



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.4:631.67

© 2023

АГРОГЕННІ ЗМІНИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЗДОРОВ'Я ЧОРНОЗЕМНИХ ҐРУНТІВ ЗА ТРИВАЛОГО ВПЛИВУ ІРИГАЦІЇ

Л.І. Воротинцева¹, Р.В. Панарін²

¹доктор сільськогосподарських наук

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

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: ¹vorotyntseva_ludmila@ukr.net, ²panarinrv1453@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-8372-6514, ²0000-0003-4266-721X

Надійшла 31.07.2023

Мета. Оцінити довготривалий вплив зрошення за використання різної за якістю води на показники сольового складу, склад обмінних катіонів ґрунтового вбирного комплексу як індикатори здоров'я чорноземних ґрунтів з метою сталого управління їх якістю та родючістю. **Методи.** Польовий — для проведення довготривалих досліджень у польовому досліді; лабораторно-аналітичний — для визначення хімічного складу зрошувальної води, сольового складу ґрунту, складу обмінних катіонів ґрунтового вбирного комплексу (ҐВК); аналізу, теоретичного узагальнення, синтезу — для оцінювання довготривалого впливу зрошення на показники властивостей зрошуваних ґрунтів залежно від якості поливної води, для аналізу часових трендів змін умісту водорозчинних солей у досліджуваних ґрунтах; статистичний — для проведення дисперсійного аналізу за допомогою програмного забезпечення STATISTICA. Дослідження проводили на 2-х об'єктах — стаціонарах, що розміщуються в різних ґрунтово-кліматичних зонах (Лісостепу та Степу) і різняться за рівнем антропогенного навантаження. **Результати.** На основі аналізу багаточасових трендів умісту водорозчинних солей та обмінних катіонів у зрошуваних чорноземах типовому і звичайному за використання для поливів придатної та непридатної води встановлено, що зі збільшенням терміну зрошення продовжується подальша поступова трансформація складу водорозчинних солей і складу ґрунтового вбирного комплексу, ступінь яких визначається хімічним складом поливної води, зрошувальними нормами, тривалістю іригації, культурою землеробства. За зрошення прісною водою 1 класу якості загальний уміст та вміст токсичних солей не змінився, але відбулася трансформація складу солей. Співвідношення водорозчинних Ca:Na у профілі ґрунту 0–50 см зменшилося з 5,43–4,14:1 до 2,50–1,42:1. За зрошення чорнозему звичайного мінералізованою непридатною водою зміни значень

цього показника були більш істотними (з 5,20–2,61 : 1 до 0,55–0,71 : 1), що свідчить про деградаційну трансформацію властивостей ґрунту. **Висновки.** Установлено, що зі збільшенням терміну іригації зберігаються тенденції щодо змін сольового складу та складу обмінних катіонів чорноземів звичайного та типового, які визначаються якістю поливної води, терміном зрошення, рівнем застосування заходів із хімічної меліорації ґрунтів та культурою землеробства. Визначено ступінь агрогенної трансформації сольового складу та складу обмінних катіонів за довготривалого систематичного зрошення при використанні прісної та мінералізованої води. Доведено, що одним з інформативних індикаторів здоров'я зрошуваного ґрунту є ступінь засолення та солонцюватості, який визначає його якісний стан, родючість, виконання екосистемних послуг і функцій.

Ключові слова: чорнозем, водорозчинні солі, сольовий склад, обмінні катіони, зрошувальна вода, здоров'я ґрунту.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202312-02>

В умовах кліматичних змін зрошення відіграє важливу роль у забезпеченні сталого розвитку аграрного сектору економіки та продовольчої безпеки країни [1–5]. В Україні загальнонаціональні пріоритети, основні стратегічні напрями та засади державної політики в галузі використання й охорони водних ресурсів, розвитку зрошення й дренажу закріплено у Водній стратегії України на період до 2050 року [6] та Стратегії зрошення і дренажу в Україні на період до 2030 року [7]. Одним зі шляхів досягнення мети цих Стратегій є розвиток системи моніторингу та вдосконалення управління водними ресурсами, відновлення та збільшення площ зрошуваних земель і дренажних систем, збереження та відтворення родючості ґрунтів як основного об'єкта меліорації. Проте повномасштабна агресія рф унеможливила виконання затверджених планів і заходів з реалізації цих стратегій. Великі площі зрошуваних земель перебувають під окупацією, ґрунтовий покрив зазнає значних пошкоджень і руйнувань. Воєнні дії у Донецькій обл. призвели до забруднення природних вод, ґрунтів, погіршення їх якісного стану, зниження рівня надання екосистемних послуг та здоров'я ґрунту загалом. Воєнним екоцидом є підрив греблі Каховської ГЕС, унаслідок чого постраждали значні площі земель у зоні затоплення й підтоплення, зокрема й зрошувані землі, що потребує розроблення заходів з усунення негативних наслідків.

Оскільки зрошувані землі — гарант забезпечення сталого розвитку аграрного сектору економіки, продовольчої безпеки країни, актуальними є моніторингові дослідження з вивчення впливу зрошення на його фізичні, фізико-хімічні, біологічні властивості, якісний стан і здоров'я ґрунту за використання природних вод різної якості з метою ухвалення управлінських рішень [8–11]. Аналіз публікацій свідчить про те, що цей напрям досліджень є актуальним у світі. Під час досліджень зрошуваних земель використовується системний підхід з вивченням 3 взаємопов'язаних компонентів: зрошувальної води, зрошуваного ґрунту та вирощуваних культур. Тому зміна якісного стану одного з них впливає на стан системи загалом [12].

При вивченні зрошуваних земель досліджуються такі питання: вплив тривалого зрошення солоною водою на ґрунти та їх продуктивність, що є поширеною практикою в посушливих регіонах за нестачі прісних джерел води для іригації [13, 14]; використання очищених стічних вод як джерела зрошення та вплив на стан ґрунту [15, 16]; застосування різних способів краплинного зрошення [17]; управління зрошуваними землями для сталого розвитку та забезпечення якості і здоров'я ґрунту [18, 19].

Дедалі більшого значення набувають питання щодо здоров'я ґрунту. Відповідно до Добровільних принципів сталого менеджменту ґрунтових ресурсів [20] цілі сталого розвитку визначають необхідність

відновлення деградованих ґрунтів і поліпшення здоров'я ґрунту. У науковій літературі є різні тлумачення цього терміна. У роботі [21] здоров'я ґрунту визначається як його здатність функціонувати як життєво важлива жива система в межах екосистеми і землекористування, підтримувати продуктивність рослин і тварин, поліпшувати якість води і повітря, сприяти здоров'ю рослин і тварин. Відповідно до Переглянутої Всесвітньої хартії ґрунтів [22] здоров'я ґрунту є однією з головних умов, необхідних для задоволення різноманітних потреб у продовольстві, біомасі (енергії), кормах та інших видах продукції, а також для забезпечення основних екосистемних послуг у всіх регіонах світу. Для оцінювання здоров'я та якості ґрунту з метою раціонального його використання застосовують різні концептуальні підходи та індикатори [23, 24].

Мета досліджень — оцінити довготривалий вплив зрошення на показники сольового складу, склад обмінних катіонів ґрунтового вбирного комплексу як індикаторів здоров'я чорноземних ґрунтів для сталого управління їх якістю та родючістю.

Матеріали та методи досліджень. Під час досліджень використовували методи моніторингових і польових досліджень, лабораторно-аналітичний, аналізу і теоретичного узагальнення, синтезу, статистичний. Дослідження проводили на 2-х об'єктах — стаціонарах, розміщених у різних ґрунтово-кліматичних зонах, які різняться за рівнем антропогенного навантаження, — Лівобережному Лісостепу (Харківська обл., Харківський р-н, Мереф'янський стаціонар) та Північному Степу (Донецька обл., Волноваський р-н, Мар'їнський стаціонар). Для іригації використовують різні за якістю зрошувальні води, які визначають спрямованість змін ґрунтових процесів і показників властивостей досліджуваних ґрунтів. Термін іригації — понад 50 років. На обох об'єктах спочатку застосовували спосіб поливу дощуванням, а впродовж останніх років — краплинне зрошення. Рівень залягання підґрунтових вод — глибше 5 м від поверхні (автоморфні умови).

Дослідження на Мереф'янському стаціонарі (об'єкт 1) (географічні координати 49°45'.58.00" пн. ш., 36°01'31.30" сх. д.)

проводили в умовах стаціонарного польового досліді в овочево-кормовій сівозміні (виробниче поле Інституту овочівництва і баштанництва НААН). Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем типовий важкосуглинковий. Для зрошення використовували прісну воду з річки Мжа.

На Мар'їнському стаціонарі (об'єкт 2) дослідження проводили на моніторингових майданчиках (зрошуваному та незрошуваному), які використовуються у виробничих умовах в овочево-кормовій сівозміні (географічні координати 47°58'29.58" пн. ш., 37°09'45.42" сх. д.). Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем звичайний легкоглинистий гранулометричного складу. Тривале зрошення проводили мінералізованою водою з Курахівського водосховища.

При оцінюванні довготривалого впливу зрошення на показники властивостей зрошуваних ґрунтів було використано власні дані, результати досліджень співробітників лабораторії, а також фондові матеріали лабораторії родючості зрошуваних і солонцевих ґрунтів з метою оцінювання багаторічного впливу зрошення на властивості та стан чорноземних ґрунтів, визначення прогнозованих напрямів їх розвитку. Проаналізовано багаточасові ряди спостережень за показниками фізико-хімічних і хімічних властивостей ґрунтів досліджуваних об'єктів.

Проби ґрунту відбирали на глибині 100 см суцільною колонкою через кожні 25 см. У пробах ґрунту визначали сольовий склад за методом водної витяжки — за ДСТУ 7943:2015, ДСТУ 7944:2015, ДСТУ 7945:2015, ДСТУ 7908:2015, ДСТУ 7909:2015, рН водної витяжки — за ДСТУ 8346:2015, уміст обмінних катіонів — за ДСТУ 7604:2014, ДСТУ 7912:2015.

Як один з індикаторів здоров'я зрошуваних чорноземів використовували такі показники, як ступінь засолення та солонцюватості ґрунту.

Результати досліджень. Відмінністю чорноземних ґрунтів на об'єктах досліджень є різне антропогенно-меліоративне навантаження, якого вони зазнають унаслідок тривалого зрошення за використання води, що різниться за хімічним складом і мінералізацією (табл. 1). Вода річки Мжа, яка є джерелом поливної води на Мереф'янському

Хімічний склад зрошувальної води

| Значення показника | Мінералізація води, г/дм ³ | рН вод | Уміст іонів, мг-екв./дм ³ | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------|--------------------------------------|------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|
| | | | HCO ₃ ⁻ | СГ | SO ₄ ²⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ |
| <i>Річка Мжа (Мереф'янський стаціонар)</i> | | | | | | | | | |
| Середнє | 0,65 | 7,8 | 6,6 | 1,2 | 1,2 | 4,2 | 2,5 | 2,2 | 0,10 |
| Min | 0,60 | 7,4 | 6,1 | 0,8 | 0,8 | 3,4 | 2,0 | 1,5 | 0,09 |
| Max | 0,72 | 8,1 | 8,0 | 1,5 | 2,5 | 4,9 | 4,1 | 2,9 | 0,16 |
| Стандартне відхилення | 0,18 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,10 |
| <i>Курахівське водосховище (Мар'їнський стаціонар)</i> | | | | | | | | | |
| Середнє | 2,65 | 7,7 | 3,8 | 15,7 | 20,5 | 4,8 | 1,8 | 35,2 | 0,18 |
| Min | 2,51 | 7,3 | 3,4 | 15,0 | 19,4 | 3,5 | 1,1 | 33,0 | 0,10 |
| Max | 2,90 | 8,1 | 4,8 | 17,2 | 24,0 | 5,3 | 2,5 | 37,9 | 0,30 |
| Стандартне відхилення | 0,29 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |

стаціонарі, упродовж усього періоду спостережень характеризувалася як прісна, її мінералізація в середньому становила 0,65 г/дм³ (стандартне відхилення $S=(\pm 0,18)$ г/дм³), тип солей — гідрокарбонатний кальцієвий. За реакцією середовища поливна вода була лужною, рН_{вод} варіював із 7,4 до 8,1 ($S=(\pm 0,31)$). За іригаційною оцінкою — придатною для зрошення за агрономічними (згідно з ДСТУ 2730:2015) та екологічними критеріями (згідно з ДСТУ 7286:2012).

Вода Курахівського водосховища, що є джерелом зрошення на Мар'їнському стаціонарі, упродовж усього періоду досліджень характеризувалася як мінералізована. Середнє значення мінералізації становило 2,65 г/дм³ (стандартне відхилення $S=(\pm 0,29)$ г/дм³), тип солей — хлоридно-сульфатний натрієвий. Реакція середовища є лужною, рН_{вод} варіював від 7,3 до 8,1 ($S=(\pm 0,30)$). Згідно з ДСТУ 2730:2015 поливна вода оцінюється як непридатна для зрошення (III клас) за агрономічними критеріями (небезпекою засолення й осолонцювання ґрунту) та обмежено придатна (II клас) за безпекою підключення ґрунту. За екологічними критеріями, умістом важких металів (згідно з ДСТУ 7286:2012) вона є обмежено придатною за вмістом свинцю та непридатною за вмістом сполук таких токсичних металів, як свинець та кобальт.

Зрошувальна вода (залежно від її хімічного складу та якості) як антропогенний чинник впливає на водний режим ґрунту,

спрямованість ґрунтових процесів, фізичні, фізико-хімічні, біологічні властивості ґрунту, його еколого-агромеліоративний стан та здоров'я [25]. Дослідженнями встановлено, що зі зростанням терміну зрошення продовжуються подальші поступові зміни сольових процесів, трансформація складу водорозчинних солей і складу ґрунтового вбирного комплексу, ступінь яких визначається хімічним складом поливної води, зрошувальними нормами, культурою землеробства тощо. Досліджувані чорноземи характеризувалися автоморфними умовами, тому підґрунтова вода не є додатковим джерелом солей і не впливають на перерозподіл солей за профілем ґрунту й формування горизонту сольових акумуляцій.

Для зрошуваних земель показники сольового режиму ґрунту, на нашу думку, є одними з діагностичних індикаторів еколого-агромеліоративного стану та здоров'я ґрунту. Дослідженнями [26] на Мереф'янському стаціонарі встановлено вплив зрошення на сольовий склад ґрунту впродовж 24 років з початку іригації. Аналіз даних за подальшого застосування зрошення прісною водою 1 класу якості за агрономічними критеріями (зі збільшенням терміну) свідчить про збереження встановленої закономірності, а ступінь змін сольового режиму є слабовираженим.

За довготривалого зрошення загальний уміст водорозчинних солей у шарі 0–50 см, що зазнає найбільшого впливу, достовірно не змінився порівняно з незрошуваним

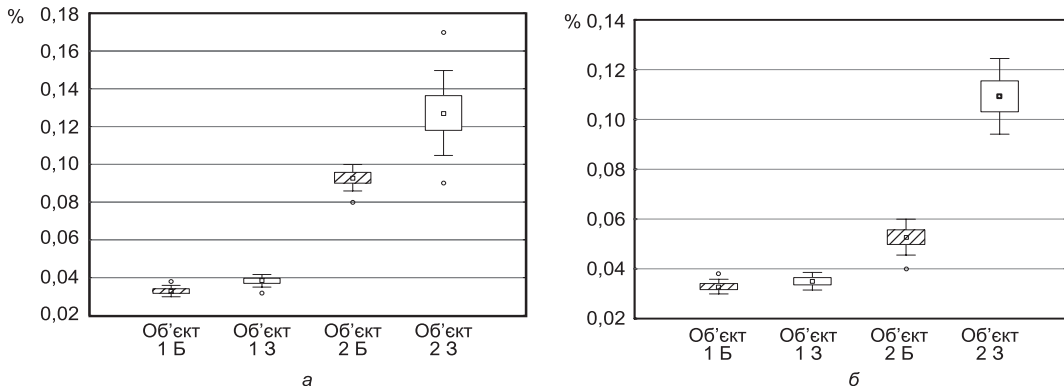


Рис. 1. Уміст водорозчинних солей у ґрунтах об'єктів досліджень (позначено середній показник, стандартне відхилення, довірчий інтервал за $p=0,95$ та викиди): □ — уміст водорозчинних/токсичних солей у зрошуваному ґрунті, ▨ — уміст водорозчинних/токсичних солей у незрошуваному ґрунті; об'єкт 1 Б — Мереш'янський стаціонар, без зрошення; об'єкт 1 З — Мереш'янський стаціонар, зрошення; об'єкт 2 Б — Мар'їнський стаціонар, без зрошення; об'єкт 2 З — Мар'їнський стаціонар, зрошення; а — загальний уміст водорозчинних солей; б — уміст токсичних солей

аналогом (рис. 1). Так, загальний уміст водорозчинних солей у цьому шарі становив 0,04–0,05% ($\pm 0,01\%$), токсичних солей — 0,03% ($\pm 0,01\%$). Униз за профілем ґрунту під дією води спостерігалось незначне вилуговування легкорозчинних солей, але без формування горизонту їх акумуляції. При цьому чорнозем типовий цього стаціонару характеризувався як незасолений згідно з ДСТУ 7827:2015. У багаторічному циклі формується стабільний сольовий режим, у сезонному — сезонно зворотний із незначними коливаннями вмісту легкорозчинних солей упродовж весняно-літнього та осінне-зимово-весняного періодів.

Однак за тривалої дії зрошувальної води відбулися зміни якісного складу водорозчинних солей чорнозему типового [26]. Проведеними дослідженнями на цьому об'єкті зафіксовано наявність трансформації катіонно-аніонного складу водної витяжки. Так, порівняно з незрошуваним аналогом у профілі ґрунту відзначено тенденцію до підвищення вмісту водорозчинного натрію та зниження вмісту водорозчинного кальцію, ступінь якого визначали меліоративним навантаженням на ґрунт. Аналіз часових трендів цього показника свідчить про найактивніші зміни впродовж перших років зрошення, пізніше вони уповільнилися.

Нами встановлено, що внаслідок тривалої іригації співвідношення водорозчинних

Са:Na у профілі ґрунту (0–50 см) зменшилось з 5,43–4,14:1 до 2,50–1,42:1. Найбільш істотне воно у верхньому шарі 0–50 см, який є зоною більш активного вологообміну. Дослідження підтверджують, що ця тенденція зберігалась зі збільшенням терміну іригації чорнозему типового. Аналіз трендів умісту водорозчинних і токсичних солей дає можливість зробити експертний прогноз, що за подальшого зрошення прісною водою 1 класу якості значних змін їх умісту не відбувається (рис. 2).

Аналіз тренду умісту рН вод чорнозему типового свідчить про підвищення лужності ґрунту під дією зрошувальної води гідрокарбонатного складу на 0,2–0,5 од. порівняно з незрошуваним аналогом.

Отже, за даними сольового складу, здоров'я чорнозему типового характеризується як добре.

За довгострокового зрошення мінералізованою водою зміни сольового складу чорнозему звичайного (Мар'їнський стаціонар) є більш істотними порівняно з Мереш'янським стаціонаром. Проведений нами аналіз трендів загального вмісту водорозчинних і токсичних солей у чорноземі звичайному свідчить про зміну значень цих показників упродовж періоду досліджень (див. рис. 1). За інтенсивного зрошення ґрунту в овочевій сівозміні відбувалася активізація галохімічних процесів

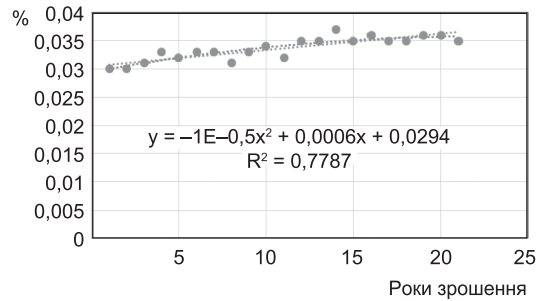
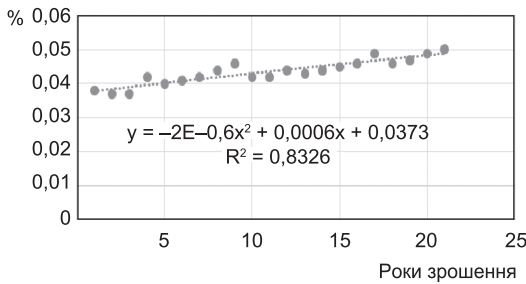


Рис. 2. Тренди вмісту водорозчинних солей у чорноземі типовому (Мереф'янський стаціонар): а — загальний вміст водорозчинних солей; б — вміст токсичних солей

[25]. Так, загальний вміст водорозчинних солей зростав до 0,15–0,16%, токсичних — до 0,11–0,12%, що характеризувало ґрунт як засолений. Концентрація солей підвищувалася за рахунок хлоридів і сульфатів натрію та магнію.

Багаторічні дослідження свідчать про те, що зі зменшенням зрошувальних норм і послабленням дії поливної води спостерігалось поступове гальмування галохімічних процесів, що позначилося на загальному вмісті водорозчинних і токсичних солей. Узагальнення даних показало, що в багаторічній динаміці для зрошеного чорнозему звичайного характерним є сезонно-зворотний тип накопичення солей з тенденцією до зростання їх концентрації в окремі роки.

Дослідженнями галохімічних процесів встановлено, що за подальшого зрошення мінералізованою водою встановлені тенденції зберігаються (рис. 3). Концентрація токсичних солей у шарі 0–50 см була

на рівні 0,09–0,12%, тобто за ступенем засолення ґрунт досягнув верхньої межі категорії «незасолений» і нижньої межі засолення ґрунту. За краплинного зрошення мінералізованою водою під час моніторингового обстеження ґрунтів цього об'єкта візуально спостерігали білі смуги з вицвітами солей. За цього способу іригації навантаження на ґрунт зростає, тому рівень здоров'я ґрунту за вмістом токсичних солей характеризується як задовільний.

Можна прогнозувати, що за подальшого зрошення такою водою (без проведення заходів із поліпшення її якості) спостерігатимуться подальші зміни властивостей ґрунту. Для припинення розвитку деградаційних процесів слід застосовувати комплексні синергічні меліоративні заходи.

Унаслідок трансформації складу солей та зміни типу засолення на хлоридно-сульфатний магнієво-натрієвий за активного вимивання кальцію під час тривалого зрошення значно зменшилося співвідношення

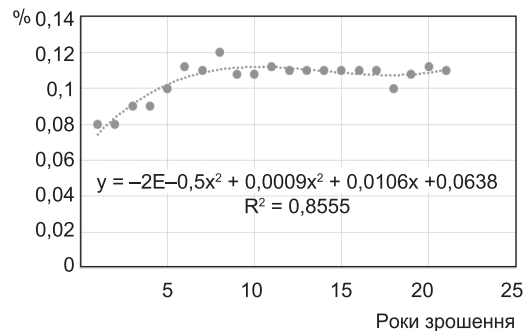
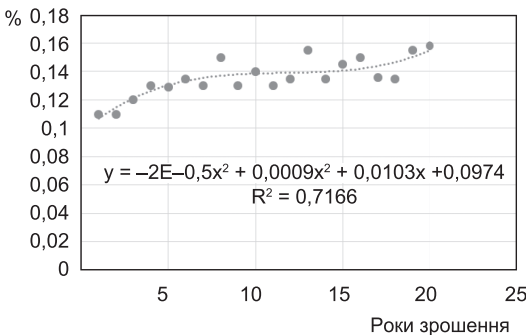


Рис. 3. Тренди вмісту водорозчинних солей у чорноземі звичайному (Мар'їнський стаціонар): а — загальний вміст водорозчинних солей; б — вміст токсичних солей

водорозчинних Ca:Na (шар 0–100 см) з 5,20–2,61:1 до 0,50–0,71:1, що свідчить про розвиток процесу осолонцювання та погіршення властивостей чорнозему звичайного. За зрошення відбулося підвищення $pH_{\text{вод}}$ порівняно з незрошуваним аналогом — з 7,4–7,9 до 8,0–8,3, що підтверджує підлучення ґрунту.

Трансформація іонно-сольового складу водної витяжки призводить до змін складу ґрунтового вбирного комплексу, ступінь прояву яких визначається буферними властивостями ґрунту, якістю поливної води, тривалістю зрошення та зрошувальними нормами, застосуванням меліоративних заходів та ін. Цей показник є інформативним індикатором здоров'я зрошуваного ґрунту.

З початком зрошення чорнозему типового прісною водою було встановлено тенденцію поступового незначного зниження абсолютних і відносних значень вмісту обмінного кальцію. Упродовж 24 років його відносний вміст зменшився з 83,5% (незрошуваний ґрунт) до 77,6% (зрошуваний ґрунт) [26], магнію та натрію, навпаки, збільшився. Подальшими дослідженнями на цьому стаціонарі встановлено, що зі збільшенням терміну іригації відносний вміст обмінного кальцію зменшився до 72–74%, обмінного натрію — підвищився до 1,6–1,8% від суми обмінних катіонів. Абсолютний вміст солонцюючого катіону натрію підвищився до 0,8–0,9 мг-екв./100 г ґрунту (рис. 4). Орний шар чорнозему типового характеризувався як несолонцюватий. На основі оцінювання ступеня солонцюватості рівень здоров'я цього ґрунту характеризується як добрий.

В умовах зрошення мінералізованою водою процеси трансформування ґрунтового вбирного комплексу є інтенсивнішими, а ступінь прояву деградаційних процесів — вищим (див. рис. 4). Дослідженнями

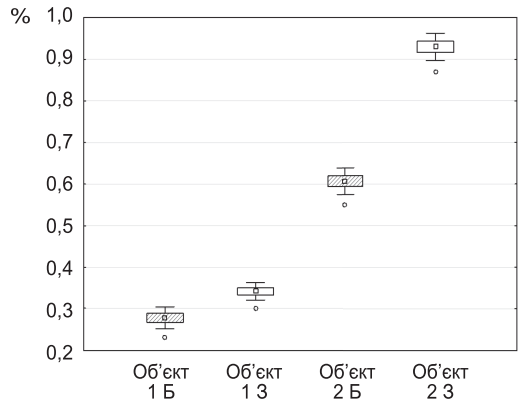


Рис. 4. Уміст обмінного натрію в ґрунтах об'єктів досліджень (позначено середній показник, стандартне відхилення, довірчий інтервал за $p=0,95$ та викиди): □ — уміст обмінного натрію в зрошуваному ґрунті, ▨ — уміст обмінного натрію в незрошуваному ґрунті; об'єкт 1Б — Мереш'янський стаціонар, без зрошення; об'єкт 13 — Мереш'янський стаціонар, зрошення; об'єкт 2Б — Мар'їнський стаціонар, без зрошення; об'єкт 23 — Мар'їнський стаціонар, зрошення

на цьому об'єкті встановлено, що за подальшого зрошення із застосуванням води, непридатної за небезпекою осолонцювання ґрунту, спостерігалось подальше поступове зниження абсолютного та відносного вмісту обмінного кальцію (з 80 до 68–70%) та підвищення вмісту обмінного натрію (з 0,4 до 2,6–2,8%). При цьому верхні шари ґрунту (0–25 і 25–50 см) класифікувалися згідно з ДСТУ 3866-99 як слабосолонцюваті, а вміст обмінних $Na+K\%$ від суми обмінних катіонів становив 4,2–4,8%. Тому для поліпшення якісного стану цього ґрунту слід застосовувати заходи щодо запобігання розвитку процесу осолонцювання. За таким показником рівень здоров'я чорнозему звичайного характеризується як задовільний.

Висновки

Моніторинговими дослідженнями на довготривалих стаціонарних об'єктах визначено, що зі зростанням терміну іригації зберігаються встановлені тенденції та спрямованість змін сольового

складу та складу обмінних катіонів, які залежать від якості зрошувальної води, зрошувальних норм і впливають на властивості ґрунту та рівень його здоров'я. Установлено, що вміст водорозчинних

солей у досліджуваних чорноземах характеризувався часовою варіабельністю, яка найбільшою мірою проявлялася впродовж перших років зрошення. Після досягнення ґрунтом квазірівноважного стану темпи змін уповільнилися. За довготривалого зрошення прісною водою загальний уміст водорозчинних солей у шарі 0–50 см достовірно не змінився порівняно з незрошуваним аналогом, проте відбулися зміни якісного складу солей (співвідношення водорозчинних Ca:Na зменшилося з 5,43–4,14:1 до 2,50–1,42:1). В овочевій сівозміні за зрошення мінералізованою водою внаслідок активізації галохімічних процесів ці зміни були більш істотними

(співвідношення Ca:Na зменшилося з 5,20–2,61:1 до 0,50–0,71:1). Зі збільшенням терміну іригації непридатною водою поступово знижувався уміст обмінного кальцію (з 80 до 68–70%), обмінного натрію, навпаки, — зростав (з 0,4 до 2,6–2,8%), що призвело до розвитку деградаційного процесу осолонцювання та впливало на якість ґрунту. Дослідженнями встановлено, що ступінь засолення та солонцюватості ґрунту є одним з індикаторів його здоров'я, які визначають його родючість, рівень виконання екосистемних послуг і функцій та є підставою для розроблення управлінських рішень, що базуються на даних моніторингових досліджень.

Vorotyntseva L.¹ Panarin R.²

NSC «Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovskiy», 4 Chaikovska Str., 61024; Kharkiv, Ukraine; e-mail: ¹vorotyntseva_ludmila@ukr.net, ²panarinrv1453@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-8372-6514, ²0000-0003-4266-721X

Agrogenic changes in the physicochemical properties and health of chernozem soils under the long-term influence of irrigation

Goal. To assess the long-term impact of irrigation using water of different quality on indicators of salt composition, the composition of exchangeable cations of the soil absorption complex as indicators of the health of chernozem soils for sustainable management of their quality and fertility. **Methods.** Field — for conducting long-term research in a field experiment; laboratory-analytical — for determination of the chemical composition of irrigation water, the salt composition of the soil, the composition of exchangeable cations of the soil absorbing complex (SAC); analysis, theoretical generalization, synthesis — for assessing the long-term impact of irrigation on the properties of irrigated soils depending on the quality of irrigation water, analyzing time trends in changes in the content of water-soluble salts in the studied soils; statistical — for variance analysis using the STATISTICA software. The research was conducted at 2 stationary facilities located in different soil-climatic zones (Forest Steppe and Steppe) and differing in the level of anthropogenic load. **Results.** Based on the analysis of long-term trends in the content of water-soluble salts and exchangeable cations in irrigated chernozems (typical and ordinary) at the use of suitable and unsuitable water for irrigation, it was established

that with an increase in the duration of irrigation, further gradual transformation of the composition of water-soluble salts and the composition of the soil absorption complex, the degree of which was determined by the chemical composition of irrigation water, irrigation standards, duration of irrigation, and farming culture. During irrigation with fresh water of the 1st quality class, the total content and content of toxic salts did not change, but there was a transformation of the composition of salts. The water-soluble Ca:Na ratio in the 0–50 cm soil profile decreased from 5.43–4.14:1 to 2.50–1.42:1. When irrigating ordinary chernozem with mineralized unsuitable water, the changes in the values of this indicator were more significant (from 5.20–2.61:1 to 0.55–0.71:1), which indicated a degradation transformation of soil properties. **Conclusions.** It was found that with the increase in the irrigation period, the trends were preserved regarding changes in the salt composition and the composition of exchangeable cations of ordinary and typical chernozems, which were determined by the quality of irrigation water, the irrigation period, the level of application of chemical soil reclamation measures, and the culture of agriculture. The degree of agrogenic transformation of the salt composition and the composition of exchangeable cations during long-term systematic irrigation using fresh and mineralized water was determined. It was proven that one of the informative indicators of the health of irrigated soil was the degree of salinity and salinity, which determined its quality, fertility, and the performance of ecosystem services and functions.

Key words: chernozem, water-soluble salts, salt composition, exchangeable cations, irrigation water, soil health.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202312-02>

Бібліографія

1. Ромащенко М.І., Балюк С.А., Вергунов В.А. та ін. Сталій розвиток меліорації земель в Україні в умовах змін клімату. *Аграрні інновації*. 2020. № 3. С. 59–64.
2. Kulyakwawe P.D., Wen Y., Shiwei X. Overcoming climate change challenges: The role of irrigation in enhancing rice yield in Tanzania. *Economics Management and Sustainability*. 2023. V. 8. Is. 1. P. 58–71. doi: 10.14254/jems.2023.8-1.6
3. Alotaibi M., Alhajeri N., Al-Fadhli F. et al. Impact of climate change on crop irrigation requirements in arid regions. *Water Recourses Management*. 2023. V. 37. P. 1965–1984. doi: 10.1007/s11269-023-03465-5
4. Shitu K. Agricultural impact of climate change and its adaptation strategies by small-scale irrigation in ethiopia: A Review. *Advances in Environmental Studies*. V. 6. Is. 1. P. 484–488. doi: 10.36959/742/246
5. Tian X., Dong J., Jin S. et al. Climate change impacts on regional agricultural irrigation water use in semi-arid environments. *Agricultural Water Management*. 2023. V. 281. doi: 10.1016/j.agwat.2023.108239
6. Водна стратегія України на період до 2050 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 9.12.2022 р. № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
7. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.09.2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/688-2019-p>
8. Воротинцева Л.І., Панарін Р.В. Зміни показників стану зрошуваного чорнозему звичайного Степу Північного та надання ним екосистемних послуг. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 128. С. 333–340. doi: 10.32851/2226-0099.2022.128.46
9. Adejumbi M.A., Ojediran J.O., Onofua O.E. Impact of irrigation practices on soil physicochemical properties of josepdam irrigation scheme. *J. of Engineering Research and Reports*. 2022. V. 23. Is. 2. P. 29–39. doi: 10.9734/jerr/2022/v23i217594
10. Wei C., Li F., Yang P. et al. Effects of irrigation water salinity on soil properties, N₂O emission and yield of spring maize under mulched drip irrigation. *Water*. 2019. V. 11 (1548). doi: 10.3390/w11081548
11. Li P., Zhang H. Cover crop by irrigation and fertilization improves soil health and maize yield: Establishing a soil health index. *Applied Soil Ecology*. 2023. V. 182. doi: 10.1016/j.apsoil.2022.104727
12. Aqdam K., Rezapour S., Asadzadeh F. et al. An integrated approach for estimating soil health: Incorporating digital elevation models and remote sensing of vegetation. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. V. 210. doi: 10.1016/j.compag.2023.107922
13. Wang H., Zheng C., Ning S. et al. Impacts of long-term saline water irrigation on soil properties and crop yields under maize-wheat crop rotation. *Agricultural Water Management*. 2023. V. 286. doi: 10.1016/j.agwat.2023.108383
14. Yuan C., Feng S, Wang J. et al. Effects of irrigation water salinity on soil salt content distribution, soil physical properties and water use efficiency of maize for seed production in arid Northwest China. *International J. of Agricultural and biological Engineering*. 2018. V. 11. Is. 3. P. 137–145.
15. Mishra S., Kumar R., Kumar M. Use of treated sewage or wastewater as an irrigation water for agricultural purposes — environmental, health and economic impacts. *Total Environment Research Themes*. 2023. V. 6. doi: 10.1016/j.totert.2023.100051
16. Yahaya S.M., Mahmud A.A., Abdu N. The use of wastewater for irrigation: pros and cons for human health in developing countries. *Total Environment Research Themes*. 2023. V. 6. doi: 10.1016/j.totert.2023.100044
17. Guardia G., Monistrol-Arcas A., Montoya M. et al. Subsurface drip irrigation reduces CH₄ emissions and ecosystem respiration compared to surface drip irrigation. *Agricultural Water Management*. 2023. V. 285. doi: 10.1016/j.agwat.2023.108380
18. Singh A. Soil salinization management for sustainable development: A review. *Journal of Environmental Management*. 2021. V. 277. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111383
19. Воротинцева Л.І. Системний підхід до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів в умовах змін клімату. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2020. Вип. 89. С. 41–50. doi: 10.31073/acss89-05
20. Добровільні принципи сталого менеджменту ґрунтових ресурсів. FAO and NSC ISSAR, 2019. 16 с.
21. Doran J. W., Sarrantonio M., Liebig M.A. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*. 1996. V. 56. P. 1–54. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60178-9
22. Revised World Soil Charter. Rome, FAO, 2015. 10 p.
23. Zhang J., Li Y., Jia J. et al. Applicability of soil health assessment for wheat-maize cropping systems in smallholders' farmlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2023. V. 353. doi: 10.1016/j.agee.2023.108558
24. Moebius-Clune B.N., Moebius-Clune D.J., Gugino B.K. et al. Comprehensive assessment of soil health. Training Manual. Ithaca, New York, 2017. 123 p.
25. Воротинцева Л.І. Трансформація властивостей чорнозему звичайного за зрошення водами різної якості. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 56–60.