

УДК 631.67

Агрогенні зміни властивостей темно-каштанового цілинного та орного ґрунту за різного використання і зрошення**Л.І. Воротинцева^{1*}, В.І. Ніколюк²**¹Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна²Гідрогеолого-меліоративна дільниця Басейнового управління водних ресурсів нижнього Дніпра, м. Таврійськ, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 29.03.2021 Отримано після доопрацювання 27.04.2021 Затверджено до видання 07.06.2021 Доступно онлайн 01.07.2021	У статті здійснено компаративний аналіз екосистемної значущості характеристик ґрунту, трансформованих в результаті зміни умов використання. На трьох моніторингових стаціонарних майданчиках у Чаплинському районі Херсонської області досліджено властивості темно-каштанового ґрунту (Haplic Kastanozem) на цілині (заповідник «Асканія-Нова») та за більше ста років використання у сільськогосподарському виробництві без зрошення і за 50-річного зрошення водою із Каховського магістрального каналу. Констатовано зміни сольового режиму ґрунту та складу обмінних катіонів. За зрошення відбулося підвищення загального вмісту водорозчинних солей до 0,14-0,21 % (токсичних солей – до 0,06-0,15 %), зміна складу солей, їх міграція та акумуляція у нижніх шарах ґрунту. Під дією зрошення прісною водою у темно-каштановому ґрунті відбувався процес розсолонцювання. Залучення цілинного ґрунту до сільськогосподарського використання призвело до зменшення загального вмісту гумусу та трансформації його групового складу - зниження вмісту гумінових кислот (ГК) і підвищення вмісту фульвокислот (ФК), а відношення С _{гк} /С _{фк} у шарі 0-10 см змінилося від 2,6 (у цілинному ґрунті) до 1,6 – у зрошуваному. Розорювання та сільськогосподарське використання темно-каштанового ґрунту призвело до зміни стану мікробного ценозу: зросла чисельність мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний та органічний азот, актиноміцетів, оліготрофів та евтрофів. За зрошення ступінь трансформації мікробного ценозу посилюється. Показник біологічної деградації зрошуваного темно-каштанового ґрунту становив 4 %, що відповідає слабкому рівню деградації. Запропоновано набір із 10 показників якості досліджуваного ґрунту для розрахунку рівня надання ним екосистемних послуг (постачальної та підтримувальної). Представлено алгоритм і результати розрахунків. ґрунт на всіх контрольованих майданчиках Маркеєвського стаціонару характеризується високим рівнем надання екосистемних послуг: 8,3 бала на цілині; 7,2 – на ріллі без зрошення і 7,5 – за зрошення.
Ключові слова: властивості ґрунту; екосистемні послуги; зрошення; оранка; сольовий склад; темно-каштановий ґрунт; цілина	

* E-mail: vorotyntseva_ludmila@ukr.net

Форма цитування: Воротинцева Л.І., Ніколюк В.І. Агрогенні зміни властивостей темно-каштанового цілинного та орного ґрунту за різного використання та зрошення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2021. Вип. 91. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». С. 12-21. <https://doi.org/10.31073/acss91-02>

1. Вступ

Антропогенна діяльність, передусім сільськогосподарське використання ґрунтів, є вагомим чинником впливу на природну спрямованість процесів ґрунтоутворення, розвиток та властивості ґрунту. ґрунти агроценозів зазнають механічного, меліоративного навантаження та хімічного впливу, внаслідок чого їх властивості відрізняються від цілинних аналогів. Зміни фізичних, фізико-механічних, хімічних, біологічних властивостей ґрунтів за різного їх використання та меліоративних навантажень в агровиробництві (зокрема, зрошення) часто мають негативний характер, що призводить до погіршення якості ґрунту, зниження його родючості та стійкості до дії різних чинників, розвитку деградаційних процесів, втрати біорізноманіття та рівня надання екосистемних послуг [1, 2, 3]. Ці питання на сьогодні є вкрай актуальними як на національному, так і на міжнародному рівнях.

Ступінь трансформованості ґрунту залежить від рівня навантаження, якого він зазнає, та його генетичних властивостей, що обумовлюють його буферність та стійкість до різних впливів. Саме ці чинники визначають характер змін властивостей ґрунту, їх зворотність або незворотність, можливість до самовідновлення. Тому для збереження властивостей ґрунтів, забезпечення виконання ними екосистемних послуг в умовах незбалансованого землекористування, зростання посушливості клімату та антропогенних навантажень слід дотримуватися науково-методологічних принципів сталого управління ґрунтовими ресурсами. Антропогенне навантаження на ґрунт має бути нормованим, а землекористування – збалансованим, для того щоб зберегти ґрунт, його властивості, родючість та здатність до відтворення. Стале землекористування і захист ґрунтів відіграють чи не найголовнішу роль у продовольчій безпеці та безпеці людини взагалі [4].

У науковій літературі багато уваги приділяється вивченню питань трансформації властивостей ґрунтів за використання їх у ріллі та впливу антропогенних навантажень, а

також спрямованості еволюції ґрунтів [2, 3, 5]. У працях В.В. Медведєва зі співавторами висвітлено вплив обробки на фізичні та водно-фізичні властивості ґрунту, питання фізичної деградації орних ґрунтів [1, 6, 8]. У роботі [8] показано, що ґрунти, які тривалий час розорюються, є полігенетичними утвореннями. У результаті антропогенної еволюції формується нове тіло – антропогенно перетворений ґрунт – агрозем, що є 4-вимірним тілом природи, параметри якого змінюються у просторі й часі. На прикладі чорноземів природних (цілина) та орних доведено, що важливою особливістю оброблюваного ґрунту є зростання його неоднорідності в горизонтальному напрямку, яка посилюється багаторічним обробітком та внесенням добрив. Відбуваються зміни режимів та властивостей ґрунтів: зростає рівноважна щільність та консолідованість ґрунту, структура порового простору стає бімодальною, відзначається гальмування процесів агрегації, втрачається здатність до оборотності властивостей і режимів як умова протидії деградаційним процесам.

Дослідженнями Ф. Лисецького та М. Родіонової встановлено [7], що ступінь впливу тривалого землеробства на темно-каштановий ґрунт найбільш інформативно діагностується 13 стійкими індикаторами агрогенно обумовлених трансформацій фізичних і хімічних властивостей. Найбільш тісну залежність від загальної тривалості такого впливу виявили для таких індикаторів, як вміст гумусу, загального азоту і карбонатів, водостійкість агрегатів і частка копролітів в агрономічно цінних фракціях.

У роботі [9] доведено, що перетворення природного лісу в сільськогосподарські угіддя достовірно знижує вміст мулу, органічної речовини, азоту, доступного фосфору, ємність катіонного обміну і склад обмінних основ, але збільшує щільність будови, електропровідність і обмінну кислотність.

Дослідженнями R. Srivastava et al. [10] встановлено, що перетворення природних пасовищ та лісових ґрунтів в орні землі впродовж 18 років призвело до збільшення у шарі 0-20 см щільності будови ґрунту на 16 %, зменшення вмісту органічної речовини та загального азоту на 50 %, зниження вологостійкості ґрунту.

Дослідженнями В.В. Дегтярьова зі співавторами [11] встановлено, що 65-річне розорювання чорнозему типового і використання його в просапній сівозміні призводить до різкого зниження вмісту гумусу, особливо в верхній частині профілю. Лише в шарі 40-50 см чорнозему вміст гумусу майже не змінився порівняно з цілинним ґрунтом.

Проведення систематичного моніторингу та системного менеджменту потребують зрошуваних ґрунти, які зазнають значних трансформацій, особливо за використання мінералізованих вод [12, 13]. У роботі N. Kachi et al. [14] показано, що в Алжирі більше 20 % зрошуваних земель є засоленими.

З метою нормування меліоративних навантажень Постановою Кабінету Міністрів України «Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням» (від 02.09.2020 р. № 766) встановлено нормативи зрошення та підготовлено Концепцію нормування меліоративних навантажень на ґрунтовий покрив зрошуваних земель [15]. Нормування означає встановлення обов'язкових нормативів, правил, регламентів, вимог щодо використання та охорони зрошуваних земель, дотримання вимог екологічної та санітарно-гігієнічної безпеки. Норми меліоративних навантажень мають бути орієнтовані на виконання завдань забезпечення сталості ґрунтів, відновлення їхньої родючості, збереження ґрунтового покриву і земельних ресурсів, мінімізації негативного впливу на ґрунти.

Моніторинг та діагностика властивостей орних ґрунтів, зокрема, зрошуваних, є основою для комплексного оцінювання їх стану, визначення екосистемних послуг, які ґрунти надають суспільству та розроблення управлінських рішень, спрямованих на збереження властивостей ґрунту та його родючості [16]. Це питання є особливо актуальним в умовах глобальних змін клімату та необхідності розширення площ зрошення згідно зі Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року [17]. Відновлення зрошення та дренажу є ключовим інструментом розвитку аграрного сектору економіки та нарощування експортного потенціалу України, мінімізації впливу клімату на процеси соціально-економічного розвитку регіонів. Але при цьому слід дотримуватися положень Концепції сталого управління ґрунтовими ресурсами меліорованих земель [18] та Концепції нормування меліоративних навантажень на ґрунтовий покрив зрошуваних земель [15].

Метою статті є висвітлення результатів дослідження агрогенних змін властивостей темно-каштанового ґрунту за тривалого сільськогосподарського використання і зрошення, визначення рівня екосистемних послуг, які надають ґрунти.

2. Об'єкти і методи досліджень

Дослідження проведено у 2014-2020 рр. на ключових моніторингових майданчиках Маркеєвського стаціонару (у с. Маркеєв) у Чаплинському районі Херсонської області. У межах стаціонару для спостережень було закладено три майданчика площею 100 м² згідно з Інструкцією з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях (ВНД 33-5.5-11-02, 2003) та Порядком проведення (ДСТУ 7850:2015): 1) природна цілина (біосферний заповідник «Асканія-Нова»); 2) рілля без зрошення і 3) рілля зрошувана протягом 50 років. Вік орних ділянок понад 100 років. Географічні координати стаціонарних майданчиків: 1. Природна цілина - 46°50'350 пн.ш., 34°03'416 сх.д.; 2. Без зрошення - 46°51'230 пн.ш., 34°06'033 сх.д.; 3. Зрошення - 46°51'404 пн.ш., 34°06'180 сх.д.). Зрошувана та незрошувана ділянки використовуються у польовій сівозміні.

Ґрунт – темно-каштановий слабосолонцюватий (Haplic Kastanozem) легкоглинистий на лесі. Вміст фізичної глини (часточки < 0.01 мм) – 61-64 %. Стаціонарні майданчики знаходяться в автоморфних умовах з глибиною залягання підґрунтових вод більше 10 м.

Для зрошення використовували воду із Каховського магістрального каналу, що характеризується як придатна для зрошення за агрономічними (згідно з ДСТУ 2730:2015) та екологічними (згідно з ДСТУ 7286:2012) критеріями (Табл. 1).

На стаціонарних майданчиках було закладено ґрунтові розрізи і свердловини для вивчення морфології ґрунтів та їх фізико-хімічних і мікробіологічних властивостей. Проби ґрунту відбирали щорічно, в період максимального солепроявлення – у серпні-вересні.

Проби ґрунту для аналітичних досліджень відбирали зі всієї глибини ґрунтового профілю, за генетичними горизонтами, та способом буріння свердловин (методом колонки) з шарів 0-25, 25-50, 50-75, 75-100, 100-150, 150-200, 200-250, 250-300 см, кожного року. Потім в лабораторії їх висушували до повітряно сухого стану і відбирали середні зразки ґрунту для аналізування.

У лабораторних зразках ґрунту визначали сольовий склад водної витяжки (згідно з ДСТУ 7943-7945:2015 і ДСТУ 7908-7909:2015) та вміст обмінних катіонів кальцію, магнію, калію та натрію за методом Тюріна (згідно з ДСТУ 7604:2014 і ДСТУ 7912:2015).

Чисельність ґрунтових мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп визначали методом висівання суспензій ґрунту відповідних розведень на щільні агаризовані живильні середовища у чашках Петрі [19]: 1. для визначення мікроорганізмів, що засвоюють органічний азот (амоніфікаторів), – на м'ясо-пептоновий агар; 2. мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук, та актиноміцетів – на крохмало-амонійний агар; 3. бактерій роду азотобактер – на середовище Ешбі з додаванням розчину мікроелементів; 4. оліготрофів – на голодний агар; 5. мікроміцетів – на середовище Ріхтера. Повторність всіх аналізів 4-кратна.

Математичну обробку даних здійснено за загальноприйнятими методами математичної статистики з використанням пакетів стандартних комп'ютерних програм (Microsoft Excel і Statistica 10.0).

Виконали параметризоване оцінювання двох екосистемних послуг цілинного, орного зрошеного і незрошеного ґрунтів – постачальної (продукційної – біопродуктивності) та підтримувальної (середовищеутворювальної – середовище існування рослин і мікроорганізмів), керуючись методикою, викладеною в [20], але з коригуванням та розширенням переліку оцінюваних показників до 10.

Параметри показників цих послуг включали три градації, з огляду на стан земель за відповідним показником та рівень надання екосистемних послуг: добрий стан / високий рівень (10 балів), задовільний стан / середній рівень (5 балів), незадовільний стан / низький рівень (0 балів). Узагальнене оцінювання виконали за формулою [20]:

$$EP = \sum_{i=1}^n e_i / n,$$

де EP – загальна оцінка рівня надання екосистемних послуг ґрунтом, бал;

e_i – оцінка рівня надання послуг за окремим показником, бал;

n – кількість показників.

3. Результати досліджень та їх обговорення

Результати досліджень свідчать, що розораність та сільськогосподарське використання цілинного ґрунту призводить до зміни природних фітоценозів, перетворення верхньої частини профілю в якісно новий культурний горизонт, втрати притаманної йому будови, режимів та властивостей. Зміна ландшафтно-екологічних умов призводить до

розвитку нових по суті й інтенсивності елементарних ґрунотворних процесів, під впливом яких вихідний ґрунт трансформується і формується антропогенно перетворений ґрунт. Зрошення додатково посилює зміни спрямованості природних ґрунтових процесів і режимів, трансформацію складу та властивостей ґрунтів, які визначаються ландшафтно-геохімічними умовами, хімічним складом поливної води, вихідними властивостями ґрунту та його стійкістю до дії екзогенних чинників.

Стаціонарний зрошуваний майданчик Маркеєвського стаціонару поливається водою з Каховської зрошувальної системи, хімічний склад якої досліджено впродовж 2014-2020 рр. Усереднені дані та діапазон коливань представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад води Каховської зрошувальної системи (середні дані та коливання у 2014-2020 рр.)

Статистичний показник	Вміст солей, г/дм ³	pH	Вміст іонів солей, мекв/дм ³					
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
min	0,28	6,91	1,96	0,60	0,32	1,20	0,40	0,41
max	0,50	7,51	3,90	1,90	3,18	3,10	3,30	2,39
середнє значення	0,39	7,20	3,04	1,08	1,36	2,41	1,71	1,37
стандартне відхилення	0,05	0,20	0,43	0,24	0,62	0,46	0,50	0,38
дисперсія	0,10	0,05	0,19	0,07	0,38	0,21	0,30	0,15
коефіцієнт варіації	0,13	0,03	0,14	0,22	0,46	0,19	0,32	0,28

Так, протягом періоду досліджень воду оцінювали як придатну для зрошення за агрономічними критеріями згідно з ДСТУ 2730:2015. Мінералізація води коливалася від 0,28 до 0,50 г/дм³ (стандартне відхилення $S = (\pm 0,05)$ г/дм³), реакція середовища нейтральна – pH=6,9-7,5 ($S = (\pm 0,2)$), тип засолення, переважно, гідрокарбонатно-кальцієвий. Співвідношення Ca/Na становило 1,4-3,1:1,0. У багаторічній динаміці значення показників хімічного складу зрошувальної води Каховської зрошувальної системи характеризувалися, переважно, середньою мінливістю, за винятком вмісту сульфатів і магнію, про що свідчать значення коефіцієнта варіації.

За вмістом важких металів (ВМ), згідно з ДСТУ 7286:2012, вода Каховської зрошувальної системи оцінювалася, як придатна для зрошення.

У триметровому профілі цілинного ґрунту загальний вміст водорозчинних солей варіює від 0,10 до 0,16 %, а токсичних солей – від 0,03 до 0,12 % (Табл. 2). Горизонт акумуляції солей відмічається на глибині 200-250 см, тип засолення – гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий у верхніх шарах, а глибше – гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий.

Таблиця 2

Сольовий склад темно-каштанового ґрунту Маркеєвського стаціонару

Майданчик	Шар ґрунту і підґрунтя, см	Вміст солей, %		pH	Вміст іонів, мекв/100 г ґрунту		Ca/Na
		загальний	токсичних		Ca ²⁺	Na ⁺	
1 Цілина	0-25	0,15	0,05	7,4	1,30	0,08	16,3
	25-50	0,12	0,04	7,5	0,98	0,09	10,9
	50-75	0,11	0,03	7,7	1,00	0,14	7,1
	75-100	0,10	0,05	7,8	0,65	0,16	4,1
	100-150	0,12	0,08	7,8	0,25	0,76	0,3
	150-200	0,14	0,11	7,7	0,25	1,07	0,2
	200-250	0,16	0,12	7,7	0,25	1,33	0,2
	250-300	0,15	0,11	7,8	0,23	1,35	0,2
2 Без зрошення	0-25	0,11	0,04	7,6	0,82	0,09	9,1
	25-50	0,13	0,06	7,8	0,88	0,09	9,8
	50-75	0,10	0,04	7,8	0,75	0,1	7,5
	75-100	0,10	0,05	7,9	0,73	0,14	5,2
3 Зрошення	0-25	0,15	0,06	7,6	1,05	0,3	3,5
	25-50	0,16	0,07	7,7	1,05	0,37	2,8
	50-75	0,15	0,08	7,7	0,85	0,37	2,3
	75-100	0,14	0,08	7,7	0,75	0,41	1,8
	100-150	0,14	0,09	7,8	0,68	0,57	1,2
	150-200	0,18	0,12	7,9	0,55	1,33	0,4
	200-250	0,18	0,13	7,7	0,4	1,74	0,2
	250-300	0,21	0,15	7,5	0,5	1,78	0,3

Реакція ґрунтового середовища у шарі 0-50 см нейтральна, а глибше – змінюється на слаболужну. Співвідношення іонів Ca/Na у шарі 0-50 см становить 11-16 : 1, у шарі 50-100 см – 4-7 : 1, а в нижніх горизонтах зростає до 0,2-0,3 : 1.

Встановлено, що незрошуваний ґрунт, який використовується у сільськогосподарському виробництві, за вмістом водорозчинних і токсичних солей істотно не відрізняється від цілинного. Відмічається лише незначне зменшення співвідношення Ca/Na до 9-10 : 1 у шарі 0-50 см, що пов'язано зі зміною водного і повітряного режиму ґрунту та з вилугуванням водорозчинних сполук углиб профілю.

Аналіз вмісту водорозчинних солей у триметровому профілі зрошуваного темно-каштанового ґрунту свідчить про те, що відбулося підвищення їх загального вмісту до 0,14-0,21 % (токсичних солей – 0,06-0,15 %) та вилугування у нижні горизонти з акумуляцією на глибині 250-300 см. Унаслідок цього ступінь засоленості нижнього шару підвищився до слабкого. Тип засолення змінився на хлоридно-сульфатний кальцієво-натрієвий. Про зміну якісного складу солей свідчить також зменшення значень співвідношення Ca/Na до 3,5-1,2 : 1 (у шарі 0-100 см) і 1,2-0,3:1 (у шарі 100-300 см).

Для ґрунтів Степу Сухого склад ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) є важливим показником, що визначає їх фізико-хімічні та фізичні властивості, оскільки темно-каштанові ґрунти за своєю природою є солонцюватими. За тривалої дії досліджуваних чинників (сільськогосподарське використання і зрошення) відбулася трансформація складу обмінних катіонів ґрунту.

Темно-каштановий ґрунт на стаціонарних майданчиках характеризувався слабким ступенем солонцюватості, при цьому вищим був уміст солонцювальних катіонів (частка натрію і калію у сумі обмінних катіонів) у цілинному ґрунті – 4,7 і 2,9 % відповідно у шарах 0-25 і 25-50 см (Рис. 1). Крім того дослідили, що вміст обмінного кальцію у цілинному ґрунті (шар 0-50 см) становив 72-75 % від суми обмінних катіонів.

Внаслідок розорювання цілинного ґрунту та зміни ландшафтно-екологічних умов відбулися зміни спрямованості ґрунтових процесів, що сприяло зниженню концентрації увібраних катіонів натрію та калію в шарах ґрунту 0-25 і 25-50 см відповідно до 4,2 і 2,5 %, при цьому вміст кальцію становив 58-65 % (шар 0-50 см).

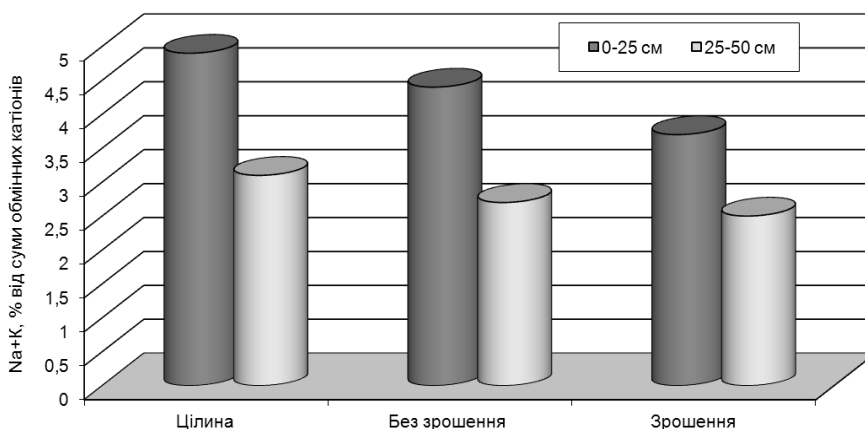


Рис. 1 Частка катіонів натрію і калію у сумі обмінних катіонів темно-каштанового ґрунту

У темно-каштановому ґрунті, що зрошувався прісною водою з Каховської зрошувальної системи, під дією води відбувався процес розсолонцювання. За результатами досліджень частка катіонів $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ у сумі обмінних катіонів зменшилась з 4,7 до 3,7 % (шар 0-25 см) і з 2,9 до 2,3 % (шар 25-50 см). Частка обмінного кальцію у зрошуваному орному ґрунті знизилася до 56-61 % (шар 0-50 см).

Слід відзначити зростання частки обмінного магнію у ґрунті ріллі до 40-44 %, тоді як у цілинному ґрунті вона становить 25-31 % (шар 0-50 см). Тому можемо припустити, що саме обмінний магній впливає на солонцюватість орного зрошуваного ґрунту, визначає його морфологічні та агрофізичні показники. Солонцювальну здатність магнію встановлено дослідженнями І.М. Антипова-Каратаєва [21] та С.І. Соколова [22].

Важливим показником, що визначає властивості ґрунту є гумусовий стан. Аналіз даних вмісту гумусу в ґрунтах Маркеєвського стаціонару свідчить (Табл. 3) про те, що зміна ландшафтно-екологічних умов внаслідок освоєння цілини (фрагментів цілинного ґрунту заповідника «Асканія-Нова») та сільськогосподарського використання призвела до суттєвого зменшення вмісту гумусу у темно-каштановому ґрунті. Так, цілинний ґрунт

заповідника характеризувався дуже високим (у шарі 0-10 см) і високим (у шарі 10-30) вмістом гумусу.

Внаслідок розорювання та сільськогосподарського використання змінилася спрямованість ґрунтових процесів, прискорилися процеси мінералізації органічної речовини, що призвело до зменшення загального вмісту гумусу. Але на даному етапі (стадія стабілізації процесів гуміфікації-мінералізації) не виявлено істотного впливу тривалого зрошення прісною водою на загальний вміст гумусу.

Таблиця 3

Склад гумусу темно-каштанового ґрунту Маркеєвського стаціонару

Майданчик	Шар ґрунту, см	Вміст гумусу, %	Груповий склад гумусу		
			Сгк, %	Сфк, %	Сгк/Сфк
1 Цілина	0-10	5,5	0,83	0,32	2,6
	10-30	4,3	0,51	0,19	2,7
2 Без зрошення	0-10	3,2	0,45	0,22	2,0
	10-32	2,6	0,38	0,20	1,9
	32-54	1,5	0,17	0,10	1,7
3 Зрошення	0-13	3,0	0,49	0,30	1,6
	13-34	2,4	0,37	0,20	1,9
НІР ₀₅	0-10	0,19	-	-	-
	10-50	0,24	-	-	-

Аналіз групового складу гумусу темно-каштанового ґрунту на стаціонарних майданчиках Маркеєвського стаціонару свідчить, що залучення ґрунту в обробіток та сільськогосподарське використання призвело до зниження вмісту гумінових кислот (ГК) і підвищення вмісту фульвокислот (ФК), а відношення Сгк/Сфк у шарі 0-10 см змінилося від 2,6 (у цілинному ґрунті) до 1,6 – в орному зрошуваному (див. табл. 3). Аналогічну закономірність автори встановили раніше і на темно-каштанових ґрунтах Ігулецької системи за зрошення слабомінералізованими водами [23], що підтверджується також дослідженнями Н.П. Панова зі співавторами [24]. Відбуваються зміни у структурі ГК, пов'язані зі збільшенням частки аліфатичних компонентів у складі їх молекул. Для забезпечення позитивного балансу органічної речовини у зрошуваних ґрунтах необхідним є дотримання високого агрофону, внесення органо-мінеральних добрив, вирощування багаторічних та сидеральних культур.

Одним із чутливих та інформативних показників зміни стану ґрунту є біологічна складова. Мікроорганізми певним чином реагують на мінливість екологічних чинників, тому чисельність мікрофлори й активність мікробіологічних процесів можуть бути діагностичними показниками в оцінці трансформації властивостей зрошуваних ґрунтів [3]. Ґрунтове біорізноманіття відіграє важливу роль у функціонуванні екосистем та наданні ними послуг – забезпечувальної, регулювальної, підтримувальної, які є не лише важливими для функціонування природних екосистем, а й забезпечують стає управління агроландшафтами.

Як природний еталон може виступати мікробний пул цілинного ґрунту, для якого характерним є домінування мікроорганізмів з К-Стратегією (уповільнений ріст, високоефективне використання джерел живлення, ускладнений життєвий цикл) [0]. Розорювання ґрунту та використання його у ріллі призводить до зміни стану мікробного ценозу та зростання чисельності мікрофлори, зокрема мікроорганізмів з R-стратегією (прискорене розмноження, спрощений життєвий цикл [8, 25].

Механічний обробіток при оранці перетворює верхню частину профілю цілинного ґрунту в пухкий орний шар, внаслідок чого покращуються водно-повітряний і тепловий режими, збільшується чисельність та активність мікрофлори. Тому в темно-каштановому орному ґрунті зросла чисельність мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні та органічні азот, актиноміцетів, оліготрофів, евтрофів (Табл. 4). Підвищення показників мінералізації та оліготрофності у незрошуваному ґрунті порівняно з цілинним (відповідно з 0,46 до 0,56 та з 1,54 до 2,06) свідчить про інтенсивніший перебіг процесів та погіршення поживного режиму за сільськогосподарського обробітку ґрунту і зміни екологічних умов. При цьому чисельність мікроорганізмів збільшилася на 35 %.

На зрошуваній ділянці порівняно з незрошуваною також відбулося підвищення показників оліготрофності та мінералізації, що свідчить про погіршення поживного режиму та інтенсивніший перебіг процесів. Коефіцієнт мікробної трансформації органічної речовини ґрунту був вищим на цілині, що свідчить про більш високий рівень функціональної активності ґрунту, що підтверджується також дослідженнями О. Л. Тонхи

[25]. В орному незрошуваному та зрошуваному ґрунті цей показник знижується відповідно з 23,1 до 20,3 та 17,9. Більш висока чисельність грибів та оліготрофів у зрошуваному ґрунті свідчить про погіршення поживного режиму та токсичність ґрунту, незважаючи на використання придатної води. Показник біологічної деградації зрошуваного темно-каштанового ґрунту становив 4 %, що відповідає слабкому рівню деградації. Отже, під впливом розорювання ґрунту та зрошення відбулися зміни біологічних показників темно-каштанового ґрунту.

Таблиця 4

Стан мікробних ценозів темно-каштанового ґрунту за різного використання

Стационар- ний майданчик	Мікроорганізми, що засвоюють азот, млн КУО/г сухого ґрунту			Актино- міцети, млн КУО/г сухого ґрунту	Гриби, тис. КУО/г сухого ґрунту	Оліго- трофи, млн КУО/г сухого ґрунту	Евтро- фи, млн КУО/г сухого ґрунту	Показники					
	органі- чний	мінеральний	мінеральний бактерії					Оліго- трофності	Мінера- лізації	МТОРГ	СБП, %	ПБД, %	
1 Цілина	14,04	21,69	13,95	7,74	14,80	16,56	35,74	0,46	1,54	23,13	100	–	
2 Без зрошення	17,15	35,43	24,35	9,25	18,20	22,55	40,61	0,56	2,06	20,29	135	–	
3 Зрошення	12,82	32,47	27,47	5,00	21,50	26,72	45,31	0,59	2,53	17,88	115	-4	
НІР ₀₅	2,09	5,43	–	1,28	6,29	7,58	–	–	–	–	–	–	

Скорочення: МТОРГ – коефіцієнт мікробної трансформації органічної частини ґрунту; СБП – сумарний біологічний показник; ПБД – показник біологічної деградації.

Для комплексного оцінювання стану ґрунту Маркеєвського стаціонару було застосовано екосистемний підхід, що базується на визначенні екосистемних послуг, які ґрунт надає суспільству і навколишньому середовищу – це послуги із забезпечення людства природними ресурсами, «здоровим» середовищем існування, а також іншими екологічно та економічно значущими продуктами. Оцінювання рівня екосистемних послуг досліджуваних ґрунтів проводили за десятибальною шкалою за показниками, перелік яких наведено у таблиці 5.

Таблиця 5

Показники та шкала оцінювання рівня надання постачальної та підтримувальної екосистемних послуг ґрунтом на Маркеєвському стаціонарі

Показник якості ґрунту	Характеристика якості та стану ґрунту		
	рівень надання ґрунтом екосистемних послуг (балів)		
	добрий (10)	задовільний (5)	незадовільний (0)
Клас якості зрошувальної води	1 клас	2 клас	3 клас
Рівень залягання підґрунтових вод, м	> 5,0	5,0	< 5,0
Ступінь засоленості ґрунту в шарі 0-100 см	незасолений	слабкий	середній, сильний
Ступінь солонцюватості ґрунту в шарі 0-50 см	несолонцюватий	слабкий	середній, сильний
Категорія забрудненості ґрунту в шарі 0-50 см	допустима	помірно небезпечна	небезпечна
Вміст мінерального азоту в ґрунті, шар 0-50 см	високий	середній, підвищений	низький, дуже низький
Вміст рухомих сполук фосфору, в ґрунті, шар 0-50 см	високий	середній, підвищений	низький, дуже низький
Вміст рухомих сполук калію, в ґрунті, шар 0-50 см	високий	середній, підвищений	низький, дуже низький
Вміст гумусу, шар 0-30 см	високий	середній, підвищений	низький
Мікробіологічна активність ґрунту. Відхилення біологічних показників від еталона, %	< 10	10-25	> 25

Стан ґрунту кожного стаціонарного майданчика оцінювали на підставі власних результатів досліджень за кожним окремим показником, наведеним у таблиці 5. Добрий

стан земель за певним показником відповідав високому рівню надання екосистемних послуг та оцінювався в 10 балів, задовільний – 5 балів, незадовільний – 0 балів. Потім розраховували загальну оцінку рівня надання постачальної та підтримувальної екосистемних послуг (ЕП) ґрунтом майданчика, використовуючи вище наведену формулу: суму балів за окремими показниками, включеними в аналіз на кожному з майданчиків поділили на кількість показників. Результати бальної оцінки якості ґрунту й розраховані ЕП представлено в таблиці 6.

Таблиця 6

Рівень надання екосистемних послуг (ЕП) темно-каштановим ґрунтом Маркеєвського стаціонару

Показник якості ґрунту	Оцінка якості ґрунту на майданчиках, балів		
	1 Цілина	2 Без зрошення	3 Зрошення
Клас якості зрошувальної води	-	-	10
Рівень залягання підґрунтових вод	10	10	10
Ступінь засоленості ґрунту в шарі 0-100 см	10	10	10
Ступінь солонцюватості ґрунту в шарі 0-50 см	5	5	5
Категорія забрудненості ґрунту в шарі 0-50 см	5	5	5
Вміст мінерального азоту в ґрунті, шар 0-50 см	10	5	5
Вміст рухомих сполук фосфору, в ґрунті, шар 0-50 см	5	5	5
Вміст рухомих сполук калію, в ґрунті, шар 0-50 см	10	10	10
Вміст гумусу, шар 0-30 см	10	5	5
Мікробіологічна активність ґрунту. Відхилення біологічних показників від еталона	10	10	10
Рівень надання ЕП	8,3	7,2	7,5

За результатами розрахунків виявили, що найбільш високим рівнем надання ЕП відрізнявся цілинний ґрунт – 8,3 бала; для орного зрошуваного ґрунту рівень становив – 7,5 і незрошуваного – 7,2 бала. У незрошуваних умовах обмежувальним чинником постачальної (продукційної) послуги є водний режим ґрунту, що потребує застосування зрошення в умовах посушливого клімату.

Рівень надання ґрунтом послуг (ЕП) визначали за 10-бальною шкалою згідно з рекомендованими [0] градаціями: низький рівень – 0-4,0 бали; середній – 4,1-7,0 балів; високий – 7,1-10,0 балів. Отже, досліджуваний темно-каштановий ґрунт на всіх майданчиках Маркеєвського стаціонару характеризується високим рівнем надання екосистемних послуг.

Результати оцінювання рівня надання ґрунтом екосистемних послуг, як функції їх еколого-агромеліоративного стану, можуть слугувати підставою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо напрямків раціонального, оптимального їх використання та розробки комплексу диференційованих, адаптованих заходів з меліорації та поліпшення їх стану, як однієї із складових сталого менеджменту ґрунтових ресурсів та агрокліматичної адаптації до змін клімату.

5. Висновки

Дослідженнями встановлено, що зміна типу землекористування і ландшафтно-екологічних умов призводить до розвитку нових по суті й інтенсивності елементарних ґрунотворних процесів, під впливом яких вихідний ґрунт трансформується і формується антропогенно перетворений ґрунт. За зрошення відбулося підвищення загального вмісту водорозчинних солей до 0,14-0,21 % (токсичних солей – 0,06-0,15 %), зміна їх якісного складу (співвідношення Са/Na зменшилося у шарі 0-50 см від 11-16:1 (цілинний ґрунт) до 9-10:1 (незрошуваний ґрунт) та 3-4:1 (зрошуваний ґрунт)) та вилуговування їх у нижні горизонти, унаслідок чого ступінь засолення підвищився до слабкого. За розорювання цілинного ґрунту та зміни ландшафтно-екологічних умов відбулися зміни спрямованості ґрунтових процесів, що вплинуло на склад увібраних катіонів ГВК. Під дією зрошення прісною водою відбувався процес розсолонцювання темно-каштанового ґрунту.

Залучення цілинного ґрунту до сільськогосподарського використання призвело до зменшення вмісту гумусу та трансформації його групового складу: зниження вмісту ГК і підвищення вмісту ФК, а відношення Сгк/Сфк змінилося від 2,6 до 1,6 та 2,0.

Біологічна складова є одним із чутливих та інформативних показників зміни стану ґрунту. За розорювання в темно-каштановому ґрунті зросла чисельність мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний та органічний азот, актиноміцетів, оліготрофів, евтрофів. Підвищення показників мінералізації та оліготрофності в орному незрошуваному ґрунті порівняно з цілинним (відповідно з 0,46 до 0,56 та 1,54 до 2,06) свідчить про більш інтенсивний перебіг процесів та погіршення поживного режиму за сільськогосподарського обробітку ґрунту та зміни екологічних умов. Більш висока чисельність грибів та оліготрофів у зрошуваному ґрунті свідчить про погіршення поживного режиму та токсичність ґрунту, незважаючи на цілковиту придатність зрошувальної води. Показник біологічної деградації зрошуваного темно-каштанового ґрунту становив 4 %, що відповідає слабкому рівню деградації.

Досліджувані ґрунти Маркеєвського стаціонару характеризувалися високим рівнем надання екосистемних послуг, при цьому найбільш високими значеннями показника відрізнявся цілинний ґрунт.

Список використаних джерел

1. Медведєв В.В., Пліско І.В. Критерії і нормативи фізичної деградації орних ґрунтів (пропозиції до вдосконалення нормативної бази). *Вісник аграрної науки*. 2017. № 3. С. 11-17. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201703-02>.
2. Сучасні проблеми деградації ґрунтів та заходи щодо досягнення нейтрального її рівня / С. А. Балюк, В. В. Медведєв, Л. І. Воротинцева, В. В. Шимель. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 5-11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01>.
3. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України/ за наук. ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенко, В. А. Сташука. Київ: Аграрна наука, 2009. 624 с.
4. Nkonya E., Mirzabaev A., von Braun J. Economics of Land Degradation and Improvement: An Introduction and Overview. In: Nkonya E., Mirzabaev A., von Braun J. (eds) Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development. Springer, Cham, 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_1.
5. Балюк С. А., Трускавецький Р. С. Системне управління трансформаційною спрямованістю та родючістю ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 10. С. 10-16. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201510-02>.
6. Медведєв В.В., Пліско І.В., Бігун О.М. Фізичні властивості орних ґрунтів України. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 7. С. 10-15. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201507-02>.
7. Lisetskii F.N., Rodionova M.E. Transformation of Dry-Steppe Soils under Long-Term Agrogeogenic Impacts in the Area of Ancient Olbia. *Eurasian Soil Science*. 2015. Vol. 48 (4). P. 347–358. <https://doi.org/10.1134/S1064229315040055>.
8. Медведєв В.В. Новітні властивості антропогенно змінених ґрунтів. Сценарії антропогенної еволюції ґрунтового покриву. Харків: ФОП Бровін О.В., 2017. 162 с.
9. Tellen V., Yerima B. Effects of land use change on soil physicochemical properties in selected areas in the North West region of Cameroon. *Environmental Systems Research*. 2018. Vol. 7(3). <https://doi.org/10.1186/s40068-018-0106-0>.
10. Srivastava R., Mohapatra M., Latore A. Impact of land use changes on soil quality and species diversity in the Vindhyan dry tropical region of India. *Journal of Tropical Ecology*. 2020. Vol. 36, Issue 2. P. 72-79. <https://doi.org/10.1017/S0266467419000385>.
11. Дегтярьов В.В., Крохін С.В., Жернова О.С. Уміст гумусу в цілинних і агрогенних чорноземах України. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва*. Серія Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. 2016. № 1. С. 13-25.
12. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми, перспективи розвитку/ за ред. О.В. Морозова. Херсон: Айлант, 2020. 321 с.
13. Чорноземи масивів зрошення Одещини / за ред. Є.Н. Красехи та Я.М. Біланчина. Одеса, 2016. 194 с.
14. Kachi N., Kachi S., Bousnoub A.H. Effects of Irrigated Agriculture on Water and Soil Quality (Case Perimeter Guelma, Algeria). *Soil and Water Research*. 2016. Vol. 2. 11. P. 97–104. <https://doi.org/10.17221/81/2015-SWR>.
15. Концепція нормування меліоративних навантажень на ґрунтовий покрив зрошуваних земель/ С.А. Балюк, Л.І. Воротинцева, М.А. Захарова та ін. Київ: Аграрна наука, 2020. 76 с.
16. Воротинцева Л.І. Системний підхід до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів в умовах змін клімату. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 89. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2020. С. 41-50. <https://doi.org/10.31073/acss89-05>.
17. Стратегія розвитку 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>
18. Концепція сталого управління ґрунтовими ресурсами меліорованих земель. Харків: Стиль-Іздат, 2020. 46 с.
19. Методы почвенной микробиологии и биохимии/ Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк / под ред. Д.Г. Звягинцева. Москва: Изд-во Московского ун-та, 1980. 224 с.
20. Оцінювання екосистемних послуг засоленних ґрунтів під впливом меліорації: методичні рекомендації / за ред. С. А. Балюка, О. М. Дрозд. Харків, 2017. 128 с.
21. Антипов-Каратаев И.Н., Антипова-Каратаева Т.Ф., Ясиновский А.Н. Физико-химические исследования свойств почв в зависимости от состава обменных катионов. *Коллоидный журнал*. 1935. Т.1. Вып. 3-4. С. 42-49.
22. Соколов С.И. О магниевой солонцеватости почв. Исследования в области генезиса почв. Москва, 1963. С. 203-206.

23. Балюк С., Ладних В., Солоха М. Моніторинг еколого-агромеліоративного стану земель Інгулецької зрошувальної системи і напрями їх подальшого використання. *Водне господарство України*. 2011. № 4. С. 20-24.

24. Панов Н.П., Мамонтов В.Г., Кончица В.А. Изменение гумусового состояния темно-каштановых почв при орошении слабоминерализованной водой. *Известия ТСХА*. 1994. Вып. 2. С. 87-95.

25. Тонха О.Л. Відновлення біологічної активності і гумусного стану чорноземів типових і звичайних України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук / 06.01.03. Київ, 2016. 42 с.

UDC 631.67

Agrogenic changes in the properties of dark chestnut virgin and arable soil with different use and irrigation

L.I. Vorotyntseva^{1*}, V.I. Nikoliuk²

¹ National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine

² Hydrogeological and reclamation section of the Basin management of water resources of the lower Dnieper, Tavriysk, Ukraine

* E-mail: vorotyntseva_ludmila@ukr.net

In the article, it was provided a comparative analysis of the ecosystem significance of soil characteristics transformed as a result of changes in the use conditions. At the three monitoring stationary sites in the Chaplinka district of the Kherson region, we studied the properties of dark chestnut soil (Haplic Kastanozem) on virgin lands (a biosphere reserve "Askania-Nova") and with more than a hundred years of use in agricultural production without irrigation and with a 50-year irrigation with water from the Kakhovsky trunk canal. Changes in the salt regime of the soil and the composition of exchangeable cations were established. In irrigation the total content of water-soluble salts up to 0.14-0.21% (toxic salts – up to 0.06-0.15 %) was increased. The composition of salts was changed, their migration and accumulation in the lower soil layers. Under the influence of fresh water irrigation, the process of dealkalinization in the dark chestnut soil took place. The involvement of virgin soil in agricultural use led to a decrease in the total content of humus and the transformation of its group composition. The content of humic acids (HA) was decreased. The content of fulvic acids (FA) was increased. The HA/FA ratio in the 0-10 cm layer changed from 2.6 (in virgin soil) to 1.6 in irrigated soil. The plowing and agricultural use of the dark chestnut soil led to a change in the state of the microbial cenosis. The number of microorganisms assimilating mineral and organic nitrogen, actinomycetes, oligotrophs, and eutrophs were increased. With irrigation the degree of transformation of the microbial cenosis increases. The indicator of biological degradation of irrigated dark chestnut soil was 4 %. This corresponds to a low level of degradation. A set of 10 indicators of the quality of the studied soil was proposed for calculating the level of its provision of ecosystem services (supplying and supporting). The algorithm and calculation results are presented. The soil of all monitoring sites of Markeev station is characterized by a high level of provision of ecosystem services. In virgin soil it was 8.3 points; in arable soil without irrigation – 7.2 and with irrigation - 7.5 points.

Keywords: dark chestnut soil; ecosystem services; irrigation; plowing; salt composition; soil properties; virgin.

Citing: Vorotyntseva L.I., Nikoliuk V.I. 2021. Agrogenic changes in the properties of dark chestnut virgin and arable soil with different use and irrigation. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 91. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 12-21. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/acss91-02>.