



В. В. Дегтярьов,
доктор с.-г. наук, професор,
завідувач кафедри ґрунтознавства,
Харківський національний аграрний університет
ім. В.В. Докучаєва (м. Харків), Україна
E-mail: dvv4013@gmail.com



Ю. В. Дегтярьов,
кандидат с.-г. наук,
доцент кафедри ґрунтознавства,
Харківський національний аграрний університет
ім. В.В. Докучаєва (м. Харків), Україна
E-mail: degt7@ukr.net



С. В. Резнік,
аспірант кафедри ґрунтознавства,
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва
(м. Харків), Україна
E-mail: serhey021@gmail.com

СЕЗОННА ДИНАМІКА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА УМОВ РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Анотація. Вивчено вплив різних систем землеробства на комплекс електрофізичних (електропровідність, загальна мінералізація, солоність) та кислотно-лужних показників (рН водний, рН сольовий, гідролітична кислотність) чорноземів типових глибоких середньосуглинкових на лесах протягом пори року (весна, літо, осінь). Встановлено, що електрофізичні показники чорнозему типового суттєво змінюються залежно від глибини, пори року і системи землеробства. Так, найвища електропровідність у всіх варіантах спостерігається навесні, а найменша – влітку, що безпосередньо зумовлено характером впливу мінеральних (NPK) і органічних (сидерат і компост) добрив, а також трав'янистою рослинністю у варіанті перелогу. Внесення органічних добрив у вигляді компосту та сидерату сприяє кращій іонізації ґрунту, а використання інтенсивної системи землеробства спричиняє зниження рівня показників електропровідності.

Проведений кореляційний аналіз свідчить про сильний позитивний зв'язок електрофізичних показників із показником рН водного і сольового та помірний негативний – із гідролітичною кислотністю.

Ключові слова: чорнозем типовий, електрофізичні показники, суспензія.

V. V. Degtyarjov,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchayev (Kharkiv), Ukraine

Yu. V. Dehtiarov,

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchayev (Kharkiv), Ukraine

S. V. Rieznik,

Postgraduate Student of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchayev (Kharkiv), Ukraine

SEASONAL DYNAMICS OF ELECTRIC CONDUCTIVITY OF TYPICAL CHERNOZEMS UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF AGRICULTURE

Abstract. The influence of different systems of agriculture on the complex of electrophysical (Electrical Conductivity, Total Dissolved Solids, Salinity) and acid-alkaline parameters (pH water, pH salt, hydrolytic acidity) of typical deep mid-loam chernozems on loess during the year (spring, summer, autumn) is studied in the article.

Materials and Methods. The study of electrophysical parameters was performed using a conductometer-solemeter (EZODO-8200 M) in soil-water suspensions (1:5). The pH water, pH salt and hydrolytic acid was further determined.

The object of study was the typical deep mid-loam chernozem on loess of the Left Bank of the Forest Steppe of Ukraine within the Zinkiv district of Poltava region. The individual soil samples selected in 2018 were analyzed from depths: 0–10, 10–20, 20–30 and 30–40 cm. Variants included: organic farming system (siderate), fallow (over 20 years without tillage), organic farming system (compost), intensive farming system (mineral fertilizers).

Results. Established that the electrical indicators of typical chernozem change significantly depending on depth, season and farming systems. The electrical conductivity ranges from a minimum of 21,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the 30–40 cm layer of the intensive farming system variant to a maximum of 159,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the 20–30 cm layer of the organic farming system with sidereal

steam in the rotation link.

Depending on the seasons of the year, the highest electrical conductivity in all variants is observed in the spring and the lowest in the summer. This is directly due to the effects of mineral (NPK) and organic (siderate and compost) fertilizers, as well as herbaceous vegetation in the fallow variant.

All investigated variants are characterized by electrical conductivity, which corresponds to the low content of water-soluble salts. At the same time, fallow use promotes a more balanced ion exchange in the 0–10 cm layer, where the highest conductivity values are recorded. The application of organic fertilizers leads to enhanced mineralization processes in the soil and the formation of various salts. This increases the ionization of the soil, which indicates a higher level of conductivity in comparison with the intensive farming system.

The correlation analysis shows a strong positive correlation of electrophysical indicators with the pH water and pH salt and a moderate negative – with hydrolytic acidity.

Conclusion. The application of organic fertilizers in the form of compost and siderate contributes to better soil ionization, and the use of an intensive farming system leads to a decrease in the level of electrical conductivity.

Keywords: typical chernozem, electrophysical indicators, suspensions.

Постановка проблеми. В країнах з розвинутим аграрним виробництвом для проведення ґрунтових обстежень та моніторингу широко використовують електрофізичні методи дослідження. Одним із них є визначення електропровідності ґрунту [1].

За допомогою цього показника зручно уточнювати межі ґрунтових відмін, що дає можливість використовувати його у точному землеробстві [2]. Показник електропровідності є свого роду індикатором змін, що відбуваються у ґрунті, адже він тісно корелює з багатьма показниками родючості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Електропровідність ґрунту – це здатність ґрунту проводити електричний струм, що виражається у сіменсах на одиницю площі (S/m – сіменс на метр, або $\mu S/cm$ – мікросіменс на сантиметр). Електропровідність це показник який чутливо реагує на зміну вологості та температури ґрунту, гранулометричний склад, ємність катіонного обміну, засоленість, уміст обмінних катіонів, уміст органічної речовини та ін.

Дослідження електрофізичних властивостей дуже рідко використовуються під час встановлення властивостей та генезису ґрунтів. При цьому, як зазначають ряд авторів, певна простота та швидкість визначення, а також широкий діапазон цих показників у зв'язку зі змінами фізичних факторів середовища свідчать на їх користь [3–8].

Добрива є досить вагомим чинником впливу не лише на врожайність сільськогосподарських культур, але і на ґрунтоутворні процеси. Ґрунтова діагностика покликана виявити зміни, яким підлягають добрива в ґрунті, їх міграції по профілю, а також зміни ґрунтових умов під впливом добрив [9]. Вплив концентрації іонів у ґрунтового середовищі є досить вираженим, оскільки у ґрунтовому розчині знаходиться доволі значний вміст окремих іонів, а також виявлені значні варіації вмісту солей у різних типах ґрунтів залежно від систем землеробства, систем удобрення і характеру використання (агрогенні – орні ґрунти (агрочорноземи), постагрогенні – перелогові ґрунти) [10, 11].

Метою статті є вивчення впливу різних систем землеробства на сезонну динаміку електрофізичних показників (електропровідності, загальної мінералізації, солоності) чорнозему типового глибокого середньосуглинкового на лесах.

Методика досліджень. Досліджували чорнозем типовий глибокий середньосуглинковий на лесах Лівобережжя Лісостепу України у межах Зінківського району Полтавської області.

Аналізували індивідуальні ґрунтові зразки відібрані навесні, влітку й восени 2018 року з глибин: 0–10, 10–20, 20–30 та 30–40 см. Варіанти включали: органічну систему землеробства (сидерат), де у 2018 р. посіяно озиму пшеницю після сидерату вики ярої; переліг (понад 20 років без обробітку); органічну систему землеробства (компост), де вирощували кукурудзу на зерно із внесенням 20 т/га компосту; інтенсивну систему землеробства (мінеральні добрива), де вирощували кукурудзу на зерно із застосуванням мінеральних добрив у нормі $N_{130}P_{30}K_{30}$.

Для лабораторних досліджень електрофізичних

показників готували ґрунтово-водну суспензію шляхом інтенсивного перемішування на протязі двох хвилин 10 г повітряно-сухого ґрунту з 50 мл дистильованої води (співвідношення 1:5) і відстоюванням протягом однієї години.

За допомогою кондуктометра-солеміра (EZODO–8200 M) проводили визначення таких електрофізичних показників ґрунту як: електропровідність (Conductivity), загальна мінералізація (Total Dissolved Solids), солоність (Salinity), а також рН водний. Додатково проводили визначення рН сольового у 1 н розчині KCl (співвідношення – 1:2,5) та гідролітичної кислотності – титриметрично згідно ДСТУ 7537:2014. Аналізи виконували в трикратній повторності.

Статистичну обробку даних виконано за методикою описаною Б. А. Доспеховим [12].

Основні результати досліджень. Дослідження електропровідності є досить інформативними та популярними на сьогоднішній день. За їх допомогою можна проводити як локальні спостереження (відбір зразків у певні періоди року) так, і моніторингові спостереження. Електропровідність ґрунтово-водних суспензій не залежить від вологості та більшості інших характеристик ґрунту, а визначається лише температурою та концентрацією іонів у розчині.

Аналіз отриманих даних (рис. 1) указує, що найвищі показники електропровідності зафіксовано навесні, а найменші – влітку. Так у варіанті органічної системи землеробства із застосуванням сидерату електропровідність водних суспензій ґрунту з глибиною збільшуються та досягає найвищого значення у шарі 30–40 см.

Підвищення електропровідності у варіанті із застосуванням сидерату можна пояснити надходженням свіжої органіки та посиленням мінералізаційних процесів, що сприяло накопиченню іонів по всіх досліджуваних шарах ґрунту.

Дещо менші значення електропровідності зафіксовано у переліжному варіанті, зокрема в 0–10-сантиметровому шарі. Далі за досліджуваною товщею ґрунту показники поступово знижуються.

Внесення компосту сприяє відновленню запасів органічних речовин та різноманітних катіонів і аніонів до рівня чорноземного ґрунту під перелогом, що загалом призводить до зміни електропровідності ґрунтово-водних суспензій. Тут, як і у варіанті органічного землеробства з використанням сидерату, з глибиною електропровідність зростає.

У варіанті з інтенсивною системою землеробства, де навесні вносилися мінеральні добрива у кількості $N_{130}P_{30}K_{30}$ (250 кг/га карбаміду під культивуацію та 120 кг/га діамофоски при посіві в рядок) під кукурудзу на зерно зафіксовано найменші значення електропровідності ґрунтово-водних суспензій. У шарі 0–10 см отримано показники на рівні 38,9–101,9 $\mu S/cm$. З глибиною електропровідність знижується майже вдвічі. Подібне зниження показників електропровідності пов'язано зі значним підкисленням ґрунту, що є наслідком виносу поживних елементів із урожаєм і стабільним багаторічним внесенням мінеральних добрив.

Середньорічні дані свідчать, що найвищі показники

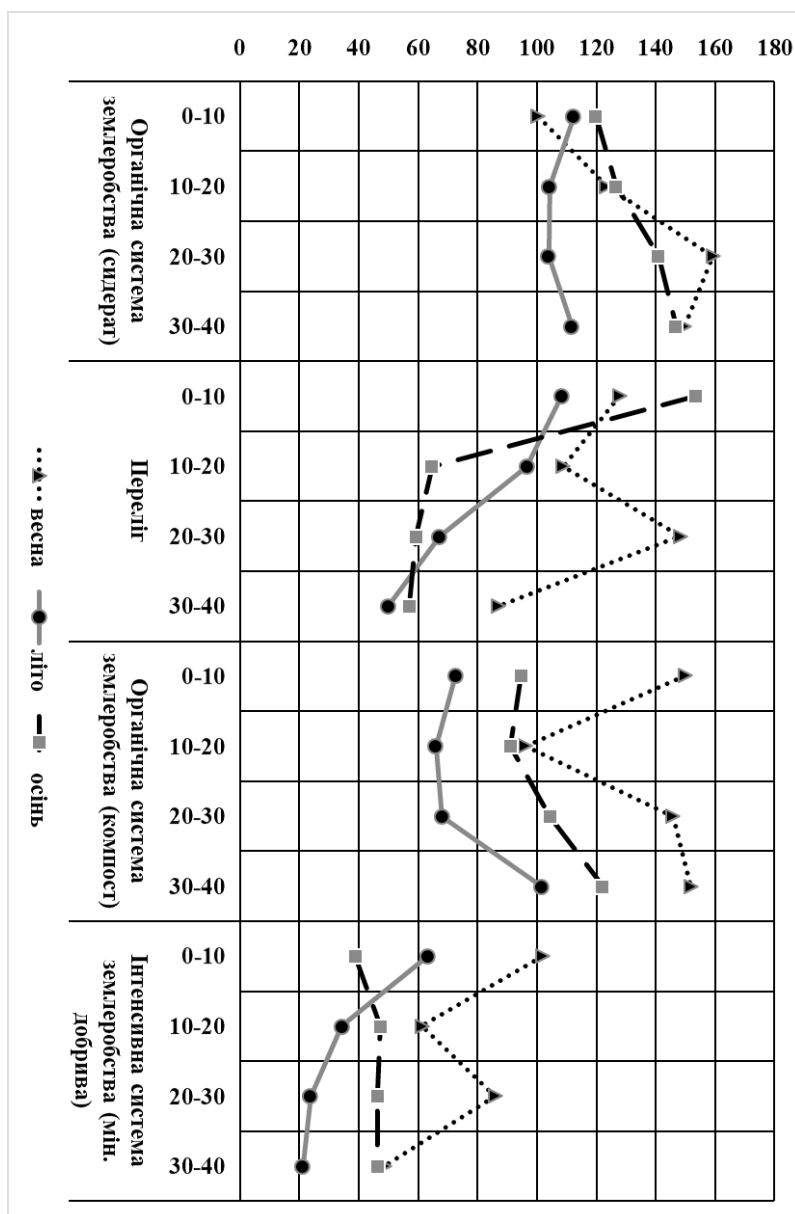


Рис. 1 Сезонна динаміка електропровідності чорнозему типового за умов різних систем землеробства, $\mu\text{S}/\text{cm}$ (НІР_{05} весна – 4,64; літо – 4,89; осінь – 4,51)

електропровідності у шарі 0–10 см зафіксовано у варіанті перелугу, а до глибини 30–40 см цей показник зменшується вдвічі. Також тут спостерігалися найнижчі показники гідролітичної кислотності (Нг) і найвищі рН водний та рН сольовий (табл. 1).

Подібна динаміка простежується і у варіанті інтенсивної системи землеробства з тою різницею, що значення електропровідності найнижчі серед усіх досліджуваних зразків та, відповідно, найвища гідролітична кислотність і найнижчі показники водного і сольового рН. Однак, варто зауважити про підвищення електропровідності з глибиною у варіантах органічного землеробства. Електропровідність цих варіантів наближалася до значень отриманих на перелозі, а подекуди навіть була більшою.

На основі аналізу отриманих даних можна зробити висновки щодо кореляції показників електропровідності ґрунтово-водної суспензії з активною і потенційною кислотністю ґрунту, що відображено у кореляційній матриці (рис. 2). Варто зауважити про сильну позитивну кореляцію між значеннями рН (водного і сольового) та показниками електропровідності, солоності й загальної мінералізації. Разом з тим зафіксовано помірну негативну кореляцію електрофізичних показників з гідролітичною кислотністю. Тобто отримані у ході досліджень дані

свідчать про зниження електропровідності з підвищенням вмісту у ґрунті H^+ іону.

Концентрація ґрунтового розчину є одним з основних показників придатності ґрунтів до вирощування будь-яких сільськогосподарських культур. Зважаючи на кількісний і якісний склад розчинних солей (катионів і аніонів) у ґрунті можливе більш раціональне планування агротехнічних чи меліоративних заходів. Внесення необґрунтовано високих норм добрив або низька ємність катіонного обміну різко підвищують концентрацію солей, підвищуючи осмотичний тиск.

Виміряти осмотичний тиск ґрунтового розчину важко, тому вимірюють його електропровідність, що перебуває з осмотичним тиском у прямій залежності. Із практики овочівництва в захищеному ґрунті відомо, що нормальний ріст і розвиток більшості культур спостерігається коли вміст водорозчинних солей у ґрунті складає 0,7–1,5 г/л, що відповідає 1,0–2,0 мS/cm [13].

Згідно отриманих даних усі досліджувані варіанти мають низький вміст водорозчинних солей (див. рис. 1, табл. 2).

Загалом їх електропровідність коливається від найменшого показника у шарі 30–40 см варіанту інтенсивної системи землеробства до найбільшого – у

Таблиця 1

**Кислотно-лужні характеристики чорнозему типового
за умов різних систем землеробства**

Варіант	Глибина, см	рНводн.			рНсол.			Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г		
		весна	літо	осінь	весна	літо	осінь	весна	літо	осінь
Органічна система землеробства (сидерат)	0–10	7,27	7,34	7,24	6,24	7,19	6,31	1,47	0,18	1,03
	10–20	7,37	7,49	7,00	7,19	7,36	6,22	1,21	0,34	0,72
	20–30	8,02	8,03	7,55	7,29	7,55	7,01	0,52	0,32	0,49
	30–40	8,10	8,52	7,80	7,38	7,65	7,27	0,27	0,18	0,31
Переліг	0–10	7,87	8,37	7,66	7,29	7,50	6,99	0,84	0,26	0,51
	10–20	7,85	8,41	6,83	7,14	7,47	5,89	0,65	0,34	0,65
	20–30	8,01	7,99	6,95	7,32	7,37	5,76	0,51	0,35	0,51
	30–40	7,43	7,69	6,98	6,92	7,63	6,11	0,35	0,32	0,36
Органічна система землеробства (компост)	0–10	7,39	7,28	6,92	7,22	6,44	6,01	1,40	0,92	1,69
	10–20	7,40	7,36	6,73	6,93	6,66	5,86	1,27	0,73	1,19
	20–30	7,87	7,80	7,04	7,26	7,27	6,26	0,57	0,34	0,75
	30–40	8,14	8,35	7,77	7,40	7,57	7,11	0,24	0,19	0,34
Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	0–10	6,34	6,24	6,31	5,16	4,85	4,74	3,38	2,29	3,78
	10–20	6,24	6,19	6,16	4,80	4,78	4,55	2,95	2,48	2,83
	20–30	6,92	6,42	6,36	6,09	4,86	4,74	2,53	2,13	2,57
	30–40	6,31	6,62	6,28	4,84	5,09	4,79	1,83	1,71	2,34
<i>НІР₀₅</i>		<i>0,19</i>	<i>0,24</i>	<i>0,20</i>	<i>0,16</i>	<i>0,07</i>	<i>0,12</i>	<i>0,06</i>	<i>0,04</i>	<i>0,08</i>

Таблиця 2

**Загальний вміст солей у ґрунті залежно від електропровідності,
mS/cm (за Л.С. Гільом та ін., 2008)**

Низький	<0,5
Помірний	0,5–1,0
Нормальний	1,0–2,0
Підвищений	2,0–3,0
Високий	>3,0

шарі 20–30 см варіанту органічної системи землеробства з сидеральним паром у ланці сівозміни. Варто підкреслити, що за відсутності удобрення, головним чинником впливу на кількісний і якісний склад іонів та їх активність у ґрунті є рослинність, а також баланс процесів мінералізації і іммобілізації органічної речовини.

Отже, підвищення показників електропровідності у варіантах перелігу та органічного землеробства опосередковано свідчить про посилення біологічної активності та мінералізаційних процесів. А у варіанті інтенсивної системи землеробства додатковим чинником впливу виступають мінеральні добрива які підкислюють ґрунт, що призводить до зниження електропровідності.

Показники загальної мінералізації та солоності мали подібну тенденцію змін (табл. 3), адже кондуктометричний метод їх визначення базується на здатності розчину проводити струм, тому вони знаходяться у прямій залежності від електропровідності. Рівень мінералізації та солоності виражається у частинках на мільйон частинок

– ppm (parts per million) та кількісно дорівнює 1 мг/дм³ або мг/кг.

Отже, найменшу загальну мінералізацію та солоність зафіксовано у варіанті з інтенсивною системою землеробства. Більш високими, але неоднозначними показниками характеризується варіант з внесенням компосту (20 т/га). У варіанті з сидератом показники наближаються, а подекуди навіть перевищують показники перелогової ділянки.

Висновки. Електрофізичні показники змінюються за сезонами року (весна, літо, осінь) залежно від глибини відбору та систем землеробства (удобрення) й істотно корелюють із кислотно-лужними характеристиками ґрунту.

Усі досліджувані варіанти характеризуються електропровідністю, що відповідає низькому вмісту водорозчинних солей. У той же час, перелогове використання сприяє більш збалансованому іонному обміну у шарі 0–10 см, де зафіксовано найбільші

Таблиця 3
Загальна мінералізація (TDS) та солоність (Salt) чорнозему типового за умов різних систем землеробства, ppm

Варіант	Глибина, см	TDS, ppm			Salt, ppm		
		весна	літо	осінь	весна	літо	осінь
Органічна система землеробства (сидерат)	0–10	65,47	79,60	80,30	50,07	56,27	60,83
	10–20	81,93	68,90	83,67	62,40	52,40	63,50
	20–30	105,47	68,67	93,13	80,07	52,10	70,53
	30–40	99,10	73,90	96,73	75,30	56,03	73,20
Переліг	0–10	85,27	71,60	101,80	64,73	54,23	77,47
	10–20	72,43	63,93	43,80	55,20	48,57	33,23
	20–30	98,07	44,67	39,80	74,43	33,87	30,23
	30–40	57,60	33,47	37,97	43,63	25,33	28,87
Органічна система землеробства (компост)	0–10	99,67	42,53	63,20	78,43	32,20	47,30
	10–20	63,53	36,10	60,47	46,97	26,80	45,90
	20–30	96,40	44,63	65,20	73,30	33,83	49,23
	30–40	100,40	66,93	80,63	76,33	50,70	61,10
Інтенсивна система землеробства (мін. добрива)	0–10	67,07	42,00	26,23	51,03	31,87	19,93
	10–20	40,50	22,73	31,70	30,70	17,30	24,60
	20–30	56,80	15,93	30,83	43,07	12,23	23,50
	30–40	32,23	14,23	30,70	24,50	10,97	23,30
<i>HIP₀₅</i>		2,92	5,12	2,43	2,27	2,75	1,86

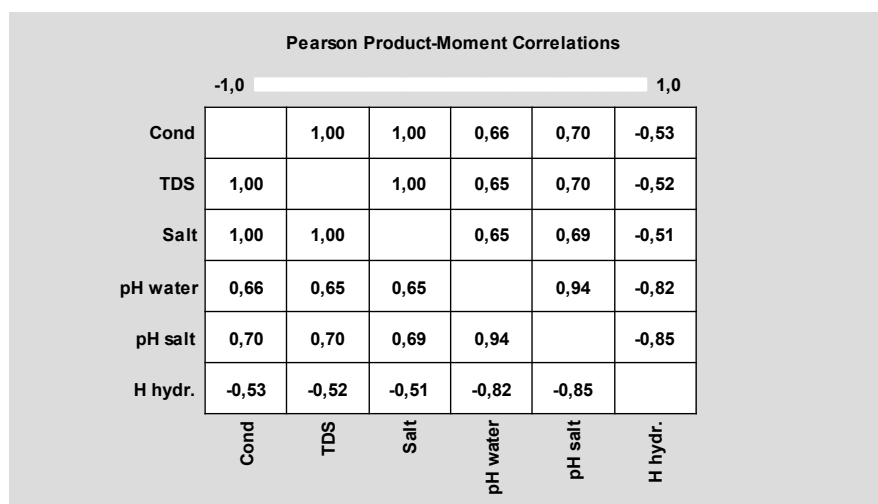


Рис. 2 Кореляційна матриця річних даних

показники електропровідності, а внесення органічних добрив – кращій іонізації ґрунту, на що вказує вищий, порівняно з інтенсивною системою землеробства, рівень показників електропровідності.

Зниження показників електропровідності у варіанті інтенсивної системи землеробства пов'язано зі значним підкисленням ґрунту і свідчить про необхідність проведення додаткових досліджень та корегування діючої системи удобрення, зокрема рекомендується провести

вапнування. Зниження електропровідності також може бути спричинене зменшенням вмісту доступних елементів живлення, органічної речовини, або послабленням біологічної активності ґрунту.

Література

1. 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.

2. Viliam Nagy, Gábor Milics, Norbert Smuk, Attila József Kovács, István Balla, Márton Jolánkai, József Deákvári, Kornél D. Szalay, László Fenyvesi, Vlasta Štekauerová, Zoltán Wilhelm, Kálmán Rajkai, Tamás Németh, Miklós Neményi (2013). Continuous field soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (ECa) measurement. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 61, 4, 305–312. DOI: 10.2478/johh-2013-0039.
3. Горбань В. А., Гуслистий А. О., Мандригеля М. В., Погрибняк В. О. Вплив лісової рослинності на діелектричну проникність та електрофізичні показники чорноземів. *Журнал Ґрунтознавство*. 2017. Т 18, № 1–2. С. 38–45.
4. Гамкало З. Г., Бедернічек Т. Ю., Партика Т. В., Партем Ю. П. Питома електропровідність водних суспензій ґрунту як експрес-критерій ґрунтової діагностики. *Біологічні системи*. Чернівці: ЧНУ. 2012. Т. 4, Вип. 1. С. 16–19.
5. Giuliano Bonanomi, Assunta Esposito, Stefano Mazzoleni. Plant-soil feedback in herbaceous species of Mediterranean coastal dunes. *Biological Letters*. 49(1). 2012. 35–44. DOI: 10.2478/v10120-012-0007-2.
6. He Y., DeSutter T., Prunty L., Hopkins D., Jia X., Wysocki D. Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods. *Geoderma* 2012. 185–186, 12–17.
7. Khorsandi F., Yazdi F. A. Estimation of Saturated Paste Extracts Electrical Conductivity from 1:5 Soil/Water Suspension and Gypsum. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2011. 42. 315–321.
8. Aboukila E. F., Norton J. B. Estimation of Saturated Soil Paste Salinity from Soil Water Extracts. *Soil Sci.* 2017, 182, 107–113.
9. Irena Burzyńska. 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*. No. 43 (X–XII). 2019. 41–48. <https://DOI.org/10.2478/jwld-2019-0061>.
10. Гамкало З. Г. Екологічна якість ґрунту: Навчальний посібник. Львів. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. 2008. 232 с.
11. Yuriy Dreval, Valentyna Loboichenko, Alexandr Malko, Andrey Morozov, Svitlana Zaika, Viktor Kis (2020). The Problem of Comprehensive Analysis of Organic Agriculture as a Factor of Environmental Safety. *Environmental and Climate Technologies*. vol. 24. no. 1. 2020. pp. 58–71 <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0004>.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. Сучасні технології овочівництва відкритого і закритого ґрунту. Ч.1. Закритий ґрунт. Навчальний посібник. Вінниця: Нова Книга. 2008. С. 76–81.
- Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Agronomy. 195. 1. 5. 97–101. (In Ukrainian).
2. Viliam Nagy, Gábor Milics, Norbert Smuk, Attila József Kovács, István Balla, Márton Jolánkai, József Deákvári, Kornél D. Szalay, László Fenyvesi, Vlasta Štekauerová, Zoltán Wilhelm, Kálmán Rajkai, Tamás Németh, Miklós Neményi (2013). Continuous field soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (ECa) measurement. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 61, 4, 305–312. DOI: 10.2478/johh-2013-0039.
3. Horban V.A., Huslystyy A.O., Mandryhela M.V., Pohribnyak V.O. (2017). Influence of forest vegetation on dielectric constant and electrophysical parameters of black earth. *Soil Science Magazine*. 18. 1–2. 38–45. (In Ukrainian).
4. Hamkalo Z.G., Bedernichek T.Yu., Partyka T.V., Partem Y.P. (2012). The electrical conductivity of water suspensions of soil as a rapid diagnostic test of soil. *Biological systems*. 4. 1. 16–19. (In Ukrainian).
5. Giuliano Bonanomi, Assunta Esposito, Stefano Mazzoleni (2012). Plant-soil feedback in herbaceous species of Mediterranean coastal dunes. *Biological Letters*. 49(1). 35–44. DOI: 10.2478/v10120-012-0007-2.
6. He Y., DeSutter T., Prunty L., Hopkins D., Jia X., Wysocki D. (2012). Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods. *Geoderma*. 185–186, 12–17.
7. Khorsandi F., Yazdi F. A. (2011). Estimation of Saturated Paste Extracts Electrical Conductivity from 1:5 Soil/Water Suspension and Gypsum. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 42. 315–321.
8. Aboukila E. F., Norton J. B. (2017). Estimation of Saturated Soil Paste Salinity from Soil Water Extracts. *Soil Sci.* 182, 107–113.
9. Irena Burzyńska (2019). 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*. No. 43 (X–XII). 41–48. <https://DOI.org/10.2478/jwld-2019-0061>.
10. Hamkalo Z.G. (2008). Ecological quality of soil. Lviv. Ivan Franko Publishing Center. 232 p. (In Ukrainian).
11. Yuriy Dreval, Valentyna Loboichenko, Alexandr Malko, Andrey Morozov, Svitlana Zaika, Viktor Kis (2020). The Problem of Comprehensive Analysis of Organic Agriculture as a Factor of Environmental Safety. *Environmental and Climate Technologies*. vol. 24. no. 1. pp. 58–71 <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0004>.
12. Dosphehov B. A. (1985). Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 351 p. (In Russian).
13. Hil L. S., Pashkovskyy A. I., Sulima L. T. (2008). Modern technologies of open and closed soil vegetable growing. P.1. Closed ground. Vinnitsia: New Book. P. 76–81. (In Ukrainian).

References

1. Pasichnyk, N.A., Lohinova, I.V., Kucheruk, A.V. (2014). Functional diagnostics as a method for predicting the effectiveness of corn fertilizers.