

ВПЛИВ РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ТА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЧОРНОЗЕМІВ ТИПОВИХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Резнік С. В., Гавва Д. В.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку ґрунтів України за умов сільськогосподарського використання, особлива увага приділяється чорнозему – «царю ґрунтів»¹, тому що найбільш поширеними ґрунтами України є чорноземи звичайні, чорноземи типові й опідзолені. Збереження та поліпшення родючості чорноземів типових глибоких долинних ландшафтів південно-східного Лісостепу України за умов антропогенного чинника (різні системи землеробства) є актуальним на сучасному етапі інтенсифікації землеробства.

Агрогенне ґрунтотворення відрізняється від природного, оскільки темпи перетворення органічної й мінеральної частини ґрунтів, як правило, значно вищі від природних. Тренд розвитку ґрунтових процесів під впливом сільськогосподарського виробництва здебільшого має негативний характер, що призводить до пригнічення біосферних функцій ґрунтів². Це зумовлено природою та механізмом антропогенного впливу на ґрунти, які не мають природних аналогів, – забруднення важкими металами й радіонуклідами, обробіток важкими зняряддями, зрошення мінералізованими водами, унесення мінеральних добрив, отруйних хімікатів, оранка (агротурбація), відчуження урожаю тощо³.

¹ Докучаев В.В. О почвоведении. *Лекции профессора В.В. Докучаева и А.Ф. Фортунатова*. Полтава : Экон. бюро Полтав. губ. земства, 1901. С. 5–74.

² Гавва Д.В. Агрогенна і постагрогенна еволюція чорноземів типових Лівобережжя Лісостепу України : монографія. Харків : Майдан, 2016. 218 с.

³ Тихоненко Д.Г. Елементарні ґрунтові процеси (ЕГП) при акумулятивному ґрунтотворенні. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*. Харків, 2011. № 1. С. 18–21.

Поживний режим ґрунтів посідає одне з головних місць у формуванні родючості. Різне використання чорноземів відображається на змінах умісту поживних елементів⁴. Питанням поліпшення ґрунтового живлення рослин шляхом використання добрив, різних агротехнічних прийомів і зміни агрохімічних показників за різного окультурення присвячені численні праці⁵.

Дослідження електрофізичних властивостей дуже рідко використовуються під час установа властивостей і генезису ґрунтів⁶. При цьому, як зазначає низка авторів, певна простота й швидкість визначення⁷, а також широкий діапазон цих показників у зв'язку зі змінами фізичних факторів середовища свідчать на їх користь⁸.

Метою досліджень було визначення впливу різних систем землеробства (органічної та інтенсивної) на електрофізичні й агрохімічні показники чорноземів типових.

1. Об'єкти досліджень

Для досліджень обрано чорноземи типові глибокі середньосуглинкові на лесах, що розміщені на території Зінківського р-ну Полтавської обл. За агроґрунтовим районуванням ґрунти знаходяться в Шишацько-Решетилівському агроґрунтовому підрайоні Полтавського агроґрунтового району північно-західної підпровінції Лісостепу Лівобережного високого, Середньоруської височини. Ґрунти знаходяться на плато вододілу між річками Псел і Ворскла, територія широко хвиляста рівнинна густо пронизана яружно-балковими системами.

⁴ Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України / за наук. ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва. Київ : Аграр. наука, 2012. 240 с.

⁵ Медведєв В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи. Харьков : КП «Городская типография», 2012. 536 с.

⁶ Питома електропровідність водних суспензій ґрунту як експрес-критерій ґрунтової діагностики / З.Г. Гамкало, Т.Ю. Бедернічек, Т.В. Партика, Ю.П. Партем. *Біологічні системи*. Чернівці : ЧНУ, 2012. Т. 4. Вип. 1. С. 16–19.

⁷ Дегтярьов В.В., Дегтярьов Ю.В., Резнік С.В. Сезонна динаміка електропровідності чорнозему типового за умов різних систем землеробства. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2020. № 1. С. 11–16.

⁸ Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods / Y. He, T. DeSutter, L. Prunty, D. Hopkins, X. Jia, D. Wysocki. *Geoderma*. 2012. № 185–186. P. 12–17.

Відбір індивідуальних зразків ґрунту відбувався на полях у господарствах, що працюють за двома кардинально різними системами землеробства, зокрема ПП «Агроєкологія», Шишацького р-ну, Полтавської обл., де поєднують органічне землеробство з безполицевим обробітком (розрізи № 1 і 3), і ТОВ «Бурат-Агро», Решетилівського р-ну, Полтавської обл., де використовують традиційні інтенсивні технології, а саме: систему різноглибинної обробки ґрунту із застосуванням мінеральних добрив і всього спектру хімічних засобів захисту рослин (розріз № 4). Також для порівняння досліджували зразки ґрунту, відібрані на переліжній ділянці, яка не обробляється понад 30 років (розріз № 2).

Варіанти досліджень (таблиця 1): органічна система землеробства (сидерат), переліг, органічна система землеробства (компост 20 т/га), інтенсивна система землеробства, де внесено 250 кг/га карбаміду під культивуацію та 120 кг/га діаміфоски при посіві в рядок, загалом норма добрив становить $N_{130}P_{30}K_{30}$.

Таблиця 1

Урожайність і біомаса сільськогосподарських культур у період досліджень (біомаса розрахована за Г.Я. Чесняком, 1987⁹)

Варіант	Культура	Урожайність, ц/га	Поверхневі рештки, т/га	Кореневі рештки, т/га	Усього (біомаса), т/га
Розріз 1. Органічна система землеробства (сидерат)	Вика яра на сидерат	150	37,5	32,05	69,55
Розріз 2. Переліг	Різотрав'я	107,2	10,72	66,9	77,62
Розріз 3. Органічна система землеробства (компост)	Кукурудза на зерно	62,7	14,14	59,24	73,38
Розріз 4. Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	Кукурудза на зерно	83,7	18,34	76,67	95,01

⁹ Чесняк Г.Я., Бацула О.О., Дерев'яно Р.Г. Параметри гумусного стану ґрунтів. *Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті*. Київ : Урожай, 1987. С. 125.

Розрізи 1–3 закладено на території господарства ПП «Агроєкологія» – найстарішого підприємства України, яке працює виключно за органічними технологіями, де в 1975 р. розпочато впровадження безвідвального обробітку ґрунту, а в 1978 р. відмовилися від застосування гербіцидів та інших агрохімікатів, а ще через кілька років і від застосування мінеральних добрив. Господарство є базовим центром наукового забезпечення агропромислового виробництва Міністерства аграрної політики та продовольства України, НААН України (Наказ від 26.05.1998 № 156/64), базовим господарством з перевірки ґрунтозахисної системи землеробства НУБіП України, на його базі створено філію Полтавської державної аграрної академії.

Виробництво й переробка продукції рослинництва і тваринництва сертифіковані органом сертифікації «Органік Стандарт» відповідно до вимог Стандарту з органічного виробництва та переробки, еквівалентному Постановами ЄС № 834/2007 і № 889/2008. Також підприємство пройшло міжнародну сертифікацію на відповідність стандартам Bio Suisse: рішення № ICB-02049-2015, оператор № 114477.

Перший розріз (ОСЗ сидерат) закладено на полі площею 143 га, де була посіяна вика яра на сидерат, після якої була посіяна озима пшениця.

У період дослідження (2018 р.) на полі проводили такі технологічні операції: збір попередника, луцення стерні 6–8 см, дискування 12–14 см, ранньовесняна культивуація 4 см, передпосівна культивуація 4 см, рядковий посів вики ярої на глибину 4 см (суцільний посів), дискування на глибину 6–8 см у два сліди (фаза цвітіння), передпосівна культивуація на глибину посіву, посів озимої пшениці на глибину 5 см.

Морфологічний опис розрізу № 1 – чорнозем типовий глибокий середньосуглинковий на лесі.

Н/к 0–44 см – гумусовий, орний (оброблюваний шар 0–14 см): сухий, темно-сірий, середньосуглинковий, грудкувато-зернисто-порохуватий, пухкий, безкарбонатний, значна кількість напіврозкладених рослинних решток, підорний: свіжий, темно-сірий, середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, на глибині 15–30 см має ущільнення, скипає від НСІ із глибини 24 см, але видимі форми виділення карбонатів відсутні, наявні поодинокі корені рослин, копроліти й червороїни, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Нрк 44–80 см – верхній перехідний, свіжий, темно-сірий із ледь помітним палевим відтінком, середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, пухкий, карбонатний, наявні поодинокі корені й червороїни, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Phk 80–120 см – нижній перехідний, свіжий, брудно-палевий, середньосуглинковий, зернисто-грудкуватий, дещо щільніший за попередній горизонт, карбонати виділяються у формі псевдоміцелію, наявні поодинокі корені рослин, велика кількість кротовин заповнених материнською породою і гумусованим матеріалом, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Рк 120 см і глибше – материнська порода, вологий, палевий, середньосуглинковий, грудкуватий, щільний карбонатний лес.

Другий розріз закладено на переліжній ділянці віком 59 років, проєктивне покриття якої – близько 98%. Асоціація бобово-різнотравно-злакова. Серед трав домінують райграс пасовищний, костриця лучна, стоколос безостий, тонконіг лучний, суниця зелена, подорожник ланцетолистий, цикорій звичайний, чебрець, звіробій, конюшина повзуча, лядвенець рогатий тощо.

Морфологічний опис розрізу № 2 – чорнозем типовий глибокий середньосуглинковий на лесі.

Нс 0–2 см – степова повстина, нижня частина якої добре розкладена в Н(d) 2–52 см – гумусово-акумулятивний, до 15 см добре задернований, свіжий, темно-сірий, середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, щільний, скипає від НСІ із глибини 50 см, видимі форми виділення карбонатів відсутні, велика кількість коренів, копролітів і червороїн, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Нрк 52–87 см – верхній перехідний, свіжий, темно-сірий із ледь помітним палевим відтінком, середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, менш щільний, скипає від НСІ, без видимих форм виділення карбонатів, велика кількість коренів і червороїн, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Phk 87–137 см – нижній перехідний, вологий, брудно-палевий, середньосуглинковий, зернисто-грудкуватий, дещо щільніший за попередній горизонт, карбонати виділяються у формі псевдоміцелію і прожилок, значна кількість коренів рослин, велика кількість кротовин заповнених материнською породою, на глибині 100–110 см знайдено свіжу кротовину, заповнену гумусованим матеріалом, перехід хвилястий поступовий, за кольором і щільністю переходить у:

Рк 137 см і глибше – материнська порода, вологий, палевий, середньосуглинковий, грудкуватий, щільний, карбонатний лес.

Третій розріз закладено на полі площею 94 га, де внесено 20 т/га компосту під кукурудзу (ОСЗ компост).

За період дослідження (2018 р.) на полі проводили такі технологічні операції: збір попередника, лущення стерні 6–8 см, дискування 12–14 см, коткування важкими кільчато-шпоровими котками (весна), вивезення й унесення компосту, заробка компосту дисковим культиватором на глибину 6–8 см, передпосівна культивация 6 см, посів кукурудзи на глибину 6 см, до сходове боронування, три міжрядні культивацияі, а остання з підгортанням, збір урожаю, лущення стерні 6–8 см, заробка пожнивних решток дисковим культиватором 12–14 см.

Морфологічний опис розрізу № 3 – чорнозем типовий глибокий середньосуглинковий на лесі.

Н/к 0–42 см – гумусовий, орний (оброблюваний шар 0–12 см): сухий, темно-сірий, середньосуглинковий, грудкувато-зернисто-порохуватий, пухкий, безкарбонатний, багатий на детрит, підорний: свіжий, темно-сірий, середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, має ущільнення на глибині 20–30 см, скипає від НСІ з глибини 33 см, але видимі форми виділення карбонатів відсутні, значна кількість коренів, копролітів і червороїн, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Нрк 42–78 см – верхній перехідний, свіжий, темно-сірий із палевим відтінком, середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, пухкий, карбонатний, пронизаний корінням трав'яної рослинності, наявні копроліти й червороїни, на глибині 45–52 см знайдено кротовину, заповнену материнською породою, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Рhk 78–130 см – нижній перехідний, свіжий, брудно-палевий, середньосуглинковий, зернисто-грудкуватий, дещо щільніший за попередній горизонт, карбонати виділяються у формі псевдоміцелію, наявні поодинокі корені рослин, велика кількість кротовин, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Рк 130 см і глибше – материнська порода, вологий, палевий, середньосуглинковий, грудкуватий, щільний карбонатний лес.

Четвертий розріз закладено на полі площею 125 га, що входить до земельного банку ТОВ «Бурат-Агро» агрохолдингу ІМК. На полях підприємства застосовується система різноглибинного обробітку ґрунту: глибоке рихлення, оранка, дискування й

культивація. Технологія вирощування сільськогосподарських культур передбачає використання насіння, добрив і засобів захисту рослин виключно найкращих вітчизняних і закордонних виробників. На полях господарства застосовується нова сільськогосподарська техніка й упроваджуються у виробництво елементи точного землеробства: системи GPS-моніторингу техніки, автопілотування, методи дистанційного зондування землі, моніторингу врожайності, змінні норми висіву насіння та диференційоване внесення добрив.

За період дослідження на полі проводили такі технологічні операції: збір попередника, дискування 12–15 см, глибоке рихлення 35–37 см (осінь), унесення карбаміду 250 кг/га (весна), культивування 12–15 см, дискування 8–10 см, посів кукурудзи з густрою 78 тис. насінин/га + діамофоска 120 кг/га 10:26:26, ґрунтовий гербіцид, догляд 1–2 (7–8 листок) страховий гербіцид + листкове підживлення, догляд 3 (по волоті) – унесення інсектициду, збір урожаю прямим комбайнуванням, лушення стерні 12–15 см, оранка 25–28 см.

Морфологічний опис розрізу № 4 – чорнозем типовий глибокий середньосуглинковий на лесі.

Н 0–44 см – гумусовий, орний шар (0–30 см) через різноглибинний обробіток ґрунту неоднорідний: на глибині 0–15 см сухий, темно-сірий, середньосуглинковий, зернисто-грудкуватопорохуватий, пухкий, безкарбонатний, містить велику кількість нерозкладених і напіврозкладених рослинних решток, на глибині 15–30 см свіжий, темно-сірий, середньосуглинковий, зернисто-грудкуватий, щільний, безкарбонатний, на глибині 25–30 см знаходиться шар напіврозкладених заораних пожнивних решток, підорний: свіжий, темно-сірий, середньосуглинковий, зернисто-грудкуватий, має ущільнення на глибині 30–40 см, карбонати відсутні, значна кількість коренів, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Нр 44–78 см – верхній перехідний, свіжий, темно-сірий із палевим відтінком, середньосуглинковий, грудкуватозернистий, пухкий, безкарбонатний, густо пронизаний корінням, наявні копроліти й червороїни, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Phk 78–130 см – нижній перехідний, свіжий, брудно-палевий, середньосуглинковий, зернисто-грудкуватий, пухкий, скипає від НСІ із глибини 85 см, наявні поодинокі корені рослин, у нижній частині горизонту велика кількість кротовин, на глибині 88–93 см

знайдено кротовину, заповнену материнською породою, поступово за кольором і щільністю переходить у:

Рк 130 см і глибше – материнська порода, вологий, палевий, середньосуглинковий, грудкуватий, щільний карбонатний лес.

2. Методи досліджень

Відбір індивідуальних зразків ґрунту проводився в першу декаду травня, серпня й листопада в 2018 р. Ґрунтові зразки відбиралися в трикратній повторності із середини генетичних горизонтів досліджуваних ґрунтів і лише у верхньому гумусо-акумулятивному (Н) горизонті зразки відбиралися з інтервалом у 10 см до глибини 40 см. Це зумовлено необхідністю отримання об'єктивних і порівнюваних між розрізами даних, адже досить складно порівнювати ґрунти з різноглибинним обробітком і переліжною ділянкою.

Досліджували такі характеристики ґрунтів: легкогідролізний азот – ДСТУ 7863:2015 (за Корнфілдом); рухомий фосфор та обмінний калій – 4115:2002 (за Чириковим); органічну речовину (загальний гумус) визначали методом І.В. Тюріна в модифікації С.М. Симакова (ДСТУ 4289: 2004); актуальну й обмінну кислотність ґрунтового розчину встановлювали у водних витяжках рНводн. (1:5) і в сольових рНсол. (1:2,5) потенціометрично (ДСТУ ISO 10390:2007, ГОСТ 26423–85, ГОСТ 26483–85); гідролітична кислотність визначалася титриметрично згідно з ДСТУ 7537:2014; визначення електрофізичних показників ґрунту, таких як електропровідність (Conductivity), загальна мінералізація (Total Dissolved Solids), солоність (Salinity), проводили за допомогою кондуктометра-солеміра (EZODO-8200 M); катіони кальцію, калію і натрію визначалися в ґрунтово-водній суспензії (1:1) за допомогою іон-селективних електродів (HORIBA LAQUAtwin)

Математичний аналіз отриманих даних здійснено за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2010, Statgraphics 18.1 trial.

3. Вплив різних систем землеробства на електрофізичні показники чорноземів типових

Останнім часом для проведення ґрунтових обстежень і моніторингу широко використовують електрофізичні методи дослідження. Одним із них є визначення електропровідності ґрунту¹⁰.

За допомогою цього показника зручно уточнювати межі ґрунтових відмін, що дає широкі можливості використовувати його в точному землеробстві¹¹. Показник електропровідності є індикатором змін, свого роду маркером, що відбуваються в ґрунті, адже він тісно корелює з багатьма показниками родючості¹².

Електропровідність водних суспензій ґрунту (таблиця 2) з глибиною збільшується та досягає найвищих значень у нижньому перехідному горизонті (Ph) і материнській породі (P). Найбільш показовим є варіант перелогу, де чітко спостерігається підвищення електропровідності в шарі 0–10 см (129,82 $\mu\text{S}/\text{cm}$) і материнській породі (157,39 $\mu\text{S}/\text{cm}$), тобто відбувається акумуляція іонів у поверхневому шарі ґрунту, де найбільш інтенсивно проходять мікробіологічні процеси мінералізації органічних решток.

Підвищення електропровідності у варіанті із застосуванням сидерату (110,94–147,51 $\mu\text{S}/\text{cm}$) порівняно з варіантом інтенсивної системи землеробства (38,84–129,78 $\mu\text{S}/\text{cm}$) також можна пояснити надходженням свіжої органіки й посиленням мінералізаційних процесів, що сприяло накопиченню іонів у верхньому гумусо-акумулятивному горизонті.

Варіант органічної системи землеробства з унесенням компосту має подібну з перелогом динаміку показників електропровідності, але з меншими їх значеннями (84,5–152,21 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

¹⁰ Пасічник Н.А., Логінова І.В., Кучерук А.В. Функціональна діагностика як метод прогнозування ефективності удобрення кукурудзи. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія»*. 2014. Вип. 195 (1). С. 97–101

¹¹ Continuous field soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (ECa) measurement / V. Nagy, G. Milics, N. Smuk, A. József Kovács, I. Balla, M. Jolánkai, J. Deákvári, K.D. Szalay, L. Fenyvesi, V. Štekauerová, Z. Itán Wilhelm, K. Rajkai, T. Németh, M. Neményi. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2013. Vol. 61. № 4. P. 305–312.

¹² Chaudhari P.R., Ahire D.V. Electrical Conductivity and Dielectric Constant as Predictors of Chemical Properties and available Nutrients in the Soil. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*. 2013. Vol. 3. № 2. P. 1382–1388.

У варіанті з інтенсивною системою землеробства, де навесні вносилися мінеральні добрива в кількості $N_{130}P_{30}K_{30}$ під кукурудзу на зерно, зафіксовано найменші значення електропровідності ґрунтово-водних суспензій. У шарі 0–10 см отримано показники на рівні 67,98 $\mu S/cm$. Подібне зниження показників електропровідності пов'язано зі значним підкисленням ґрунту. Характерною ознакою цього варіанта є дещо більша електропровідність у шарах 0–10 і 20–30 см, що є наслідком застосування оранки (перемішування шарів ґрунту).

Важливою характеристикою ґрунту, яка тим чи іншим чином впливає практично на всі ґрунтоутворні процеси й показники родючості, є рН. На основі отриманих даних передусім варто відмітити зміну реакції ґрунтового розчину з глибиною в бік підлуження. У верхньому генетичному горизонті варіанти перелогу й органічної системи землеробства мають реакцію близьку до нейтральної (показники рН_{сол.} змінюються в межах 6,56–7,26). Однак у варіанті інтенсивної системи землеробства реакція слабо кисла (рН_{сол.} 4,92), що є наслідком багаторічного виносу поживних елементів і застосування мінеральних добрив.

Проаналізувавши отримані дані, можна зробити висновок щодо кореляції показників електропровідності ґрунтово-водної суспензії з активною і потенційною кислотністю ґрунту, що відображено в кореляційній матриці (рис. 1). Варто зауважити про сильний кореляційний зв'язок між значеннями рН (водного і сольового) та показниками електропровідності (0,71), солоності й загальної мінералізації (0,7). Разом із тим зафіксовано помірний кореляційний зв'язок електрофізичних показників з гідролітичною кислотністю (-0,63). Тобто отримані в ході досліджень дані свідчать про зниження електропровідності з підвищенням умісту в ґрунті H^+ іону.

**Електрофізичні показники чорноземів типових залежно від системи землеробства
(середньорічні дані за 2018 р.)**

Варіант	Генетичний горизонт	Глибина, см	Cond, $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS, ppm	Salt, ppm	pHводн.	pHсол.	Na ⁺ , ppm	Ca ²⁺ , ppm	K ⁺ , ppm	
Органічна система землеробства (спідрат)	H/k	0-10	110,94	75,12	55,72	7,28	6,58	7,11	178,89	5,11	
		10-20	118,19	78,17	59,43	7,29	6,92	5,44	196,67	3,00	
		20-30	134,79	89,09	67,57	7,87	7,28	5,56	187,78	0,00	
		30-40	136,11	89,91	68,18	8,14	7,43	5,89	162,22	0,00	
		60-70	140,34	93,76	71,53	8,34	7,45	6,22	136,67	0,00	
Переліг	H	90-100	147,51	97,84	75,50	8,44	7,58	9,11	113,33	0,00	
		Рк	140-150	139,47	92,57	70,88	8,52	7,64	12,89	100,22	0,00
		0-10	129,82	86,22	65,18	7,97	7,26	3,11	180,00	2,11	
		10-20	90,12	60,06	45,67	7,69	6,84	4,44	146,67	1,44	
		20-30	91,73	60,84	46,18	7,65	6,81	6,89	145,56	0,00	
Органічна система землеробства (компіст)	H/k	30-40	64,76	43,01	32,61	7,37	6,89	10,00	126,67	0,00	
		60-70	136,41	90,60	68,14	8,20	7,26	16,22	101,22	0,00	
		Рк	90-100	158,59	104,84	79,63	8,54	7,63	21,44	91,11	0,00
		Рк	140-150	157,39	103,47	79,16	8,64	7,70	24,22	86,78	0,00
		0-10	105,79	68,47	52,64	7,20	6,56	9,56	155,56	3,22	
Інтенсивна система землеробства (мінеральні доброта)	H	10-20	84,50	53,37	39,89	7,16	6,48	6,67	141,11	1,33	
		20-30	106,18	68,74	52,12	7,57	6,93	6,78	160,00	0,00	
		30-40	125,20	82,66	62,71	8,09	7,36	7,78	163,33	0,00	
		60-70	141,78	94,18	71,63	8,27	7,46	11,44	165,56	0,00	
		Рк	90-100	147,46	97,76	74,03	8,40	7,60	13,22	134,44	0,00
Інтенсивна система землеробства (мінеральні доброта)	H	140-150	152,21	100,77	76,16	8,53	7,67	20,56	104,89	0,00	
		0-10	67,98	45,10	34,28	6,50	4,92	3,67	141,78	3,00	
		10-20	47,71	31,64	24,20	6,20	4,71	3,56	122,22	1,22	
		20-30	52,12	34,52	26,27	6,57	5,23	3,56	110,00	1,67	
		30-40	38,84	25,72	19,59	6,40	4,90	4,00	123,33	0,00	
Інтенсивна система землеробства (мінеральні доброта)	H	60-70	100,87	64,49	51,71	7,26	6,06	6,33	146,67	0,00	
		Рк	90-100	118,83	77,11	58,18	7,62	6,60	11,00	158,89	0,00
		Рк	140-150	129,78	86,64	65,13	8,27	7,38	16,33	168,89	0,00

Pearson Product-Moment Correlations

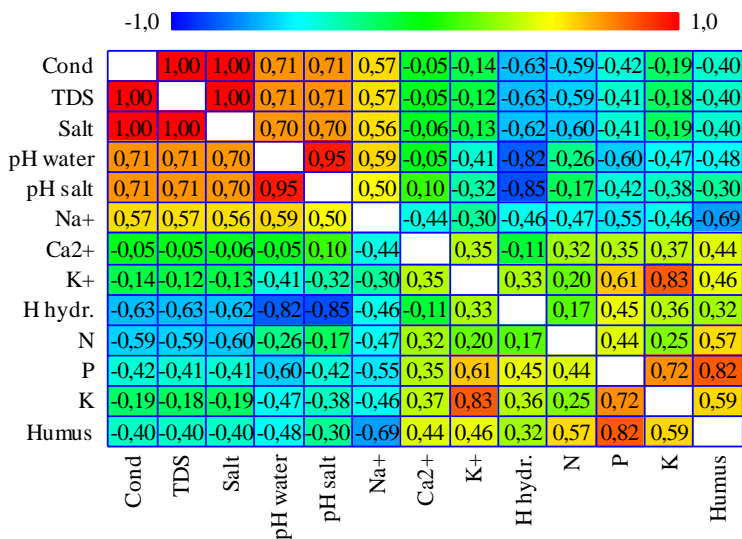


Рис. 1. Кореляційна матриця досліджуваних показників

Показники загальної мінералізації та солоності мали подібну тенденцію змін, адже кондуктометричний метод їх визначення базується на здатності розчину проводити струм, тому вони мають функціональний зв'язок з електропровідністю (кореляція 1). Відповідно, найменшу загальну мінералізацію та солоність зафіксовано у варіанті з інтенсивною системою землеробства. Більш високими, але неоднозначними показниками характеризується варіант з унесенням компосту. У варіанті із сидератом показники наближаються, а подекуди навіть перевищують показники перелогової ділянки.

Важливими й інформативними як з агрономічного погляду, так і ґрунтознавчого є показники вмісту водорозчинних кальцію і натрію, оскільки ці катіони найбільшою мірою впливають і на фізико-хімічні властивості ґрунту, і на доступність елементів живлення для рослин.

Аналізуючи отримані дані, відмітимо низький уміст водорозчинного натрію у верхніх генетичних горизонтах зі збільшенням показників у материнській породі. Характерною ознакою варіантів органічної системи землеробства є невелике

підвищення вмісту натрію (7,11–9,56 ppm) у шарі 0–10 см. Найбільший уміст натрію в 0–10-сантиметровому шарі ґрунту зафіксовано у варіанті органічна система землеробства з унесенням компосту (9,56 ppm), а найменший – перелогу (3,11 ppm). Уміст водорозчинних сполук кальцію, навпаки, з глибиною зменшується, винятком є варіант інтенсивної системи землеробства, де вміст, навпаки, збільшується з 141,78 до 168,89 ppm. Найбільший уміст кальцію зафіксовано у варіантах органічної системи землеробства особливо за умов вирощення сидератів (100,22–196,67 ppm). Відмінністю перелогового варіанту є акумуляція водорозчинного кальцію в 0–10-сантиметровому шарі ґрунту 180 ppm.

Калій – один із трьох макроелементів, найбільш необхідних рослинам. Зазвичай у ґрунтах між різними формами калію (фіксований, обмінний, водорозчинний) існує динамічна рівновага. Уміст водорозчинних сполук калію зазвичай незначний (близько 1/10 від обмінного), адже калій з розчину негайно вступає в реакцію з ґрунтовим вбирним колоїдним комплексом і споживається рослинами.

У досліджуваних ґрунтах уміст водорозчинного калію має дуже низькі його показники – 1,22–5,11 ppm, що зафіксовані лише в шарах 0–10 і 10–20 см. За вмістом водорозчинного калію можна побудувати такий логічний ряд досліджуваних варіантів за зменшенням його вмісту: органічна система землеробства (сидерат) – органічна система землеробства (компост) – інтенсивна система землеробства (мінеральні добрива) – переліг. Відмітимо значний кореляційний зв'язок умісту водорозчинного калію з рухомим фосфором (0,61) і сильний – з обмінним калієм (0,83).

4. Вплив різних систем землеробства на агрохімічні показники чорноземів типових

Добрива є вагомим чинником впливу не лише на врожайність сільськогосподарських культур, а й на інші ґрунтоутвірні процеси¹³. Ґрунтова діагностика покликана виявити зміни, яким підлягають добрива в ґрунті, їх міграції по профілю, а також зміни інших ґрунтових умов під впливом добрив¹⁴. Вплив концентрації іонів у

¹³ Effects of long-term tillage, terminating no-till and cropping system on organic C and N, and available nutrients in a Gleysolic soil in Québec, Canada / S. Malhi, A. Légère, A. Vanasse, G. Parent. *The Journal of Agricultural Science*. 2018. № 156. P. 472–480.

¹⁴ Burzyńska I. Monitoring of selected fertilizer nutrients in surface waters and soils of agricultural land in the river valley in Central Poland. *Journal of water and*

грунтовому середовищі є досить вираженим, оскільки в ґрунтовому розчині знаходиться доволі значний уміст окремих іонів, а також виявлені значні варіації вмісту солей у різних типах ґрунтів залежно від систем землеробства, систем удобрення й характеру використання (агrogenні – орні ґрунти (агрочорноземи), постагrogenні – перелогові ґрунти)¹⁵.

Аналіз даних (таблиця 3) засвідчив, що показники гідролітичної кислотності зменшуються з глибиною. Найбільші значення зафіксовано у верхніх гумусоаккумулятивних горизонтах, у 0–10-сантиметрових шарах ґрунтів (0,54–3,15 мг-екв/100 г ґрунту). Серед досліджуваних варіантів найменшими значеннями характеризувався варіант перелогу – 0,54–0,22 мг-екв/100 г ґрунту, а найбільшими – інтенсивна система землеробства (3,15–0,26 мг-екв/100 г ґрунту).

land development. 2019. № 43 (X–XII). P. 41–48. URL: <https://DOI.org/10.2478/jwld-2019-0061>.

¹⁵The Problem of Comprehensive Analysis of Organic Agriculture as a Factor of Environmental Safety / Y. Dreval, V. Loboichenko, A. Malko, A. Morozov, S. Zaika, V. Kis. *Environmental and Climate Technologies*. 2020. Vol. 24. № 1. P. 58–71. URL: <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0004>.

Уміст поживних речовин і загального гумусу в чорноземі типовому залежно від системи землеробства (середньорічні дані за 2018 р.)

Варіант	Генетичний горизонт	Глибина, см	Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	Легкогідролізний азот, мг/кг	Рухомий фосфор, мг/кг	Обмінний калій, мг/кг	Гумус, %
Органічна система землеробства (сидерат)	Нк	0–10	0,86	101,21	129,10	164,00	5,72
		10–20	0,75	90,57	105,06	107,56	5,35
		20–30	0,44	83,01	86,83	69,33	4,88
		30–40	0,26	61,69	36,15	60,44	3,77
	Нрк	60–70	0,25	54,63	29,40	49,78	3,02
	Phk	90–100	0,21	46,27	22,03	43,33	1,92
	Рк	140–150	0,18	41,19	20,36	48,22	1,06
Переліг	Н	0–10	0,54	108,96	92,27	164,78	6,57
		10–20	0,54	119,34	89,89	85,11	5,56
		20–30	0,46	109,13	82,99	67,78	5,02
		30–40	0,34	83,51	79,19	59,89	4,12
	Нрк	60–70	0,24	60,24	29,51	51,11	3,31
	Phk	90–100	0,22	45,36	24,49	40,44	2,02
	Рк	140–150	0,22	42,09	22,13	48,89	0,86
Органічна система землеробства (компост)	Нк	0–10	1,34	118,76	104,52	114,56	6,21
		10–20	1,06	100,06	75,49	82,44	5,49
		20–30	0,55	93,73	67,40	56,11	5,08
		30–40	0,26	74,16	38,14	45,89	4,40
	Нрк	60–70	0,24	55,10	30,76	41,89	2,89
	Phk	90–100	0,20	38,97	23,52	38,78	1,88
	Рк	140–150	0,18	36,17	20,53	41,11	1,09
Інтенсивна система землеробства (мінеральні добрива)	Н	0–10	3,15	87,97	81,21	103,44	4,13
		10–20	2,75	92,54	85,70	89,11	4,07
		20–30	2,41	84,97	73,74	101,33	4,16
		30–40	1,96	73,83	69,74	72,33	3,60
	Нр	60–70	0,80	45,99	26,35	66,56	2,84
	Phk	90–100	0,35	48,47	23,41	62,33	1,63
	Рк	140–150	0,26	47,60	22,11	54,11	0,68

Щодо забезпечення досліджуваних ґрунтів легкогідролізним азотом відмітимо, що варіанти органічної системи землеробства, особливо варіант із унесенням компосту, характеризувалися вищими значеннями вмісту легкогідролізного азоту (74,16–118,76 мг/кг), ніж варіант інтенсивної системи землеробства (73,83–92,54 мг/кг), і були наближені до рівня перелігу (83,51–119,34 мг/кг), де простежувалася динаміка накопичення його вмісту в 10–20 і 20–30-сантиметрових шарах ґрунтів. Показники вмісту легкогідролізного азоту мають значні кореляційні зв'язки з електропровідністю ґрунтів (-0,60), так само як і показники гідролітичної кислотності (-0,63).

Згідно з даними щодо забезпечення рухомими формами фосфору (таблиця 3), можна побудувати такий логічний ряд досліджуваних варіантів за зменшенням його вмісту: органічна система землеробства (сидерат) – органічна система землеробства (компост) – переліг – інтенсивна система землеробства (мінеральні добрива). Стосовно вмісту обмінного калію означена послідовність варіантів дещо

змінюється, а саме (за зменшенням вмісту обмінного калію): органічна система землеробства (сидерат) – переліг – органічна система землеробства (компост) – інтенсивна система землеробства (мінеральні добрива). Уміст рухомого фосфору значною мірою залежить від рНводн. (-0,60), а також калію (0,72) і вмісту гумусу (0,82).

Найбільшими запасами гумусу відмічався варіант перелого 6,57% у 0–10-сантиметровому шарі ґрунту. Децю менший уміст гумусу зафіксовано у варіантах органічної системи землеробства (компост – 6,21%, сидерат – 5,72%).

Також варто зазначити загальну закономірність зменшення вмісту поживних речовин і гумусу з глибиною досліджуваних шарів ґрунтів щонайменше в 3–5 разів.

ВИСНОВКИ

Перелогове використання чорноземів сприяє зменшенню гідролітичної кислотності й збільшенню вмісту гумусу та легкогідролізного азоту, також зафіксовано акумуляцію водорозчинного кальцію й решти елементів живлення в 0–10-сантиметровому шарі ґрунту.

Виявлено позитивний вплив органічної системи землеробства (особливо застосування сидератів) порівняно з інтенсивною на всі агрохімічні показники досліджуваних чорноземів.

Електрофізичні показники змінюються залежно від глибини відбору та систем землеробства (удобрення) й істотно корелюють із кислотно-лужними характеристиками ґрунту й умістом легкогідролізного азоту.

Зафіксовано зниження вмісту гумусу, водорозчинного кальцію та решти елементів живлення у варіанті інтенсивної системи землеробства. Також відмічено зниження показників електропровідності, що пов'язано зі значним підкисленням ґрунту і свідчить про необхідність корегування чинної системи удобрення, зокрема рекомендується провести вапнування.

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто електрофізичні й агрохімічні показники чорноземів типових глибоких середньосуглинкових на лесах Лівобережного Лісостепу України залежно від систем землеробства. Виявлено кореляційні зв'язки електрофізичних показників із кислотно-лужними характеристиками ґрунту й умістом легкогідролізного азоту. Висвітлено позитивний вплив органічної

системи землеробства (особливо застосування сидератів) порівняно з інтенсивною на всі агрохімічні показники чорноземів.

Література

1. Докучаев В.В. О почвоведении. *Лекции профессора В.В. Докучаева и А.Ф. Фортунатова*. Полтава : Экон. бюро Полтав. губ. земства, 1901. С. 5–74.

2. Гавва Д.В. Агрогенна і постагрогенна еволюція чорноземів типових Лівобережжя Лісостепу України : монографія. Харків : Майдан, 2016. 218 с.

3. Тихоненко Д.Г. Елементарні ґрунтові процеси (ЕГП) при акумулятивному ґрунтоутворенні. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*. Харків, 2011. № 1. С. 18–21.

4. Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України / за наук. ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва. Київ : Аграр. наука, 2012. 240 с.

5. Медведєв В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи. Харьков : КП «Городская типография», 2012. 536 с.

6. Питома електропровідність водних суспензій ґрунту як експрес-критерій ґрунтової діагностики / З.Г. Гамкало, Т.Ю. Бедернічек, Т.В. Партика, Ю.П. Партем. *Біологічні системи*. Чернівці : ЧНУ. 2012. Т. 4. Вип. 1. С. 16–19.

7. Дегтярьов В.В., Дегтярьов Ю.В., Резнік С.В. Сезонна динаміка електропровідності чорнозему типового за умов різних систем землеробства. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2020. № 1. С. 11–16.

8. Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods / Y. He, T. DeSutter, L. Prunty, D. Hopkins, X. Jia, D. Wysocki. *Geoderma*. 2012. № 185–186. P. 12–17.

9. Чесняк Г.Я., Бацула О.О., Дерев'яноко Р.Г. Параметри гумусного стану ґрунтів. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті. Київ : Урожай, 1987. С. 125.

10. Пасічник Н.А., Логінова І.В., Кучерук А.В. Функціональна діагностика як метод прогнозування ефективності удобрення кукурудзи. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія»*. 2014. Вип. 195 (1). С. 97–101

11. Continuous field soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (ECa) measurement / V. Nagy,

G. Milics, N. Smuk, A. József Kovács, I. Balla, M. Jolánkai, J. Deákvári, K.D. Szalay, L. Fenyvesi, V. Štekauerová, Zo Itán Wilhelm, K. Rajkai, T. Németh, M. Neményi. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2013. Vol. 61. № 4. P. 305–312.

12. Chaudhari P.R., Ahire D.V. Electrical Conductivity and Dielectric Constant as Predictors of Chemical Properties and available Nutrients in the Soil. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*. 2013. Vol. 3. № 2. P. 1382–1388.

13. Effects of long-term tillage, terminating no-till and cropping system on organic C and N, and available nutrients in a Gleysolic soil in Québec, Canada / S. Malhi, A. Légère, A. Vanasse, G. Parent. *The Journal of Agricultural Science*. 2018. № 156. P. 472–480.

14. Burzyńska I. Monitoring of selected fertilizer nutrients in surface waters and soils of agricultural land in the river valley in Central Poland. *Journal of water and land development*. 2019. № 43 (X–XII). P. 41–48.

15. The Problem of Comprehensive Analysis of Organic Agriculture as a Factor of Environmental Safety / Yu. Dreval, V. Loboichenko, A. Malko, A. Morozov, S. Zaika, V. Kis. *Environmental and Climate Technologies*. 2020. Vol. 24. № 1. P. 58–71. URL: <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0004>.

Information about the authors:

Rieznik Serhii Vadymovych,

Postgraduate Student at the Department of Soil Science
Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchayev
Dokuchaevske-2, Kharkiv region, Kharkiv district, 62483, Ukraine

Havva Dmytro Viktorovych,

Candidate of Agriculture Sciences,
Associate Professor at the Department of Soil Science
Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchayev
Dokuchaevske-2, Kharkiv region, Kharkiv district, 62483, Ukraine