

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-42-05>

УДК (UDC): 504

О. О. ГОЛОЛОБОВА¹, канд. с.-г. наук, доц.,
доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи
e-mail: elena.gololobova@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>
Н. В. МАКСИМЕНКО¹, д-р геогр. наук, проф.,
професор кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи
e-mail: maksymenko@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>
В. Л. БЕЗСОННИЙ¹, канд. техн. наук, доц.,
доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
e-mail: bezsonnyi@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>
¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

ОЦІНКА ЕКОЛОГО-МЕЛІОРАТИВНОГО СТАНУ ҐРУНТУ ТА ПОТЕНЦІЙНИХ РИЗИКІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РІЗНИХ ВИДІВ ПОЛИВУ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

Мета. Оцінка еколого-меліоративного стану ґрунту й ймовірних ризиків при застосуванні різних видів зрошення: традиційного дощування та підґрунтового крапельного зрошення.

Методи. Польові, лабораторні аналітичні, методика Хакансона

Результати. Проаналізовано діагностичні ґрунтові показники, що характеризують ґрунтово-деградаційні процеси та ступінь їх розвитку на дослідних ділянках газону і туї, з застосуванням дощування та підґрунтового крапельного зрошення. Щодо стану ґрунту визначено: обидва типи зрошення (крапельне і дощове) позитивно впливають на щільність ґрунту; органічна речовина в ґрунті швидше розкладається, ніж утворюється; найшвидша деградація органіки спостерігається під газоном з крапельним зрошенням, що свідчить про нестачу доступного для рослин азоту; азот є основним лімітуючим фактором для росту рослин при обох видах зрошення. Також визначено що необхідно регулярно вносити азотні добрива під газон, особливо на початку вегетації; під туї достатньо невеликих доз азотних добрив навесні; для усунення дефіциту міді і цинку потрібні комплексні мікродобрива пролонгованої дії. Також необхідно контролювати якість води для зрошення, щоб уникнути забруднення ґрунту. Рівень забруднення ґрунту важкими металами низький.

Висновки. Обидва типи зрошення мають як позитивні, так і негативні сторони. Для отримання оптимальних результатів необхідно регулярно проводити аналіз ґрунту та вносити необхідні добрива. Особливу увагу слід приділяти якості води для зрошення. Існує невеликий ризик збільшення екологічного ризику з часом.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: підґрунтове крапельне зрошення, дощування, індекс екологічного ризику, діагностичний показник, ґрунт, мікроелементний статус, мікробіологічний показник

Як цитувати: Гололобова О. О., Максименко Н. В., Безсонний В. Л. Оцінка еколого-меліоративного стану ґрунту та потенційних ризиків при застосуванні різних видів поливу декоративних рослин. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2024. Вип. 42. С. 70-82. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-42-05>

In cites: Gololobova, O. O., Maksymenko, N. V., & Bezsonnyi, V. L. (2024). Assessment of the ecological and ameliorative condition of the soil and potential risks when using different types of irrigation of decorative plants. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (42), 70-82. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-42-05> (in Ukrainian)

Вступ

Важливим складником сталого землекористування є реалізація системи заходів, що підвищують родючість ґрунтів. Системне управління потенціалом родючості ґрунтових ресурсів України спрямовано на

вирішення кількох ключових завдань, зокрема, збереження і примноження продуктивних, екологічних і соціальних функцій ґрунтів на необмежено тривалу перспективу і спрямовання сучасного процесу ґрунтоутво-

© Гололобова О. О., Максименко Н. В., Безсонний В. Л., 2024



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

рення за традиційним вектором розвитку [1]. Системний підхід ставить високі вимоги щодо енергоефективності, екологічної безпеки та економічної обґрунтованості технологій вирощування культур [2].

Сучасний стан ґрунтового покриву країни викликає серйозну стурбованість унаслідок широкого поширення деградаційних процесів. Найбільш характерними й поширеними типами деградації ґрунтів в Україні є дегуміфікація, зменшення вмісту рухомих поживних елементів (43 % загальної площі), переущільнення, знеструктурення (39 %), запливання й кіркоутворення (38 %), водна ерозія (17 %), підтоплення, заболочування (14 %), забруднення радіонуклідами (11 %), вітрова ерозія (11 %), забруднення важкими металами, пестицидами та іншими токсикантами (8–10 %) тощо [3, 4, 5].

Отже, однією з найважливіших умов збереження біосфери є здійснення системи заходів, що забезпечують раціональне використання й відтворення родючості ґрунтів. Науковим колективом авторів ННЦ «Інститут Ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» розроблена Програма використання та охорони земель, метою якої є

реалізація державної політики України щодо забезпечення сталого розвитку землекористування, створення екологічно-безпечних умов проживання населення й впровадження господарської діяльності, охорона земель від виснаження, деградації та забруднення, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, збереження функцій ґрунтового покриву, ландшафтного та біологічного різноманіття з урахуванням змін клімату. У Програмі передбачено вжити комплекс заходів з оптимізації структури земельних угідь, з протиерозійної організації агроландшафтів, екологічно безпечного застосування добрив, біопрепаратів і меліорантів, відтворення родючості і охорони ґрунтів на зрошувальних і осушених землях, вдосконаленню інформаційного та нормативно-методичного забезпечення з використанням сучасних досягнень у ГІС-технологіях та в методах використання дистанційних зондувань [6]. Методологічною основою реалізації сталого землекористування, зупинення деградації ґрунтового покриву повинен стати екологічний підхід, спрямований на мінімізацію ризику деградації агроландшафтів та їх основної складової – ґрунтів [7].

Методика, об'єкти та методи дослідження

Дослідження діагностичних показників ґрунту при застосуванні різних видів поливу проводилось на дослідних ділянках під насадженнями туї західної 'Brabant' (*Thuja occidentalis* 'Brabant'), під штучним та природним газоном, які розташовані у межах науково-експериментальної функціональної зони Дендрологічного парку Державного біотехнологічного університету.

За агроґрунтовим районуванням ґрунти дендропарку Державного біотехнологічного університету відносяться до Харківсько-Чугуївського агроґрунтового району (ґрунтово-екологічна провінція 8.6.б"), яка характеризується рівнинним рельєфом з мінімальною кількістю ксероморфно-еродованих ґрунтів. У ґрунтовому покриві поширені переважно чорноземи типові важко-суглинкового гранулометричного складу, запас гумусу складає 500–550 т/га. ГТК V–VII складає 1,00–1,10, ГТК VIII–IX – 0,81–0,90, опади XI–III – 170–180 мм [5, 11, 12]. Вологість ґрунту визначали та утримували на рівні 80 % від ГПВ за допомогою тензіометру українського виробництва Aquatec модель TS,

які забезпечують точність та достовірність показників вологості ґрунту, а також управління режимом поливу.

Результати дослідження за попередні роки, які охоплюють період 2019–2021 рр., висвітлені в публікаціях, у яких авторами представлені технологічні переваги підґрунтового крапельного зрошення (ПКЗ) під декоративні деревні насадження та декоративний злаковий газон, проаналізовані діагностичні ґрунтові показники, які змінюються під впливом обраного режиму зрошення, проведена бальна оцінка еколого-меліоративного стану ґрунту дослідних ділянок в умовах підґрунтового крапельного зрошення [8, 9, 10]. Представлено результати наукових досліджень етапу 2023 року «Моніторинг екологічних функцій ґрунтів сельбищних ландшафтів в умовах різних режимів зрошення» в межах виконання ПНД НААН 01 «Раціональне використання і стале управління ґрунтовими ресурсами, збереження родючості та здоров'я ґрунтів, захист їх від деградації».

Мета – оцінка еколого-меліоративного стану ґрунту дослідних ділянок та

потенційних ризиків при застосуванні різних видів зрошення: традиційного дощування та підгрунтового крапельного зрошення.

Методологічна складова дослідження полягала у визначенні ґрунтових діагностичних показників, яке проводили відповідно загальноприйнятих методик [13, 14, 15, 16, 17], мікробіологічні показники визначались згідно ДСТУ ISO 10381–6:2015 [18,19].

Визначення ґрунтових показників проводилось у лабораторії інструментальних методів досліджень ґрунтів Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», оцінка – згідно рекомендаціям щодо обстеження еколого-меліоративного стану земель в умовах краплинного зрошення [20].

Показник індексу екологічного ризику розраховано за методикою Хакансона [21].

Результати дослідження та обговорення

Оцінка щільності ґрунту при використанні дощування та підгрунтового краплинного зрошення. Щільність ґрунту є одним із визначальних показників агрофізичних властивостей ґрунту і вважається оптимальною за значення у межах 1,00–1,30 г/см³. Визначення щільності ґрунту по варіантах дослідження проводилося згідно рекомендаціям [20] перед початком поливного періоду, результати представлені у таблиці 1. Результати показників рівноважної щільності

ґрунту вказують на їхнє оптимальне значення по варіантах дослідження з використанням підгрунтового крапельного зрошення (ПКЗ), дощування, та для контрольного варіанту, де жодного виду зрошення ніколи не застосовувалось. Щільність ґрунту (табл.1) при застосуванні ПКЗ газону і туї становить 1,11, 1,12 г/см³ відповідно, при дощуванні – 1,19 г/см³. Бальна оцінка цього важливого діагностичного показника максимально сприятлива.

Таблиця 1

Щільність ґрунту по варіантах дослідження, г/см³

Table 1

Soil density by experimental variants, g/cm³

Варіант	Щільність ґрунту г/см ³	Середнє	Бали [20]
ПКЗ газону	1,16	1,16	0
	1,12		
	1,14		
	1,20		
ПКЗ туї	1,11	1,12	0
	1,11		
	1,12		
	1,16		
Дощування	1,18	1,19	0
	1,22		
	1,17		
	1,17		
Контроль (природний газон без зрошення)	1,23	1,21	0
	1,19		
	1,21		
	1,20		

Оцінка екологічного стану ґрунту за мікробіологічними показниками. Ґрунтові мікроорганізми забезпечують стійке функціонування біогеохімічних циклів у ґрунті. Мікроорганізмам належить провідна роль у

трансформації та геохімічній міграції переважної кількості хімічних елементів, оскільки понад 70 елементів періодичної системи зазнають мікробіологічного впливу [7]. Мікроорганізми можуть позитивно впли-

вати на розкладання органічних речовин і рослинних залишків, підвищувати для рослин доступність фосфору, марганцю, цинку, міді, біологічну азотфіксацію, посилювати зростання рослин за рахунок продукування гормонів росту, захисту від корневих патогенів, підвищення використання поживних речовин, сприяти біодеградації пестицидів і забруднювачів. В той же час мікробіологічна спільнота постійно адаптується до умов навколишнього середовища і тому є чутливим показником якості ґрунту [22]. Видовий склад мікробного ценозу разом з фізичними,

фізико-хімічними і агрохімічними діагностичними показниками – важливий показник якості ґрунту. Під впливом зрошення змінюється видовий склад, чисельність та функціональна активність ґрунтової мікрофлори. За оптимальних умов функціонування мікробіоценозу ці зміни мають адаптивний характер і сприяють збереженню стійкості агроландшафтів [7].

Результати дослідження зразків ґрунту за мікробіологічними показниками, які відібрані на початку вегетації 2023 р., представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Діагностичні мікробіологічні показники ґрунту за різних режимів зрошення

Table 2

Diagnostic microbiological indicators of soil under different irrigation regimes

Варіанти	Мікроорганізми, що засвоюють азот, млн. КУО /г с. г.			Актино- міцети, млн. КУО/г с. г.	Гриби, тис. КУО/г с. г.	Оліготрофи, млн. КУО/г с. г.	Евтрофи, млн. КУО/г с. г.
	органі- чний	мінеральний					
		всього	бактерії				
ПКЗ туя	7,70	9,71	6,87	2,84	34,75	38,50	17,76
ПКЗ газон	10,26	18,65	10,62	8,03	26,43	27,18	29,17
Дощування	10,63	13,88	8,99	4,89	31,16	15,77	24,82
Контроль (при- родний газон без поливу)	13,75	24,55	14,73	9,82	73,55	38,37	39,03

Результати вказують, що кількість мікроорганізмів, які засвоюють органічні форми азоту для шару ґрунту 0–25 см, під впливом підґрунтового крапельного зрошення зменшилася з 13,75 до 10,26 млн КУО/г на газоні та до 7,70 млн КУО/г в ґрунті під туями. При застосуванні дощування кількість цієї групи мікроорганізмів теж зменшилася і складала 10,63 КУО/г. Згідно оцінки [23] ступень збагачення ґрунтів мікроорганізмами без зрошення дуже висока, при зрошенні – висока та дуже висока.

Кількість мікроорганізмів, які культивуються на КАА, виявилась вище на контролі: 24,55 млн КУО/г проти 18,62 млн КУО/г (ПКЗ газон), 13,88 КУО/г (дощування), 9,71 КУО/г (ПКЗ туї). Варіант без зрошення має дуже високий рівень збагачення ґрунту за кількістю мікроорганізмів, що асимілюють азот мінеральних сполук, варіанти з дощуванням, з ПКЗ газону, з ПКЗ туї – середньо-збагачений.

Спрямованість процесів мінералізації – синтезу органічної речовини є ключовим критерієм в оцінці заходів, орієнтованих на відтворення родючості ґрунтів, а також агроприймів, застосування яких може призвести до деградації ґрунтової родючості. Оцінка спрямованості мікробіологічних процесів у ґрунті дозволяє зробити більш глибокий аналіз змін у структурі ґрунтобіотичного комплексу, які відбуваються внаслідок антропогенного навантаження. Спрямованість мікробіологічних процесів визначають за допомогою коефіцієнту мінералізації та іммобілізації, який дає можливість охарактеризувати напруженість мінералізаційних процесів, індексу педотрофності, що характеризує ступінь освоєння органічної речовини ґрунту мікрофлорою, індексу оліготрофності, що характеризує ступінь оліготрофності мікробних ценозів ґрунту [24, 25]. Результати розрахунку діагностичних показників направленості мікробіологічних процесів представлені в табл. 3.

Таблиця 3.

Інтенсивність і спрямованість мікробіологічних процесів за комплексом розрахункових показників

Table 3

Intensity and direction of microbiological processes by a set of calculated indicators

Варіант	Оліготрофності	Мінералізації	МТОРГ*	СБП**, %
ПКЗ туя	2,17	1,26	13,80	60,36
ПКЗ газон	0,93	1,82	15,90	54,93
Дощування	0,64	1,31	18,76	47,56
Контроль (природний газон без поливу)	0,98	1,79	21,45	100,00

МТОРГ – Показник мікробної трансформації органічної речовини ґрунту.

СБП** – сумарний біологічний показник.

Оптимальне значення коефіцієнту мінералізації та іммобілізації вважається близьким до одиниці. У контрольному варіанті та на варіанті з підґрунтовим краплинним зрошенням визначено, що процеси синтезу органічної речовини поступаються процесам її деструкції, зокрема на контролі зазначений показник складає 1,79, на варіантах з підґрунтовим краплинним зрошенням туї – 1,26, газону 1,82, з використанням дощування 1,31. Найбільш повільніші процеси деструкції на варіантах з ПКЗ туї та дощуванням, що свідчить про більшу спрямованість мікробіологічних процесів у бік збереження запасів органічної речовини на вищезазначених варіантах. Найбільш інтенсивної трансформації органічної речовини зазнає ґрунт під газоном з ПКЗ, що вказує на дефіцит в ґрунті доступних для рослин форм азоту.

За результатами розрахунку індекс оліготрофності для контрольного варіанту складає 0,98, при підґрунтового краплинного зрошення газону – 0,93, туї – 2,17, дощуванні – 0,64. Тобто, показник оліготрофності має значення менші за одиницю для варіантів з дощуванням, ПКЗ газону, контролю, що свідчить про достатню забезпеченість ґрунту доступними поживними речовинами на цих варіантах. При використанні ПКЗ оліготрофність ризосферного ґрунту збільшується більше ніж у два рази в порівнянні з контролем.

Коефіцієнт МТОРГ – показник мікробної трансформації органічної речовини ґрунту, значення якого на контролі максимальне, вказує, що найбільш повільніше процес деструкції відбувається на контролі. Найвище значення СБП – сумарний біологічний показник – визначено для конт-

рольного варіанту. Найбільш пригніченим відносно контролю (на 52,44 %) виявився мікробний ценоз ґрунту на варіанті з дощуванням (табл. 3).

Оцінка статусу поживного режиму ґрунту при використанні дощування та підґрунтового краплинного зрошення. Результати дослідження ґрунтових показників, які характеризують поживний режим ґрунту представлені в таблиці 4. Вміст мінерального азоту згідно угрупованню ґрунтів за цим показником [23] середній як на варіантах з ПКЗ газону та туї, так і на природному газоні (контролі) – 17,87 мг/кг, 17,68 мг/кг та 17,19 мг/кг відповідно. На варіанті з використанням дощування цей показник найгірший, він складає 11,96 мг/кг і згідно угрупованню рівень забезпеченості низький.

Стан фосфатного режиму добрий для газону, що зрошується підґрунтового, за угрупованням він відноситься до підвищеного, наближується до високого і складає 147,99 мг/кг ґрунту. На варіанті з підґрунтового зрошенням туї ступень забезпеченості рухомими формами фосфору дуже висока – 236,73 мг/кг, при використанні дощування рівень рухомого фосфору – високий, він складає 182,06 мг/кг ґрунту. Результати свідчать що досліджуваний ґрунт на контрольному варіанті має підвищений вміст доступного фосфору, його вміст складає 132,25 мг/кг ґрунту (табл. 4).

Рівень забезпеченості рухомими формами калію на контролі – підвищений (111,46 мг/кг), на варіантах з ПКЗ – дуже високий: 180,75 мг/кг на зрошуваному газоні, 316,31 мг/кг при ПКЗ під туї, на варіанті з дощуванням – високий (120,5 мг/кг) (табл. 4).

Таблиця 4

Бальна оцінка діагностичних показників поживного режиму ґрунту при застосуванні різних режимів зрошення, мг/кг ґрунту, шар ґрунту 0–25 см [20]

Table 4

Scoring of diagnostic indicators of the soil nutrient regime under different irrigation regimes, mg/kg of soil, soil layer 0-25 cm [20]

Варіант	Вміст P ₂ O ₅	Бал	Вміст K ₂ O	Бал	Вміст мінерального азоту	Бал
Газон ПКЗ	147,99	0	180,75	0	17,87	2
Туї ПКЗ	236,73	0	316,31	0	17,68	2
Дощування	182,06		120,5		11,96	5
Контроль (природний газон без поливу)	132,25	2	111,46	2	17,19	2

Оцінка мікроелементного статусу ґрунту по варіантах дослідю. Мікроелементи як кофактори ферментів відіграють важливу роль, тому вміст мікроелементів у ґрунтах повинен бути таким, щоб підтримувати нормальне функціонування екосистеми. Надлишковий вміст в ґрунті сполук фосфору пригнічує поглинання рослинами міді та

цинку, високий вміст сполук калію перешкоджає надходженню бору та марганцю, тому велике значення для забезпечення повноцінного мікроелементного живлення рослин має збалансоване макроелементне живлення [22]. Вміст рухомих форм мікроелементів по варіантах дослідю представлений в таблиці 5.

Таблиця 5

Мікроелементний статус ґрунту по варіантах дослідю

Table 5

Micronutrient status of soil by experimental variants

Варіант	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
ПКЗ газону	0,53	0,19	1,30	7,05	0,87
ПКЗ туї	0,32	0,14	2,39	8,42	0,92
Дощування	0,06	0,22	1,47	6,69	0,46
Контроль (природний газон без поливу)	0,13	0,24	1,41	6,18	0,63

Оцінку забезпеченості ґрунту рухомими формами Mn, Cu, Co, Zn проводили за допомогою градації забезпеченості ґрунтів рухомими формами мікроелементів, екстрагованих ацетатно-амонійним буферним розчином (рН 4,8) [23]. Ґрунт контрольного варіанту за ступенем забезпеченості мікроелементами характеризується як:

- дуже високий – за Zn;
- середній – за Co;
- низький – за Mn;
- за Cu – дуже низький.

Результати вказують, що ґрунт на варіантах з підґрунтовим крапельним зрошенням газону і туї за ступенем забезпеченості

мікроелементами характеризується як:

- за Mn – середній;
- за Cu – дуже низький;
- за Co, Zn – дуже високий.

При використанні дощування результати такі:

- за Mn – низький;
- за Co, Cu – дуже низький;
- за Zn – високий.

Розподіл рухомого кобальту має нерівномірний характер, він коливається в межах 0,06–0,53 мг/кг. Вміст кобальту понад 0,15 мг/кг ґрунту є достатнім для нормального розвитку рослин [22]. Вміст міді більш рівномірний, він коливається у межах 0,14–

0,24, при цьому оптимальним вмістом забезпеченості рухомою формою цього елемента вважається 0,5 мг/кг і вище (до 3 мг/кг ґрунту). Оптимальним вмістом рухомих форм марганцю вважається діапазон концентрацій 10,0–100,0 мг/кг ґрунту для з рН > 6. Невисокий вміст Zn (< 1 мг/кг) є доволі для [22]. Результати визначення рухомих форм цинку відображають цю зональну особливість, його вміст теж нижче оптимального, який знаходиться в межах 1,0–23,0 мг/кг ґрунту.

Залізо у живленні рослин не завжди розглядають як мікроелемент, але за абсолютним значенням вмісту цього елемента, який визначають екстрагуванням амонійно-ацетатним буферним розчином, його доречно відносити саме до мікроелементів [22]. Вміст рухомих форм заліза по варіантах досліджується в межах 1,30–2,39, що є притаманним для ґрунтів Лісостепу, де він перебуває в межах від 1,00 до 3,00 мг/кг. Ефективними агроприйомами оптимізації мікроелементного статусу ґрунту є застосування комплексних мікродобрив пролонгованої дії, особливою яких є поступове вивільнення есенціальних мікроелементів в ґрунтовий розчин, а також використання мікродобрив у хелатній формі з підвищеним

засвоєнням мікроелементів рослинами [6].

Значення діагностичних показників катіонно-аніонного складу водної витяжки ґрунту при застосуванні різних видів зрошення. Стан діагностичних показників катіонно-аніонного складу водної витяжки ґрунту при застосуванні різних варіантів зрошення та їх бальна оцінка представлені у таблиці 6.

Ступень засолення ґрунту за відношенням Ca/Na має значення більше за 2,5 як для зрошувальних варіантів, так й для природного газону без зрошення. Стан ґрунту за цим показником оцінюється як добрий. При цьому цей діагностичний показник демонструє високі значення на контрольному варіанті, на варіантах зрошення існує загроза засолення ґрунту, зокрема, відношенням Ca/Na знижується до 4,40 при застосуванні дощування до 3,60 при підґрунтового краплинному зрошенні газону.

Вторинну солонцюватість ґрунтів оцінювали за відсотковим вмістом Na⁺+K⁺ від суми поглинутих лужних катіонів. За цим показником стан незадовільний для усіх варіантів зі зрошенням, для контрольної ділянки відсотковий вміст Na⁺+K⁺ складає 4 % і відповідає задовільному стану.

Таблиця 6.

Стан діагностичних показників катіонно-аніонного складу водної витяжки ґрунту при застосуванні різних варіантів зрошення

Table 6.

The state of diagnostic indicators of cationic and anionic composition of soil water extract when applied under different irrigation options

Варіант	<u>pH водне</u> Бал	<u>Ca/Na</u> Бал	<u>Na⁺+K⁺</u> <u>% від суми поглинутих катіонів</u> Бал
Газон ПКЗ	<u>7,87</u> 2	<u>3,60</u> 0	<u>20,90</u> 10
Газон туї	<u>8,01</u> 2	<u>8,00</u> 0	<u>18,46</u> 10
Дощування	<u>8,05</u> 2	<u>4,80</u> 0	<u>14,63</u> 10
Контроль (природний газон без поливу)	<u>7,78</u> 0	<u>17,00</u> 0	<u>4,00</u> 5

Таким чином, стан діагностичних показників катіонно-аніонного складу водної витяжки ґрунту при застосуванні різних варіантів зрошення потребує контролю якості зрошувальних вод для зрошення за агрономічними і екологічними критеріями [26, 27].

Вміст важких металів по варіантах досліджу. Важкі метали змінюють цілу низку показників ґрунту, зокрема знижують рН, підвищують рухомість органічної речовини, кальцію магнію зменшують вміст рухомих форм фосфору, калію, цинку і міді. В ґрунтах, забруднених важкими металами, у 2,0–

2,7 рази зменшується вміст рухомого фосфору, у 1,4 рази рухомого калію, у 3,1 рази – рухомого цинку, до 3,6 разів – рухомої міді. До ґрунтів, техногенно забруднених важкими металами, відносять ґрунти, які за сумарним показником забруднення ґрунту важкими металами Z_c відповідають небезпечній та надзвичайно небезпечній категоріям. Сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами Z_c – сума коефіцієнтів

перевищення концентрацій металів у ґрунті над їх фоновим вмістом – для небезпечній категорії ґрунтів знаходиться в межах понад 32–128 включно, для надзвичайно небезпечної категорії – понад 128 [22].

Значення коефіцієнтів концентрацій важких металів та сумарний показник забруднення Z_c по варіантах дослід у шарі ґрунту 0–30 см представлені у таблиці 7.

Таблиця 7

Еколого-токсикологічний стан ґрунту по варіантах дослід

Table 7

Ecological and toxicological state of the soil according to the experimental variants

Варіант	Коефіцієнти концентрацій важких металів									Z_c	Бали
	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn		
ПКЗ газону	2,2	2,6	1,7	0,5	0,4	0,5	0,2	3,4	2,3	8,3	0
ПКЗ туї	1,5	1,6	2,0	0,4	0,7	0,6	0,6	1,6	2,4	5,2	0
Дощування	1,2	0,3	1,8	0,6	0,5	0,4	0,3	1,5	1,2	2,6	0
Контроль	1,4	0,7	1,6	0,7	0,4	0,4	0,4	1,2	1,7	2,8	0

Сумарний показник забруднення Z_c по всіх варіантах значно нижче значення 16, що свідчить про відсутність забруднення ґрунту важкими металами.

Індекс ризику екологічного забруднення (RI) визначається як сума потенційного ризику від кожного металу в ґрунті, з врахуванням його концентрації і токсичності. Для кожного металу розраховується його потенційний ризик E_i , який, у свою чергу, залежить від токсичності та концентрації металу в ґрунті, а також від його фонових значень, потім розраховується сумарний індекс ризику. Потенційний ризик розраховується як добуток коефіцієнта концентрації

відповідного важкого металу на його коефіцієнт токсичності, а сумарний ризик визначався як сума цих добутоків.

Для виявлення тенденції зміни величини індексу ризику екологічного забруднення порівняно з 2020 роком, на основі отриманих результатів коефіцієнтів концентрації важких металів 2020 та 2023 р. (табл. 7) розраховано коефіцієнти потенційного ризику для кожного елемента (таблиця 8). Для цього використовувались значення коефіцієнтів токсичності відповідно до Хакансона [19] ($Cd = 30$, $Co = 5$, $Cr = 2$, $Cu = 5$, $Fe = 1$, $Mn = 1$, $Ni = 5$, $Pb = 5$, $Zn = 1$).

Таблиця 8

Розрахунок індексу ризику екологічного забруднення важкими металами

Table 8

Calculation of the risk index of environmental pollution by heavy metals

Рік	Варіант	Cu	Fe	Mn	Ni	Co	Pb	Cr	Zn	Cd	Ризик (RI)
2020	ПКЗ туї	0,45	2,07	13,95	0,7	0,1	3,05	1,32	0,68	3,6	25,92
2020	ПКЗ газону	1,2	2,86	8,92	0,7	0,55	11,45	0,98	0,7	2,4	29,76
2020	Контроль	1,3	0,86	5,8	6,5	0,65	13,05	0,8	0,17	1,8	30,93
2023	ПКЗ туї	2	0,7	0,6	3	8	8	4	2,4	45	73,7
2023	ПКЗ газону	2,5	0,4	0,5	1	13	17	3,4	2,3	66	106,1
2023	Контроль	3,5	0,4	0,4	2	3,5	6	3,2	1,7	42	62,7
2023	Дощування	6	0,3	1,8	3	2,5	2	0,6	1,5	36	53,7

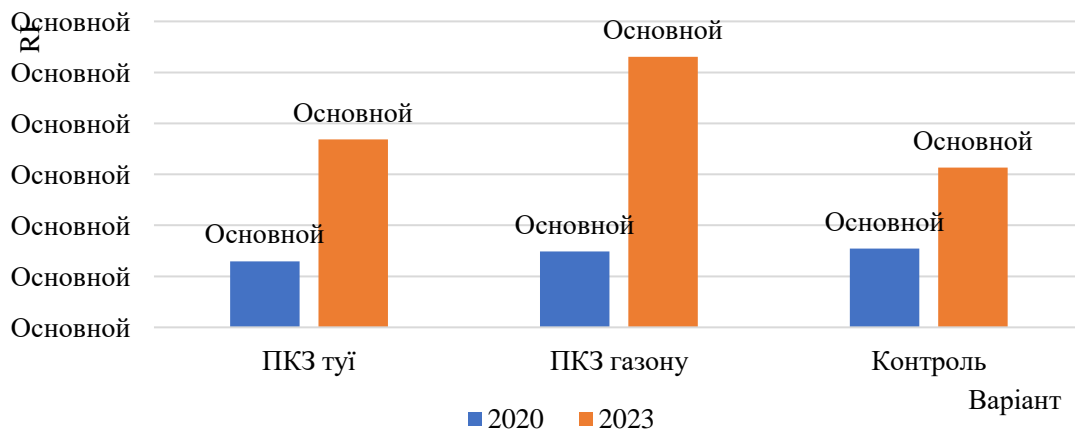


Рис. – Динаміка показника індексу ризику екологічного забруднення
Fig. – Dynamics of the environmental pollution risk index

Результати свідчать, що сумарний показник екологічного ризику для всіх варіантів дослідження є нижчим за граничне значення 150 [19], яке відповідає низькому рівню екологічного ризику, але спостерігається певна динаміка за роками спостережень (рис.).

Визначено, що у 2020 році індекс ризику (RI) для варіанта з підґрунтовим краплинним зрошенням туї становив 25,92, що свідчить про низький рівень екологічного ризику, у 2023 році RI зріс до 73,7, що відображає помітне зростання ризику і може бути пов'язано з накопиченням важких металів у ґрунті через використання цього виду зрошення протягом тривалого періоду. У 2020 році індекс ризику ПК3 газону становив 29,76, що також вказує на низький рівень ризику, подібний до результатів для туї, проте у 2023 році RI для газону значно зріс до 106,1, що є суттєвим підвищенням і може свідчити про накопичення важких металів у ґрунті під впливом специфіки зрошення. У 2020 році індекс ризику для контрольного варіанта становив 30,93, що є дещо

вищим значенням, ніж у варіантах з ПК3, але все ще в межах низького ризику, у 2023 році RI також зріс до 62,7, що вказує на певне накопичення важких металів, хоча цей рівень залишається прийнятним і значно нижчим, ніж у варіанті з ПК3 для газону. Для варіанта з дощуванням у 2023 році індекс ризику становив 53,7. Це значення є помірним і нижчим за показники для контрольного варіанта та варіантів з ПК3 у 2023 році, і може свідчити про менший вплив на накопичення важких металів порівняно з підґрунтовим краплинним зрошенням.

У варіантах з ПК3 (як для туї, так і для газону) відбулось значне зростання індексу ризику RI з 2020 до 2023 року, що вказує на можливе накопичення забруднювачів у ґрунті внаслідок тривалого застосування цього типу зрошення. Контрольний варіант та варіант з дощуванням у 2023 році демонструють відносно нижчий рівень екологічного ризику, що може бути обумовлено відсутністю інтенсивного зрошення на цих варіантах.

Висновки

Встановлено, що показники рівноважної щільності ґрунту стабільно сприятливі як при використанні підґрунтового крапельного зрошення, так і при дощуванні. Оцінка екологічного стану ґрунту за мікробіологічними показниками показала, що на варіантах з підґрунтовим краплинним зрошенням та дощуванням процеси синтезу органічної речовини поступаються процесам її деструкції. Найбільш повільніші процеси деструкції на варіантах з ПК3 туї та з дощуванням. Найбільш інтенсивної трансформації органічної речовини зазнає ґрунт під газоном з ПК3, що вказує на дефіцит в ґрунті доступних для рослин форм азоту.

Оцінка статусу поживного режиму ґрунту при використанні дощування та підґрунтового краплинного зрошення вказує, що азот при застосуванні цих агроприймів є елементом першого мінімуму, саме нестача мінерального азоту порушує найважливіші функції і розвиток рослин. Необхідним є внесення азотних добрив під газон на протязі всього періоду вегетації з проведенням сезонної корекції доз внесення від більш високих в першій половині вегетації до більш низьких у другій. Під туї необхідно внесення невеликих доз азотних добрив в весняний період активного росту рослин.

Визначення мікроелементного статусу ґрунту вказує, що вміст мікроелементів знаходиться в діапазоні значень, характерних для ґрунтів Лісостепової зони, яким притаманний дефіцит цинку та міді, для ліквідації якого необхідно застосування комплексних мікродобрив пролонгованої дії, а також використання мікродобрив у хелатній формі з підвищеним засвоєнням мікроелементів рослинами.

Стан діагностичних показників катіонно-аніонного складу водної витяжки ґрунту при застосуванні різних варіантів зрошення

потребує контролю якості вод для зрошення за агрономічними і екологічними критеріями.

Сумарний показник забруднення Zc по всіх варіантах знаходиться в межах 2,6–8,8 (<16), що свідчить про відсутність забруднення ґрунту важкими металами.

Сумарний показник екологічного ризику для варіантів зі зрошенням є нижчим за граничне значення (<150), що відповідає низькому рівню екологічного ризику, але спостерігається певна динаміка його підвищення за роками спостережень.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувалися етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Відповідність проєкту

Дослідження виконане в межах реалізації ПНД НААН 1 «Рациональне використання і сталі управління ґрунтовими ресурсами, збереження родючості та здоров'я ґрунтів, захист їх від деградації» («Ґрунтові ресурси України: інформаційне забезпечення, рациональне використання, менеджмент, технології»). Завдання: 01.01.03.02.Ф «Розробити наукові основи управління родючістю гідродіфіцитних ґрунтів в умовах змін клімату та земельних відносин» з темою на 2021-2025 р.р. «Діагностичні показники родючості зрошуваних ґрунтів зеленої інфраструктури сільбищних ландшафтів для сталого управління в умовах змін клімату» етапом «Моніторинг екологічних функцій ґрунтів сільбищних ландшафтів в умовах різних режимів зрошення»

Список використаної літератури

1. Моделі системного управління потенціалом родючості ґрунтів (на прикладі Харківської і Волинської областей) / за наук. ред. С. А. Балюка, Р. С. Трускавецького. Харків : «Стильна типографія», 2018. 116 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/326689403_Modeli_sistemnogo_upravlinna_potencialom_rodocosti_gruntiv_na_prikhladi_Harkivskoi_i_Volinskoi_oblastej#fullTextFileContent
2. Балюк С. А., Медведєв В. В., Захарова М. А.. Стан ґрунтів України та шляхи підвищення їх родючості в умовах оптимізації земельних ресурсів України. Землеробство : міжвідомч. темат. наук. зб. Вип.85, 2013. С. 14–24. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2013_85_4
3. Балюк С. А., Кучер А. В., Анісімова О. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми й пріоритетні напрями їх вирішення. Рациональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів : організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти : колективна монографія / за ред. Акад. НААН С. А. Балюка, чл.-кор. АЕНУ А.В. Кучера. Х. : Смуґаста типографія, 2015, 432 с.
4. Балюк С. А., Кучер А. В., Максименко Н. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми й стратегія сталого управління. *Український географічний журнал*, 2021. № 2. С. 3–11. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.003>
5. Максименко Н. В., Балюк С. А., Кучер А. В., Пересацько В. А. Регіональні відмінності ґрунтів України для оцінки вартості екосистемних послуг. *Український географічний журнал*, 2022. № 2. С. 19–31. <https://doi.org/10.15407/ugz2022.02.019>
6. Програма використання та охорони земель (ґрунтового-агрохімічні аспекти): за наук. ред. С. А. Балюка, М. М. Мирошніченка, Р. С. Трускавецького. Київ: Аграрна наука, 2023. 96 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-594-8>
7. Балюк С. А., Ладних В. Я., Воротинцева Л. І., Недошук О.А., Верніченко Г.А. Оцінка стійкості агроландшафтів і ґрунтів до впливу зрошення. Харків, 2013. 48 с. <https://issar.com.ua/shop/tovar-41/>
8. Гололобова О. О., Шовкун О. О. Оцінка еколого-меліоративного стану ґрунту за агрофізичними показниками при використанні підґрунтового краплинного зрошення Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (21–22 травня 2020 р., м. Київ) / Укладач Д. Е. Бенатов. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. С.40–42. URL: <https://ecoconference.kpi.ua/issue/view/13788/7485>
9. Шовкун О., Гололобова О. Оцінка діагностичних агрофізичних показників ґрунту при підґрунтовому краплинному зрошенні декоративних хвойних культур. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: матеріали IX Міжнародної наукової конференції молодих*

- вчених, м. Харків, 25–26 листопада 2021 р., ХНУ імені В. Н. Каразіна. С.67–68. URL: https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2021/12/stud_konf_2021.pdf
10. Maksymenko N, Golobova O, Shovkun O. Subsurface Drip Irrigation as a Factor Ensuring Productive and Ecological Functions of Soils. V International Scientific Congress «*Society of Ambient Intelligence – 2022*» (ISCSAI 2022). Sustainable Development and Global Climate Change Kryvyi Rih, Ukraine. 2022, P. 126–134. <https://dx.doi.org/10.5220/0011345200003350>
 11. Ґрунтові ресурси Харківської області: стан, резерви продуктивної здатності: аналітична записка / укладачі: С. А. Балюк, Р. С. Трускавецький, М. М. Мірошніченко, В. Б. Соловей, А. В. Кучер, Г. Ф. Момот, Р. В. Акімова. Харків : «Стиль-Іздат», 2018. 52 с.
 12. Гололобов, В. В., Коваль, І. М., & Гололобова, О. О. (2023). Ревіталізація регулярних ландшафтів експозиційної зони дендропарку Державного біотехнологічного університету. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, (40), 66-84. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-40-06>
 13. ДСТУ 4287-2007 Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Київ. 2005. 10 с. (Інформація та документація). URL: <https://environmentallab.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/dstu-4287-2004-yakist-gruntu.-vidbirannya-prob.pdf>
 14. Практикум із загального та меліоративного землеробства / за ред. Ю. В. Будьонного. Харків : ХНАУ, 2005. 286 с.
 15. ДСТУ 4729:2007 Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України. 2008. 12 с. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72836
 16. ДСТУ 4115-2002 Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова. Вид. офіц. Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики. 2002. 9 с. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=58863
 17. ДСТУ 4770.1 – 9:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 117 с. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=58849
 18. ДСТУ ISO 10381–6:2015. Якість ґрунту. Відбір проб. Частина 6. Настанови щодо відбору, оброблення та зберігання ґрунту для дослідження аеробних мікробіологічних процесів у лабораторії. (ISO 10381-6:2009, IDT) [Чинний від 2016-04-01]. Київ. 2017. 11 с. (Інформація та документація). URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73209
 19. ДСТУ 7847:2015. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ. 2016. 15 с. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=62729
 20. Рекомендації щодо обстеження еколого-меліоративного стану земель в умовах краплинного зрошення. Харків : ННЦІГА імені О. Н. Соколовського, 2012. 20 с. URL: <https://issar.com.ua/shop/tovar-100/>
 21. Nakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*. Vol. 14, Is. 8, 1980, P. 975–1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)
 22. Оцінювання мікроелементного складу ґрунтів України для ведення органічного землеробства / за ред. А. І. Фатєєва, Я. В. Бородіної. Харків : Бровін О. В., 2020. 144 с. URL: <https://issar.com.ua/shop/tovar-151/>
 23. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина / за ред. А. І. Фатєєва, В. Л. Самохвалової. Харків : КП «Міськдрук», 2012. 146 с. URL: <https://issar.com.ua/shop/tovar-66/>
 24. Визначення спрямованості процесів мінералізації ↔ синтезу органічної речовини в агроценозах за біологічними показниками (науково-методичні рекомендації) / В. В. Волкогон, А. М. Москаленко, С. Б. Дімова, К. І. Волкогон, Ю. М. Халеп, О. В. Пиріг, Н. П. Штанько, Н. В. Луценко, В. П. Горбань, І. А. Земська, В. П. Сидоренко. Чернівці : видавець Брагинець О. В., 2020. 25 с.
 25. Симочко Л. Ю., Симочко В. В. Екологічні показники спрямованості мікробіологічних процесів у ризосфері озимої пшениці. *Науковий вісник Ужгородського університету: Біологія*. 2006 (19). С. 218–221. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/15747>
 26. ДСТУ 2730 : 2015 Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Видання офіційне. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2016. 9 с. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10395-zahyst_dovkillya_yakist_pryrodnoyi_vody_dlya_zroshen.pdf
 27. ДСТУ 7591 : 2014 Якість води для систем краплинного зрошення. Агрономічні, екологічні та технічні критерії. Видання офіційне. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2015. 16 с. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10449-dstu_7591_2014_zroshennya_yakist_vody_dlya_system_kr.pdf

Стаття надійшла до редакції 15.10.2024

Стаття рекомендована до друку 22.11.2024

O. O. GOLOLOBOVA¹, PhD (Agriculture),
Associate Professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area Management
e-mail: elena.gololobova@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>

N. V. MAKSYMENKO¹, DrS (Geography), Prof.,
Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas Management
e-mail: maksymenko@karazin.ua ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

V. L. BEZSONNYI¹, PhD (Technical),
Associate Professor of the Department of Environmental Safety and Environmental Education
e-mail: bezsonnyi@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>

¹V. N. Karazin Kharkiv National University,
4, Svobody Square Kharkiv, 61022, Ukraine

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL AND AMELIORATIVE CONDITION OF THE SOIL AND POTENTIAL RISKS WHEN USING DIFFERENT TYPES OF IRRIGATION OF DECORATIVE PLANTS

Purpose. Assessment of the ecological and reclamation state of the soil and the probable risks when using different types of irrigation: traditional sprinkling and subsurface drip irrigation.

Methods. Field, laboratory analytical, Hakanson's method

Results. Diagnostic soil indicators characterizing soil degradation processes and the degree of their development were analyzed in the experimental plots of lawn and thuja, using sprinkling and subsurface drip irrigation. Regarding the state of the soil, it was determined: Both types of irrigation (drip and rain) have a positive effect on soil density; organic matter in the soil decomposes faster than it is formed; the fastest degradation of organic matter is observed under the lawn with drip irrigation, which indicates a lack of nitrogen available to plants; nitrogen is the main limiting factor for plant growth with both types of irrigation. It is also determined that it is necessary to regularly apply nitrogen fertilizers to the lawn, especially at the beginning of the growing season; small doses of nitrogen fertilizers in the spring are sufficient for thuja; complex microfertilizers of prolonged action are required to eliminate copper and zinc deficiencies. It is also necessary to monitor the quality of irrigation water to avoid soil contamination. The level of soil contamination with heavy metals is low.

Conclusions. Both types of irrigation have both positive and negative sides. To obtain optimal results, it is necessary to regularly conduct soil analysis and apply the necessary fertilizers. Particular attention should be paid to the quality of irrigation water. There is a small risk of increasing environmental risk over time.

KEYWORDS: *subsoil drip irrigation, sprinkling, soil, diagnostic indicator, microelement status, microbiological indicator, environmental risk index*

References

1. Baliuk, S. A. & Truskavetsky, P. S. (2018). Models of systematic management of soil fertility potential (on the example of Kharkiv and Volyn regions) Kharkiv: «Stylish Printing House», 116. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/326689403_Modeli_sistemnogo_upravlinna_potencialom_roducost_i_gruntiv_na_priklyadi_Harkivskoi_i_Volynskoi_oblastej#fullTextFileContent (in Ukrainian)
2. Baliuk, S. A., Medvedev, V. V. & Zakharova, M. A. (2013). The state of soils of Ukraine and ways to increase their fertility in the context of optimization of land resources of Ukraine. *Agriculture: interdepartmental thematic scientific collection*. (85). 14–24. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2013_85_4 (in Ukrainian)
3. Baliuk, S. A., Kucher, A. V. & Anisimova, O. V. (2015). Soil resources of Ukraine: status, problems and their solution priority areas. Rational use of soil resources and of soil fertility restoration: organizational, economic, ecological and legal aspects: collective monograph. Kharkiv: Smuhasta typohrafiya, (in Ukrainian)
4. Balyuk, S. A., Kucher, A. V., & Maksymenko, N. V. (2021). Soil resources of Ukraine: state, problems and strategy of sustainable management. *Ukr. Geogr. Zh.*, 2, 3-11. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.003> (In Ukrainian)
5. Maksymenko, N. V., Baliuk, S. A., Kucher, A. V., Peresadko, V. A. (2022). Regional differences of soils of Ukraine to assess the cost of ecosystem services. *Ukr. geogr. z. N.* (2), 19–31. <https://doi.org/10.15407/ugz2022.02.019>
6. Baliuk, S., Miroschnichenko, M. & Truskavetskyi, R. (2023). Land use and protection Program (soil and agrochemical aspects). Kyiv: Agrarna nauka. 96. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-594-8> (in Ukrainian)
7. Baliuk, S. A., Ladnykh, V. Y., Vorotyntseva, L. I., Nedotsyuk, O. A. & Vernichenko, G. A. (2013). Assessment of the sustainability of agrolandscapes and soils to the impact of irrigation. Kharkiv. Retrieved from <https://issar.com.ua/shop/tovar-41/> (in Ukrainian)
8. Gololobova, O. O. & Shovkun, O. O. (2019). Assessment of the ecological and ameliorative state of the soil by agrophysical indicators when using subsurface drip irrigation. Handbook of the XXI international science conference «Ecology. Human. Society» (21–22 May, 2020 Kyiv, Ukraine). D. Benatov (Ed.). Kyiv: NTUU «Igor

- Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», P.40–42. Retrieved from <https://ecoconference.kpi.ua/issue/view/13788/7485>
9. Shovkun, O. O. & Gololobova, O. O. (2021). Evaluation of diagnostic agrophysical parameters of soil under subsoil drip irrigation of ornamental conifers. Ecology, Neoeology, Environment Protection and Balanced Natural Management. Proceedings Of The 9th International Scientific Conference young Scientists. November 25–26, 2021, Kharkiv, Ukraine. 67–68. Retrieved from https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2021/12/stud_konf_2021.pdf (in Ukrainian)
 10. Maksymenko, N., Gololobova, O., & Shovkun, O. (2022). Subsurface Drip Irrigation as a Factor Ensuring Productive and Ecological Functions of Soils. V International Scientific Congress «Society of Ambient Intelligence – 2022» (ISCASAI 2022). Sustainable Development and Global Climate Change Kryvyi Rih, Ukraine. 126–134. <https://dx.doi.org/10.5220/0011345200003350>
 11. Baliuk, S. A., Truskavetsky, P. S., Miroschnychenko, M. M., Solovey, V. B., Kucher, A. V., Momot, G. F. & Akimova, R. V. (2018). Soil resources of the Kharkiv region: state, reserves of productive capacity: analytical note. Kharkiv: «Style-Idat». (in Ukrainian)
 12. Gololobov, V. V., Koval, I. M., & Gololobova, O. O. (2023). Revitalization of regular landscapes of the Arboretum exposition zone of the State Biotechnology University. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (40), 66-84. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-40-06> (in Ukrainian)
 13. DSTU 4287-2007 Soil quality. Sampling. (2007). [Effective from 2005-07-01]. Kyiv. (Information and documentation). Retrieved from <https://environmentallab.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/dstu-4287-2004-yakist-gruntu.-vidbirannya-prob.pdf>
 14. Budyonnyi, Y. V. (Ed.). (2005). Workshop on general and reclamation agriculture. Kharkiv: KHNAU. (in Ukrainian)
 15. DSTU 4729:2007 Soil quality. (2008), Determination of nitrate and ammonium nitrogen in the modification of the NSC IGA named after A.N. Sokolovsky. Published by the official. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 12. Retrieved from https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72836
 16. DSTU 4115-2002 Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by the modified Chirikov method. (2002). Published by the official. Kyiv: State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy., 9. Retrieved from https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=58863
 17. DSTU 4770.1 - 9:2007. Soil quality. (2008). Determination of the content of mobile manganese compounds (zinc, cadmium, iron, cobalt, copper, nickel, chromium, lead) in soil in a buffered ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Retrieved from https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=58849
 18. DSTU ISO 10381-6:2015. Soil quality. (2017). Sampling. Part 6. Guidelines for the selection, handling and storage of soil for the study of aerobic microbiological processes in the laboratory. (ISO 10381-6:2009, IDT) [Effective from 2016-04-01]. Kyiv. (Information and documentation). Retrieved from https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73209
 19. DSTU 7847:2015. Determination of the number of microorganisms in soil by sowing on solid (agarized) nutrient medium. (2016), [Effective from 2016-07-01]. Published by the official. Kyiv. Retrieved from https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=62729 (in Ukrainian)
 20. Recommendations for the survey of ecological and reclamation condition of lands under drip irrigation. (2012). Kharkiv: NSC «Institute of soil science and agrochemistry named after A. N. Sokolovsky», 20. Retrieved from <https://issar.com.ua/shop/tovar-100/> (in Ukrainian)
 21. Hakanson, L. (1980) An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, 14(8), 975–1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)
 22. Fateev, A. I. & Borodina Y. V. (Eds.). (2020). *Evaluation of microelement composition of soils of Ukraine for organic farming*. Kharkiv: Brovin O. V., 144. Retrieved from <https://issar.com.ua/shop/tovar-151/> (in Ukrainian)
 23. Fateev, A. I. & Samokhvalova, V. L. (Eds.). (2012). *Diagnosis of the state of chemical elements of the soil-plant system*. Kharkiv: KP Miskdruk, 146. Retrieved from <https://issar.com.ua/shop/tovar-66/> (in Ukrainian)
 24. Volkohon, V., Moskalenko, A., Dimova, S., Volkohon, K., Halep, Y., Pirig, O. (2020). Determination of the direction of mineralization processes ↔ synthesis of organic matter in agrocenoses by biological indicators (scientific and methodological recommendations). Publisher Bragynets O. V. (in Ukrainian)
 25. Simochko, L. Yu. & Simochko, V. V. (2006). Ecological indicators of the direction of microbiological processes in the rhizosphere of winter wheat. Scientific Bulletin of Uzhhorod University: *Biology*. (19), 218–221. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/15747> (in Ukrainian)
 26. DSTU 2730: 2015 Quality of natural water for irrigation. Agronomic criteria. (2016). Edition official. Kiev SE «UkrNDNC». Retrieved from https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10395-zahyst_dovkillya_yakist_pryrodnoyi_vody_dlya_zroshen.pdf (in Ukrainian)
 27. DSTU 7591:2014 Water quality for drip irrigation systems. Agronomic, environmental and technical criteria. (2015). Edition official. Kyiv SE «UkrNDNC»,. Retrieved from https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10449-dstu_7591_2014_zroshennya_yakist_vody_dlya_system_kr.pdf (in Ukrainian)

The article was received by the editors 15.10.2024

The article is recommended for printing 22.11.2024