєний та дерново-підзолистий глейовий). Імітацію перебігу глейових процесів здійснювали у межах лабораторно-модельного досліді шляхом регулювання ступеню зволоження ґрунтової маси, відібраної із шару 0-20 см, протягом 9-місячного компостування за постійної температури. Встановлено, що перезволоження ґрунтів призводить до мобілізації полуторних оксидів, передусім, закисного заліза та алюмінію. В цих умовах фосфор міцно зв'язується з полуторними оксидами та трансформується у менш доступні для рослин форми.

**Ключові слова:** *зволоження; кислі ґрунти; трансформація; фосфати.*

**Вступ.** Ґрунти Полісся формуються у відносно сприятливих кліматичних умовах, але потужним дестабілізуючим фактором на цих ґрунтах виступає надмірна кількість опадів, яка обумовлює перезволоженість та їх слабкі агроекологічні властивості [1]. Розвиток ґрунтів названого регіону проходить під впливом елементарних процесів ґрунтоутворення: дернового, підзолистого, глейового тощо. В режимі трансформації фосфатних іонів особливу увагу привертає глейовий процес, як найменш досліджений [1-3]. Як відомо, основними ґрунтовими різновидами регіону є дерново-підзолисті, сірі лісові й опідзолені ґрунти. Вони сформувалися в умовах періодичного або постійного зволоження, що відзеркалено у ступені їхньої оглеєності.

Характер функціонування фосфатного режиму ґрунтів обумовлений якісним складом увібраних катіонів, рівнем кислотності та вмістом полуторних оксидів [4, 5]. Провідна роль в акумуляції фосфатів ґрунтів належить катіонам кальцію, заліза та алюмінію, які утворюють з ними важкорозчинні сполуки. За умов перезволоження та розвитку глейових процесів відбувається вивільнення з твердої фази ґрунту заліза (зnezалізнення) та перехід його в рухомі форми, які зв'язують сполуки фосфору. У процесі оглеєння ґрунту підвищується рухомість алюмінію, який також утворює важкорозчинні сполуки з фосфатами [6].

Метою статті є встановлення характеру поведінки фосфатних іонів у кислих ґрунтах регіону Західного Полісся України під впливом перезволоження.

**Методика досліджень.** Для проведення досліджень відібрано зразки з шару 0-20 см у ґрунтах різної ґенези і використання та лесової ґрунтоутворної породи на території Волинської та Львівської областей у межах Західної провінції зони Полісся.

Деякі характеристики досліджених ґрунтів наведено в таблиці 1.

<sup>1</sup> Наукові керівники – доктор с.-г. н. Р.С Трускавецький та доктор біол. н. Ю.Л. Цапко

### 1. Характеристика досліджених ґрунтів у шарі 0-20 см

| Ґрунт                                                          | pH <sub>водн.</sub> | Вміст рухомих форм, мг/кг     |                  | Вміст гумусу, % | Вміст фізичної глини, % |
|----------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|-------------------------|
|                                                                |                     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |                 |                         |
| Лес (ґрунтотворна порода)                                      | 7,8                 | 13,01                         | 96,40            | -               | 30,8                    |
| Ясно-сірий лісовий поверхнево глеуватий легкосуглинковий (ліс) | 6,7                 | 28,62                         | 82,5             | 0,70            | 23,3                    |
| Дерново-підзолистий легкосуглинковий (переліг)                 | 4,7                 | 30,90                         | 21,1             | 4,54            | 28,5                    |
| Дерново-підзолистий глейовий легкосуглинковий (рілля)          | 6,0                 | 22,30                         | 27,1             | 1,94            | 20,4                    |

Імітацію перебігу глейових процесів здійснювали у межах лабораторно-модельного досліду шляхом регулювання ступеню зволоження ґрунтової маси. Ґрунтову масу компостували протягом дев'яти місяців, за постійної температури 28 С. Для цього використано колонки, діаметром 8,5 і висотою 27,5 см, які заповнювали повітряно-сухою ґрунтовою масою (0,5 кг на одну колонку). Для активізації мікробіологічної діяльності та глейового процесу в ґрунтову масу додавали глюкозу.

Схема досліду (варіанти): 1. Оптимальне зволоження (без фосфорної добавки); 2. Оптимальне зволоження (добавка фосфору 5 мг/100 г ґрунту); 3. Перезволоження (контроль, без фосфорної добавки); 4. Перезволоження (добавка фосфору 5 мг/100 г ґрунту).

Фосфор вносили у вигляді добре розчинної солі дигідрофосфат калію (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) – 25 мг на колонку. Після компостування визначали вміст у ґрунтовій масі рухомих форм фосфатів за методом Чирікова (ДСТУ 4115-2002), а також алюмінію (ГОСТ 26485-85) і заліза (ДСТУ 4724:2007).

**Результати досліджень.** Лабораторне моделювання різних режимів зволоження (оптимального та надмірного) ґрунтової маси показало, що за умов перезволоження спостерігається збільшення загального вмісту заліза у зразках всіх досліджених ґрунтів (табл. 2). Синхронно із збільшенням загального вмісту заліза за умов перезволоження спостерігається значне підвищення вмісту найбільш реакційно активних закисних форм заліза (Fe<sup>2+</sup>), кількість якого на контрольному варіанті ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту в аеробних умовах становить 0,8 мг/100 г ґрунту, а в анаеробних – 84 мг/100 г. Аналогічна закономірність має місце і на інших досліджених ґрунтових різновидах, відповідно: 3,0 та 97,0 мг/100 г – на перелозі дерново-підзолистого легкосуглинкового ґрунту; 2,6 та 33,0 – в орному шарі дерново-підзолистого глейового легкосуглинкового ґрунту, і відповідно 2,8 та 68,0 – у лесовій ґрунтотвірній породі. Зазначимо, що на варіанті з унесенням фосфору, у вигляді KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, спостерігається аналогічна закономірність перерозподілу заліза. Так, кількість заліза на варіантах із внесенням фосфору на ясно-сірому ґрунті за перезволоження становить 56 мг/100 г, а за оптимального зволоження – лише 0,4 мг/100 г ґрунту.

### 2. Вплив зволоження на вміст заліза в ґрунтовій масі після компостування

| Удобренья                                                       | Вміст заліза після компостування, мг/100 г |                  |                    |                  |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|
|                                                                 | Оптимальне зволоження                      |                  | Перезволоження     |                  |
|                                                                 | Fe <sub>заг.</sub>                         | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sub>заг.</sub> | Fe <sup>2+</sup> |
| <i>Лес (ґрунтотворна порода)</i>                                |                                            |                  |                    |                  |
| Без добрив (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )                   | 20,8                                       | 4,4              | 87,0               | 69,0             |
|                                                                 | 15,6                                       | 2,8              | 73,0               | 68,0             |
| <i>Ясно-сірий лісовий поверхнево глеуватий легкосуглинковий</i> |                                            |                  |                    |                  |
| Без добрив (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )                   | 25                                         | 0,8              | 90,0               | 84,0             |
|                                                                 | 7                                          | 0,4              | 76,0               | 56,0             |
| <i>Дерново-підзолистий легкосуглинковий</i>                     |                                            |                  |                    |                  |
| Без добрив (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )                   | 16,8                                       | 3,0              | 117,0              | 97,0             |
|                                                                 | 6,8                                        | 1,4              | 99,0               | 87,0             |
| <i>Дерново-підзолистий глейовий легкосуглинковий</i>            |                                            |                  |                    |                  |
| Без добрив (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )                   | 13,6                                       | 2,6              | 33,0               | 32,0             |
|                                                                 | 6,8                                        | 1,6              | 25,0               | 20,0             |

Вміст рухомого алюмінію під впливом зволоження і перебування ґрунтової маси в анаеробних умовах збільшується у всіх ґрунтах (табл. 3). На перезволожений варіантах внесення дигідрофосфату калію сприяло зменшенню вмісту рухомого алюмінію, порівняно з контролем (без добрив). На наш погляд останнє відбувається за рахунок його зв'язування з добривами і переходу у важкорозчинні фосфатні сполуки дигідрофосфати алюмінію  $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . Тому-то, у боротьбі з негативним впливом оглеєння на ґрунти важливими є заходи з регулювання їхнього водно-повітряного режиму.

### 3. Вплив зволоження на вміст рухомого алюмінію в ґрунтах

| Ґрунт                                                                | Вміст алюмінію ( $\text{Al}^{3+}$ ) після компостування, мг/100 г |                                                |                |                                                |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------|
|                                                                      | Оптимальне зволоження                                             |                                                | Перезволоження |                                                |
|                                                                      | Без добрив                                                        | $\text{P}_{90}(\text{K}\text{H}_2\text{PO}_4)$ | Без добрив     | $\text{P}_{90}(\text{K}\text{H}_2\text{PO}_4)$ |
| Лес                                                                  | 4,5                                                               | 4,5                                            | 5,2            | 4,5                                            |
| Ясно-сірий лісовий поверхнево<br>глеуватий<br>легкосуглинковий (ліс) | 1,4                                                               | 1,4                                            | 2,2            | 1,8                                            |
| Дерново-підзолистий легкосуглинковий<br>(переліг)                    | 4,6                                                               | 4,6                                            | 6,5            | 5,9                                            |
| Дерново-підзолистий глейовий<br>легкосуглинковий (орний)             | 2,7,                                                              | 2,5                                            | 5,5            | 4,1                                            |

За таких умов трансформації заліза та алюмінію в ґрунті спостерігається й зміна його фосфатного стану (табл. 4). Так, у масі ясно-сірого ґрунту за перезволоження на варіанті без застосування фосфорних добрив вміст  $\text{P}_2\text{O}_5$  становив 20,3, а за внесення фосфору – 18,6 мг/кг ґрунту. Цим підтверджено, що рухомі форми заліза ( $\text{Fe}^{2+}$ ) та алюмінію ( $\text{Al}^{3+}$ ) впливають на поведінку фосфатів, утворюючи комплексні важкорозчинні сполуки.

### 4. Вміст рухомих форм фосфору за різних умов зволоження

| Удобрєння                         | Вміст $\text{P}_2\text{O}_5$ у ґрунтовій масі після компостування (мг/кг) і pH (у дужках) |                                                                |                                             |                                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                   | Лес                                                                                       | Ясно-сірий лісовий<br>поверхнево глеуватий<br>легкосуглинковий | Дерново-<br>підзолистий<br>легкосуглинковий | Дерново-підзолистий<br>глейовий<br>легкосуглинковий |
| <i>Оптимальне зволоження</i>      |                                                                                           |                                                                |                                             |                                                     |
| Без добрив                        | 14,6 (7,8)                                                                                | 13,2 (5,2)                                                     | 36,3 (5,2)                                  | 32,9 (4,9)                                          |
| $(\text{K}\text{H}_2\text{PO}_4)$ | 25,4 (7,7)                                                                                | 31,5 (4,4)                                                     | 49,7 (5,1)                                  | 47,5 (4,8)                                          |
| <i>Перезволоження</i>             |                                                                                           |                                                                |                                             |                                                     |
| Без добрив                        | 24,5 (7,4)                                                                                | 20,3 (5,4)                                                     | 42,6 (7,3)                                  | 38,1 (6,2)                                          |
| $(\text{K}\text{H}_2\text{PO}_4)$ | 13,1 (7,5)                                                                                | 18,6 (5,8)                                                     | 39,5 (7,5)                                  | 32,8 (6,5)                                          |

Аналогічна закономірність за перезволоження спостерігається і на інших досліджених різновидах ґрунтів. На відміну від вищезазначеного за оптимального зволоження спостерігається прямолінійна залежність вмісту рухомих форм фосфору від кількості внесених добрив.

### Висновки

1. Встановлено, що в ґрунтовій масі всіх досліджених ґрунтів після компостування за умов перезволоження відбувається збільшення вмісту рухомих форм заліза та алюмінію, що сприяє зменшенню вмісту рухомих форм фосфатів через утворення алюмо- та залізофосфатів, які є важкорозчинними.

2. Показано, що за анаеробних умов оптимізацію фосфатного режиму ґрунтів доцільно здійснювати шляхом регулювання їх водно-повітряного режиму.

### Список використаної літератури

1. *Хімічна меліорація ґрунтів* (концепція інноваційного розвитку) // Харків: Міськдрук, 2012. – 129 с.
2. *Клименко Н.А.* Почвенные режимы гидроморфных почв Полесья УССР / Н.А. Клименко. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 176 с.
3. *Ковалець Ю.М.* Агрогенна трансформація ґрунтів легкого гранулометричного складу Західного Полісся України / Ю.М. Ковалець, С.П. Позняк. – Львів: Видавництво «Український бестселлер», 2010. – 219 с.
4. *Гинзбург К.Е.* Фосфор основных типов почв СССР / К.Е. Гинзбург. – М.: Наука, 1981. – 242 с.
5. *Носко Б.С.* Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив / Б.С.Носко. – К.: Урожай, 1990. – 224 с.
6. *Зайдельман Ф.Р.* Процесс глееобразования и его роль в формировании почв / Ф.Р. Зайдельман. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 316 с.

Стаття надійшла до редколегії 26.10.2014

### TRANSFORMATION OF PHOSPHATE IN ACIDIC SOILS UNDER DIFFERENT MODES HYDRATION

V.V. Zubkovska

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky"  
(vikvik09@meta.ua)

The results of the study of the moistening effect on behavior of phosphorus in acid soils (loamy light texture) with different genesis (loess, light gray forest soil surface gleyed (alfa), sod-podzolic and sod-podzolic gley) are given. The process of soil gley-formations simulated in conditions of modelling laboratory experiment by regulation of humidity of soil mass (selected from a layer of 0-20 cm) during 9-month's composting at constant temperature. It is found, soil water-logging leads to mobilization of sesquioxides primarily ferrous oxide and aluminium oxide. Under these conditions, phosphorus is closely associated with sesquioxides and transformed into less available for plant forms.

**Key words:** *acidic soil; phosphates; transformation; moistening.*

УДК:631.421.1; 631.434.52; 631.459.3

### ДЕФЛЯЦІЙНІ ВТРАТИ ҐРУНТУ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL ПІД ЧАС ПИЛОВОЇ БУРІ 26-27 СІЧНЯ 2014 РОКУ

А.В. Волощенко

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція  
Херсонська обл., Каховський р-н., с.Тавричанка, вул., Молодіжна 47  
(monorga@gmail.com)

У статті висвітлено результати польового спостереження за пиловою бурею з використанням польового ерозіометра – пиловловлювача. Підраховано якісні та кількісні втрати ґрунту за весь період бурі 26-27.01.2014 р. на ділянках із традиційною, мінімальною та нульовою (*no-till*) технологіями обробітку ґрунту. Виявлено істотне зменшення втрат органічної речовини та макроелементів на ділянках зі зниженою інтенсивністю обробітку ґрунту. Встановлено основну причину, що слугувала цьому – наявність на поверхні ґрунту горизонтально та вертикально розташованих рослинних решток.

**Ключові слова:** *буря; дефляція; пиловловлювач; рослинні рештки; no-till.*

**Вступ.** Ерозія ґрунту є однією з найнебезпечніших проблем сучасності. Так, згідно з проектом GLASOD, у світі від систематичного впливу водної ерозії потерпають землі на площі 11, а вітрової – 5,5 млн км<sup>2</sup>. Площа сільськогосподарських угідь України, які зазнають згубного впливу вітрової ерозії – 6, а в роки з катастрофічними пиловими

бурями – 20 млн га (згідно з проектом Загальнодержавної програми використання та охорони земель). За даними ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», в результаті нераціонального землекористування, щорічно орні землі України з ерозією втрачають до 500 млн т верхнього шару ґрунту, а з ним – 24 – гумусу, 0,96 – азоту, 0,68 – фосфору і 9,4 млн т калію [1, 2]. Лєвова частка цих втрат у Степу пов'язана з дефляцією.

Незважаючи на те, що в зимовий період поверхня ґрунту замерзає та частково або повністю вкрита снігом, дефляційна небезпека не зникає. Прикладом цього може слугувати буря 7 лютого 2012 р. що мала місце на територіях Херсонської і Запорізької областей та Криму. Незважаючи на велику кількість снігу та низьку температуру (- 7,1 °С), через сильний вітер (в середньому 20, максимум 28 м/с) відбувалася руйнація верхнього шару ґрунту. 26-27 січня 2014 р. на Херсонщині ситуація була аналогічною. За меншої інтенсивності вітру (12-15 м/с), але за наявності льодяної крупи (абразивний матеріал – часточки льоду діаметром 0,5-2,5 мм) спостерігалася вітрова ерозія ґрунту.

Хоча фізичне моделювання дефляції активно розвивалося у СРСР та США ще з середини ХХ ст., і на даний момент дає можливість визначати дефляційні втрати при точно заданих кліматичних та ґрунтових параметрах, безпосередні спостереження в польових умовах за пиловими бурями є і залишатимуться незамінним і найбільш точним методом обліку втрат ґрунту [3].

Метою даного дослідження було визначення експериментальним шляхом кількісних та якісних втрат ґрунту, спричинених пиловою бурею 26-27 січня 2014 р. на ділянках з різними технологіями основного обробітку ґрунту.

**Об'єкти та методи досліджень.** Польові дослідження проводили на чорноземах південних у межах стаціонарного польового досліду Асканійської ДСДС ІЗЗ НААН України (с. Тавричанка, Каховського р-ну, Херсонської обл.). Для спостережень обрано ділянки з традиційною, мінімальною та нульовою (*no-till*) технологіями обробітку ґрунту. У 2013 р. вирощували сорго, попередник – пшениця яра.

Технологією *no-till* передбачено відсутність будь-якого механічного впливу на поверхню (і структуру) ґрунту (окрім робочих органів сіялки). Одночасно, із збиранням основної продукції попередника, рослинні рештки подрібнювали та рівномірно розподіляли по полю. За *мінімальної* технології основним обробітком ґрунту було лущення стерні важкою дисковою бороною на глибину 6-8 см. Контролем слугували ділянки з *традиційним* для даної культури основним обробітком – оранка на глибину 28-30 см з обертанням скиби агрегатом ПЛН-5-35.

Методом кількісного обліку втрат ґрунту були прямі вимірювання за допомогою польового ерозіометру (пиловловлювача) конструкції О.Г. Зузи із співавторами [4]. Використовували самостійно виготовлений пиловловлювач – металевий каркас із сталюого дроту пірамідальної форми, завдовжки 150 см, в основі якого був квадрат із довжиною сторін 50 см. Зверху каркас обтягнуто дрібносітчастою тканиною. Пристрій схожий на аеродромний вказівник вітру і дозволяє пропускати крізь себе повітря та затримувати часточки ґрунту. Через фіксовані проміжки часу вміст пиловловлювача виймали і потім зважували (оскільки домінувала льодяна маса, то для обліку вмісту її розтоплювали, випаровували воду, а часточки ґрунту підсушували до повітряно-сухого стану). Всього виконано три етапи відбирання проб дефльованого ґрунту. Швидкість вітру під час пилової бурі вимірювали погодинно за допомогою автоматичної метеостанції *iMetos*, розташованої на відстані 1 кілометра від місця дослідження.

Склад видutoї ґрунтової маси визначали за такими лабораторними методиками: вміст гумусу – оксидометричним методом (ДСТУ 4289:2004), вміст рухомого фосфору та калію – спектрофотометричним методом (ДСТУ 4114:2002) і вміст рухомого азоту – спектрофотометричним методом (ДСТУ 4729:2007).

**Аналіз результатів дослідження.** Буря розпочалася о 18-й годині 26 січня та тривала 26 годин – до 20-ї години 27 січня. Результати погодинного вимірювання швидкості вітру (середньої і максимальної) представлено у табл. 1.

### 1. Швидкість вітру у період пилової бурі 26-27 січня 2014р.

| Час             | Швидкість вітру, м/с |             |
|-----------------|----------------------|-------------|
|                 | середня              | максимальна |
| 26 січня 2014р. |                      |             |
| 18:00           | 8,8                  | 10          |
| 19:00           | 9,4                  | 11          |
| 20:00           | 11,5                 | 12,6        |
| 21:00           | 11,5                 | 12,5        |
| 22:00           | 12,1                 | 13,1        |
| 23:00           | 12,5                 | 13,3        |
| 27 січня 2014р. |                      |             |
| 0:00            | 12,4                 | 13,7        |
| 1:00            | 12,9                 | 14,2        |
| 2:00            | 12,5                 | 13,3        |
| 3:00            | 11,9                 | 12,6        |
| 4:00            | 12,0                 | 12,8        |
| 5:00            | 12,9                 | 13,9        |
| 6:00            | 12,5                 | 13,4        |
| 7:00            | 11,7                 | 13,2        |
| 8:00            | 12,3                 | 13,3        |
| 9:00            | 12,9                 | 13,9        |
| 10:00           | 12,8                 | 13,6        |
| 11:00           | 12,6                 | 13,6        |
| 12:00           | 12,1                 | 13,5        |
| 13:00           | 12,2                 | 12,8        |
| 14:00           | 12,4                 | 13          |
| 15:00           | 11,4                 | 12,1        |
| 16:00           | 11,5                 | 12,5        |
| 17:00           | 10,4                 | 11,6        |
| 18:00           | 10,2                 | 11,4        |
| 19:00           | 10,4                 | 11,5        |
| 20:00           | 8,8                  | 9,4         |

Найінтенсивніша фаза бурі, із середньою швидкістю понад 12 м/с тривала 16 год., з максимумами 12,9 м/с о 1-й, 5-й та 9-й годинах ранку. Впродовж цього періоду спостерігали незначні коливання середньої швидкості в межах  $\pm 0,5$  м/с, максимальна ж швидкість вітру коливалася в межах 12,6-14,2 м/с. Аналізуючи швидкість руху повітря можна відмітити її інтенсивне наростання на початку бурі та дещо повільне зниження наприкінці. В цілому, буря характеризується відносною рівномірністю швидкості вітрового потоку, без різких поривів.

На основі даних обліку вмісту пило вловлювачів (табл. 2.), швидкості вітрового потоку, виміряного автоматичною метеостанцією, з використанням табличного процесора Microsoft Office Excel вираховували потенційні втрати ґрунту за весь період бурі (табл.3).

Аналізуючи результати відбирання вмісту пиловловлювачів спостерігали чітку тенденцію до зменшення втрат ґрунту залежно від швидкості вітру. Зниження дефляційних втрат під час 2-го та 3-го періодів обліку було обумовлене зниженням середньої швидкості вітру з 12,9 до 11,4 м/с, та поривів з 13,9 до 12,1 м/с.

### 2. Результати відбирання вмісту пиловловлювачів

| Етап відбирання проб | Обробіток ґрунту | Період обліку | Час експозиції, хв | Маса ґрунту, г |
|----------------------|------------------|---------------|--------------------|----------------|
| 1                    | Традиційний      | 9:00-10:40    | 100                | 892,97         |
|                      | Мінімальний      | 9:15-10:55    | 100                | 791,88         |
|                      | No-till          | 9:30-11:10    | 100                | 201,12         |
| 2                    | Традиційний      | 10:40-12:14   | 94                 | 209,87         |
|                      | Мінімальний      | 10:55-12:27   | 92                 | 168,73         |
|                      | No-till          | 11:10-12:41   | 91                 | 96,17          |
| 3                    | Традиційний      | 12:14-14:20   | 126                | 77,02          |
|                      | Мінімальний      | 12:27-14:28   | 121                | 70,72          |
|                      | No-till          | 12:41-14:38   | 117                | 52,58          |

### 3. Втрати ґрунту, внаслідок пилової бурі 27.02.2014 р.

| Етап відбирання проб     | Обробіток ґрунту | Втрати маси ґрунту, кг/га | Втрати гумусу, кг/га | Втрати макроелементів, г/га                          |                                                   |                                                |
|--------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                          |                  |                           |                      | Азот (мінеральний: $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) | Фосфор( у перерахунку на $\text{P}_2\text{O}_5$ ) | Калій (у перерахунку на $\text{K}_2\text{O}$ ) |
| 1                        | Традиційний      | 450,99                    | 15,965               | 25,671                                               | 25,102                                            | 204,711                                        |
|                          | Мінімальний      | 399,94                    | 14,158               | 22,765                                               | 22,261                                            | 181,536                                        |
|                          | No-till          | 101,58                    | 3,596                | 5,782                                                | 5,654                                             | 46,106                                         |
| 2                        | Традиційний      | 105,99                    | 3,752                | 6,033                                                | 5,900                                             | 48,112                                         |
|                          | Мінімальний      | 85,22                     | 3,017                | 4,851                                                | 4,743                                             | 38,681                                         |
|                          | No-till          | 48,57                     | 1,719                | 2,765                                                | 2,703                                             | 22,047                                         |
| 3                        | Традиційний      | 38,90                     | 1,377                | 2,214                                                | 2,165                                             | 17,657                                         |
|                          | Мінімальний      | 35,72                     | 1,264                | 2,033                                                | 1,988                                             | 16,212                                         |
|                          | No-till          | 26,56                     | 0,940                | 1,512                                                | 1,478                                             | 12,054                                         |
| 1 + 2 + 3                | Традиційний      | 595,89                    | 21,09                | 33,92                                                | 33,17                                             | 270,48                                         |
|                          | Мінімальний      | 520,87                    | 18,44                | 29,65                                                | 28,99                                             | 236,43                                         |
|                          | No-till          | 176,70                    | 6,26                 | 10,06                                                | 9,84                                              | 80,21                                          |
| За весь час пилової бурі | Традиційний      | 1545,64                   | 54,72                | 87,98                                                | 86,03                                             | 701,58                                         |
|                          | Мінімальний      | 1068,84                   | 37,84                | 60,84                                                | 59,49                                             | 485,16                                         |
|                          | No-till          | 528,1                     | 18,69                | 30,06                                                | 29,39                                             | 239,71                                         |

Паралельно з цим спостерігається залежність втрат ґрунту від способів основного обробітку. Так, за результатами трьох відборів вмісту ерозіометрів, у всіх випадках, найчисленніші втрати від дефляції спостерігали на ділянках із *традиційним* обробітком ґрунту – 595,89 кг/га. Менші втрати констатовано на ділянках із *мінімальним* обробітком – 520,87 кг/га і найменші – там, де застосовано технологію *прямої сівби* – 176,7 кг/га.

Після лабораторного аналізування проб було визначено, що загальний вміст гумусу у дефльованому ґрунті становив 3,54 %, мінерального азоту – 56,92 мг/кг, рухомого фосфору та калію – 55,66 мг/кг та 453 мг/кг відповідно. Ймовірною причиною того, що аналізований дефльований ґрунт мав високі показники вмісту органіки та макроелементів є те, що видуванню піддавалися дрібні часточки, котрі мали низький вміст механічних елементів, та високий – органічних.

Сумарні втрати ґрунтової маси за весь час пилової бурі були значними і становили за *прямої сівби* – 528,1 кг/га, *мінімальної* технології – 1068,84 кг/га, *традиційної* – 1545,64 кг/га. Втрати гумусу за весь період пилової бурі становили 18,7, 37,8 та 54,7 кг/га відповідно. Втрати основних макроелементів не були істотними, але також залежали від технології обробітку ґрунту (табл. 3).

Таким чином, чітко спостерігаємо, що мінімізація обробітку ґрунту дозволяє знизити сумарні втрати маси ґрунту та його складових у разі виникнення пилової бурі. Основним сприятливим фактором була наявність горизонтально та вертикально розташованих рослинних решток. Найбільшу масу мульчі виявили на ділянці з технологією *no-till* – 499,7 г/м<sup>2</sup>. Її наявність обумовила не тільки зменшення швидкості руху приземного повітря, а й утримання на поверхні ділянки льодяної крупи, яка, своєю чергою, перетворившись на льодяну кірку, почала виконувати захисну функцію. Маса рослинних решток за *мінімальної* технології була в 10 разів меншою (48,3 г/м<sup>2</sup>), а за *традиційної* – у 20 разів (24,3 г/м<sup>2</sup>).

**Висновки.** Кількісний облік дефляції прямим вимірюванням пиловловлювачами та аналітичні розрахунки, дали змогу прослідкувати за динамікою втрат ґрунту за весь час пилової бурі.

Встановлено, що мінімізація обробітку ґрунту дозволяє знизити дефляційні втрати ґрунту і його компонентів під час пилової бурі завдяки наявності на поверхні рослинних решток.

**Подяка.** Автор щиро висловлює подяку всім працівникам ДПДГ «Асканійське» та мешканцям с. Тавричанка, котрі сприяли проведенню польових експериментальних робіт за вкрай тяжких погодних умов під час бурі.

#### Список використаної літератури

1. Носко, Б.С. Антропогенна еволюція чорноземів /Б.С. Носко – Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». Харків: Вид. «13 топографія», 2006. – 239 с.
2. Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні. А.Д. Балаєв, В.В. Медведєв, М.Д. Волощук – Харків, 2008 – 61 с.
3. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні: монографія / за ред. С.А. Балюка та Л.Л. Товажнянського. – Харків: НТУ «ХПІ», 2001. – 460 с.
4. Польовий ерозіометр. Авторське свідоцтво №855498 бюл.30 від 15.08.81 р Автори Зуза Олексій Герасимович, Столяр Василь Михайлович, Щербаков Віктор Гнатович.

Стаття надійшла до редколегії 26.10.2014

#### DEFLATIONARY SOIL LOSS UNDER DIFFERENT SOIL TILLAGE TECHNOLOGIES AND NO-TILL TECHNOLOGY DURING DUST STORMS ON 26-27 JANUARY 2014

A.V. Voloshenyuk

Askania State Agricultural Experiment Station  
(monorga@gmail.com)

In the article there are highlighted the results of field observation for dust storm using field eroziometra - dust collector. It was estimated qualitative and quantitative soil loss for the entire period, the storm 26-27.01.2014 in areas with traditional, minimum and zero (*no-till*) tillage technologies. A significant reduction of losses of organic matter and macronutrients in areas with low intensity of tillage is determined. The basic reason is defined which caused this - the presence on the soil surface of horizontally and vertically arranged plant residues.

**Key words:** *deflation; storm; dust collector; plant residues; no-till.*

УДК 631.4

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ КАЛЬЦІЄВМІСНИХ МЕЛІОРАНТІВ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ВАЖКОСУГЛИНКОВОМУ<sup>1</sup>

К.О. Десятник

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
(*karina.desjatnik@rambler.ru*)

У даній статті на підставі результатів наукових досліджень, виконаних у дрібно-ділянковому польовому досліді протягом 2012-2014 рр., виявлено деякі аспекти впливу різних за походженням кальцієвмісних меліорантів (гашене вапно, доломіт, цементний пил, червоний шлам), на фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого важкосуглинкового (рН, аСа) та визначено чисельність представників основних груп ґрунтової мікрофлори, мікрофауни (*Collembola*, *Oribatida*) та мезофауни (*Lumbricidae*), яка послугувала аргументом для оцінки впливу меліорантів на таку екологічну функцію ґрунту, як середовище існування.

**Ключові слова:** *біогенність ґрунту; кальцієвмісні меліоранти; мезофауна; мікрофауна; фізико-хімічні показники.*

**Вступ.** Останніми роками в Україні зменшення обсягів хімічної меліорації призводить не лише до зниження врожайності високоінтенсивних культур (які у практиці агровиробництва витісняються більш стійкими до кислотності ґрунту), але й до кислотної деградації ґрунтів, що спричиняє ряд негативних екологічних наслідків. Так, наприклад, підкислення ґрунтового середовища призводить до зменшення біорізноманіття ґрунту (зменшується чисельність представників ґрунтової фауни, чутливих до реакції середовища) та до посилення рухомості важких металів та алюмінію, що створює умови для їх надходження з поверхневим стоком та підґрунтовими водами до водойм.

Отже, доцільним є пошук альтернативних шляхів вирішення еколого-економічних проблем сільськогосподарського виробництва на кислих ґрунтах. Одним з яких може бути застосування у ролі меліорантів місцевих сировинних ресурсів та відходів виробництва, що значно зменшить витрати на транспортування і закупівлю меліоративних засобів та, водночас, вирішить проблему утилізації відходів.

Але, визнаючи високу економічну ефективність застосування відходів промисловості як меліорантів, не можна не визнати невід'ємною частиною планування заходів з меліорації виявлення можливого екологічного ризику від цієї акції.

Представники ґрунтової мікрофауни, завдяки високій плодовитості, короткому життєвому циклу, рухливості та тонкому покриву, що зумовлює чітку і швидку реакцію на зміну хімізму навколишнього середовища, є чи не найкращими індикаторами

---

<sup>1</sup> Науковий керівник – доктор біологічних наук Ю.Л. Цапко

спрямованості перебудов біогеоценозу в цілому за різних форм антропогенного впливу (наприклад, внесення вапняних меліорантів).

Метою роботи є висвітлення деяких аспектів впливу різних за походженням меліорантів та вапнування в цілому на фізико-хімічні властивості ґрунту та його характеристики як середовища існування.

**Об'єкти і методи досліджень.** Особливості впливу кальцієвмісних меліорантів на фізико-хімічні властивості та ґрунтову мікро- та мезофауну чорнозему опідзоленого важкосуглинкового, а також продуктивність сільськогосподарських культур зерново-бурякової сівозміни досліджували впродовж 2012-2014 рр. у дрібноділянковому польовому досліді на території державної установи "Слобожанське дослідне поле" ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського (Харківський район, Харківська область) Схема варіантів досліді: 1 – Контроль (без меліорантів); 2 – гашене вапно; 3 – доломіт; 4 – цементний пил; 5 – червоний шлам. Чергування культур у ланці сівозміни: цукрові буряки, ячмінь ярий, кукурудза. Вибір культур для дослідження вапняних меліорантів обумовлений їх слабкою стійкістю до змін рН ґрунтового середовища у кислотний бік. Цукровий буряк, ячмінь та кукурудза є культурами-кальцієфілами, оптимальні значення рН для яких відповідно становлять 7,0-7,5; 6,8-7,5 та 6,0-7,0 [1], що свідчить не лише про неможливість вирощування високих врожаїв цих культур на чорноземі опідзоленому,  $pH_{\text{водн.}}$  якого становить 6,0, але й про небезпеку підкислення ґрунту через високий рівень виносу елементів мінерального живлення, який притаманний даним культурам. Так, наприклад, цукрові буряки з урожаєм 350 ц/га виносять з ґрунту 98 кг/га кальцію та 56 кг/га магнію [2], які відіграють провідну роль у регуляції кислотно-основної рівноваги ґрунту, внаслідок чого ґрунт підкислюється.

Меліоранти вносили одноразово (2011 рік) у дозах, визначених в лабораторних умовах за графіками рН буферності [3]. Згідно з цим підходом фізичні норми вапняних меліорантів були такими: гашене вапно та доломіт 4,5 т/га; цементний пил 6,7; червоний шлам 2,5 т/га. Вимірювання рН та активності іонів кальцію ( $Ca^{2+}$ ) проводили на початку та в кінці вегетаційного періоду протягом трьох років у непорушеному ґрунті (*in situ*) методом прямої потенціометрії з використанням іонселективних електродів за атестованими методиками ННЦ ІГА (МВВ 31-497058-023-2005) та ДСТУ (ДСТУ 4725:2007 та ДСТУ ISO 11271:2004).

У пробах ґрунту, відібраних для аналізу із прикореневої зони рослин, визначали чисельність основних груп мікрофлори методом мікробіологічного посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на тверді живильні середовища [4]. В результаті чого було визначено інтегрований показник біогенності (ІПБ) ґрунту на основі сумарного біологічного показника за Дж. Ацці [5].

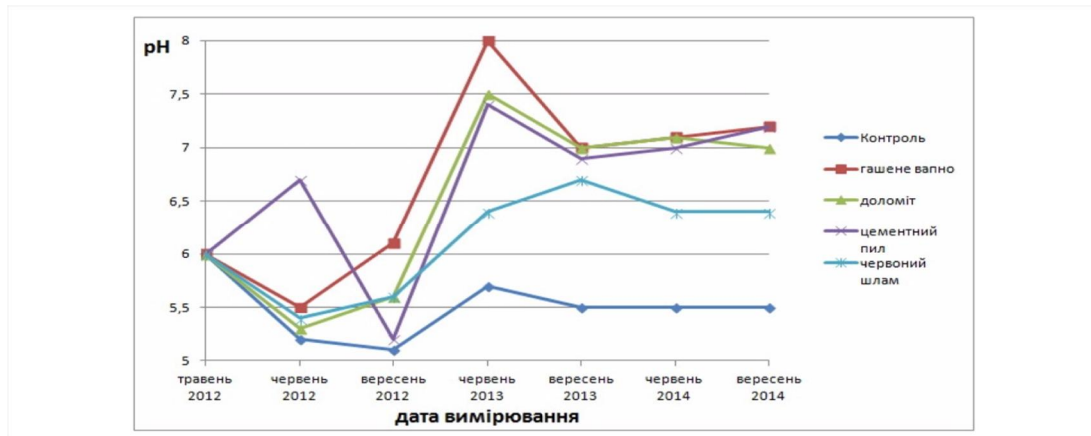
Визначення чисельності представників ґрунтової мікрофауни (microarthropoda) проводили лише навесні за загальноприйнятими стандартними методиками ґрунто-зоологічних досліджень [6, 7]. Вигонку колембол і орибатид із проб проводили у воронках Туллігрена в 75-80 % етиловий спирт з додаванням гліцерину [8]. Спиртовий матеріал розбирали під мікроскопом. Кількість мікроартропод перерахували на 1 м<sup>2</sup> ґрунту.

Облік ґрунтових безхребетних (мезофауна) проводили методом розкопок і ручного розбирання проб ґрунту за методикою Гілярова [7].

**Аналіз результатів досліджень.** Як показали дослідження, вирощування кальцієфільних культур (цукрові буряки, ячмінь, кукурудза) без застосування мінеральних та вапняних добрив призводить до підкислення ґрунтового середовища. Особливо це явище проявилось у перший рік досліді, коли після вирощуванні цукрових буряків рН ґрунтового середовища знизився з вихідного 6,0 до 5,2 на контролі (рис 1). Підкислення ґрунту також спостерігали й у перший рік дії меліорантів.

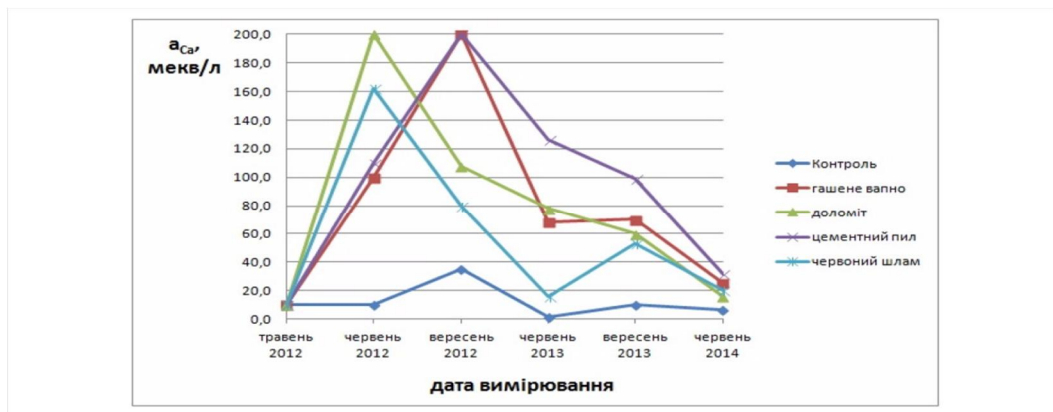
Вважаємо, що це пов'язано з засушливими погодними умовам 2012 року (кількість опадів в середньому 28,1 мм за місяць при багатомісячній середньорічній нормі 43,0 мм), що не сприяли розчиненню та початку дії внесених меліорантів. Винятком був лише варіант із внесенням цементного пилу, на якому, одразу після внесення меліоранту, рН ґрунтового розчину зріс до 6,7, очевидно завдяки дисперсності і тому більш швидкого розчинення пилу.

Зміни, викликані вапнуванням, наближаються до свого максимального значення на початку першого року післядії з подальшим встановленням нейтральної реакції ґрунтового розчину впродовж 2013-14 років. Найменш ефективним було застосування червоного шламу, за внесення якого рН, протягом всього часу досліджень, був значно нижчим ніж на варіантах з іншими меліорантами.



**Рис. 1. Динаміка ґрунтової кислотності під впливом вапняних меліорантів різного походження**

На рис. 2 наведено результати вимірювання активності іонів кальцію протягом трьох років, якими зафіксовано різке підвищення активності на всіх меліорованих варіантах вже в перший рік досліді з поступовим її зниженням майже до вихідного значення.



**Рис. 2. Динаміка активності іонів кальцію під впливом вапняних меліорантів різного походження**

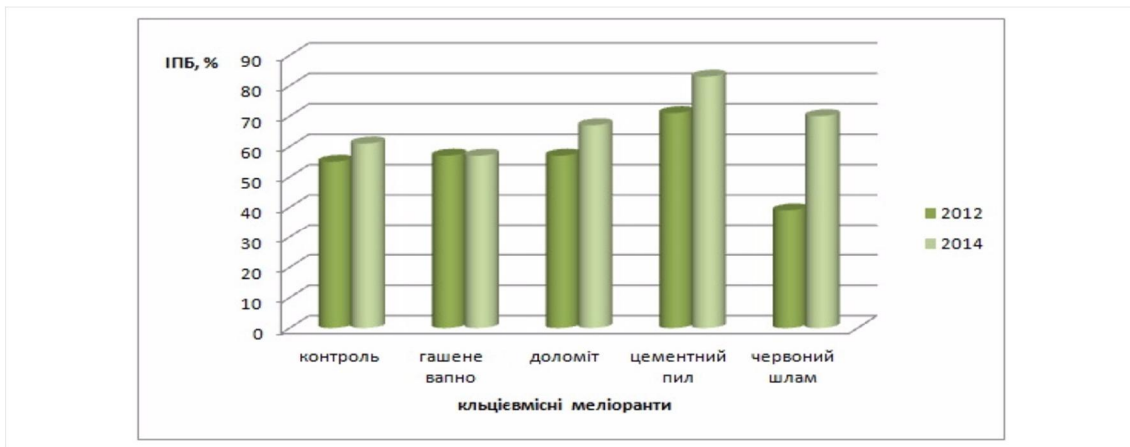
Дослідження з визначення впливу вапняних меліорантів на таку екологічну функцію ґрунту, як середовище існування показали залежність чисельності представників ґрунтової мезофауни сімейства *Lumbricidae* від зміни рН ґрунтового середовища. Позитивно відобразилося на чисельності представників цієї групи внесення всіх меліорантів, крім червоного шламу, дія якого на досліджувані організми була токсичною. Подібні зміни відмічено й стосовно представників ґрунтової мікрофауни.

**1. Зміна чисельності представників мікро- та мезофауни в чорноземі опідзоленому під впливом вапняних меліорантів (шар 0-20 см)**

| Варіант            | Кількість організмів, екз./ м <sup>2</sup> |      |      |                  |      |      |                                  |      |      |
|--------------------|--------------------------------------------|------|------|------------------|------|------|----------------------------------|------|------|
|                    | Мікрофауна ( <i>Microarthropoda</i> )      |      |      |                  |      |      | Мезофауна ( <i>Lumbricidae</i> ) |      |      |
|                    | <i>Collembola</i>                          |      |      | <i>Oribatida</i> |      |      |                                  |      |      |
|                    | 1                                          | 2    | 3    | 1                | 2    | 3    | 1                                | 2    | 3    |
| Контроль           | 213                                        | 320  | 160  | 80               | 160  | 80   | 9,0                              | 14,6 | 16,0 |
| Гашене вапно       | -                                          | 160  | 80   | 346              | 480  | 240  | 16,3                             | 33,6 | 21,3 |
| Доломіт            | 293                                        | 320  | 213  | 186              | 240  | 186  | 8,7                              | 30,0 | 12,3 |
| Цементний пил      | 320                                        | 373  | 240  | 160              | 186  | 80   | 17,3                             | 10,3 | 12,0 |
| Червоний шлам      | 80                                         | 160  | 80   | 133              | 160  | -    | 20,6                             | 6,0  | 8,0  |
| НІР <sub>0,5</sub> | 58,4                                       | 77,9 | 38,9 | 72,8             | 38,9 | 38,9 | 1,1                              | 4,0  | 2,1  |

Примітка. Роки спостережень: 1 - 2012; 2 - 2013; 3 - 2014

Дослідження впливу вапняних меліорантів на ґрунт, як середовище існування, проводили також шляхом визначення інтегрованого показника біогенності ґрунту (ІПБ) рис 3, який було підраховано в результаті визначення чисельності основних груп мікрофлори (гриби; мікроорганізми, що засвоюють органічні та мінеральні форми азоту). Дослідженнями виявлено залежність біогенності ґрунту від типу меліоранту.



**Рис. 3. Зміна ІПБ ґрунту під впливом вапняних меліорантів**

Помітно, що на варіантах без внесення меліорантів ІПБ нижче, ніж на провапнованих, а найвищою є біогенність ґрунту на варіанті з цементним пилом. ІПБ на варіанті з червоним шламом у перший рік дії меліоранту є значно нижчим контролю, але вже на третій рік спостерігаємо його підвищення. Даний факт можна пов'язати з тим, що на варіанті зі шламом рН ґрунтового середовища був нижчим ніж на інших провапнованих варіантах, що могло призвести до зменшення чисельності алкаліфільних представників мікробіоти. Разом із цим червоний шлам містить значну кількість домішок (до 90 %), які можуть згубно впливати на ґрунтові мікроорганізми.

### Висновки

1. Встановлено, що вирощування кальцієфільних культур (цукровий буряк, ячмінь, кукурудза) без застосування мінеральних та вапняних добрив призводить до підкислення ґрунтового середовища. Зміни, викликані вапнуванням, наближаються до свого максимального значення на початку першого року післядії з подальшим встановленням нейтральної реакції ґрунтового розчину.

2. Виявлено залежність чисельності представників ґрунтової мікрофлори, мікро- та мезофауни від зміни рН ґрунтового середовища, тому внесення всіх меліорантів, позитивно відобразилося на чисельності представників даних груп.

3. Показано, що внесення вапняних меліорантів підвищує біогенність ґрунту, про що свідчить зростання ІПБ. Найвища біогенність спостерігається на варіанті з цементним пилом. В той же час на варіанті з червоним шламом ІПБ в перший рік дії меліоранту є значно нижчим за контроль.

### Перелік використаної літератури

1. Трускавецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції - Харків: Нове слово, 2003. – 228 с.
2. «Нутрівант Плюс цукрові буряки» – гарант високої продуктивності буряків цукрових [Електронний ресурс] // Зерно.- 2008. №5 - Режим доступу до сайту: <http://www.nutritech.com.ua/ua/88>
3. ДСТУ 4456:2005 "Якість ґрунту. Метод визначення кислотно-основної буферності ґрунту". Чинний від 2006-10-01. - К.: Держспоживстандарт України, 2006. - 16 с.
4. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. – Москва: МГУ. – 224 с.
5. Ациц Дж. Сельскохозяйственная экология / – Москва – Ленинград, 1959. – 480 с.
6. Методы почвенно-зоологических исследований.- М.: Наука, 1975.- 280 с.
7. Бызова Ю.Б. Количественные методы в почвенной зоологии / [Ю.Б. Бызова, М.С. Гиляров, В. Дунген и др.]. - М.: Наука, 1987. - 288 с.
8. Определение коллембол фауны СССР/ Под. ред. Н.М. Черновой, Б.Р. Стригановой. - М.: Наука, 1988. - 214 с.

Стаття надійшла до редколегії 26.10.2014

### ECOLOGICAL APPLICATION ASPECTS OF LIME MELIORANTS DIFFERENT ORIGIN ON HEAVY LOAMY PODZOLIZED CHERNOZEM

K.O. Desyatnik

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky"  
(karina.desyatnik@rambler.ru)

In this article there are described study results conducted for the purpose calcareous ameliorants determine the effect of different origins and liming in general, the physico-chemical parameters of soil and ecological functions such as habitat. The study was conducted during the 2012-2014 years in the field experiment. Crop rotation: sugar beets, barley, corn. Measurement of pH and activity of calcium ions ( $\text{Ca}^{2+}$ ) was carried out in the soil (*in situ*) method of direct potentiometry using the ion-selective electrodes. In soil samples it was selected for analysis of the root zone of plants, determined the number of main groups of microorganisms. Determining the number of representatives of soil microfauna (microarthropoda) was carried out in a funnel Tullhrena in 75-80 % ethanol with the addition of glycerol. Accounting for soil invertebrates (mesofauna) was performed by the excavation of soil samples by the method Gilyarova. The study found that growing crops that need a lot of calcium (sugar beet, barley, corn) without the use of lime materials leads to soil acidification. Changes as a result of liming are close to its maximum value at the beginning of the second year after application when soil reaction is close to neutral. It is revealed the dependence of the number of representatives' soil micro- and mesofauna of the soil pH changes, so usage of all ameliorants has a positive impact on the number of representatives this group. Have found out increase of the Integrated soil biotic parameter (ISBP) after application of lime ameliorants. The highest biotic parameter is observed on a variant with a cement dust. At the same time on a variant with red mud ISBP in the first year of amelioration is significantly below, than on the control.

**Key words:** lime meliorants; physico-chemical parameters; microfauna; mesofauna; microflora.

УДК 631.461

### ПЕРЕБУДОВА МІКРОБНОГО ЦЕНОЗУ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ПІД ВПЛИВОМ ГЕРБІЦИДІВ РІЗНОГО КЛАСУ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ<sup>1</sup>

А.Б. Рокитянський

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
(artemborisovichro@gmail.com)

Досліджено вплив різних доз гербіцидів різного класу небезпечності (за класифікацією ВООЗ) на зміни, що відбуваються у мікробіоценозі чорнозему опідзоленого протягом

<sup>1</sup> Науковий керівник – канд.біол.н., с.н.с. О.І. Маклюк

вегетації *Zea mays L.* Встановлено, що застосування рекомендованих та подвійних доз гербіцидів ініціює зростання чисельності окремих еколого-функціональних груп мікроорганізмів. Найбільшого впливу на мікрофлору ґрунту надає обробка подвійною дозою гербіциду третього класу небезпечності.

**Ключові слова:** гербіциди; клас небезпечності; мікроорганізми; чорнозем опідзолений; *Zea mays L.*

**Вступ.** Сучасне сільське господарство не обходиться без використання гербіцидів та інших хімічних засобів захисту рослин. У гонитві за великими врожайми збільшують, не завжди обґрунтовано, дози гербіцидів. Незалежно від способу застосування, основна маса гербіцидів потрапляє у ґрунт, який є місцем їхньої взаємодії з мікроорганізмами і який стає основним джерелом забруднення інших природних середовищ. Накопичуючись у ґрунті, гербіциди починають негативно впливати на його біологічну частину [1, 2].

Період напіврозпаду гербіцидів становить від кількох місяців до одного року, але деякі гербіциди можуть розкладатися десятиріччями, негативно впливаючи на біоту ґрунту, або навіть мігрувати трофічними ланцюгами і в підсумку впливати на здоров'я людей [3].

У зв'язку з тим, що останніми роками у вітчизняному сільському господарстві постійно застосовують засоби захисту рослин нового покоління, виникає питання накопичення їх залишків у ґрунтах і деструкції цих речовин [4].

Мета нашої роботи – дослідити вплив різних доз гербіцидів різного класу небезпечності на структуру мікробних угруповань чорнозему опідзоленого.

**Об'єкти і методи досліджень.** Проаналізувавши сучасний ринок гербіцидів, ми обрали два види гербіцидів різного класу небезпечності, які широко застосовувані фермерськими господарствами України:

*Трофі 90 ЕС к.е.* – гербіцид селективної дії для захисту кукурудзи, соняшника та сої від однорічних злакових та дводольних бур'янів. Спосіб внесення – у ґрунт до появи сходів. Діюча речовина – ацетохлор, 900 г/л, хімічна група – хлорацетоміди. Належить до II-го класу небезпечності за класифікацією ВООЗ [5].

*Гезагард 500 FW к.с.* – 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. Спосіб внесення – у ґрунт до появи сходів. Діюча речовина – прометрин, 500 г/л, хімічний клас – триазини. Належить до III-го класу небезпечності (малотоксичні) класифікація ВООЗ [5].

Для дослідження впливу гербіцидів на мікробіологічні показники ґрунту було закладено модельний вегетаційний дослід у вегетаційному будиночку ННЦ "ІГА імені О.Н. Соколовського". Для цього досліді було відібрано ґрунтову масу з орного шару чорнозему опідзоленого важкосуглинкового на лесоподібному суглинку у стаціонарному польовому досліді відділу агрохімії, що ведеться з 1989 року на території Слобожанського дослідного поля ННЦ "ІГА імені О.Н. Соколовського" у Харківському районі Харківської області. Модельний дослід проводили у вегетаційних посудинах об'ємом 3000 см<sup>3</sup>. Схема модельного досліді (варіанти): 1) К – контроль, без застосування гербіцидів, 2) Тр-1 – застосування рекомендованої дози Трофі; 3) Тр-2 – застосування подвійної дози Трофі; 4) Гз-1 – застосування рекомендованої дози Гезагард; 5) Гз-2 – застосування подвійної дози Гезагард. Гербіциди вносили шляхом обприскування поверхні ґрунтової маси у посудині у день посіву культури. Як посівну культуру обрали кукурудзу сорту «Елегія».

У пробах ґрунту, відібраних з вегетаційних посудин у фазу розвитку листків кукурудзи та фазу утворення квітки, визначали чисельність основних груп мікрофлори методом мікробіологічного посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на такі

тверді агаризовані живильні середовища [6]: органотрофних бактерій – на м'ясопептоновий 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 Добирейнер, денітрифікаторів – на середовищі Гільтая. Розрахункові показники, зокрема мінералізації [7], оліготрофності [9], мікробіологічної трансформації органічної речовини ґрунту [10], інтегрований показник біогенності ґрунту (ІПБ), який визначається методом відносних величин, з урахуванням чисельності мікроорганізмів головних еколого-функціональних груп, за Дж. Ацці [11].

**Результати досліджень:** Встановлено, що застосування різних доз гербіцидів різного класу небезпечності призводить до перебудови мікробіоценозів чорнозему опідзоленого.

Так, спостерігали зміну чисельності мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту (органотрофи), протягом вегетації. Якщо на початку вегетації кукурудзи відбулось зниження на 5-32 % чисельності органотрофів відносно контролю на всіх варіантах, окрім п'ятого, то по завершенню вегетації простежувалось стрімке зростання у 1,5-2,5 раза чисельності мікроорганізмів даної групи, що, можливо, пов'язано з надходженням органічних решток у вигляді коренів рослин. Схожа ситуація спостерігається серед мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні форми азоту та актиноміцетів. Так, існує тенденція до збільшення чисельності мікроорганізмів зі збільшенням дози внесених гербіцидів. Найбільше зростання чисельності мікроорганізмів (більше ніж у 1,5 раза) спостерігали у разі застосування подвійної дози гербіциду Гезагард. Зростання чисельності актиноміцетів відбувається на пізніх етапах мікробної сукцесії, що може свідчити про активацію процесів мінералізації.

Протилежна тенденція спостерігається серед мікроскопічних грибів – із збільшенням дози гербіцидів відбувається зниження чисельності грибів у ґрунті.

Також встановлено залежність чисельності оліготрофної мікрофлори від дози внесення гербіцидів – з підвищенням доз гербіцидів у ґрунті спостерігається підвищення чисельності оліготрофів. Найбільша чисельність оліготрофів – у варіанті, де застосовано подвійну дозу гербіциду Гезагард.

За внесення у ґрунтову масу гербіцидів II та III класу небезпечності загальна кількість мікроорганізмів, що розчиняють ґрунтові мінеральні фосфати, значно підвищилась відносно контролю, особливо на варіанті з подвійною дозою гербіциду Гезагард, де чисельність мікроорганізмів зросла більше ніж у два рази. На решті варіантів спостерігали підвищення чисельності мікроорганізмів, що мобілізують мінеральні фосфати на рівні 48-94 %. Схожою була ситуація із мікроорганізмами, що активно розчиняють фосфат кальцію ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), утворюючи прозорі зони на середовищі. Застосування гербіцидів по-різному вплинуло на загальну кількість мікроорганізмів, що мобілізують органічні фосфати. На варіанті з подвійною дозою гербіциду Гезагард чисельність мікроорганізмів зросла на 42 % відносно контролю, а на решті варіантів – значно менше.

Чисельність мікроорганізмів, що беруть участь у трансформації азоту у ґрунті, а саме, олігонітрофільних та асоціативних азотфіксувальних, знижується від одинарної дози гербіцидів на 27-40 %. Від подвійних доз слід би було очікувати ще більшого зниження, але відбувається неочікуване зростання чисельності мікроорганізмів, що беруть участь у трансформації азоту ґрунту – чисельність олігонітрофілів збільшилась на 56-65 %, а асоціативних азотфіксаторів – у 1,5 раза (відносно контролю). Можливо, це пов'язано з випаданням інших груп мікроорганізмів

з мікробіоценозу та зменшенням конкуренції у ґрунті в результаті дії діючих речовин гербіцидів.

Застосування гербіциду другого класу небезпечності та подвійної дози гербіциду III класу небезпечності призвело до значного зростання чисельності денітрифікаторів, що негативно відображається на родючості ґрунту, оскільки денітрифікувальні мікроорганізми відновлюють нітрати до молекулярного азоту і тим самим погіршують азотний режим ґрунту.

Вплив гербіцидів на стан мікробних ценозів ґрунту оцінено також за допомогою інтегрованого показника біогенності (ІПБ). Згідно з його значеннями, найбільший вплив на біогенність ґрунтової маси у дослідних посудинах учинила обробка подвійною дозою гербіциду Гезагард, та рекомендованою дозою гербіциду Трофі. В цілому інтегрований показник біогенності зростає на 9-35 % на всіх варіантах, що свідчить про деякий позитивний вплив гербіцидів на чисельність агрономічно-корисних мікроорганізмів.

За отриманими даними було розраховано коефіцієнти оліготрофності, мінералізації, та показник мікробіологічної трансформації органічної речовини ґрунту. Коефіцієнт оліготрофності, що характеризує трофічний режим ґрунту, був максимальним на варіанті, де було застосовано подвійну дозу гербіциду Трофі, на решті варіантів був вищим, ніж на контролі, що свідчить про погіршення трофічного режиму ґрунту. Показник мінералізації, який вказує на інтенсивність мінералізаційних процесів та засвоювання азотних сполук у ґрунті, значно вищим був на варіантах, де було застосовано Гезагард, на решті варіантів спостерігається лише деяке збільшення. Застосування рекомендованих доз гербіцидів викликало зниження показника мікробіологічної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОРГ), а подвійних доз – підвищення, що вказує на вищу біохімічну активність мікроорганізмів.

**Висновки.** У результаті було встановлено, що застосування гербіцидів різного класу небезпечності істотно впливає на мікрофлору у ґрунтовій масі чорнозему опідзоленого протягом вегетації *Zea mays L.* Виявили, що збільшення чисельності окремих мікробних угруповань може бути обумовлено індивідуальною реакцією мікрофлори на стресовий фактор діючих речовин гербіцидів (прометрин та ацетохлор). За збільшення доз гербіцидів різного класу небезпечності відбувається збільшення чисельності мікроорганізмів азотного циклу, але колонії значно зменшуються у розмірі, що може свідчити про перехід до стадії репресії. Встановлені величини розрахункових коефіцієнтів оліготрофності та мінералізації свідчать, що гербіцидами викликано погіршення трофічного режиму ґрунту та збільшення інтенсивності перебігу мінералізаційних процесів чорнозему опідзоленого.

### Список використаної літератури

1. Каспаров В.А. Пестициды в СССР и за рубежом. Производство, применение, исследования. / В.А. Каспаров, М.Я. Пушина, Е.В. Кукина, О.Б. Михайлова, Н.С. Ивина // Агрохимия. – 1990. – №3. – С. 140-152.
2. Мельников Н.Н. Пестициды и окружающая среда / Н.Н. Мельников // Агрохимия. – 1990. – №12. – С. 71-94.
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. Сингента в Україні – Syngenta [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.syngenta.com/country/ua/uk/aboutcompany/Pages/home\\_new.aspx](http://www.syngenta.com/country/ua/uk/aboutcompany/Pages/home_new.aspx)
6. 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.
7. Теплер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теплер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева – М.: Колос, 1972. – 199 с.
8. Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов / Е.Н. Мишустин – М.: Наука, 1975. – С. 24.

9. 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.

10. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Сб. науч. тр. ХСХИ, т. 273, Харьков, 1980. С. 13-16.

11. 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.

*Стаття надійшла до редколегії 26.10.2014*

## RECONSTRUCTION OF MICROBIAL CENOSIS OF CHERNOZEM PODZOLIZED UNDER INFLUENCE OF HERBICIDES OF DIFFERENT DANGER CLASS

A.B. Rokityanskiy

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky"  
(artemborisovichro@gmail.com)

It was investigated the influence of different rates of soil's herbicides of the second and third class of danger on the change of chernozem podzolized biocenosis during the growing season of maize. It was established that the application of different hazard classes of soil's herbicides the second and third class of danger during the growing season has a significant effect on the chernozem podzolized microflora. The increased doses of herbicides of a different hazard class contributes the increase to the number of individual ecological and functional groups of microorganisms, but the colonies to comparison to the control significantly reduced in size. That may indicate a decrease in the activity of microorganisms. The increase in the number of microbial groups of chernozem podzolized may be caused by individual reaction of microflora on stress factor of chemicals which are a part of the soil's herbicides of the second and third class of danger. Calculated coefficients oligotrophicity, mineralization, and microbial transformation rate of soil organic matter have shown that on variants where have been applied herbicides it was noticed a decline in the trophic regime of the soil and increase motion mineralization processes in the soil, and there is a decrease in microbial transformation of soil organic matter.

**Key words:** soil herbicides; herbicide hazard class; microorganisms; chernozem podzolized.

УДК 631.434.1

## СВЯЗНОСТЬ И КРОШЕНИЕ ГЛЫБ ПАХОТНЫХ ПОЧВ<sup>1</sup>

А.Л. Бородин

ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского»  
(a.l.borodin@yandex.ua)

Связность глыб темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы и чернозема типичного тяжелосуглинистого, образованных после их предпосевной обработки культиватором КТС 6 и экспериментальным орудием, определяли на приборе Болдовского специально разработанным для этой цели методом. Метод исследования состоял в последовательном приложении возрастающих нормальных напряжений к глыбам, разделенным на группы по 5 штук, с последующим измерением коэффициентов крошения и структурного состава разрушенных глыб. Измерили связность глыб при полевой влажности и высушенных до воздушно-сухого состояния. Определили коэффициенты крошения глыб, которые варьировали в диапазоне от 15,8 % до 55,7 % и зависели как от значения приложенного нормального напряжения, так и от срока отбора проб. В структуре разрушенных глыб преобладали в основном фракции агрономически ценных размеров, кроме того, во всех случаях присутствовали комки крупнее 10 мм.

**Ключевые слова:** глыбы; крошение; предпосевная обработка; посевной слой; связность; структурный состав; физико-механические свойства почвы.

**Вступление.** Широкое использование в настоящее время в земледелии Украины энергонасыщенных машинно-тракторных агрегатов, имеющих чрезвычайно

<sup>1</sup>Научный руководитель – академик НААН, профессор, д. биол. н. В.В. Медведев

сложную конструкцию, большую массу, требующих значительного тягового усилия и работающих на высоких скоростях, привело к тому, что глыбистость обрабатываемого слоя стала распространенным явлением [1].

Вследствие обработки уплотненного поверхностного слоя почвы образуются глыбы (комки крупнее 10 мм), присутствие которых, согласно стандарта, ограничено количеством 20 % при основной и недопустимо при предпосевной обработке. Но, фактически, предпосевная обработка почв современными орудиями не обеспечивает выполнения указанных требований.

При взаимодействии рыхлительных рабочих органов с почвой необходимо при минимальных нормальных напряжениях достигнуть условий разрушения комков [6]. Для эффективного и энергетически экономного разрушения вновь образованных в процессе предпосевной обработки глыб нужна информация относительно их связности (механической прочности).

От прочности комков зависит способность почвы к крошению, ее структурное состояние и плотность сложения в посевном слое после предпосевной обработки. Тем самым агрофизические свойства почвы определяют условия прорастания семян, развития корней, поглощение питательных веществ, водно-воздушный режим, особенно в стартовый (самый ответственный) период онтогенеза растений. Это наиболее важно для почв, склонных к образованию корки и трещин, от чего сильно страдают молодые растения.

Цель исследований – определить способность почвенных глыб к крошению и оценить возможность выбора способа и интенсивности предпосевной обработки почвы.

**Объекты и методы исследований.** Объекты исследований: темно-серая оподзоленная тяжелосуглинистая почва (пос. Коммунар, Харьковский район), и чернозем типичный тяжелосуглинистый (пос. Опытный, Чугуевский район). Оба объекта расположены в Харьковской области.

Экспериментальные исследования выполнены в 2013 и 2014 годах. Предпосевная обработка темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы для выращивания ячменя и кукурузы выполнена весной 2013 г. культиватором КТС-6 на глубину 6-8 см после осенней вспашки на глубину 22-25 см. В 2014 г. таким же образом выполнена предпосевная обработка почвы для выращивания подсолнечника.

Предпосевная обработка чернозема типичного тяжелосуглинистого в 2014 г. выполнена двумя способами – культиватором КТС-6 на глубину 6-8 см и новым экспериментальным орудием для предпосевной обработки почвы [5]. Выращиваемая культура – ячмень.

Образцы почвы в ненарушенном сложении в 2013 г. (только на темно-серой почве) отбирали в три срока: в начале, середине и в конце вегетационного периода, в 2014 г. (на обоих объектах) – в начале вегетационного периода. В лаборатории образцы почвы просеивали, отбирая комки, остающиеся на сите 10 мм – глыбы. В 2013 г. определяли связность глыб, высушенных до воздушно-сухого состояния. В 2014 г., помимо этого, выполнено измерение связности глыб при полевой влажности (сразу после отбора проб). Влажность почвы определяли по ДСТУ ISO 11465 [8].

Определение связности глыб выполнено на приборе В.М. Болдовского [2], в котором при помощи плоского деформатора моделируется разрушение глыб рыхлительными органами сельскохозяйственных машин (деформация сжатия). Измерения выполняли следующим образом: формировали по три группы образцов по пять глыб в каждой, отбирая агрегаты визуально по размеру (по самой длинной оси) так, чтобы они не превышали размера цилиндра в приборе Болдовского (5×10 мм). Каждую группу агрегатов взвешивали отдельно и далее подвергали воздействию напряжений 0,6, 1,2 и 1,8 кг/см<sup>2</sup> до момента разрушения. Измеряли изменение

высоты каждого образца под воздействием напряжения. Определяли коэффициент крошения (КК) как разницу высот глыб перед и после воздействия напряжения, выраженную в процентах от первоначальной высоты. Рассчитывали среднее арифметическое из полученных величин КК.

После разрушения глыб каждой группы, образовавшиеся структурные отдельности соединяли в один образец и определяли структурный состав по ДСТУ 4744 [7].

**Результаты.** Работа по изучению связности глыб почв проводилась таким образом, чтобы установить зависимость их КК и структурного состава разрушенных агрегатов от приложенного напряжения. Как известно [3, 9], напряжение сжатия больше, чем другие виды напряжений (сдвига и расклинивания), но при этом обеспечивает более эффективное разрушение структурных отдельностей [3]. Таким образом, вполне возможно, что наилучший результат предпосевной обработки почвы, заключающийся в формировании посевного слоя с оптимальными агрофизическими и физико-механическими свойствами, может быть получен при применении таких рабочих органов сельскохозяйственных машин, которые обеспечивают необходимое и достаточное напряжение сжатия крупных структурных агрегатов почвы.

В результате экспериментальных исследований установлено, что при напряжении  $0,6 \text{ кг/см}^2$  средние для групп из 15 глыб, отобранных из пахотного слоя темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы КК были наименьшими и достоверно (при уровне доверительной вероятности 95 %) отличались от средних КК глыб при напряжении  $1,2 \text{ кг/см}^2$  и  $1,8 \text{ кг/см}^2$ , между значениями которых, в свою очередь, статистически достоверной разницы не выявлено (табл. 1).

Абсолютные значения КК глыб, отобранных в третий срок, оказались существенно более низкими, чем в более ранние сроки. Так, в первый срок отбора КК глыб при напряжении  $0,6 \text{ кг/см}^2$  составил 46 %, во второй срок отбора – 39,1 %, а в третий срок – 15,8 %, т.е. в течение вегетационного периода кукурузы КК глыб снизились фактически в три раза. Это может быть связано с более высокой влажностью почвы в момент отбора проб. Хотя связность глыб определяли в воздушно-сухом состоянии, известно о связи между механической прочностью структурных агрегатов (в воздушно-сухом состоянии) и влажностью в момент обработки почвы [4].

**1. Коэффициенты крошения (КК) глыб, отобранных из пахотного слоя темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы (2013 г.)**

| Культура | Срок отбора проб     | Напряжение, $\text{кг/см}^2$ | КК по повторностям, % |      |      | КК средний, % |
|----------|----------------------|------------------------------|-----------------------|------|------|---------------|
|          |                      |                              | I                     | II   | III  |               |
| Кукуруза | 1-й срок, 29.04.2013 | 0,6                          | 47,1                  | 48,5 | 42,5 | 46,0          |
|          |                      | 1,2                          | 46,8                  | 46,4 | 44,1 | 45,8          |
|          |                      | 1,8                          | 55,0                  | 56,3 | 55,8 | 55,7          |
|          | 2-й срок, 04.07.2013 | 0,6                          | 32,4                  | 42,8 | 42,0 | 39,1          |
|          |                      | 1,2                          | 55,5                  | 54,4 | 49,6 | 53,1          |
|          |                      | 1,8                          | 53,5                  | 57,0 | 56,1 | 55,5          |
|          | 3-й срок, 10.10.2013 | 0,6                          | 24,1                  | 13,3 | 10,1 | 15,8          |
|          |                      | 1,2                          | 28,6                  | 26,5 | 26,5 | 27,2          |
|          |                      | 1,8                          | 26,4                  | 32,7 | 31,7 | 30,3          |
|          | НСР 05               |                              |                       |      |      | 6,0           |
| Ячмень   | 17.04.2013           | 0,6                          | 29,2                  | 27,8 | 24,2 | 27,1          |
|          |                      | 1,2                          | 34,8                  | 42,2 | 35,2 | 37,4          |
|          |                      | 1,8                          | 42,4                  | 33,3 | 33,6 | 36,4          |
|          | НСР 05               |                              |                       |      |      | 9,4           |

Для напряжений  $1,2 \text{ кг/см}^2$  и  $1,8 \text{ кг/см}^2$  подобных закономерных изменений абсолютных значений КК по срокам отбора глыб не отмечается.

В 2014 г. были определены КК глыб, отобранных из пахотного слоя темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы на том же поле, полностью засеянном подсолнечником (табл. 2). КК глыб определяли при полевой влажности и в воздушно-сухом состоянии. Предполагалось, что КК глыб при полевой влажности должны быть выше, чем в воздушно-сухом состоянии. Однако, вследствие высокого варьирования данных, статистически значимых различий в экспериментально определенных КК глыб не оказалось. Нельзя говорить также о каких-либо существенных отличиях КК глыб в 2013 и 2014 годах.

Необходимо было также сравнить связность глыб, отобранных после выполнения предпосевной обработки почвы стандартным способом и экспериментальным орудием. Результаты определения КК глыб (табл. 2) свидетельствуют о том, что в отличие от стандартной предпосевной обработки, после обработки почвы экспериментальным орудием КК глыб в воздушно-сухом состоянии оказались существенно меньше, чем определенные при полевой влажности. При этом нет оснований утверждать, что обработка экспериментальным орудием приводит к образованию более прочных глыб, чем стандартная обработка.

## 2. Коэффициенты крошения глыб при разной влажности (2014 г.)

| Влажность глыб             | Напряжение, $\text{кг/см}^2$ | Коэффициент крошения, %                                                    |                                     |                                                        |                                     |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|                            |                              | Темно-серая оподзоленная тяжелосуглинистая почва (поле под подсолнечником) |                                     | Чернозем типичный тяжелосуглинистый (поле под ячменем) |                                     |
|                            |                              | Стандартная обработка                                                      | Обработка экспериментальным орудием | Стандартная обработка                                  | Обработка экспериментальным орудием |
| при полевой влажности      | 0,6                          | 35                                                                         | 46                                  | 47                                                     | 55                                  |
|                            | 1,2                          | 40                                                                         | 44                                  | 54                                                     | 51                                  |
|                            | 1,8                          | 44                                                                         | 50                                  | 55                                                     | 52                                  |
| в воздушно-сухом состоянии | 0,6                          | 33                                                                         | 34                                  | 39                                                     | 32                                  |
|                            | 1,2                          | 42                                                                         | 40                                  | 46                                                     | 38                                  |
|                            | 1,8                          | 40                                                                         | 38                                  | 46                                                     | 40                                  |
| НСР 05                     | -                            | 14                                                                         |                                     | 9                                                      |                                     |

Даже под воздействием высоких нормальных напряжений глыбы не удалось разрушить таким образом, чтобы в результате в структуре не было отдельностей, крупнее 10 мм (табл. 3). Таким образом, агротехническое требование относительно отсутствия после предпосевной обработки в пахотном слое почвы глыб оказывается объективно трудновыполнимым, даже при больших затратах механической энергии.

## 3. Структурный состав образцов темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы после разрушения глыб (2013 г.)

| Размер<br>агрегатов после<br>просеивания, % | Масса агрегатов, %             |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      |
|---------------------------------------------|--------------------------------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|
|                                             | ячмень                         |      |      | кукуруза |      |      |          |      |      |          |      |      |
|                                             | 1-й срок                       |      |      | 1-й срок |      |      | 2-й срок |      |      | 3-й срок |      |      |
|                                             | Напряжение, кг/см <sup>2</sup> |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      |
|                                             | 0,6                            | 1,2  | 1,8  | 0,6      | 1,2  | 1,8  | 0,6      | 1,2  | 1,8  | 0,6      | 1,2  | 1,8  |
| >10 мм                                      | 53,0                           | 33,2 | 18,3 | 10,6     | 9,0  | 9,2  | 8,8      | 6,6  | 9,2  | 22,4     | 15,4 | 10,7 |
| 10-5 мм                                     | 13,6                           | 17,5 | 15,0 | 14,6     | 14,4 | 11,2 | 13,5     | 10,6 | 11,2 | 15,0     | 15,4 | 16,0 |
| 5-1 мм                                      | 20,8                           | 33,5 | 37,5 | 47,4     | 45,0 | 44,7 | 46,4     | 47,4 | 44,7 | 39,2     | 40,5 | 44,3 |
| 1-0,25 мм                                   | 8,7                            | 11,0 | 14,0 | 18,3     | 20,8 | 22,3 | 20,8     | 23,3 | 22,3 | 15,3     | 18,5 | 18,6 |
| < 0,25 мм                                   | 3,9                            | 4,9  | 15,3 | 9,1      | 10,9 | 12,6 | 10,5     | 12,1 | 12,6 | 8,1      | 10,3 | 10,3 |

Сравнение структурного состава образцов почв после разрушения глыб по результатам эксперимента 2014 г. (табл. 4) показывает, что образцы, разрушенные при полевой влажности, имеют несколько более благоприятную структуру, чем разрушенные в воздушно-сухом состоянии, которая практически не зависит от приложенного напряжения.

**4. Структурный состав образцов темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы после разрушения глыб (2014 г.)**

| Размер агрегатов после просеивания, мм | Масса агрегатов, %               |      |      |                          |      |      |                             |      |      |                          |      |      |
|----------------------------------------|----------------------------------|------|------|--------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|--------------------------|------|------|
|                                        | подсолнечник после ячменя        |      |      |                          |      |      | подсолнечник после кукурузы |      |      |                          |      |      |
|                                        | влажность глыб при раздавливании |      |      |                          |      |      |                             |      |      |                          |      |      |
|                                        | полевая                          |      |      | воздушно-сухое состояние |      |      | полевая                     |      |      | воздушно-сухое состояние |      |      |
|                                        | напряжение, кг/см <sup>2</sup>   |      |      |                          |      |      |                             |      |      |                          |      |      |
|                                        | 0,6                              | 1,2  | 1,8  | 0,6                      | 1,2  | 1,8  | 0,6                         | 1,2  | 1,8  | 0,6                      | 1,2  | 1,8  |
| >10                                    | 38,3                             | 39,5 | 34,2 | 51,0                     | 32,5 | 38,9 | 25,1                        | 21,1 | 16,8 | 39,1                     | 19,7 | 15,5 |
| 10-5                                   | 19,7                             | 14,5 | 16,5 | 10,8                     | 15,7 | 13,5 | 15,4                        | 17,8 | 17,3 | 12,8                     | 20,3 | 15,3 |
| 5-1                                    | 31,1                             | 34,0 | 35,8 | 25,3                     | 35,3 | 30,8 | 42,1                        | 45,4 | 48,1 | 35,0                     | 43,6 | 48,0 |
| 1-0,25                                 | 7,8                              | 8,8  | 9,7  | 8,5                      | 10,9 | 10,9 | 11,3                        | 10,4 | 11,4 | 8,1                      | 10,3 | 13,3 |
| < 0,25                                 | 3,2                              | 3,3  | 3,8  | 4,4                      | 5,6  | 6,0  | 6,1                         | 5,3  | 6,5  | 4,9                      | 6,2  | 7,8  |

Возможно, на связность вновь образованных после предпосевной подготовки почвы глыб может влиять предшествующая культура. Так, в структуре разрушенных образцов темно-серой почвы, отобранных на поле подсолнечника после кукурузы, явно преобладает фракция размером 5-1 мм.

В то же время в структуре глыб, отобранных в той части поля, где предшественником был ячмень, после разрушения содержалось существенно больше комков крупнее 10 мм. В этом случае отчетливо видно влияние влажности глыб в момент приложения напряжения на структурный состав образцов после разрушения.

Если структура почвенного материала, полученного в результате разрушения глыб при полевой влажности, очень мало зависела от величины напряжения, то для сравнимого разрушения глыб в воздушно-сухом состоянии напряжения в 0,6 кг/см<sup>2</sup> оказалось недостаточным (независимо от предшественника) и в их структуре резко преобладала фракция размером более 10 мм. Наилучший в агрономическом понимании структурный состав разрушенных глыб был достигнут в образцах при полевой влажности, отобранных на черноземе типичном, обработанном экспериментальным орудием при напряжении в 0,6 кг/см<sup>2</sup> (табл. 5).

**5. Структурный состав образцов чернозема типичного тяжелосуглинистого после разрушения глыб (2014 г.)**

| Размер агрегатов после просеивания, мм | Масса агрегатов, %               |      |      |                          |      |      |                                     |      |      |                          |      |      |
|----------------------------------------|----------------------------------|------|------|--------------------------|------|------|-------------------------------------|------|------|--------------------------|------|------|
|                                        | стандартная обработка            |      |      |                          |      |      | обработка экспериментальным орудием |      |      |                          |      |      |
|                                        | влажность глыб при раздавливании |      |      |                          |      |      |                                     |      |      |                          |      |      |
|                                        | полевая                          |      |      | воздушно-сухое состояние |      |      | полевая                             |      |      | воздушно-сухое состояние |      |      |
|                                        | напряжение, кг/см <sup>2</sup>   |      |      |                          |      |      |                                     |      |      |                          |      |      |
|                                        | 0,6                              | 1,2  | 1,8  | 0,6                      | 1,2  | 1,8  | 0,6                                 | 1,2  | 1,8  | 0,6                      | 1,2  | 1,8  |
| >10                                    | 31,2                             | 25,5 | 26,7 | 36,7                     | 29,8 | 29,0 | 22,2                                | 22,6 | 38,3 | 49,1                     | 45,1 | 27,0 |
| 10-5                                   | 17,1                             | 22,3 | 20,8 | 18,0                     | 21,0 | 20,6 | 23,5                                | 22,5 | 18,2 | 16,4                     | 17,8 | 25,8 |
| 5-1                                    | 41,0                             | 40,2 | 40,2 | 32,9                     | 35,7 | 35,4 | 42,7                                | 40,9 | 34,7 | 27,1                     | 29,3 | 37,1 |
| 1-0,25                                 | 8,5                              | 9,1  | 9,5  | 8,5                      | 9,2  | 9,9  | 9,0                                 | 7,9  | 7,0  | 5,2                      | 5,4  | 7,0  |
| < 0,25                                 | 2,2                              | 2,9  | 2,8  | 3,8                      | 4,3  | 5,1  | 2,7                                 | 6,1  | 1,9  | 2,2                      | 2,4  | 3,0  |

После разрушения образцов в воздушно-сухом состоянии приложением наименьшего напряжения образовывалось гораздо больше глыб: 49 %, в то время

как, в образцах, отобранных после предпосевной обработки экспериментальным орудием всего 22 %. В образцах глыб, отобранных после стандартной предпосевной обработки, различия в структурном составе разрушенных глыб оказались менее существенными, за исключением той особенности, что при разрушении образцов при полевой влажности во всех случаях в их структуре количественно преобладала фракция 1-5 мм, а при разрушении воздушно сухих глыб при напряжении 0,6 кг/см<sup>2</sup> – фракция более 10 мм.

### Выводы

1. Значения коэффициентов крошения и фракционный состав глыб после достижения условий их разрушения под влиянием нормальных напряжений свидетельствуют о том, что даже при наибольших нормальных напряжениях, сравнимых с давлением на почву тяжелых машинно-тракторных агрегатов, не удалось достичь таких условий разрушения, которые бы обеспечили полное отсутствие в разрушенных глыбах фракции размером более 10 мм, очевидно существующими орудиями невозможно провести такую обработку почвы, которая бы отвечала существующим агротехническим требованиям.

2. После разрушения глыб приложением нормальных напряжений в большинстве случаев (даже при приложении наименьшего из моделируемых напряжений – 0,6 кг/см<sup>2</sup>) в структуре образца почвы преобладают фракции агрономически ценных размеров.

3. Выявлена возможность влияния предшествующей культуры на связность глыб, образующихся после предпосевной обработки почв. Однако имеющихся данных недостаточно для более обоснованных выводов по этому вопросу.

4. Не отмечено существенных различий в связности глыб темно-серой тяжелосуглинистой почвы и чернозема типичного тяжелосуглинистого. Вероятно, это связано с тем, что эти почвы очень близки по гранулометрическому составу и физико-химическим свойствам.

5. Оптимальные показатели структурного состава разрушенных глыб получены при нормальном напряжении 0,6 кг/см<sup>2</sup> в образцах при полевой влажности. При разрушении глыб в состоянии полевой влажности требуются меньшие затраты механической энергии и образуется лучшая в агрономическом понимании структура.

### Список использованной литературы

1. *Агровимоги* до передпосівного обробітку щодо структурного складу та щільності будови ґрунту з урахуванням розміру насіння сільськогосподарських культур. Рекомендації / В.В. Медведєв, І.В. Плisko, О.М. Бігун, С.І. Хекало. – Харків: Вид-во «Міськдрук», 2013. – 24 с.
2. *Болдовський В.М.* Оцінка впливу рушіїв колісних тяглого-транспортних засобів на ґрунт: автореф. дис. канд. техн. наук: спец.: 05.22.02 / Болдовський Володимир Миколайович; ХНАДУ. – захист 19.10.2011. Харків, 2011. – 20 с.
3. *Василенко П.* Механика почвы в связи с конструктивными типами органов сельскохозяйственных машин / П. Василенко // Почвоведение. – 1934. – № 3. – С. 311-325.
4. *Виленский Д.Г.* Опыт экспериментального исследования вопросов структурообразования / Д.Г.Виленский, В.Н.Германова // Почвоведение. – 1934. – № 1. – С. 34-60.
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. *Половицкий И.Я.* Использование показателей технологических свойств почвы при инженерных расчетах / И.Я.Половицкий, Л.Ф.Бабицкий // Тез.докл. II съезда общества почвоведов России (27-30 июня 1996 г.,Сант-Петербург). – Кн. 1. – 1996. – С. 135-136.
7. *Якість ґрунту*. Визначення структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І. Саввінова: ДСТУ 4744:2007. – [Чинний від 2008–01–01]. – К.: Держспоживстандарт України 2008. – 12 с.
8. *Якість ґрунту*. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT): ДСТУ ISO 11465:2001. – [Чинний від 2003–01–01]. – К.: Держспоживстандарт України 2003. – 11 с.
9. *Gabriels D.* Assessment, Prevention, and Rehabilitation of Soil Structure Caused by Soil Surface Sealing, Crusting, and Compaction / D. Gabriels, R. Horn, M.M. Villagra, R. Hartmann // Methods for assessment of soil degradation. – 1997 – P. 89-165.

Стаття поступила в редколлегию 25.09.2014

## COHESION AND CRUMBLING OF LUMPS OF ARABLE SOILS

A.L. Borodin

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky"

(a.l.borodin@yandex.ua)

Cohesion of soil lumps determines its ability to crumble, its structural state and bulk density in the seed layer after presowing tillage. The purpose of research is to determine the ability of soil lumps to crumble and evaluate the possibility of selecting the method and intensity of the presowing tillage. Mechanical strength of lumps of dark gray podzolized heavy loamy soil and chernozem typical heavy loamy after its pre-treatment by cultivator KTS 6 and the experimental tool are determined on a Boldovsky instrument by method specially developed for this purpose. The method of investigation consisted in the sequential application of increasing normal stress for lumps, united in groups of 5 each, followed by measurement of the coefficients of crumbling and structural composition of the destroyed lumps. Mechanical strength of lumps is defined at field moisture and at air-dry state. It has been determined that the lumps coefficients of crumbling ranged from 15,8 % to 55,7 %. They are both dependent on the value of an applied normal stress, and on the sampling time. In contrast to the standard pre-treatment, after treatment of the soil by experimental tool blocks coefficients of crumbling at air-dry state were significantly lower than determined at field moisture ones. In the structure of destroyed lumps fraction of agronomically valuable sizes predominate. In all cases there were lumps larger than 10 mm. There were no significant differences in mechanical strength of dark gray heavy loamy soil and chernozem typical heavy loamy. These soils are similar in grain composition and physico-chemical properties. The optimal structural composition of destroyed lumps obtained at a normal stress of 0.6 kg/cm<sup>2</sup> in samples at field moisture. Lumps at field moisture require less mechanical energy to break and form better structure with the agronomic point of view.

**Key words:** lumps; crumbling; cohesion; preplant treatment; physical and mechanical properties of soil; seed layer; fractional composition.

УДК 631.41:631.445.4 (477.7)

## ПОРІВНЯННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО ТА МІКРОАГРЕГАТНОГО СКЛАДУ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО НА ВОДОДІЛІ ТА НА СХІЛІ<sup>1</sup>

Н.В. Поляшенко

Миколаївський національний аграрний університет

(nata.polyashenko@yandex.ru)

Визначено гранулометричний та мікроагрегатний склад чорнозему звичайного легкоглинистого у профілях двох розрізів, закладених на вододілі і на схилі західної експозиції. Виявили, що внаслідок змиву вміст гранулометричних фракцій мулу (< 0,001 мм) та фізичної глини (< 0,01 мм) у шарі ґрунту 0-30 см на схилі, де проявляються ерозійні процеси, менший, порівняно з вододілом. Крім того, у схиловому ґрунті спостерігається погіршення мікроструктури, хоча потенційна здатність ґрунту до оструктурення зростає, що визначили за допомогою розрахункових критеріїв із залученням даних мікроагрегатного та гранулометричного аналізів.

**Ключові слова:** гранулометричний склад; мікроструктура; схиловий ґрунт; чорнозем звичайний.

**Вступ.** Гранулометричний склад є однією з найважливіших характеристик ґрунту, від якої залежать його фізичні, фізико-хімічні та хімічні властивості і родючість [1, 2, 3]. Зміна гранулометричного складу ґрунту є наслідком довготривалого використання його у виробництві, поширення та розвитку ерозійних процесів, інтенсивної меліорації і т.д. Підтвердженням цьому є дослідження, проведені

<sup>1</sup> Науковий керівник - доктор с.-г. наук, професор С.Г. Чорний

В.В. Медведєвим, якими визначено, що внаслідок тривалої оранки у чорноземах південних відбувається накопичення мулистої фракції [1].

Часто разом з гранулометричним складом розглядають параметри мікроагрегатного складу ґрунтів з метою одночасного використання повної інформації з двох взаємопов'язаних аналізів одного зразка ґрунту. Зіставлення даних мікроагрегатного та гранулометричного аналізів дає уявлення про потенційну здатність ґрунту до оструктурення, про ступінь дисперсності ґрунту у його природному стані і протиерозійну стійкість тощо [1].

Метою досліджень є оцінка здатності ґрунту до оструктурення через розрахункові показники, визначені виходячи з даних гранулометричного та мікроагрегатного складу чорнозему звичайного еродованого порівняно з нееродованим.

**Об'єкти і методика досліджень.** Для оцінки гранулометричного та мікроагрегатного складу чорнозему звичайного легкоглинистого було закладено два розрізи у Братському районі Миколаївської області: один на вододілі (повнопрофільний нееродований ґрунт), другий – на схилі західної експозиції (еродований ґрунт). Профілі ґрунту на точках спостереження відрізняються за потужністю верхнього генетичного горизонту: на вододілі – 55 см, на схилі – 33 см. Саме ця різниця і дозволила назвати ґрунт на схилі еродованим. Із кожного розрізу відібрано по 12 проб ґрунту (через кожні 10 см по профілю) для подальшого визначення гранулометричного та мікроагрегатного складу згідно з методикою Н.А. Качинського методом піпетки [4, 5].

Крім того, на основі даних гранулометричного та мікроагрегатного аналізів досліджуваних ґрунтів розраховували такі показники:

- фактор дисперсності за Качинським (відношення вмісту гранулометричної фракції  $<0.001$  мм до вмісту мікроагрегатної фракції  $<0.001$  мм, виражене в %);
- фактор структурності за Фагелером (відношення різниці між вмістом фракцій  $<0.001$  мм у гранулометричному та мікроагрегатному аналізах до вмісту тієї ж фракції у гранулометричному аналізі, виражене в %);
- ступінь агрегованості за Бейвером та Роадесом (відношення різниці між вмістом фракцій  $>0,05$  мм у мікроагрегатному та гранулометричному аналізах до вмісту тієї ж фракції у гранулометричному аналізі, виражене в %);
- коефіцієнт мікроагрегації за Дімо (різниця між вмістом фракцій 0,25-0,05 та 0,05-0,01 мм у мікроагрегатному аналізі та тими ж фракціями у гранулометричному аналізі).

**Аналіз результатів досліджень.** Одним із показників, що характеризують гранулометричний склад ґрунту, є вміст у ньому фізичної глини – елементарних часточок розміром  $<0,01$  мм. Чим більшим є вміст фізичної глини, тим більшою є найменша вологоємність, і меншими водопроникність ґрунту та відносна доступність ґрунтової вологи [5].

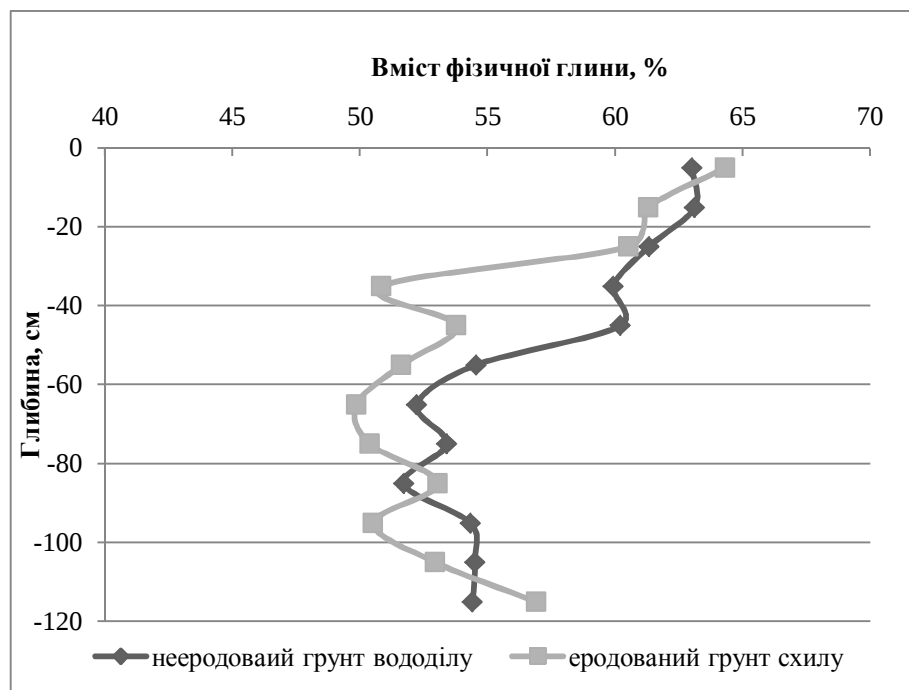
Проведені дослідження показали, що вміст фізичної глини ( $<0,01$  мм) в орному шарі чорнозему звичайного легкоглинистого на вододілі становить 62,5 %, що лише на 0,5 % більше, ніж у ґрунті на схилі (табл. 1).

Вміст у ґрунті фізичної глини великою мірою залежить від умісту мулистої фракції – елементарних часточок розміром  $<0,001$  мм. У досліджуваному еродованому ґрунті в орному шарі вміст мулу становив 37,9 %, тоді як у нееродованому – 41,4 %. Можливо це пов'язано з застосуванням оранки, як основного обробітку, коли відбувається періодичне перемішування верхніх шарів ґрунту.

### 1. Гранулометричний склад чорнозему звичайного

| Шар ґрунту, см;<br>позиція |         | Вміст гранулометричних фракцій, % за їхнього розміру, мм |             |             |              |               |         |
|----------------------------|---------|----------------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------|
|                            |         | 1 - 0,25                                                 | 0,25 - 0,05 | 0,05 - 0,01 | 0,01 - 0,005 | 0,005 - 0,001 | < 0,001 |
| 0-10                       | вододіл | 0,26                                                     | 5,65        | 27,91       | 10,79        | 11,89         | 40,34   |
|                            | схил    | 0,22                                                     | 2,47        | 29,76       | 2,92         | 26,69         | 34,72   |
| 10-20                      | вододіл | 0,22                                                     | 6,37        | 27,33       | 9,67         | 10,72         | 42,73   |
|                            | схил    | 0,23                                                     | 2,12        | 32,63       | 6,49         | 15,99         | 38,83   |
| 20-30                      | вододіл | 0,30                                                     | 5,81        | 30,34       | 7,45         | 12,87         | 41,01   |
|                            | схил    | 0,27                                                     | 2,18        | 34,01       | 7,13         | 13,22         | 40,18   |
| 30-40                      | вододіл | 0,24                                                     | 5,11        | 32,40       | 5,58         | 14,18         | 40,16   |
|                            | схил    | 0,11                                                     | 3,05        | 42,30       | 4,70         | 14,22         | 31,92   |
| 40-50                      | вододіл | 0,12                                                     | 2,53        | 33,94       | 11,60        | 8,30          | 40,30   |
|                            | схил    | 0,13                                                     | 14,37       | 28,00       | 13,97        | 8,98          | 30,82   |
| 50-60                      | вододіл | 0,13                                                     | 7,58        | 35,34       | 9,20         | 8,85          | 36,49   |
|                            | схил    | 0,32                                                     | 15,32       | 28,43       | 4,36         | 11,71         | 35,55   |
| 60-70                      | вододіл | 0,10                                                     | 9,66        | 35,68       | 5,66         | 11,53         | 35,03   |
|                            | схил    | 0,42                                                     | 16,09       | 30,58       | 6,53         | 8,71          | 34,61   |
| 70-80                      | вододіл | 0,02                                                     | 7,89        | 35,05       | 7,53         | 11,36         | 34,50   |
|                            | схил    | 0,53                                                     | 13,25       | 32,27       | 7,42         | 10,47         | 32,48   |
| 80-90                      | вододіл | 0,02                                                     | 12,02       | 33,16       | 7,64         | 10,31         | 33,75   |
|                            | схил    | 0,23                                                     | 8,98        | 34,32       | 3,35         | 18,24         | 31,45   |
| 90-100                     | вододіл | 0,09                                                     | 9,77        | 32,6        | 7,25         | 10,95         | 36,13   |
|                            | схил    | 0,24                                                     | 12,87       | 32,02       | 9,36         | 5,76          | 35,38   |
| 100-110                    | вододіл | 0,21                                                     | 8,61        | 32,97       | 8,79         | 10,99         | 34,72   |
|                            | схил    | 0,25                                                     | 5,62        | 34,29       | 5,86         | 13,92         | 32,92   |
| 110-120                    | вододіл | 0,23                                                     | 8,96        | 32,91       | 8,56         | 11,85         | 34,01   |
|                            | схил    | 0,25                                                     | 5,27        | 33,67       | 7,81         | 14,32         | 35,59   |

Вниз по профілю в обох розрізах визначено зменшення вмісту фізичної глини, що дозволило навіть констатувати зміну класу гранскладу на важкосуглинковий, що простежується аж до глибини 100 см (рис. 1). Далі у нееродованому ґрунті вододілу цей показник практично не змінюється, а в еродованому – дещо збільшується.



**Рис. 1. Уміст фізичної глини у профілях чорнозему звичайного легкоглинистого на вододілі і на схилі**

На основі даних гранулометричного та мікроагрегатного аналізів розраховали деякі показники оцінки здатності ґрунту до оструктурення. Одним із таких показників є фактор дисперсності Н.А. Качинського. Для досліджуваного еродованого ґрунту цей показник становив 7,2, тоді як для нееродованого – 6,4 (табл. 2). Таким чином виявлено, що ґрунт на схилі має нижчу водостійкість мікроструктури і є менш стійким до ерозійних процесів.

## 2. Показники оцінки структурного стану чорнозему звичайного легкоглинистого у межах орного шару

| Показники                                    | Нееродований (вододіл) | Еродований (схил) |
|----------------------------------------------|------------------------|-------------------|
| фактор дисперсності за Качинським            | 6,4                    | 7,2               |
| фактор структурності за Фагелером            | 93,6                   | 92,8              |
| ступінь агрегованості за Бейвером і Роадесом | 72,8                   | 92,6              |
| коефіцієнт мікроагрегації за Дімо            | 42,4                   | 51,0              |

Ще одним показником оцінки потенційної структуроутворювальної здатності ґрунту за допомогою даних гранулометричного та мікроагрегатного складу є коефіцієнт (фактор) структурності за Фагелером [6]. Розрахунки показали, що в еродованому ґрунті цей показник був дещо меншим, порівняно з нееродованим (табл. 2), що вказує на нижчу здатність ґрунту до утворення водостійких агрегатів.

Бейвер і Роадес [6] запропонували визначати показник ступеня агрегованості як співвідношення вмісту фракцій  $>0,05$  мм, визначеного у мікроагрегатному та гранулометричному аналізах. Нееродований ґрунт вододілу має добрий ступінь агрегованості, ґрунт схилу – дуже високий, оскільки значення коефіцієнта на 27,2 % більше порівняно з вододілом. Це пов'язано з тим, що кількість агрегатів розміром  $>0,05$  мм на вододілі як за мікроагрегатного, так і за гранулометричного аналізів майже на третину менша, ніж на схилі.

Одним із показників оцінки мікроструктури ґрунту може слугувати коефіцієнт мікроагрегації, запропонований В.М. Дімо [7]. Розрахунки показали, що в еродованому ґрунті схилу коефіцієнт мікроагрегації зростає порівняно з ґрунтом вододілу. Це пов'язано зі збільшенням вмісту фракції мікроагрегатів 0,25-0,05 мм в еродованому ґрунті та помітному зменшенні цієї ж фракції гранулометричних часток.

**Висновок.** Дослідження гранулометричного та мікроагрегатного складу чорнозему звичайного легкоглинистого еродованого та нееродованого показали, що еродований схилувий ґрунт має менший вміст дрібнодисперсних фракцій порівняно з нееродованим на вододілі. Крім того, еродований ґрунт має менш водостійку мікроструктуру і є більш схильним до руйнування внаслідок прояву ерозійних процесів, хоча коефіцієнт мікроагрегації еродованого ґрунту вищий ніж нееродованого.

## Список використаної літератури

1. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. / В.В. Медведев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.
2. Шеин Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов, интерпретации результатов и классификаций / Е.В. Шеин // Почвоведение. – 2009. - № 3. – С. 309-317.
3. Медведев В.В., Лактионова Т.Н. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты). / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. – Харьков: Апостроф, 2011. – 292 с.
4. Якість ґрунту. Визначання гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А.Качинського: ДСТУ 4730:2007 – ДСТУ 4730:2007. – [Чинний від 2008-10-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 14 с. – (Національні стандарти України).
5. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. / Н.А. Качинский. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.

6. Воронин А.Д. Основы физики почв: Учеб. пособие. / А.Д. Воронин – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1986. – 244 с.

7. Димо В.Н. О некоторых особенностях микро- и макроструктуры дерново-подзолистых почв разного механического состава/ В.Н. Димо // Вопросы агрономической физики. – Ленинград, 1957. – С. 236–245.

Стаття надійшла до редколегії 26.10.2014.

## COMPARISON OF THE GRANULOMETRIC AND MICROAGGREGATE COMPOSITIONS OF CHERNOZEM ORDINARY ON WATERSHED AND SLOPE

N.V. Polyashenko

Mykolayiv National Agrarian University  
(nata.polyashenko@yandex.ru)

The purpose of research is to evaluate the particle size distribution (PSD) and microaggregate composition of chernozem ordinary. For this was laid two sections in Mykolaiv region (south part of Ukraine, Steppe zone): in the watershed and on the slope of west exposure. From each section selected 12 soil samples (every 10 cm) for further determination of their PSD and microaggregate composition of the soil, as defined methodology conducted by N. Kaczynski pipette method.

In addition, on the basis of particle size analysis and microaggregate studied soils were calculated following indicators: dispersion factor of Kaczynski; structuring factor of Fageler; the degree of aggregation of Baver and Rhoades; coefficient of the microaggregation of Dima.

It was determined lowering of silt and clay fraction (<0.01 mm) content within layer 0-30 cm as a result of surface washing on the eroded slope soil in comparison with the not eroded one. In addition, eroded soil has less water resistant microstructure, although the coefficient of the microaggregation eroded soil is higher than not eroded.

**Key words:** particle size distribution (PSD); microaggregate composition; slope soil; chernozem ordinary.

УДК 630.114

## ВОДОПРОНИКНІСТЬ БУРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ НА ТУРИСТИЧНОМУ МАРШРУТІ (НПП «СКОЛІВСЬКІ БЕСКИДИ», УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

О.І. Леневи́ч

Інститут екології Карпат НАН України, Львів, Україна  
(Oksanalenevych@gmail.com)

У статті наведено результати досліджень водопроникності бурих лісових ґрунтів, проведених у межах одного з туристичних маршрутів на г. Парашка на території національного природного парку (НПП) «Сколівські Бескиди». Встановлено, що параметри водопроникності досліджуваних ґрунтів погіршуються із посиленням антропогенного навантаження. Зі зростанням параметрів щільності будови ґрунту зменшуються параметри водопроникності з 52,72 до 0,75 мм/хв. На ділянках з рекреаційним навантаженням зафіксовано прояви водної ерозії та змиву дрібнозему, а також вимивання поживних речовин.

**Ключові слова:** рекреація, національний природний парк (НПП) «Сколівські Бескиди», лісові екосистеми, водопроникність ґрунту, щільність будови ґрунту, щербенистість.

**Вступ.** Рекреаційний вплив зумовлює погіршення морфологічних особливостей та фізико-хімічних властивостей ґрунтів, у тому числі й водно-фізичних властивостей. На ділянках, що зазнають значного рекреаційного навантаження, зростає щільність будови та знижується пористість ґрунту. Загальновідомо, що вода, яка потрапляє у ґрунт з атмосферними опадами, поступово просочується до рівня підґрунтових вод. Значна частина води затримується і накопичується у порах ґрунту, де використовується кореневою системою та випаровується. Частина води стікає по поверхні, формуючи поверхневий стік. Встановлено, що чим нижчою є здатність

ґрунту пропускати воду, тим більшим – поверхневий стік води, що в результаті призводить до водної ерозії, порушення водного балансу ґрунту, що й знижує продуктивність лісових екосистем [1, 2, 3].

Широкомасштабні дослідження, які провів В.С. Олійник [4, 5] у лісах Українських Карпат, показали, що водопроникність ґрунту залежить від його типу, виду угідь та лісівничо-таксаційних показників насаджень. У природних біоценозах Карпат швидкість поглинання вологи ґрунтом у 9 разів вища, ніж на антропогенно змінених територіях, а поверхневий стік у 2-10 разів менший. Антропогенні навантаження знижують водопроникність ґрунту. В сильно ущільнених ґрунтах величина інфільтрації з 33-75 мм/хв зменшується до 1,2-1,7 мм/хв, що обумовлює інтенсифікацію поверхневого стоку. Тому виникає потреба у контролі стану територій з рекреаційним використанням, а особливо в гірських регіонах [2, 4, 5].

Мета роботи – оцінити вплив рекреаційного навантаження на водопроникність бурих лісових ґрунтів у межах туристичного маршруту на території НПП “Сколівські Бескиди”.

**Об’єкти та методи дослідження.** Об’єктами дослідження є бурі лісові ґрунти, що відрізняються різною щєбенистістю, потужністю гумусового горизонту та інтенсивністю антропогенного навантаження.

Для оцінки впливу рекреаційного навантаження на бурі лісові ґрунти було встановлено показники їхньої водопроникності в межах “лісової частини” туристичного маршруту “с. Верхнє Синьовидне – с. Корчин – водоспад Гуркало – гора Парашка – м. Сколе”. Частина ділянки маршруту проходить через мішаний деревостан віком 70-90 років, сформований за участі бука лісового (*Fagus sylvatica* L.), ялиці білої (*Abies alba* Mill.) та явора (*Acer pseudoplatanus* L.). Поверхня стежки ущільнена, підстилка сильно подрібнена, а на ділянках схилу крутістю 11-23° – частково змита.

Зразки ґрунту із шару 0-5 см у гумусово-аккумулятивному горизонті відбирали в межах «лісової частини» туристичного маршруту на основній стежці шириною від 65 до 130 см (ділянки №№ 1 і 2 які, відповідно, приурочені до верхньої та нижньої частин стежки в межах лісового масиву). Окрім цього, з метою оцінки масштабів рекреаційного впливу, було відібрано зразки на узбіччі основної стежки на відстані 0,25-0,35 м від ділянок №№ 1 і 2 – відповідно 1а і 2а. Контроль – частина лісової ділянки без видимих порушень. Дослідження проводили у вересні 2013 року після завершення активного туристичного сезону.

Водопроникність у бурих лісових ґрунтах визначали в польових умовах, використовуючи метод трубок Качинського [6]. Було проведено 36 вимірювань на кожній з дослідних ділянок. Щільність будови ґрунту визначали методом різального кільця, щєбенистість ґрунтів розраховували за вмістом гравію. Величину загальної пористості розраховували за співвідношенням щільності будови та щільності твердої фази досліджуваних ґрунтів [7, 8].

**Аналіз результатів досліджень.** Здобуті результати свідчать, що між переущільненням ґрунту і його водопроникністю існує тісний зв’язок (табл.). Швидкість поглинання води ґрунтом становить 52,72 мм/хв на контрольній ділянці лісу, а на узбіччях стежок – 30,27 мм/хв та під впливом антропогенного навантаження на ґрунт поступово зменшується до 0,86 і 0,75 мм/хв. Зниження параметрів водопроникності обумовлено високою щільністю будови ґрунту на стежці (1,39 і 1,42 г/см³) та відповідним зменшенням параметрів пористості. Ґрунти з високою щільністю будови характеризуються низькою фільтраційною здатністю, що призводить до інтенсифікації поверхневого стоку під час випадання зливових дощів [7]. На таких ділянках виникає небезпека розвитку процесів водної ерозії та вимивання поживних речовин. Від загальної кількості пор, їх розміру залежать умови переміщення води, повітря і росту коренів рослин. Величина пористості залежить від гранулометричного складу і

структурно-агрегатного складу, а також діяльності ґрунтової фауни (ходів дощових черв'яків, личинок комах, багатоніжок та ін.). Фільтраційна здатність значною мірою пов'язана зі щєбенистістю ґрунту.

**Фізичні характеристики поверхневого шару ґрунту ( $M \pm m$ ,  $n = 6$ )**

| Об'єкт                                                       | Водопроникність, мм/хв | Щільність                 |                                 | Загальна пористість, % | Вміст гравію <sup>1)</sup> (1-3 мм), % | Середній розмір скелету <sup>1)</sup> , мм |
|--------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                              |                        | будови, г/см <sup>3</sup> | твердої фази, г/см <sup>3</sup> |                        |                                        |                                            |
| №1                                                           | 0,86±0,31              | 1,39±0,04                 | 2,46±0,08                       | 43,44±0,14             | 3,28±1,01                              | 9,5±6,2                                    |
| №1а                                                          | 30,27±5,93             | 1,11±0,04                 | 2,13±0,02                       | 47,74±0,80             | 8,04±3,28                              | 7,3±6,7                                    |
| №2                                                           | 0,75 ±0,16             | 1,42±0,04                 | 2,47±0,04                       | 42,34±0,55             | 11,03±2,25                             | 7,5±6,2                                    |
| №2а                                                          | 33,72±5,07             | 1,14±0,04                 | 2,17±0,03                       | 47,89±0,45             | 16,07±5,32                             | 10,3±7,9                                   |
| Контроль (ялицево-буковий ліс)                               | 52,72±9,63             | 1,04±0,01                 | 2,11±0,02                       | 50,71±1,96             | 7,72±4,01                              | 5,4±3,2                                    |
| <sup>1)</sup> розраховано з об'єму ґрунту 50 см <sup>3</sup> |                        |                           |                                 |                        |                                        |                                            |

Параметри щільності твердої фази ґрунту залежать від мінерального складу та вмісту органічних речовин. Щільність твердої фази ґрунту у межах гумусово-аккумулятивного горизонту бурих лісових ґрунтів на дослідних ділянках коливається від 2,11 до 2,47 г/см<sup>3</sup>. Найвищі показники щільності твердої фази, які відповідають категорії “малогумусні ґрунти” [6], встановлено в межах основної стежки.

Наявність у ґрунтах шпарин (за рахунок крупного щебеню), червоточин та ходів землерийних тварин, зумовлює провальний характер водопроникності, що було відзначено на контрольній ділянці. Загалом, водопроникність на непорушеній ділянці становить 52,72 мм/хв з відхиленнями до 10 мм/хв. Найвищим відсотковим значенням вмісту скелету (частинок розміром від 3 до 1 мм) відзначаються дослідні ділянки на початку маршруту в межах “лісової частини”. Вміст частинок скелету у ґрунті на ділянці верхньої частини стежки (№ 1) та на її узбіччях (№1а) становить 3,28 та 8,04 % відповідно. Аналогічне співвідношення спостерігаємо й у нижній частині стежки (№ 2), де загальний вміст скелету, однак є набагато більшим – 11,03 на стежці (№ 2), і 16,07 % на узбіччі (№ 2а). Наведені результати свідчать про виникнення поверхневого стоку, який утворюється під час зливових дощів. Як наслідок, відбувається вимивання дрібнозему з основної стежки до її країв. Гравій або втоптується в гумусово-аккумулятивний горизонт, або виноситься за межі стежки внаслідок механічного перенесення рекреантами. Такі ж висновки зробив Ю.М. Чорнобай з результатів досліджень на ділянках, використовуваних як прогонні вівчарські стежки та місця стійбищ овечих отар [9]. За розміром частинок гравію більш крупніші фракції (9,9–10,3 мм) зосереджені переважно біля підніжжя, зокрема, вздовж стежок.

**Висновки.** Здобуті результати свідчать, що середня водопроникність бурих лісових ґрунтів на території національного природного парку становить 52,72 мм/хв. Проте на туристичному маршруті “Верхнє Синьовидне – Корчин – водоспад Гуркало – г. Парашка – Сколе”, що зазнає значного рекреаційного впливу, показники водопроникності суттєво знижуються і становлять 0,75 мм/хв. Різке зменшення швидкості поглинання води обумовлено зростанням параметрів щільності будови ґрунту до 1,42 г/см<sup>3</sup> та зменшенням об'єму порового простору з 50,71 до 42,34 %. На антропогенно навантажених ділянках простежуються ознаки змиву дрібнозему та посилення щєбенистості ґрунту, що свідчить про негативні наслідки рекреаційного впливу.

**Список використаної літератури**

1. Запоточний М.М. Вплив рекреаційних навантажень на водопроникність лісових ґрунтів / М.М. Запоточний // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. Вип. 22.9. - С. 92-95.
2. Смаглюк К.К. Исследование рекреационного лесопользования в Карпатах / К.К. Смаглюк,

В.И. Середин, А.И. Питикин, В.И. Парпан // Рекреационное лесопользование в СССР. – М.: Наука, 1983. – С. 81–95.

3. Щербина Ю.Г. Водопроницаемость почвы и рекреационное уплотнение / Ю.Г. Щербина, В.Г. Щербина // Грунтознавство. 2006. Т. 7, № 3-4. – С. 97-101.

4. Олійник В.С. Процеси вологообміну системи "ґрунт - насадження" в різних висотних поясах Карпат / В.С. Олійник // Науковий вісник НАУ: зб. наук. праць. – Сер.: Лісівництво. – К.: Вид-во НАУ. – 2001. – Вип. 46. – С. 75-82.

5. Олійник В.С. Водорегулювальні особливості бурих лісових ґрунтів під насадженнями і на зрубках Карпат / В.С. Олійник // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2011. Вип. 21.14. – С. 54-60.

6. Вадюнина А.В. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А.В. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Высшая школа, 1973. – 399 с.

7. Практикум з фізики ґрунту. Ч.1. Фізика твердої фази ґрунту. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2001. – 95 с.

8. Позняк С.П. Грунтознавство і географія ґрунтів: підручник. У двох частинах. Ч. 1 / С.П. Позняк. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 270 с.

9. Чорнобай Ю.М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах / Ю.М. Чорнобай // Львів: Вид-во ДПМ НАН України, 2000. – С. 132.

Стаття надійшла до редколегії 25.09.2014

## **BROWN FOREST SOIL WATER PERMEABILITY ON TOURIST-ROUTE (NNP "SKOLE BESKIDS", UKRAINIAN CARPATHIANS)**

**O.I. Lenevych**

**Institute of Ecology of the Carpathians NAS Ukraine, Lviv**  
(Oksanalenevych@gmail.com)

The paper presents the results of research of the brown forest soil water-permeability, conducted within one of the tourist-routes on hill Parashka in the territory of the National Natural Park (NNP) "Skole Beskydy." It is found that the results of water permeability of the investigated soils deteriorate with increasing recreational load. With increasing of soil bulk density decreases the porosity that decreases the water permeability of soil from 52,72 to 0,75 mm/min. In areas with recreational activities the load water erosion and silt runoff and leaching of nutrients can be traced.

**Key world:** recreation; NPP "Skole Beskids"; forest ecosystems; soil water permeability; soil bulk density; rubble.

УДК 631.452: 631.6

## **ОСОБЛИВОСТІ АКУМУЛЯЦІЇ-ДИСИПАЦІЇ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ВАЖКОСУГЛИНКОВОМУ ПІД ВПЛИВОМ ФІТОМЕЛІОРАНТІВ<sup>1</sup>**

**А.І. Огородня**

**ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського"**  
(Yaroshevich26@i.ua)

У статті розглянуто результати вивчення впливу рослин-меліорантів (еспарцет, люпин, суданська трава, соя, гречка, люцерна та травосуміші люцерна + соя і люцерна + стокolos) на акумулятивно-дисипативні процеси основних елементів живлення у чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в умовах польового дослідження. Порівняно з контролем (ячмінь) всі фітомеліоранти проявили себе як ефективні азотфіксатори. Найбільшу акумуляцію азоту виявлено у ґрунті під люпином і еспарцетом. На варіанті з люцерною та її сумішами зі стокolosом і соєю, а також з суданською травою у шарі 0-20 см спостерігали, порівняно з контролем, накопичення фосфору. Виявлено помітне накопичення рухомих сполук калію у ґрунті під сумішшю люцерни і сої.

<sup>1</sup> Науковий керівник - доктор біол. наук Ю.Л. Цапко

**Ключові слова:** азот; акумуляція; дисипація; калій; фітомеліорація; фосфор; чорнозем опідзолений.

**Вступ.** На сучасному етапі ведення сільського виробництва, коли чітко простежується нестача внесених добрив і меліорантів, необґрунтовано стрімко зменшуються посіви технологічно-цінних попередників (багаторічних бобових трав, зернобобових культур) – землеробство вимагає пошуку альтернативних заходів щодо збереження і відтворення родючості ґрунтів з одночасною економією матеріальних ресурсів.

Одним із таких заходів є фітомеліорація ґрунту, базована на використанні потенціалу рослин, які, як відомо, становлять основу біологічного фактору ґрунтоутворення. Водночас, слід наголосити, що фітомеліоративне окультурювання ґрунту є агроекологічно безпечним і економічно надійним заходом з підвищення його родючості.

Враховуючи той факт, що родючість ґрунту значною мірою залежить від інтенсивності потоку речовин у системі «ґрунт – рослина – ґрунт» у статті зосереджено увагу на особливостях акумуляції-дисипації основних елементів живлення рослин у ґрунті за вирощування різних культур-фітомеліорантів.

Мета дослідження – виявити дію різних фітомеліорантів на акумуляцію-дисипацію основних макроелементів живлення у чорноземі опідзоленому.

**Об'єкти і методи досліджень.** Дослідження було проведено у польовому досліді на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому на лесоподібному суглинку (Слобожанське дослідне поле, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» Харківський район, Харківська область). Дослід закладено навесні 2013 року з метою вивчення впливу фітомеліорантів на деякі властивості чорнозему опідзоленого.

Схема досліду (варіанти): 1. Контроль (ячмінь); 2. Травосуміш – люцерна 1-го року використання + стоколос; 3. Травосуміш – люцерна 1-го року використання + соя; 4. Люцерна 1-го року використання; 5. Соя; 6. Гірчиця; 7. Суданська трава; 8. Еспарцет 1-го року використання; 9. Люпин.

Площа однієї ділянки – 17 м<sup>2</sup>, кожний варіант закладено у трьох повтореннях.

Проби ґрунту відібрано два рази протягом вегетаційного періоду 2013 р. у трикратній повторності у шарах ґрунту 0-20, 20-40 і 40-60 см [1]. З індивідуальних проб готували середні змішані зразки (ДСТУ 4287:2004) [1], які використовували для подальшого визначення вмісту основних елементів живлення. Вміст рухомих форм фосфору та калію визначали за методом Чирікова (ДСТУ 4115-2002) [2], амонійного і нітратного азоту – за ДСТУ 4729:2007 [3].

**Аналіз результатів досліджень.** Встановлено, що рівень забезпеченості ґрунту мінеральним азотом є досить низьким, що можна пояснити відсутністю внесення добрив та меліорантів протягом останніх трьох років.

Показано, що вміст мінерального азоту в ґрунті залежить від фітопотенціалу рослин-фітомеліорантів, тобто їх здатності накопичувати або витратити ґрунтовий азот, і визначається різницею між виносом елементів живлення рослинами та їх поверненням до ґрунту (табл. 1).

Вміст азоту у чорноземі опідзоленому закономірно знижується вниз по профілю на варіантах під ячменем, суданською травою, гірчицею, люцерною та травосумішшю люцерни з соєю. Під еспарцетом, соєю та травосумішшю люцерна + стоколос максимальне накопичення азоту зафіксовано у шарі 20-40 см, а під люпином – 40-60 см. При тому на початку (навесні) і в кінці (восени) вегетації вирощуваних культур вміст азоту в ґрунті коливається по горизонтах. Різниця вмісту азоту на початку і в кінці вегетації пояснюється тим, що більшість рослин засвоюють

азот особливо енергійно на початку вегетації, причому в значно більшій кількості, ніж необхідно в цей період.

**1. Вміст основних елементів живлення в чорноземі опідзоленому під різними фітомеліорантами**

| Культура                 | Шар ґрунту, см | Мінеральний азот, мг/кг ґрунту |        |         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(мг/кг ґрунту),<br>восени | K <sub>2</sub> O<br>(мг/кг ґрунту),<br>восени |
|--------------------------|----------------|--------------------------------|--------|---------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                          |                | навесні                        | восени | різниця |                                                            |                                               |
| 1. Контроль<br>(ячмінь)  | 0-20           | 11,00                          | 4,70   | -6,30   | 45,8                                                       | 66,28                                         |
|                          | 20-40          | 8,40                           | 4,00   | -4,40   | 43,22                                                      | 66,28                                         |
|                          | 40-60          | 4,26                           | 2,80   | -1,46   | 36,07                                                      | 84,35                                         |
| 2. Люцерна +<br>стоколос | 0-20           | 12,33                          | 8,69   | -3,64   | 61,83                                                      | 69,29                                         |
|                          | 20-40          | 6,70                           | 9,73   | 3,03    | 57,25                                                      | 57,24                                         |
|                          | 40-60          | 4,55                           | 4,60   | 0,05    | 33,21                                                      | 81,34                                         |
| 3. Люцерна +<br>соя      | 0-20           | 10,05                          | 8,25   | -1,80   | 53,53                                                      | 30,25                                         |
|                          | 20-40          | 5,55                           | 5,64   | 0,09    | 45,8                                                       | 54,23                                         |
|                          | 40-60          | 4,15                           | 5,70   | 1,55    | 33,21                                                      | 144,6                                         |
| 4. Люцерна               | 0-20           | 7,63                           | 8,51   | 0,88    | 52,38                                                      | 75,31                                         |
|                          | 20-40          | 4,63                           | 8,26   | 3,63    | 39,22                                                      | 72,3                                          |
|                          | 40-60          | 3,13                           | 4,75   | 1,62    | 31,77                                                      | 81,34                                         |
| 5. Соя                   | 0-20           | 11,68                          | 6,71   | -4,97   | 44,08                                                      | 91,63                                         |
|                          | 20-40          | 7,23                           | 7,65   | 0,42    | 37,21                                                      | 78,33                                         |
|                          | 40-60          | 5,03                           | 4,59   | -0,44   | 36,35                                                      | 87,36                                         |
| 6. Гірчиця               | 0-20           | 6,85                           | 10,80  | 3,95    | 45,8                                                       | 63,26                                         |
|                          | 20-40          | 8,03                           | 6,90   | -1,13   | 35,78                                                      | 69,29                                         |
|                          | 40-60          | 5,05                           | 4,91   | -0,14   | 39,22                                                      | 87,36                                         |
| 7. Суданська<br>трава    | 0-20           | 10,30                          | 12,86  | 2,56    | 56,39                                                      | 63,26                                         |
|                          | 20-40          | 5,38                           | 5,93   | 0,55    | 33,78                                                      | 66,28                                         |
|                          | 40-60          | 3,65                           | 6,54   | 2,89    | 26,91                                                      | 78,33                                         |
| 8. Еспарцет              | 0-20           | 7,00                           | 8,98   | 1,98    | 42,94                                                      | 60,25                                         |
|                          | 20-40          | 6,78                           | 9,25   | 2,47    | 33,49                                                      | 60,25                                         |
|                          | 40-60          | 3,65                           | 7,43   | 3,78    | 39,22                                                      | 84,35                                         |
| 9. Люпин                 | 0-20           | 12,68                          | 9,54   | -3,14   | 43,22                                                      | 84,35                                         |
|                          | 20-40          | 7,38                           | 9,19   | 1,81    | 37,21                                                      | 75,31                                         |
|                          | 40-60          | 8,88                           | 11,35  | 2,47    | 37,21                                                      | 111,46                                        |

На кінець вегетації, після того як досягнуто максимум надходження, який у більшості рослин спостерігається у період цвітіння і плодоношення, значна частина раніше увібраних елементів виділяється рослинами через коріння у ґрунт.

Люпин проявив себе як відмінний азотфіксатор, навіть попри те, що протягом вегетації його посіви, через нестачу вологи, були розвинені досить слабо, але завдяки його підвищеній азотутримувальній здатності, саме під ним було зафіксовано найбільший вміст азоту. Також помічено високу акумулятивну здатність еспарцету в накопиченні азоту.

На наш погляд, цікавим є й те, що на кінець вегетації по всій досліджуваній товщі ґрунту під фітомеліорантами зафіксовано більш високий вміст азоту, ніж під ячменем. Це ще раз доводить, що обрані культури поліпшують характеристики ґрунту відносно акумуляції мінерального азоту.

Результатами досліджень було встановлено, що на варіантах з люцерною та її сумішами зі стоколосом та соєю, а також на варіанті з суданською травою спостерігається накопичення фосфору у шарі 0-20 см, порівняно з контролем. На нашу думку цей факт обумовлений здатністю коріння люцерни глибоко проникати у

ґрунт, що сприяє збагаченню верхніх шарів фосфором. Крім того відомо, що у корінні різних трав міститься 0,05–0,20 % фосфору, найбільше – у різнотрав'ї, найменше – у злакових рослин [4, 5]. Останнє свідчить про те, що й після закінчення вегетаційного періоду рослин та відмирання кореневої системи вони суттєво впливають на поповнення запасів ґрунтового фосфору.

Середнім є рівень забезпеченості рослин фосфором на таких варіантах: люцерна; люцерна + стоколос; люцерна + соя; суданська трава. На всіх інших варіантах зафіксовано низький рівень забезпеченості [6].

Щодо режиму калійного живлення, то рівень забезпеченості калієм є середнім та підвищеним. Значно відрізняються за вмістом рухомих сполук калію варіанти травосуміші люцерна + соя. Так, зафіксовано низький рівень забезпеченості калієм (30,25 мг/кг) у верхньому шарі ґрунту з подальшим його підвищенням з глибиною спочатку до середнього, а далі до високого (144,6 мг/кг) у шарі 40–60 см. Проведені нами дослідження свідчать, що вирощування люпину також позитивно впливає на акумуляцію рухомих форм калію у всіх досліджуваних шарах чорнозему опідзоленого.

**Висновки.** Доведено позитивну дію культур-фітомеліорантів у накопиченні азоту. Кращими азотфіксаторами визнано еспарцет і люпин.

За вирощування суміші люцерни із стоколосом і соєю виявлено помітний позитивний ефект щодо поліпшення фосфатного і калійного режимів ґрунту.

#### Список використаної літератури

1. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб.
2. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова: ДСТУ 4115-2002. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 6 с. – (Національний стандарт України).
3. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського: ДСТУ 4729:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 9 с. – (Національний стандарт України).
4. Базилевич Н. И. Опыт количественной оценки антропогенной составляющей функционирования пастбищных экосистем / Н.И. Базилевич, Н.В. Семенюк // Изв. АН СССР / Сер. геогр. – 1983. – № 6. – С. 46–62.
5. Базилевич Н. И. Опыт выделения антропогенной составляющей круговорота веществ в лугово-степных экосистемах при различном хозяйственном использовании / Н. И. Базилевич, Н. В. Семенюк // Почвоведение. – 1984. – № 5. – С. 5–18.
6. ДСТУ 4362: 2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів.

Стаття надійшла до редколегії 26.10.2014

#### FEATURES ACCUMULATION-DISSIPATION BASIC ELEMENTS OF NUTRITION IN CHERNOZEM PODZOLIZED CLAY LOAM INFLUENCED PHYTOMELIORANTS

A.I. Ogorodnya

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky  
(Yaroshevich26@i.ua)

The article considers the impact of plants-phytomeliorants on accumulative-dissipative processes basic elements of nutrition chernozem podzolized clay loam. As phytomeliorants were selected: sainfoin, lupins, Sudan grass, soybeans, mustard, alfalfa and grass mixture alfalfa + soybean and alfalfa + awnless. Compared with the control (barley) phytomeliorants proved to be good nitrogen retention clips. The biggest, the accumulation of nitrogen was fixed by lupine and sainfoin. As a result of studies it was found that variants of alfalfa and its mixtures with awnless and soybeans, as well as the option of Sudan grass observed accumulation of phosphorus compared to control in the layer 0–20 cm. In general, it should be noted the average availability of soil phosphorus on these variants - alfalfa; alfalfa + awnless; alfalfa + soybean; Sudan grass. At the same time on other embodiments observed insufficiency of this element. Significantly different values of mobile compounds of potassium was in the variant alfalfa grass mixtures + soybean.

*Key words:* accumulation; dissipation; phytomelioration; chernozem podzolized; nitrogen; phosphorus; potassium.

УДК 631.4:528.8

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВТОРИННОГО ОСОЛОНЦЮВАННЯ ҐРУНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ<sup>1</sup>****Д.А. Абрамов****Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна**  
(morharon@rambler.ru)

У статті викладено результати досліджень можливості відстеження вторинного осолонцювання за допомогою супутникових зображень поверхонь зрошуваних агроландшафтів Правобережного Степу України. Встановлено існування зв'язку між вмістом увібраного  $\text{Na}^+$  у поглинальному комплексі ґрунту, та спектральною яскравістю супутникового зображення (коефіцієнт кореляції  $R=0.71$ , коефіцієнт детермінації  $R^2=0.505$ ). За здобутими даними побудовано рівняння множинної нелінійної регресії, за допомогою якого можливо ідентифікувати вторинне осолонцювання ґрунтів і перевірити та відстежити зміни стану зрошуваних ґрунтів регіону.

**Ключові слова:** вторинне осолонцювання; дистанційне зондування; спектральна яскравість; супутникове зображення; увібраний  $\text{Na}$ .

**Вступ.** Потужним фактором антропогенного впливу на ґрунти є зрошення, яке спричиняє тотальну трансформацію спочатку водного та газового режиму ґрунту, а потім призводить до активізації інших, зокрема, галохімічних процесів, наслідком яких є суттєві зміни у складі ввібраних катіонів ґрунтового вбирного комплексу та зміни у низці фізичних параметрів. Інтенсивність трансформації ґрунтів особливо зростає за використання поливних вод обмежено придатних та непридатних за агрономічними й екологічними критеріями [1]. Полив такими водами призводить до зростання вмісту увібраного натрію у ґрунтовому поглинальному комплексі і розвитку вторинного осолонцювання.

Своєчасний моніторинг осолонцюваних ґрунтів, який повинен включати не тільки визначення площ, а й оцінку інтенсивності процесу, є важливою складовою у процедурах розробки заходів щодо боротьби з цим явищем. Ряд авторів [2, 3, 4] вказують на можливість використання для цієї мети даних дистанційного зондування, зокрема, багатоспектральних супутникових зображень.

Метою роботи була розробка методики ідентифікації ознак вторинного осолонцювання ґрунтів Правобережного Степу України за допомогою багатоспектральних супутникових досліджень.

**Об'єкти та методи дослідження.** Як стаціонарні тестові ділянки обрали два поля біля селища Шевченкове Жовтневого району Миколаївської області. Перша тестова ділянка зрошується з 60-х років минулого століття, друга – є богарою. Ґрунтовий покрив обох ділянок представлено чорноземом південним солонцюватим важкосуглинковим. У межах обох ділянок було відібрано 25 проб ґрунту із шару 0-10 см. Точки відбору прив'язано до системи координат (GPS навігатор фірми Garmin). У кожній пробі в лабораторних умовах визначили вміст обмінно увібраних основ за стандартизованими методиками [5, 6].

Як дані дистанційного зондування використовували знімки багатоспектральної камери EnhancedThematicMapperPlus (ETM+), що знаходиться на борту американського супутника «Landsat 7» та здатна проводити зйомку в семи спектральних, двох теплових та панхроматичному каналах. Елементарна просторова одиниця (піксель растрового зображення), з якої ETM+ отримує дані по семи

<sup>1</sup>Науковий керівник – доктор с.-г. наук, професор С.Г. Чорний

спектральних каналах, дорівнює на місцевості квадрату розміром 30 × 30 м (0,09 га).

Для аналізу використовували «безхмарні» супутникові знімки весни 2012 року, терміни зйомки – 23.04.2012 і 09.05.2012, дані по шести спектральних каналах. Знімки завантажували з сервера Геологічної служби США (USGS) ([www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov)). Кількісне визначення величини спектральної яскравості у точках відбору проб здійснювали за допомогою спеціального програмного забезпечення – ENVI 4.8.

**Аналіз результатів дослідження.** У кожній з 25 відібраних проб ґрунту визначили вміст увібраного обмінного  $\text{Na}^+$  та інших увібраних основ і розрахували частку  $\text{Na}^+$  у сумі увібраних основ (табл. 1):

### 1. Частка $\text{Na}^+$ у сумі увібраних обмінних основ

| Тестова ділянка | Частка обмінного $\text{Na}^+$ , %, по точках відбирання проб |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|---------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 | 1                                                             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   |
| Зрошення        | 3,91                                                          | 3,82 | 3,98 | 5,4  | 3,51 | 4,2  | 4,43 | 5,56 | 4,75 | 4,62 | 2,89 | 4,22 | -    |
| Богара          | 2,41                                                          | 2,39 | 2,29 | 2,45 | 2,32 | 2,38 | 2,34 | 2,21 | 2,28 | 2,35 | 2,3  | 2,22 | 2,17 |

Як видно із табл. 1, частка обмінного  $\text{Na}^+$  у ґрунті на богарі практично є подібною на всіх точках відбирання проб, коливання невеликі, однак, має бути констатоване слабе осолонцювання. На зрошуваній ділянці ситуація значно відрізняється. Згідно з ДСТУ 3866-99 [7], ґрунти зрошуваної тестової ділянки за часткою увібраного  $\text{Na}^+$  належать до середньосолонцюватих.

За допомогою спеціального програмного забезпечення – ENVI 4.8, визначено спектральні яскравості по шести каналах у точках відбирання проб. Кожний із шести спектральних каналів перевірено на наявність кореляційного зв'язку з умістом увібраного  $\text{Na}^+$ . Виявлено, що найтісніший зв'язок існує між червоним спектром (Red) – 3-й спектральний канал та середнім інфрачервоним (MIR) – 5-й спектральний канал, у вигляді поліноміальних залежностей. Щоб не втратити інформативність обох каналів, для визначення кінцевої залежності спектральної яскравості від умісту увібраного  $\text{Na}^+$ , за допомогою програмного пакета Statistica, обчислили множину нелінійну регресію. За змінні  $X_1$  та  $X_2$  використали значення Red та MIR. В результаті статистичної обробки виявлено нелінійну залежність, описувану рівнянням такого вигляду:

$$\text{Na}(\%) = 0.00863 \text{Red}^2 - 0.96193 \text{Red} + 0.00555 \text{MIR}^2 - 1.22555 \text{MIR} + 96.28179$$

Коефіцієнт кореляції рівняння  $R=0.71$ , коефіцієнт детермінації  $R^2=0.505$ , що є досить високим показником для природних процесів.

**Висновки.** Дослідженнями виявлено, що за допомогою даних дистанційного зондування, отриманих із супутникових знімків, можна проводити швидкий та досить точний моніторинг стану поверхонь зрошуваних агроландшафтів Правобережного Степу України. Відстеження вмісту увібраного  $\text{Na}^+$  дистанційними методами дає змогу ідентифікувати вторинне осолонцювання ґрунтів та визначати його ступінь.

### Список використаної літератури

1. Балюк С.А. Комплекс протидеградаційних заходів на зрошуваних землях України / С. А. Балюк, М.І. Ромашенко, В. А. Сташук. – К. : Аграрна наука, 2013. – 160 с.
2. Караванова Е.И. Оптические свойства почв и их природа. - М.: Изд-во МГУ, 2003. – 151 с.
3. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв / В.И. Кравцова. М.: Аспект Пресс, 2005. – 190 с.
4. Fariften J. Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modeling, and geophysics / Fariften J., Farshad A., George R.I. // Geoderma 130 (2006), № 3-4. – P. 191-206.
5. Почвы. Метод определения обменного натрия: ГОСТ 26950-86 – [Утвержден и введен в действие 1985-6-30] – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. – 6 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

6. *Почвы*. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО: ГОСТ 26487-85 – [Утвержден и введен в действие 1985-7-01] – Москва. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 13с. (Государственный стандарт Союза ССР).

7. *Ґрунти*. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості: ДСТУ 3866-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Держстандарт України 1999. – 10с. (Національний стандарт України).

*Стаття надійшла до редколегії 26.10.2014*

## IDENTIFICATION OF THE SECONDARY ALKALINITY OF SOILS WITH USING SATELLITE MULTI-SPECTRAL IMAGES

**D.A. Abramov**

**Mykolayiv National Agrarian University**  
(morharon@rambler.ru)

The aim of the article is to develop a method of identification of the secondary alkalinity of soils with using multi-spectral satellite studies of surfaces irrigated agricultural landscapes Right-Bank Steppe of Ukraine. With using methods of soil surveys and satellite imagery interpretation, established a relationship between the content of absorbed  $\text{Na}^+$  and spectral brightness of satellite-images which was tested on two test ranges. According to our data constructed multiple nonlinear regression equation, which allows us to identify secondary alkalinity of soils and can be used to test and track changes of irrigated soils of the region.

**Key words:** *remote-sensing; spectral brightness; satellite image; secondary alkalinity; absorbed Na.*

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**АГРОХІМІЯ і  
ҐРУНТОЗНАВСТВО**

**Випуск 82**

**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: [soilscience@ukr.net](mailto:soilscience@ukr.net);  
[www.agrosoil.yolasite.com](http://www.agrosoil.yolasite.com)**

Підписано до друку 18.05.2015. Формат 6090/8.  
Папір офсетний. Гарнітура «Таймс».  
Наклад 100 пр. Зам. № ZD

Надруковано у ТОВ «Смугаста типографія»  
Україна, 61002, Харків, вул. Чернишевська, 28а.  
057 754-49-42