

## Перелік використаної літератури

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

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016

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

A.L. Borodin

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

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

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

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

УДК 631.417.2:630.237.1

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

М.А. Попірний

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

E-mail: max\_papirny@mail.ru

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

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

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

## 1. Вступ

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

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

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

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

## 2. Об'єкти та методи досліджень

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

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

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

## 2.2. Методика ЕПР-дослідження

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

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

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

## 3. Результати досліджень та їх обговорення

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

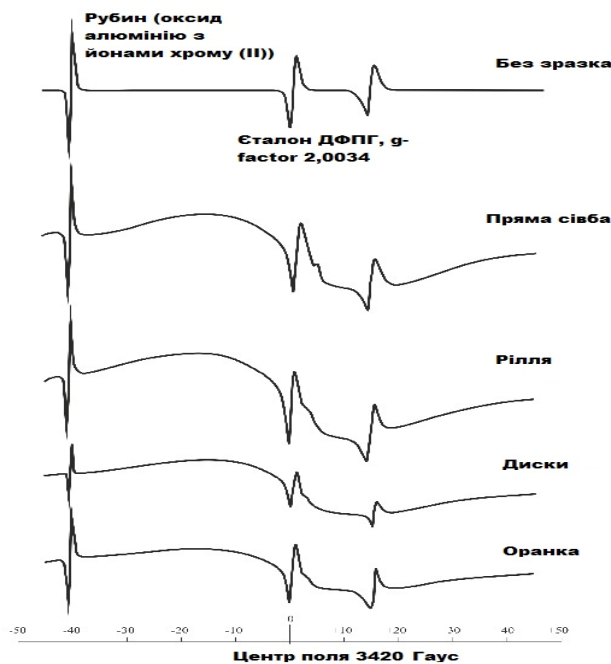
зрілих стабільних гумусових речовин. Таким чином, встановлено, що на варіанті з традиційним обробітком чорнозему типового спостерігається накопичення першої фракції гумінових кислот, за мінімізованого та нульового обробітку – зафіксовано зниження вмісту цієї фракції. Вміст фракції ГК-2 на цілині (39,84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

**Таблиця 1**

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

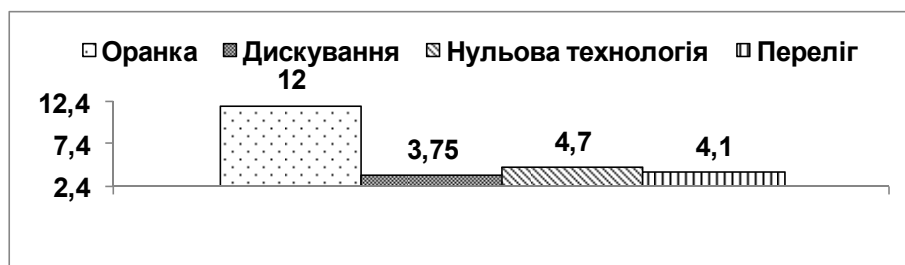


Рис. 2. Інтенсивність парамагнітного сигналу гумінових кислот (Гаус)

#### 4. Висновки

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

Виявлено, що після оранки чорнозему типового відбувається підвищення

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

### Список використаної літератури

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

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016

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

M.A. Popirny

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

E-mail: max\_popirny@mail.ru

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

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

УДК 631.452: 631.6

## **ЗМІНА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ Й ЕСПАРЦЕТУ ЯК ФІТОМЕЛІОРАТИВНИХ КУЛЬТУР<sup>1</sup>**

**А.І. Огородня**

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

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

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

### **1. Вступ**

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

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

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

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

<sup>1</sup> Науковий керівник – доктор біологічних наук Ю.Л. Цапко