



С. В. Рябков,
кандидат с.-г. наук,
провідний науковий співробітник,
Інститут водних проблем і меліорації,
Національна академія аграрних наук України (м. Київ), Україна
E-mail: srabkov@gmail.com



Н. О. Діденко,
кандидат с.-г. наук,
завідувачка лабораторії мікро зрошення,
Інститут водних проблем меліорації,
Національна академія аграрних наук України (м. Київ),
Україна
E-mail: 9449308nd@gmail.com



О. М. Новачок,
кандидат с.-г. наук,
доцент кафедри гідроінформатики,
Національний університет водного господарства
та природокористування (м. Рівне), Україна
E-mail: o.m.novachok@nuwm.edu.ua

ВПЛИВ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ЯКОСТІ ВОДИ НА ЕКОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ ҐРУНТІВ

Анотація. Проаналізовано процеси формування екологічних функцій чорноземів південних важкосуглинкових в умовах краплинного способу поливу, що забезпечувало зволоження ґрунтів у шарі 0–60 см на рівні 75–80 % НВ водою придатною та обмежено придатною для зрошення за органо-мінеральної, мінеральної й органічної систем удобрення у двох різних локаціях під яблуневими насадженнями на півдні України. Встановлено, що використання сполук азоту відбувалося інтенсивно, щорічне внесення використовувалося деревами і не вимивалося у глибші шари. Зменшення їх вмісту фіксували у весняно-літній період, коли було максимальне засвоєння кореневою системою. Вміст калію і фосфору у ґрунті підвищувався поступово, а після трирічного використання удобрення мав максимальне підвищення. Сстійке підкислення зволоженої товщі ґрунту за поливу водою різної якості фіксували під впливом мінерального удобрення, порівняно з іншими системами. Склад ґрунтового поглинального комплексу у зоні зрошення став іншим, порівняно з ґрунтом у міжряддях, за рахунок змін суми поглинутих катіонів кальцію, натрію і магнію. Було зафіксовано неоднорідність структури за профілем ґрунту на фоні досліджуваних чинників. За вмістом найбільш корисних агрономічно цінних агрегатів зона зволоження диференційована на найбільш неоднорідний (до 10 см) і стабільний (до 50 см) шари ґрунту. Встановлено, що краплинне зрошення з різною якістю води та системами удобрень не порушують екологічних функцій та сприяють росту й розвитку яблуневих насаджень.

Ключові слова: яблуневі насадження, мінеральне добриво, органічні меліоранти, поживні речовини, неоднорідність ґрунту, якість води.

S. V. Riabkov,

PhD of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Institute of Water Problems and Land Reclamation of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Kyiv), Ukraine

N. O. Didenko,

PhD of Agricultural Sciences, Head of Microirrigation Laboratory, Institute of Water Problems and Land Reclamation of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Kyiv), Ukraine

O. M. Novachok,

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor of Hydroinformatics Department, National University of Water and Environmental Engineering National University of Water and Environmental Engineering (Rivne), Ukraine

IMPACT OF DRIP IRRIGATION WITH DIFFERENT FERTILIZER SYSTEMS AND WATER QUALITY ON SOIL ECOLOGICAL FUNCTIONS

Abstract. Management practices to improve irrigated soil ecological functions is important for landscapes supporting plant growth and establishment; however, the science-based knowledge on the impact of variable fertilization and water quality under drip irrigation to evaluate soil ecological functions is lacking in Ukraine. The goal of our research was to evaluate the impact of drip irrigation using diverse fertilization and water quality on the ecological functions of loamy textured Southern Chernozems for sustainable management of apple orchards at two different locations in Southern Ukraine. Field experiments were established in 2009 by applying diverse fertilizer sources – organo-mineral (at 9 dm³/ha), mineral (at N₁₂₀P₃₀₋₉₀K₇₅₋₁₂₀) and organic (at 7 dm³/ha) under drip irrigation with different water quality (suitable vs. partially suitable – I & II categories) to

maintain 75-80% field moisture capacity to a 60 cm depth. Based on field, laboratory, statistical and calculation-comparative research methods, selected chemical, physical, and physicochemical soil properties in the wetting zone, at the boundary of the wetting zone, and in the irrigated rows were determined. Results have shown that fertilizer sources especially mineral fertilization exerted most pronounced effects on soil functions than that of the water quality. A higher amount nitrogen (N) was available from the mineral fertilizer, as compared to organic- and integrated sources, to by the growing apple trees. A significant decrease in easily hydrolyzed N content in the soil was observed during the spring-summer seasons, when the N uptake by roots was maximum to support for healthy apple orchard establishments. Moreover, post-applied mineral N was adequately utilized by the apple trees with a significant reduction in available N leaching into the deeper soils. The available potassium and phosphorus contents in the soil had increased gradually after three years of fertilization and the application of mineral fertilizers with partially suitable water (II category) using for drip irrigation had the highest synergistic impact. Stable acidification of the soil with variable water quality was highest under mineral fertilization than that of other fertilizing inputs. Soil absorption complex (with exchangeable cations) in the wetting zone significantly differed as compared to the irrigated rows due to significant changes in the absorbed calcium, sodium and magnesium concentrations. With soil structural heterogeneity in terms of agronomically important aggregates, the wetting zone soil aggregates were slightly dispersed within 10 cm depth but stable up to 50 cm depth. Based on our research, it is concluded that drip irrigation with diverse water quality significantly improved soil ecological functions under mineral fertilization to support for the growth and development of apple orchards.

Key words: Apple orchards, mineral fertilization, organic amendments, nutrients, soil heterogeneity, water quality.

Постановка проблеми. Ґрунт, як незамінний природний ресурс і основний засіб, що здатний забезпечити сталий соціальний розвиток України, потребує надійного захисту та ефективного управління [1]. Все більше приділяється увага його екологічній ролі у формуванні зрошуваних агроландшафтів. Нині, отримані знання дають змогу підкреслити незамінну їх роль, хоча за умов зрошення краплинним способом досліджень проведено ще замало і це питання потребує більш детального і глибшого вивчення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У зв'язку з екологізацією сільського господарства [2, 3] постає необхідність у дослідженні екологічних функцій ґрунтів [4, 5], або їх агроекологічного потенціалу – здатності бути сільськогосподарськими угіддями, створювати оптимальні умови для росту та розвитку рослин, підтримувати екологічну рівновагу в агроландшафтах та природному середовищі [6, 7]. Класифікація екологічних функцій запропонована багатьма вченими [8–10] і базується на дослідженні фізичних, агрохімічних, хімічних, фізико-хімічних, геохімічних та інших властивостей, що відіграють визначальну роль у пізнанні та формуванні генезису ґрунту [11, 12]. Низку робіт [13–16] присвячено впливу краплинного зрошення на ґрунти, вміст основних елементів живлення у родючому шарі, величину гумусу, нітратів, щільності складення у різних сівозмінах. Оцінювання якості зрошувальної води також є однією з актуальних проблем загального та меліоративного ґрунтознавства [17]. Багато досліджень присвячено цьому питанню, отримано чимало результатів, що показують вплив води різної якості на зміни ґрунтотворних процесів [18, 19]. Проте, аналізуючи й узагальнюючи вітчизняний і світовий досвід не знайдено комплексного підходу, що поєднує стаціонарні багаторічні дослідження впливу краплинного зрошення за різної якості води та систем удобрення на агроекологічний потенціал чорноземів південних.

Метою статті є акцентувати увагу на комплексних багаторічних дослідженнях щодо вивчення екологічних функцій чорноземів південних важкосуглинкових в умовах краплинного зрошення різною якістю води (придатною та обмежено придатною, що відповідають I та II класам) за використанням трьох систем удобрення (органо-мінеральної, мінеральної й органічної) на півдні

України.

Методика дослідження. Дослід закладено у 2009 році на багаторічних насадженнях яблуні на підщепі М 9 в мережі дослідних точок у двох локаціях – Миколаївська (1) та Херсонська (2) області, що мають різну якість води для зрошення. Схема садіння культур відповідно 4,0 x 1,5 м та 5,0 x 2,0 м. Досліджували дію трьох систем удобрення: органо-мінеральну «Рост-концентрат» у нормі 9 дм³/га (варіант 1), мінеральну – N₁₂₀P₃₀₋₉₀K₇₅₋₁₂₀ (варіант 2), органічну «Гумоплант» нормою 7 дм³/дерево (варіант 3) та порівнювали з контролем (варіант 4). У досліді притримувались режиму краплинного зрошення, що забезпечувало зволоження у шарі 0–60 см на рівні 75–80 % НВ. Якість води була різною: обмежено придатна для зрошення (II клас) у локації (1) та придатна (I клас) у локації (2). Добрива вносили з поливною водою (фертигація). Ґрунтовий покрив представлено чорноземом південним важкосуглинковим. Також, дослід передбачав різні системи утримання міжрядь насаджень: для локації (1) – чистий пар, для локації (2) – дерново-перегнійну. Технологія вирощування яблуневих насаджень – загальноприйнята для умов Степу. Для оцінювання екологічних функцій чорноземів південних важкосуглинкових за краплинного зрошення різною якістю води і систем удобрення було проаналізовано наступні показники: вміст поживних речовин (азот, фосфор і калій), реакція ґрунтового розчину (рН), формування структурного складу ґрунтів.

Розміщення варіантів у досліді послідовне. Повторення – триразове. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [20] у державній установі «Центральна лабораторія якості води і ґрунтів» Інституту водних проблем і меліорації НААН України. Вміст легкогідролізованого азоту визначався методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015); вміст рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна (ДСТУ 4114:2002); реакція ґрунтового середовища рН (ДСТУ ISO 10390:2007); вміст поглинених катіонів Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ за Шолленбергером в модифікації ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського (ДСТУ 7861:2015); структурно-агрегатний склад ґрунту (ДСТУ 4744:2007). Дисперсійний аналіз був проведений з використанням програмного комплексу SAS 9.1 ® [21], регресійний та кореляційний аналізи із застосуванням програмного пакету SigmaPlot ®

Таблиця 1
Вплив різних систем удобрення на вміст азоту легкогідролізованих сполук, рухомих сполук фосфору і калію, рН, суму поглинених катіонів кальцію, магнію та натрію

Варіант досліді	Вміст основних елементів живлення			Сума поглинених катіонів	рН _{водний}
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺	
	мг / 100 г ґрунту			мекв / 100 г ґрунту	
1	5.37+0.31b*	7.88+0.97с	20.75+1.32с	27.89+0.59а	7.4+0.13а
2	7.28+0.47а	13.17+1.10а	30.53+2.91а	26.32+1.00а	7.3+0.08а
3	5.91+0.34b	9.05+0.82b	22.14+1.27bc	27.99+0.54а	7.5+0.05а
4	5.41+0.35b	6.47+0.76d	23.45+1.34b	27.16+0.4а	7.5+0.05а

[22], що дозволив оцінити достовірність отриманих результатів і підтвердити вплив досліджуваних показників.

Основні результати дослідження. Використання сполук азоту в ґрунтах під яблуневими насадженнями відбувалось досить інтенсивно, про що свідчили низькі значення показника і його зміни упродовж років досліджень. Підвищення вмісту азоту легкогідролізованих сполук (на 19–26 %) фіксували у ґрунті варіанту (2) (табл. 1), коли отриманий азот використовувався деревами і не вимивався у глибші шари.

Вміст рухомих сполук фосфору і калію зменшувався у такій послідовності з урахуванням різних систем удобрення: варіанти (2), (3), (1) та (4). У перші роки досліджень (період оптимізації) їх вміст підвищувався поступово, а після третього року застосування удобрення за усіх систем мало максимальне підвищення. У варіанті (2) забезпеченість ґрунтів фосфором і калієм досягала підвищеного та дуже високого рівнів, що позначалося на продуктивності яблуневих насаджень.

За роки дослідження показники рН і суми поглинених катіонів кальцію, магнію і натрію не змінювались за різного впливу систем удобрення (табл. 1), але розподіл за варіантами зберігався.

Найбільш чутливим до різних систем удобрення у ході аналізування були показники вмісту рухомих сполук фосфору і калію (рис.1).

У ході досліджень фіксували інтервал змін значень азоту з поливною водою різної якості: у локації (2) I клас – 2,85–12,12 мг/100 г ґрунту та у локації (1) II клас – 3,45–10,53 мг/100 г ґрунту. Забезпеченість фосфором змінювалась у межах 0,90–22,81 мг/100 г ґрунту у локації (2) за використання води I класу та 5,12–26,80 мг/100 г ґрунту у локації (1) з водою II класу. Насичення калієм у досліджуваних ґрунтах, що зрошувались водою різної якості, за варіанту (2) відбувалось дуже стрімко і досягло максимального піку на четвертий рік відповідно локації на рівні 53,33 і 54,87 мг/100 г ґрунту.

Було встановлено, що якість води суттєво вплинула на кількість рухомих сполук фосфору і калію та не

вплинула на показники азоту легкогідролізованих сполук (табл. 2). Вміст фосфору і калію зменшився у локації (2), де зрошували водою I класу порівняно з локацією (1), де вода обмежено придатна для зрошення відповідно на 36 і 39 %.

За умов поливу водою I класу (локація 2) склалися сприятливі ґрунтові умови для яблуні за параметрами рН у варіанті (2), коли ґрунт підкислився як у зоні зволоження, так і під насадженнями. Залежності між якістю води та водневим показником не встановлено (табл. 2).

У локації (2), за використання води для зрошення I класу, активність процесів посилювалася в зоні зволоження, де насиченість кальцієм знижувалася, а магнієм підвищувалася. Сума обмінних катіонів зволоженого шару 0–60 см у річному циклі змінюється в межах 21,12–29,20 мекв/100 г ґрунту за варіанту (1), 14,12–32,06 мекв/100 г ґрунту за варіанту (2), 21,16–34,52 мекв/100 г ґрунту за варіанту (3) та 21,04–26,74 мекв/100 г ґрунту за варіанту (4). У локації (1), де зрошення відбувалось водою II класу, коливання показника складало: 27,81–38,56 мекв/100 г ґрунту за варіанту (1), 21,97–39,49 мекв/100 г ґрунту за варіанту (2), 26,34–32,44 мекв/100 г ґрунту за варіанту (3) та 24,53–32,76 мекв/100 г ґрунту за варіанту (4). Залежність суми поглинених катіонів кальцію, магнію і натрію від якості води була суттєва (табл. 2).

У ході статистичної обробки даних було оцінено одночасний вплив двох факторів: якості води і систем удобрення на досліджувані показники. Встановлено, що найвище накопичення вмісту азоту легкогідролізованих сполук забезпечується у варіанті (2) за поливу водою II класу. Вміст рухомих сполук фосфору був найвищий у варіантах (2) і (3) за поливу водою II класу, найнижчий його вміст у варіантах (1) і (3) за поливу водою I класу. Вміст рухомих сполук калію був високий у варіанті (2) за поливу водою II класу, найнижчий його вміст зафіксовано за варіантів (1) і (3) з водою I класу (табл. 3).

У загальному прослідковується тренд зменшення вмісту фосфору і калію при поливі водою I класу

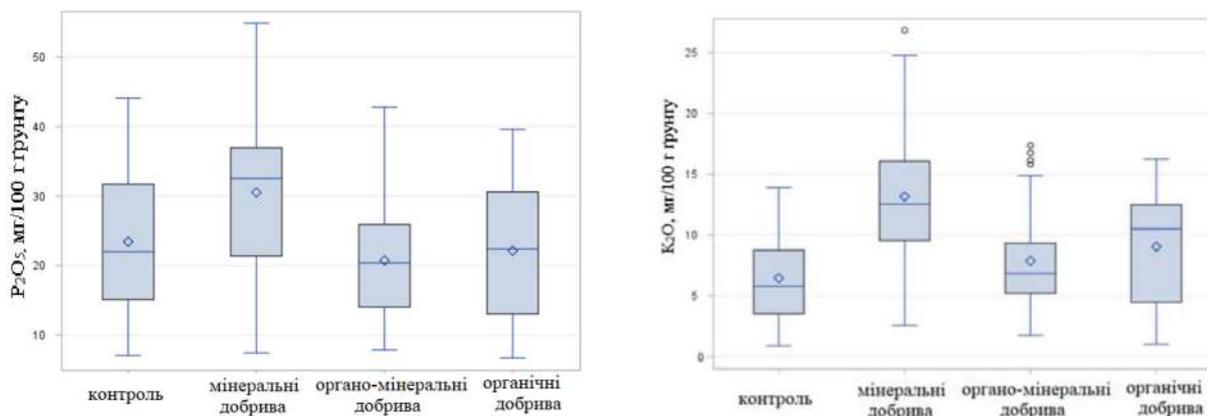


Рис. 1 Зміна величин вмісту рухомих сполук фосфору і калію за різних систем удобрення протягом років дослідження у чорноземах південних важкосуглинкових.

Таблиця 2

Вплив якості води на вміст у ґрунті рухомих сполук азоту, фосфору, калію, рН та суму поглинених катіонів кальцію, магнію та натрію

Якість води	Вміст основних елементів живлення			Сума поглинених катіонів Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺	рН _{водний}
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
	мг / 100 г ґрунту			мекв / 100 г ґрунту	
I	5.83+0.35a*	7.12+1.03b	18.36+1.52b	24.04+0.72b	7.3+0.09a
II	6.16+0.28a	11.17+0.82a	30.07+1.90a	30.64+0.55a	7.5+0.06a

* Значення, що мають однакові літери у стовбці характеризуються незначною залежністю від якості води протягом досліджуваного періоду за умови, коли ризик помилкового висновку складає менше 5 % (p<0.05).

за досліджуваних систем удобрення, щодо вмісту легкогідролізованого азоту подібних залежностей не встановлено.

Найвищий вплив на суму поглинених катіонів зафіксовано за варіанту (1) за поливу водою II класу. За результатами досліджень встановлено, що сума поглинених катіонів незалежно від системи удобрення була найвища за поливу водою II класу. Вплив комплексу досліджуваних факторів на водневий показник не встановлено (табл. 3).

У ході досліджень було встановлено неоднорідність структури за профілем ґрунту на фоні краплинного зрошення та систем удобрення. За вмістом найбільш корисних агрономічно цінних агрегатів зона зволоження була диференційована на найбільш неоднорідний (0–10

см) і стабільний (10–50 см) шари ґрунту.

У межах дії краплинного зрошення поливною водою різної якості показники структурного стану стабільно покращувались на фоні усіх систем удобрення. Характер змін залежав від гумусованості, ґрунтового поглинального комплексу і сольового складу ґрунтів. У зоні зволоження, де вплив зрошення прямий, показники структурного стану характеризувались вищими параметрами, а за межами зони, де вплив зрошення посередній – нижчими. Вміст сухих агрегатів розмірами 10,0–0,25 мм у шарі 0–70 см для чорноземів південних важкосуглинкових за різних варіантів удобрення змінювався наступним чином: під дією води I класу – від 27,8 до 75,3 %, води II класу – від 40,0 до 84,6 % (табл. 4).

За оцінкою еколого-агромеліоративного стану

Вплив добрив та якості води на досліджувані показники

Таблиця 3

Варіанти удобрення	Якість води	Вміст основних елементів живлення			Сума поглинених катіонів Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺	pH _{водний}
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
		мг / 100 г ґрунту			мекв / 100 г ґрунту	
1	I	5.33+0,4b*	6.59+1.07d	15.59+1.34d	24.13+0.62b	7.2+0.19b
	II	5.41+0.2b	9.17+0.87c	25.91+1.3c	31.64+0.56a	7.6+0.06a
2	I	7.20+0.58a	10.68+1.2b	28.88+2.49b	22.25+1.02b	7.1+0.08b
	II	7.37+0.36a	15.65+1.0a	32.18+3.32a	30.40+0.97a	7.5+0.08a
3	I	5.42+0.4b	6.53+1.01d	14.08+1.19d	25.27+0.71b	7.5+0.05a
	II	6.42+0.9ab	11.58+0.62b	30.20+1.36ab	30.72+0.37a	7.6+0.05a
4	I	5.37+0.46b	4.67+0.8e	14.90+1.08d	24.53+0.51b	7.4+0.05ab
	II	5.44+0.25b	8.28+0.72c	32.00+1.6a	29.8+0.3a	7.6+0.05a

* Значення, що мають однакові літери у стовбці характеризуються незначною залежністю від систем удобрення протягом досліджуваного періоду за умови, коли ризик помилкового висновку складає менше 5 % (p<0.05).

Просторовий розподіл структурно-агрегатного складу за впливу води різної якості за глибиною і віддаленістю від точки водоподачі у чорноземі південному важкосуглинковому

Таблиця 4

Шар ґрунту, см	Показник та його параметри					
	зона зволоження за різних варіантів удобрення				віддаленість від точки водоподачі	
	1	2	3	4	40 см	100 см
Вміст агрегатів розмірами 10,0-0,25 мм під впливом води I класу якості, %						
0-10	56,6	56,4	69,4	63,3	74,0	44,6
10-20	60,8	75,2	61,0	69,9	84,5	38,2
20-30	63,1	66,8	68,3	75,3	82,0	52,2
30-50	47,2	47,3	53,9	63,6	56,4	49,5
50-70	32,6	28,7	35,5	27,8	57,0	32,9
Вміст агрегатів розмірами >10 мм (брили) під впливом води I класу якості, %						
0-10	38,3	33,3	21,8	29,4	20,1	47,8
10-20	34,5	19,3	3,1	25,6	12,5	58,5
20-30	30,9	26,8	28,8	20,7	14,3	45,2
30-50	46,7	49,1	41,7	31,2	40,3	43,6
50-70	63,5	67,1	59,2	68,1	38,3	62,1
Вміст агрегатів розмірами 10,0-0,25 мм під впливом води II класу якості, %						
0-10	64,7	71,8	82,9	67,9	67,2	20,7
10-20	81,0	82,1	84,4	80,7	74,6	40,3
20-30	78,0	78,9	80,8	71,0	51,7	41,5
30-50	73,5	79,6	84,6	66,7	60,2	60,8
50-70	71,0	73,2	56,2	40,0	48,4	40,1
Вміст агрегатів розмірами >10 мм (брили) під впливом води II класу якості, %						
0-10	25,6	21,2	11,3	22,8	27,9	75,7
10-20	12,3	6,8	11,3	17,4	23,2	55,7
20-30	19,0	12,6	17,3	25,7	43,6	54,5
30-50	23,3	13,4	9,6	31,4	35,3	34,9
50-70	25,5	20,3	41,5	57,1	47,7	56,5

ґрунти зони зволоження і за межею на відстані 40 см від точки водоподожчання мають добрий структурний стан і складаються з 60 % і більше сухих агрономічно цінних агрегатів (табл. 4). Висока структурованість зволоженої товщі свідчить про сприятливі умови формування та стабілізації процесів структуроутворення за краплинного зрошення. Локальне зволоження яблуневих насаджень за науково обґрунтованими нормами поливу не порушує, а навпаки, зберігає генетичну структурність ґрунту.

Структурно-агрегатний склад чорноземів південних важкосуглинкових, який не перебував під впливом зрошення складався з підвищеного вмісту брилистої фракції у порівнянні з товщею, яка постійно зазнавала впливу сільськогосподарської техніки (під технологічною колією). Так, при зрошенні водою I класу вміст брилистої фракції (агрегати більші за 10,0 мм) під технологічною колією у 1,4 рази вищий за вміст у ґрунтах зони зволоження. За умов зрошення водою II класу вміст брил під технологічною колією у 3,3 рази переважає над вмістом під краплинними водовипусками (табл. 4).

На сьогодні, у структурному ґрунті формується екологічне середовище з фізичними характеристиками, які є сприятливими для кореневої системи дерев та існування ґрунтової біоти, продукти життєдіяльності якої сприяють прискоренню мінералізації органічних решток (коріння, листя дерев) з утворенням гумусових речовин і формуванням водостійкої структури.

Висновки. За результатами багаторічних комплексних досліджень в умовах краплинного зрошення яблуневих насаджень різною якістю води та трьох систем удобрення на чорноземах південних важкосуглинкових встановлено, що екологічні функції не порушуються. Фіксується формування інші характеристик агрегатного, поживного і водно-сольового режимів, які за результатами досліджень виявилися найбільш впливовими на зміни родючості зрошуваних ґрунтів.

Найвищий вміст азоту фіксували за мінерального удобрення, суттєвої різниці щодо зрошення водою різної якості не встановлено. Зміни у вмісті рухомих сполук фосфору та калію фіксували за мінерального удобрення, вищі показники були за поливу водою II класу якості. Встановлено, що сума поглинених катіонів кальцію, магнію і натрію суттєво не змінювалась за різного впливу систем удобрення, але найвищі значення фіксували при поливі водою II класу якості. У ході досліджень не встановлено зв'язку водневого показника рН від систем удобрення і якості води для зрошення.

Показники структурного стану ґрунтів стабільно покращувались на фоні усіх систем удобрення незалежно від якості води, проте фіксували низьку швидкість утворення водостійких агрегатів протягом останніх п'яти років за рахунок внесення добрив.

За науково обґрунтованих норм поливу краплинне зрошення мало позитивний вплив, відмічали збереженість генетичної структурності ґрунту та фіксували добрий еколого-меліоративний стан сформованого екологічного середовища для кореневої системи яблуневих дерев.

Література

1. Національна доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна 2016–2020». United National Ukraine. 2017. – URL: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf (дата звернення 23.03.2020).
2. Цибуляк А.Г. Екологізація сільського господарства в умовах горбалізації. – *Агроосвіта*. – 2016. № 9. С. 34–38.
3. Курман Т.В. Екологізація традиційного сільськогосподарського виробництва як засіб забезпечення його сталого розвитку: правові аспекти. *Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції*, 2018. № 4. С. 95–99.
4. Надточій П.П., Мислива Т.М., Вольвач Ф.В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: Видавництво ПП «Рута», 2010. – 473 с.
5. Schulte, R. P. O., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., et al. Functional land management: a framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environ. Sci. Policy* 38, 2014. PP. 45–58. doi: 10.1016/j.envsci.2013.10.002
6. Горбань В. А. Екологічні властивості ґрунтів: теоретичні аспекти. *Екологія та ноосферологія*. 2007. Т. 18. № 3–4. С. 53–60.
7. Дмитриев Е. А. Экологические аспекты почвенных режимов. *Почвоведение*. 1997. № 7. С. 831–839.
8. Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005. 336 с.
9. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2018. – 233 с.
10. Охорона ґрунтів: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції [“Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості”], (Одеса, 16–17 вересня 2015 р.) / Держ. установа «Інститут охорони ґрунтів України».

- Київ : ТОВ «ВІК-ПРИНТ», 2015. 134 с.
11. Chee Y. E. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services. *Biol. Conserv.* 120. 2004. P 549–565. doi: 10.1016/j.biocon.2004.03.028.
12. Белоліпський В.О. Ґрунтоводоохоронна оптимізація агроландшафтів. Суми. Університетська книга, 2012. – 398 с.
13. Копитко П.Г. Ґрунтові умови і продуктивність насаджень яблуні. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Сер.: Агрономія. Вип. 180, 2012. С. 200–209.
14. Козішкурт М.Є., Козішкурт С.М. Основні причини негативного впливу зрошення та напрямки екологізації поливних ґрунтів. *Вісник НУВГП, Серія «Технічні науки»*. 2010. №3(51). С.17–24.
15. Шатковський А.П., Журавльов О.В., Черевичний Ю.О. Особливості формування та параметри зон зволоження ґрунтів за краплинного зрошення. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон: Гринь Д.С., 2016. Вип. 65. С. 15–19.
16. Дудка В. Капельное орошение без капельной трубки [Електронний ресурс] *Сільгосптехніка*. 2016. URL: <http://www.technikazerno.com/tehnika/oroshenie/kapelnoe-oroshenie-bez-kapelnoy-trubki> (дата звернення 23.03.2020).
17. Концепція екологічного нормування допустимого антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. М.І. Ромашенко, С.А. Балюк. К.: Аграрна наука, 2004. 34 с.
18. Ромашенко М.І., Шатковський А.П., Рокочинський А.М. та інші Краплинне зрошення. Навчальний посібник за редакцією М.І. Ромашенка та А.М. Рокочинського – Рівне, НУВГП, 2015. 298 с.
19. Медведев В.В., Лактионова Т.Н. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков: Апостроф, 2011. 292 с.
20. Організація систем режимних спостережень для оцінки еколого-меліоративного стану земель в умовах мікрозрошення (методичний посібник). За ред. М.І. Ромашенка. – К.: ТОВ «ДІА», 2004. 42 с.
21. SAS Institute Inc. SAS/STAT @ 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2004. 5136 p.
22. Hilbe J. Review of SigmaPlot 9.0. *The American Statistician*. 2005. Vol. 59, № 1. P. 111–112. ISSN 0003–1305. doi:10.1198/000313005X24651.

References

1. National Report "Sustainable Development Goals: Ukraine 2016–2020". United National Ukraine. (2017). Ukraine. Available at: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf (In Ukrainian).
2. Tsybuliak A.H. (2016). Ecologization of agriculture under globalization. – *Agriculture*. Vol. 9. P. 34–38. (In Ukrainian).
3. Kurman T.V. (2018). Ecologization of traditional agricultural production as a means of ensuring its sustainable development: legal aspects. Current issues of domestic jurisprudence. Vol. 4. P. 95–99. (In Ukrainian).
4. Nadtochij, P.P., Myslyva, T.M., Volvach, F.V. (2010). Soil ecology. Monography – Zhytomyr: Publish PP "Ruta", 2010. 473 p. (In Ukrainian).
5. Schulte, R. P. O., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., et al. (2014). Functional land management: a framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environ. Sci. Policy* 38, PP. 45–58. doi: 10.1016/j.envsci.2013.10.002 (In English).
6. Gorban, V.A. (2007). Soil ecological properties: theoretical aspects. *Ecology and noosphere Journal*, 2007. T. 18. no 3–4. P. 53–60 (In Ukrainian).
7. Dmitriev, E.A. (1997). Ecological aspects of soil regimes. *Soils Sciences Journal*, 1997. no 7. P. 831–839 (In Ukrainian).
8. Karpachevskiy, L.O. (2005) Ecological soil sciences. M. GEOS. 336 p. (In Russian).
9. Chornyi, S.G. (2018) Soil quality assessment: scientific book. Mykolaiv: MNAU. 233 p. (In Ukrainian).
10. Soil protection: materials of the Ukrainian Scientific-Practical Conference [“Soil Protection and Increasing Their Fertility”], (Odesa, September 16–17, 2015) / State Institution "Institute of Soil Conservation of Ukraine". Kyiv: VIK-PRINT LLC. 134 p. (In Ukrainian).
11. Chee, Y. E. (2004). An ecological perspective on the valuation of ecosystem services. *Biological Conserv. Journal* 120, 2004. P. 549–565. doi: 10.1016/j.biocon.2004.03.028 (In English).
12. Belolipskiy, V.O. (2012). Soil and water optimization of agricultural landscapes. Sumy. University book. 398 p. (In Ukrainian).
13. Kopytko, P.G. (2012). Soil conditions and productivity of apple orchards. – *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. Version: Agronomy, 2012. no. 180. P. 200–209 (In Ukrainian).
14. Kozishkurt, M.E., Kozishkurt, S.M. (2010). The main causes of the negative impact of irrigation and the direction of irrigated soils greening. *Journal of NUWGP, Version "Technical Sciences"*, 2010. no 3 (51). P. 17–24 (In Ukrainian).
15. Shatkovskiy, A.P., Zhuravlev, O.V., Cherevychniy, Yu.O. (2016). Formation features and parameters of soil moisture zones for drip irrigation. *Irrigated Agriculture: interagency thematic scientific collection*, 2016. Kherson. no. 65. P. 15–19 (In Ukrainian).
16. Dudka, V. Drip irrigation without a drip tube. *Silgospstechnika Journal*, 2016. Available at: <http://www.technikazerno.com/tehnika/oroshenie/kapelnoe-oroshenie-bez-kapelnoy-trubki> (In Russian).
17. Romashchenko, M.I., Balyuk, S.A. (2004). The concept of environmental rationing of the permissible anthropogenic load on the soil cover. K.: *Agricultural Science*. 2004. 34 p. (In Ukrainian).
18. Romashchenko, M.I., Shatkovskiy, A.P., Rokochinskiy, A.M. (2015). Drip irrigation. Under redaction of Romashchenko & Rokochinskiy, 2015. Rivne. 298 p. (In Ukrainian).
19. Medvedev, V.V., Laktionova, T.N. (2011). Granulometric composition of Ukrainian soils (genetic, environmental and agronomic aspects), 2011. Kharkov: Apostrof. 292 p. (In Russian).
20. Romashchenko, M.I. (2004). Organization of regime observations systems for estimation of ecological and reclamation status of lands in microirrigation conditions (methodological book). Under redaction of Romashchenko. K.: DIA LLC, 2004. 42 p. (In Ukrainian).
21. SAS Institute Inc. (2004). SAS/STAT @ 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 5136 p. (In English).
22. Hilbe J. (2005). Review of SigmaPlot 9.0. *The American Statistician*. Vol. 59, № 1. P. 111–112. ISSN 0003–1305. doi:10.1198/000313005X24651 (In English).