

ҐРУНТОЗАХИСНІ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ОСОЛОНЦЬОВАНИХ ТЕМНО-КАШТАНОВИХ ҐРУНТІВ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

ГРАНОВСЬКА Л.М. – доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН
orcid.org/000-0001-7021-3093

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

БАЛЯН А.В. – доктор економічних наук, професор, академік НААН, віце-президент
<https://orcid.org/0000-0003-2190-2022>

Національна академія аграрних наук України

ТОМНИЦЬКИЙ А.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-7820-4383

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

РЕЗНІЧЕНКО Н.Д. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-5741-6379

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Глобальні зміни клімату та підвищення посушливості є визначальним показником необхідності удосконалення основних складових інтенсивної системи землеробства на зрошуваних землях України. Надзвичайно актуальною проблемою є деградація ґрунтів, що впливає не лише на врожайність та якість рослинницької продукції, але і викликає суттєві економічні витрати. Одним із важливих елементів технології вирощування сільськогосподарських культур є система основного обробітку ґрунту, яка в тій чи іншій мірі або сприяє деградації ґрунтів, або, навпаки, попереджує та запобігає процесам деградації. Крім того, обробка ґрунту має важливий вплив на характеристики мікроструктури ґрунту, збереження і раціональне використання природної вологи та поживних речовин. З цієї причини є нагальна необхідність продовжувати довгострокові польові дослідження щодо оцінки впливу обробітку ґрунту на фізико-хімічні властивості ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. Зазначені проблемні питання є актуальними не тільки для України, але й інших країн світу [1].

Основний обробіток ґрунту є фундаментом на якому базуються подальші складові технології вирощування сільськогосподарських культур. Протягом багатьох років вітчизняними і зарубіжними вченими часу відбувалося модернізація конструкцій знарядь та їх робочих органів, підвищувалася інтенсивність технології вирощування сільськогосподарських культур, що дозволило різко збільшити площі орних земель та підвищити врожай. За рахунок поглиблення оранки активізувалися більш глибокі ґрунтові горизонти, які забезпечували досить ефективний захист польових культур від шкідників, хвороб і бур'янів. Водночас наслідки таких позитивних змін негативно вплинули на родючість ґрунтів, викликали посилення водної і вітрової ерозії та зниження продуктивності сільськогосподарських культур на значних площах. Тому важливого значення набуває питання ресурсозбереження в сільському господарстві шляхом удосконалення технологій вирощування сільськогоспо-

дарських культур: систем основного обробітку ґрунту та удобрення, використання побічної продукції культур сівозмін для підтримання рівноважного балансу гумусного стану ґрунту, запровадження біологічно оптимальних режимів зрошення, які дозволяють істотно збільшити продуктивність рослин за зменшення фінансових та енергетичних витрат.

В результаті пошуку шляхів послаблення негативної дії антропогенного навантаження на ґрунтові ресурси актуальності набувають ґрунтозахисні системи обробітку ґрунту, а саме: безполицевий обробіток та технології сівби у попередньо необроблений ґрунт [2, 3, 4]. Також актуальними залишаються комбіновані системи обробітку ґрунту, особливо в органічному землеробстві.

Вирішення цих завдань, зокрема на засадах ресурсозбереження, зумовило необхідність наукового обґрунтування використання мінімізованих та нульових систем основного обробітку ґрунту в сівозмінах на зрошуваних землях півдня України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Показники врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур та якість рослинницької продукції прямо пов'язані з підвищенням родючості ґрунтів. Основними заходами для досягнення цієї мети є регулювання біологічних процесів, які відбуваються в ґрунті, а також складових елементів поживного, водного, повітряного й теплового режимів. Використання раціональних та еколого-безпечних способів обробітку ґрунту займають не останню роль в цьому процесі, як відмічають в своїх публікаціях вітчизняні та зарубіжні вчені [5, 6].

Для зниження техногенного навантаження на ґрунти розроблено та впроваджено у виробництво інноваційні ресурсозберігаючі технології, основою яких є раціональний ґрунтозахисний основний обробіток ґрунту, що базується на використанні ґрунтообробних знарядь з різною конструкцією робочих органів. Важливою особливістю використання таких систем основного обробітку є ресурсозберігаюча дія на ґрунт, розвиток рослин і в цілому на навколишнє природне середовище. Вони

сприяють створенню найбільш ощадних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур, захисту їх від згубної дії шкідливих організмів (бур'янів, збудників хвороб, шкідників, ерозії тощо) [7, 8].

Відбувається процес постійного удосконалення існуючих та розробка нових найбільш прогресивних агротехнічних, технологічних і меліоративних заходів з урахуванням ґрунтових і регіональних особливостей при умові раціонального використання агроресурсного потенціалу [9, 10].

Система обробітку ґрунту при вирощуванні певної сільськогосподарської культури об'єднує три ланки – основний, передпосівний та післяпосівний обробітки. Численні комплексні дослідження з ефективності різних систем безполицевого обробітку ґрунту здійснюють ряд вітчизняних і зарубіжних вчених, які виконують дослідження в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Вченими встановлено основні напрями мінімізації обробітку ґрунту і послаблення негативної дії на нього засобів механізації, до яких належать: використання комбінованих агрегатів; практика широкозахватних агрегатів для зменшення кількості їх проходів по полю; заміна полицевих обробітків менш витратними безполицевими і поверхневими; використання на весняних польових роботах гусеничних тракторів або колісних, але з широко профільними шинами.

Підвищений інтерес до мінімального обробітку ґрунту є результатом зміни економічних умов у рослинництві, а також підвищеним інтересом до процесів відтворення родючості ґрунтів. При цьому вчені доводять, а виробники підтверджують, що виробничі витрати за таких прийомів є нижчими, ніж при оранці хоча відмічається помірне зниження врожайності. Відносні витрати на паливо і гербіциди помітно змінилися в останні роки, що зробило мінімізовані системи обробітку ґрунту, у тому числі і no-till більш привабливим з комерційної точки зору. Хоча ефективна боротьба з бур'янами є важливим недоліком no-till технологій, однак за використання таких технологій емісія парникових газів (CO₂, NH₄ тощо) від палива під час використання техніки завжди помітно зменшується. Вчені відмічають у своїх публікаціях, що оцінка відносного вуглецевого балансу при використанні no-till та оранки залежить від складних взаємозв'язків між ґрунтовими та кліматичними факторами, які ще недостатньо досліджені. Тим не менш, вони набувають все більшого значення, оскільки захист ґрунтів та

ландшафтів є нагальним питанням, яке потребує вирішення [11, 12, 13, 14].

Переконавання у широкому впровадженні мінімізації обробітку ґрунту зумовлене ще й глибокою економічною і енергетичною кризою. Оскільки обробіток ґрунту із застосуванням оранки є найдорожчим та найбільш енергоємним прийомом у землеробстві, на який припадає близько 25 % трудових і 40 % енергетичних витрат від їх загального обсягу при вирощуванні сільськогосподарських культур. Тому скорочення економічних та енергетичних витрат на обробіток ґрунту нині має велике значення для всіх сільськогосподарських виробників [15].

Для темно-каштанових ґрунтів півдня України набуває актуальності безполицевий обробіток із використанням ґрунтообробних знарядь із робочими органами чизельного й дискового типу, а також застосування сівалок для сівби в попередньо необроблений ґрунт. Перевага безполицевого обробітку ґрунту й сівби в попередньо необроблений ґрунт під час вирощування пшениці озимої та ячменю озимого засвідчується результатами наукових досліджень вчених Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН [6, 16].

В Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН розроблено й науково обґрунтовано системи ведення землеробства на зрошуваних землях для сільськогосподарських підприємств і фермерських господарств різної спеціалізації з урахуванням природно-кліматичних, ґрунтових і економічних умов.

Мета. Визначення ефективності застосування різних способів та глибини основного обробітку ґрунту під сільськогосподарські культури сівозміни та їх впливу на агрофізичні параметри ґрунту на фоні тривалого застосування різних систем обробітку.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводили в стаціонарному досліді Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН у 4-пільній ланці зерно-просапної сівозміни, розгорнутої у часі і просторі. Схема стаціонарного дослідження представлена в таблиці 1.

Ґрунт дослідного поля темно-каштановий середньосуглинковий осолонцьований з потужністю гумусового горизонту 40 см, вмістом гумусу в орному шарі до 2,3 %, загального азоту – 0,17 %, валового фосфору – 0,09 %, рН водної витяжки – 6,8–7,3.

Таблиця 1

Схема стаціонарного дослідження з експериментального дослідження способів та глибини основного обробітку ґрунту в зерно-просапній сівозміні на зрошенні в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи

Система основного обробітку	Обробіток під культури сівозміни			
	кукурудза на зерно	ріпак озимий	пшениця озима	соя
Полицева різноглибинна (контроль)	28–30 (о)	14–16 (о)	20–22 (о)	23–25 (о)
Безполицева різноглибинна	28–30 (ч)	14–16 (ч)	20–22 (ч)	23–25 (ч)
Диференційована на фоні щільювання глибиною 38–40 см	10–12 (д) + 38–40 (щ)	12–14 (д) + післядія щільювання	14–16 (д) + післядія щільювання	10–12 (д) + післядія щільювання

Примітка: о – оранка; ч – чизельне розпушування; д – дисковий обробіток; щ – щільювання

Під час експерименту застосовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загально визначених в Україні методики та вимог державних стандартів [18, 19, 20].

Технології вирощування сільськогосподарських культур загально визначені для умов зрошення півдня України. Повторність в досліді 4-разова, площа посівної ділянки 450 м², облікової для культур звичайного рядового і широкорядкового способу сівби – 50 м².

Правила відбору зразків ґрунту сільськогосподарських ділянок регламентуються державним стандартом ДСТУ ISO 10381-4:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Він був застосований під час досліджень й оцінювання ґрунту в полі та агрохімічної оцінки ґрунтів у лабораторії після відбирання проб [18]. Визначення показників родючості ґрунту виконувалася згідно ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів [19]. Визначення щільності ґрунту здійснювали на основі ДСТУ ISO 11272 Якість ґрунту. Визначення щільності складення на суху масу [20].

Результати досліджень. Основним показником, який характеризує вплив на ґрунт системи обробітку є щільність складення. У прямій залежності від неї знаходиться водно-повітряний режим ґрунту, його поглинаючий комплекс та агрегатний стан. Оптимальна щільність складення для більшості сільськогосподарських культур знаходиться в межах 1,1–1,4 г/см³. Перевищення даного показника більше 1,4 г/см³ погіршує використання рослинами вологи з ґрунту, знижує біологічну активність ґрунту, зокрема нітрифікаційну здатність та негативно позначається на подальшому рості і розвитку рослин.

Щільність складення шару ґрунту 0–40 см в період сходів культур сівозміни по варіантах досліді знаходилася в межах 1,26–1,30 г/см³. Найменшою щільність була за різноглибинної полицевої та диференційованої систем обробітку і становила 1,26–1,28 г/см³. Однак за диференційованої системи обробітку з мілким дисковим розпушуванням на глибину від 10–12 до 14–16 см

під усі культури лише за умови проведення щілювання на 38–40 см під кукурудзу щільність приймала найменшого значення 1,26 г/см³ і зростала в наступні роки до величини 1,28 г/см³. Найбільшою щільність ґрунту була за безполицевої різноглибинної системи з чизельним розпушуванням під усі культури сівозміни і знаходилася в межах 1,29–1,30 г/см³ (табл. 2).

Перед збиранням урожаю культур сівозміни щільність складення зростала на усіх варіантах досліді у середньому на 0,02–0,04 г/см³.

За усіх систем основного обробітку найбільш розпушеним був верхній 0–10 см шар ґрунту, де показник щільності ґрунту становила 1,23 г/см³ за полицевої та диференційованої систем і 1,25 г/см³ за безполицевої різноглибинної. У більш глибоких шарах спостерігали збільшення величини досліджуваного показника, який досягав найбільших значень 1,30–1,32 г/см³ у шарі ґрунту 30–40 см. Найбільш інтенсивно процес ущільнення відбувався за системи безполицевого різноглибинного основного обробітку ґрунту з чизельним розпушуванням під усі культури сівозміни. У більш глибоких шарах спостерігали збільшення величини досліджуваного показника, який досягав найбільших значень 1,30–1,32 г/см³ у шарі ґрунту 30–40 см. Найбільш інтенсивно процес ущільнення відбувався за системи безполицевого різноглибинного основного обробітку ґрунту з чизельним розпушуванням під усі культури сівозміни (рис. 1).

В прямій залежності від щільності будови орного шару ґрунту знаходиться його пористість. На початку вегетації пористість шару ґрунту 0–40 см і в середньому по сівозміні була в межах 50,78–51,66 %. Істотної різниці між варіантами основного обробітку ґрунту при визначенні як на початку вегетації, так і перед збиранням врожаю не виявлено. Найбільших значень досліджуваного показника мав у посівах кукурудзи за диференційованої системи обробітку ґрунту з щілюванням на глибину 38–40 см та в посівах сої за полицевої різноглибинної системи з оранкою під сою на глибину 23–25 см. За безполицевої різноглибинної системи загальна пористість

Таблиця 2

Щільність складення темно-каштанового ґрунту залежно від систем основного обробітку, г/см³ (середнє за 2021–2022 роки)

Система основного обробітку ґрунту	Культура				Середнє по сівозміні
	кукурудза на зерно	ріпак озимий	пшениця озима	соя	
початок вегетації					
Полицева різноглибинна	1,28	1,26	1,27	1,26	1,27
Безполицева різноглибинна	1,30	1,29	1,29	1,29	1,29
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	1,26	1,28	1,27	1,28	1,27
НІР ₀₅ , г/см ³	0,04	0,03	0,04	0,02	
перед збиранням врожаю					
Полицева різноглибинна	1,29	1,28	1,29	1,32	1,29
Безполицева різноглибинна	1,32	1,32	1,30	1,32	1,31
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	1,28	1,30	1,29	1,35	1,30
НІР ₀₅ , г/см ³	0,06	0,05	0,05	0,04	

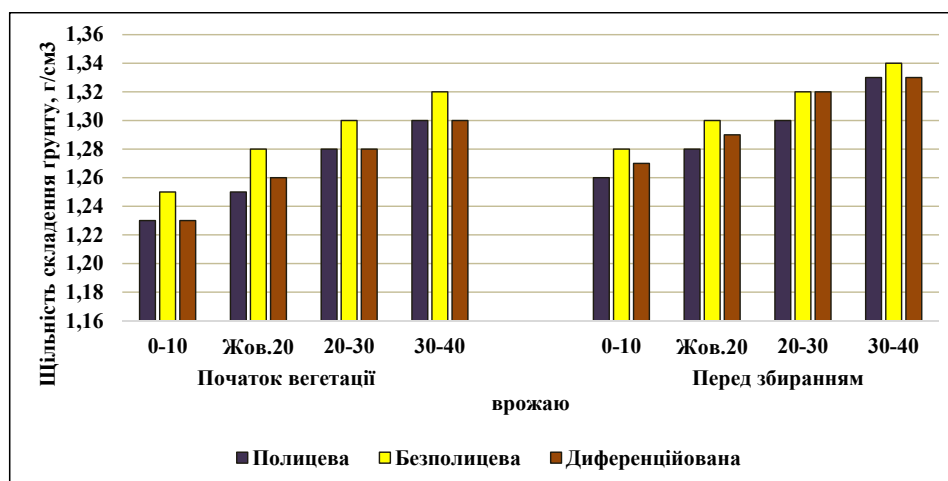


Рис. 1. Щільність складення ґрунту в шарах 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см, 30–40 см за різних систем основного обробітку ґрунту, г/см³

темно-каштанового ґрунту була найменшою і знаходилася в межах 50,66–50,95 %. До завершення вегетації сільськогосподарських культур спостерігали зменшення величини загальної пористості на 0,6 % за полицевої різноглибинної, на 0,75 % за безполицевої різноглибинної та на 0,79 % за диференційованої систем основного обробітку ґрунту. (табл. 3).

Однією з найбільш важливих водно-фізичних властивостей ґрунту, пов'язаних зі щільністю складення та пористістю, є здатність ґрунту вбирати та фільтрувати через себе воду, яка подається на поле при вегетаційних поливах і надходить з атмосферними опадами. Найвищі показники водопроникності, як на початку, так і в кінці вегетації були відмічені за полицевої різноглибинної системи обробітку і становили відповідно 4,3 та 3,8 мм/хв. У процесі досліджень спостерігали зменшення водопроникності ґрунту на 0,4 мм/хв., як на початку, так і в кінці вегетації за диференційованої системи з дисковим розпушуванням під усі культури сіво-

зміни, за виключенням досліду з кукурудзою, під посів якої було застосоване щілювання на глибину 38–40 см. В період сходів у варіантах з безполицевим різноглибинним основним обробітком ґрунту відмічається зниження водопроникності ґрунту в посівах усіх культур сівозміни в середньому на 1,0 мм/хв. (табл. 4).

Підвищення щільності складення ґрунту та зменшення його пористості в кінці вегетації культур сприяло зниженню водопроникності темно-каштанового ґрунту і найменші її значення зафіксовано у варіантах безполицевого різноглибинного обробітку ґрунту в сівозміні.

Результати обліку урожайності сільськогосподарських культур сівозміни свідчать, що заміна обробітку ґрунту знаряддями полицевого типу на глибину від 14–16 до 25–27 см безполицевим розпушуванням на таку саму глибину з використанням знарядь чизельного типу призводить до зменшення урожайності всіх культур сівозміни: кукурудзи на 0,41 т/га, ріпаку озимого на 0,3 т/га, пшениці озимої на 0,2 т/га, сої на 0,1 т/га.

Таблиця 3

Пористість темно-каштанового ґрунту залежно від систем основного обробітку, % (середнє за 2021–2022 роки)

Система основного обробітку ґрунту	Культура				Середнє по сівозміні
	кукурудза на зерно	ріпак озимий	пшениця озима	соя	
початок вегетації					
Полицева різноглибинна	51,14	51,99	51,52	52,00	51,66
Безполицева різноглибинна	50,66	50,75	50,95	50,76	50,78
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	52,00	51,33	51,62	51,23	51,54
НІР ₀₅ , %	0,85	2,97	2,7	2,2	
перед збиранням врожаю					
Полицева різноглибинна	50,75	51,23	50,94	51,33	51,06
Безполицева різноглибинна	49,89	49,89	50,37	49,99	50,03
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	51,23	50,66	50,85	50,27	50,75
НІР ₀₅ , %	1,08	3,3	3,3	1,55	

Таблиця 4

Водопроникність темно-каштанового ґрунту залежно від систем основного обробітку, % (середнє за 2021–2022 роки)

Система основного обробітку ґрунту	Культура				Середнє по сівозміні
	кукурудза на зерно	ріпак озимий	пшениця озима	соя	
початок вегетації					
Полицева різноглибинна	4,4	3,8	4,2	4,9	4,3
Безполицева різноглибинна	3,9	2,6	3,1	3,8	3,3
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	4,6	3,2	3,6	4,2	3,9
НІР ₀₅ , мм/хв.	0,4	0,5	0,5	0,3	
перед збиранням врожаю					
Полицева різноглибинна	4,0	3,4	3,6	4,3	3,8
Безполицева різноглибинна	3,9	2,2	2,4	3,1	2,8
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	4,6	2,7	3,1	3,6	3,4
НІР ₀₅ , мм/хв.	0,5	0,4	0,6	0,4	

мого на 0,07 т/га, пшениці озимої на 0,14 т/га, та сої на 0,15 т/га. В той час, як за диференційованої системи на фоні щілювання на глибину 38–40 см урожайність всіх культур сівозміни була вищою за контроль: кукурудзи на

1,02 т/га, ріпаку озимого на 0,07 т/га, пшениці озимої на 0,24 т/га, та сої на 0,29 т/га. (рис. 2).

Найвищу продуктивність в розрахунку на 1 га сівозмінної площі – 119,1 ГДж валової енергії забезпечили

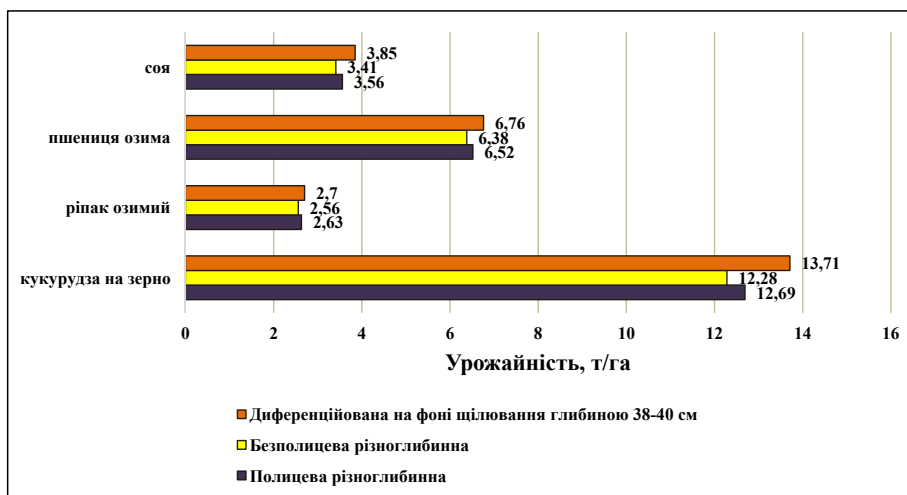


Рис. 2. Урожайність культур короткоротаційної сівозміни за різних систем основного обробітку ґрунту (середнє за 2021–2022 роки)

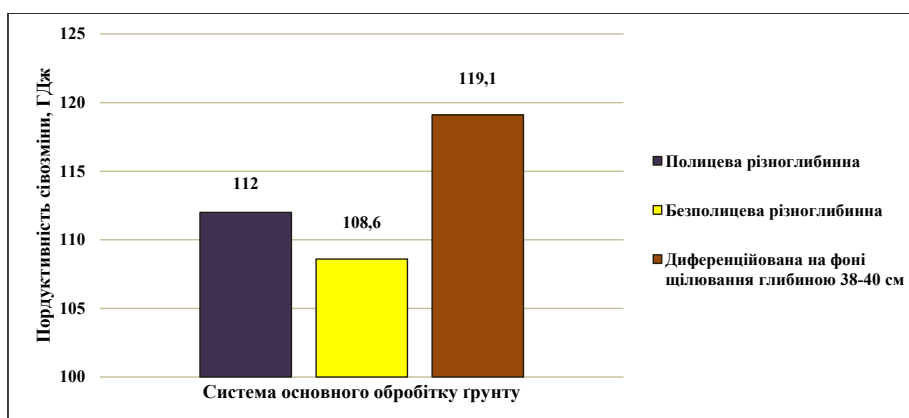


Рис. 3. Продуктивність короткоротаційної сівозміни за різних систем основного обробітку ґрунту (середнє за 2021–2022 роки)

сільськогосподарські культури за диференційованої системи основного обробітку з проведенням за ротацію сівозміни одного щілювання на глибину 38–40 см (рис. 3).

Близькою за рівнем продуктивності була система різноглибинного полицевого обробітку ґрунту в сівозміні, де вихід валової енергії складав 112,0 ГДж. Застосування безполицевої різноглибинної системи з чизельним розпушуванням під сільськогосподарські культури негативно позначилось на урожайності культур, знизивши рівень продуктивності сівозміни до 108,9 ГДж.

Висновки. Застосування ґрунтозахисної та енергозберігаючої системи диференційованого основного обробітку ґрунту з одним щілюванням на глибину 38–40 см забезпечує оптимальні величини агрофізичних параметрів темно-каштанового ґрунту (щільності складення, пористості та водопроникності), за яких сільськогосподарські культури короткоротаційної сівозміни на Інгупецькому зрошуваному масиві формують найбільшу урожайність і найвищу продуктивність, яка в розрахунку на 1 га сівозмінної площі в роки досліджень становила 119,1 ГДж валової енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Zhe Liu, Shiliu Cao, Zenghui Sun, Huanyuan Wang, Shaodong Qu, Na Lei, Jing He, Qiguang Dong. Tillage effects on soil properties and crop yield after land reclamation. *Scientific Reports*. 2021. Volume 11, Article number: 4611.
- Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України. Київ: КВІЦ, 2007. 272 с.
- Мінімізація обробітку ґрунтів України. Медведєв В. В., Грабак Н. Х. та ін. Харків, 2004. 86 с.
- Бомба М. Я. Комбінована система обробітку ґрунту та органічна система удобрення. *Землеробство*. 2001. № 1. С. 21.
- Резніченко Н. Д. Вплив способів основного обробітку ґрунту та «прямої сівби» на водно-фізичні властивості ґрунту та врожайність ячменю озимого на зрошуваних землях півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 91. С. 66–72. http://www.ksau.kherson.ua/files/visnik/ТНВ91_1.pdf
- Малярчук М. П., Резніченко Н. Д., Малярчук А. С., Котельников Д. І. Продуктивність просапної сівозміни за мінімізованого і нульового обробітків ґрунту в умовах зрошення півдня України. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 1. С. 64–70. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-08>
- Jansa J. et al. Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Ecol. Appl.* 2003. 13, 1164–1176. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2003\)13](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)13)
- Helgason B. L., Walley F. L., Germida J. J. No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in 13, 1164–1176, [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2003\)13](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)13) soil aggregates. *Appl. Soil Ecol.* 2010. 46, 390–397, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.10.002>
- Тараріко Ю. О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України. Рекомендації на прикладі Степу і Лісостепу. Київ: ДІА, 2011. 576 с.
- Bai Z. et al. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agr. Ecosyst. Environ.* 2018. 265, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.028>
- Soane B. D. et al. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Till. Res.* 2012. 118, 66–87. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>
- Meurer K. H. E., Haddaway N. R., Bolinder M. A., Katterer T. Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil-A systematic review using an ESM approach. *Eur. Sci. Rev.* 2018. 177, 613–622, <https://doi.org/10.1016/j.earscrev.2017.12.015>
- Krauss M. et al. Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley – winter wheat cropping sequence. *Agr. Ecosyst. Environ.* 2017. 239, 324–333. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.029>
- Fontana M., Berner A., Mäder P., Lamy F., Boivin P. Soil organic carbon and soil bio-physicochemical properties as co-Influenced by tillage treatment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2015. 79, 1435–1445. <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.07.0288>
- No-till система землеробства в Україні: наука і практика: монографія. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Грановська Л. М. та ін. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 218 с.
- Малярчук М. П., Вожегова Р. А., Марковська О. Є. Формування систем основного обробітку ґрунту в агробіоценозах на меліорованих землях південної посушливої та сухостепової ґрунтово-екологічний підзон України. Херсон: Айлант, 2012. 180 с.
- Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Малярчук М. П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грінх Д. С., 2014. 286 с.
- Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381-1:2002, ЮТ). ДСТУ ISO 10381-1:2004. Чинний від 2006-04-01. Київ; Держспоживстандарт України, 2006. 36 с. <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1d647b29d412481ea8f8553b0302fb4d.pdf>
- Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. ДСТУ 4362:2004. Чинний від 01.01.2006. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67099
- Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT). ДСТУ ISO 11272-2001. Чинний від 01.07.2003. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58941

REFERENCES:

- Zhe, Liu, Shiliu, Cao, Zenghui, Sun, Huanyuan, Wang, Shaodong, Qu, Na, Lei, Jing, He & Qiguang, Dong (2021). Tillage effects on soil properties and crop yield after land reclamation. *Scientific Reports* volume 11, Article number: 4611
- Prymak, I. D., Yeshchenko, V. O., & Manko, Yu. P. (2007). *Resursozberihaiuchi tekhnolohii mekhanichnoho obrobitku gruntu v suchasnomu zemlerobstvi Ukrainy [Resource-saving technologies of mechanical tillage in modern agriculture of Ukraine]*. Kyiv: KVITs [in Ukrainian].

3. Medvediev, V. V., & Hrabak, N. Kh. et al. (2004). *Minimizatsiia obrobittu gruntiv Ukrainy [Minimization of soil cultivation in Ukraine]*. Kharkiv [in Ukrainian].
 4. Bomba, M. Ya. (2001). *Kombinovana systema obrobittu hruntu ta orhanichna systema udobrennia [Combined soil cultivation system and organic fertilization system]*. *Zemlerobstvo*, 1, 21 [in Ukrainian].
 5. Reznichenko, N. D. (2015). *Vplyv sposobiv osnovnogo obrobittu gruntu ta «priamoi sivby» na vodno-fizychni vlastyvoli gruntu ta vrozhaunist yachmeniu ozymoho na zroshuvanykh zemliakh pivdnia Ukrainy [The influence of methods of main tillage and «direct seeding» on the water-physical properties of the soil and the yield of winter barley on the irrigated lands of the south of Ukraine]*. *Tavriyskiy naukoviy visnyk*, 91, 66–72. http://www.ksau.kherson.ua/files/visnik/THB91_1.pdf [in Ukrainian].
 6. Maliarchuk, M. P., Reznichenko, N. D., Maliarchuk, A. S. & Kotelnikov, D. I. (2021). *Produktyvnist prosapnoi sivozminy za minimizovanoho i nulovoho obrobittu gruntu v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainy [Productivity of row crop rotation with minimal and zero tillage under irrigation conditions in the south of Ukraine]*. *Visnyk aharnoї nauky* 1, 64–70. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-08> [in Ukrainian].
 7. Jansa, J., Mozafar A., Kuhn, G., Anken, T., Ruh, R., Sanders, I. R., & Frossard, E. (2003). *Soil Tillage Affects the Community Structure of Mycorrhizal Fungi in Maize Roots*. *Ecological Applications*, 13(4), 1164–1176. <http://www.jstor.org/stable/4134751>
 8. Helgason, B. L., Walley, F. L. & Germida, J. J. (2010). *No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in 13, 1164–1176*, [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2003\)13](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)13) soil aggregates. *Appl. Soil Ecol.* 46, 390–397, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.10.002>
 9. Tarariko, Yu. O. (2011). *Enerhozberihaiuchi ahroekosystemy. Otsinka ta ratsionalne vykorystannia ahroresursnoho potentsialu Ukrainy. Rekomendatsii na prykladi Stepu i Lisostepu [Energy-saving agroecosystems. Evaluation and rational use of agricultural resource potential of Ukraine. Recommendations on the example of Steppe and Forest Steppe]*. Kyiv: DIA. [in Ukrainian].
 10. Bai, Z. et al. (2018). *Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China*. *Agr. Ecosyst. Environ.* 265, 1–7, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.028>
 11. Soane, B. D. et al. (2012). *No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment*. *Soil Till. Res.* 118, 66–87, <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>
 12. Meurer, K. H. E., Haddaway, N. R., Bolinder, M. A. & Katterer, T. (2018). *Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil-A systematic review using an ESM approach*. *Ear. Sci. Rev.* 177, 613–622, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.015>
 13. Krauss, M. et al. (2017). *Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley – winter wheat cropping sequence*. *Agr. Ecosyst. Environ.* 239, 324–333, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.029>
 14. Fontana, M., Berner, A., Mäder, P., Lamy, F. & Boivin, P. (2015). *Soil organic carbon and soil bio-physicochemical properties as co-Influenced by tillage treatment*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79, 1435–1445, <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.07.0288>
 15. Vozhehova, R. A., Maliarchuk, M. P., Hranovska, L. M. et al. (2021). *No-till systema zemlerobstva v Ukraini: nauka i praktyka [No-till farming system in Ukraine: science and practice]*. Kherson: OLDI-PLluS, [in Ukrainian].
 16. Maliarchuk, M. P., Vozhehova, R. A. & Markovska, O. Ye. (2012). *Formuvannia system osnovnogo obrobittu gruntu v ahrobiotsenozakh na meliorovanykh zemliakh pivdennoi posushlyvoi ta sukhostepovoi gruntovo-ekolohichniy pidzon Ukrainy [Formation of systems of basic tillage in agrobiocenoses on reclaimed lands of the southern arid and dry steppe soil-ecological sub-zone of Ukraine]*. Kherson: Ailant [in Ukrainian].
 17. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Maliarchuk, M. P. et al. (2014). *Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson: Hrin D. S., [in Ukrainian].
 18. *Soil quality. Sampling of samples. Part 1. Guidelines for drawing up sampling programs (ISO 10381-1:2002, UT)*. (2006). DSTU ISO 10381-1:2004. from 2006-04-01. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1d647b-29d412481ea8f8553b0302fb4d.pdf> [in Ukrainian].
 19. *Soil quality. Indicators of soil fertility*. (2006) DSTU 4362:2004. from 01.01.2006. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=67099 [in Ukrainian].
 20. *Soil quality. Determination of bulk density per dry weight (ISO 11272:1998, IDT)* (2003). DSTU ISO 11272-2001. from 01.07.2003. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=5894 [in Ukrainian].
- Грановська Л.М., Балян А.В., Томницький А.В., Резніченко Н.Д. Ґрунтозахисні системи обробітку осолонцьованих темно-каштанових ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи**
- Мета досліджень.** Визначити ефективність різних способів та глибини основного обробітку ґрунту під сільськогосподарські культури сівозміни та їх вплив на агрофізичні параметри на фоні тривалого застосування різних систем обробітку ґрунту. **Методи.** Дослідження проводили в стаціонарному досліді у 4-пільній ланці зерно-просапної сівозміни, розгорнутої у часі і просторі. Застосовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загально-визнаних в Україні методик та вимог державних стандартів. **Результати.** Встановлено, що за різноглибинної полицевої системи обробітку ґрунту з глибиною розпушування від 14–16 до 28–30 см та диференційованої з мілким дисковим розпушуванням на глибину від 10–12 до 14–16 см й одним за ротацію сівозміни щільуванням глибиною 38–40 см щільність складення ґрунту була найменшою і становила 1,26–1,28 г/см³. За полицевої різноглибинної системи як на початку, так і в кінці вегетації культур були відмічені найвищі показники водопроникності ґрунту – 4,3 та 3,8 мм/хв., відповідно. За результатами обліку врожаю сільськогосподарських культур сівозміни встановлено, що за диференційованої системи на фоні щільування на глибину 38–40 см

урожайність всіх культур сівозміни була вищою за контроль (різноглибинний полицевий обробіток): кукурудзи на 1,02 т/га, ріпаку озимого на 0,07 т/га, пшениці озимі на 0,24 т/га, та сої на 0,29 т/га, що забезпечило підвищення продуктивності сівозміни на 6,3 %. **Висновки.** Застосування ґрунтозахисної та енергозберігаючої системи диференційованого основного обробітку ґрунту з одним щілюванням на глибину 38–40 см забезпечує оптимальні величини агрофізичних параметрів темно-каштанового ґрунту (щільності складення, пористості та водопроникності), за яких сільськогосподарські культури короткоротаційної сівозміни на Інгулецькому зрошуваному масиві формують найбільшу урожайність і найвищу продуктивність сівозміни, яка в розрахунку на 1 га сівозмінної площі в роки досліджень становила 119,1 ГДж валової енергії.

Ключові слова: агрофізичні параметри ґрунту, диференційована система, полицевий обробіток, сівозміна.

Hranovska L.M., Balian A.V., Tomnytskyi A.V., Reznichenko N.D. Soil protection systems for the cultivation of salted dark chestnut soils of the Ingulets irrigation system

Purpose. To determine the effectiveness of different methods and depth of the main tillage for crop rotation crops and to determine their impact on agrophysical parameters on the background of long-term use of various tillage systems. **Methods.** The research was carried out in a stationary experiment in a 4-field chain of grain-row crop rotation, deployed in time and space. Field, quantitative-

weighing, visual, laboratory, calculation-comparative, and mathematical-statistical methods were applied using methods generally recognized in Ukraine and the requirements of state standards. **Results.** It was established that under the multi-depth shelf system of soil cultivation with a loosening depth of 14–16 to 28–30 cm and differentiated with shallow disk loosening to a depth of 10–12 to 14–16 cm and one for the rotation of the crop rotation by slitting with a depth of 38–40 cm, the density the composition of the soil was the lowest and amounted to 1.26–1.28 g/cm³. The highest values of soil water permeability were noted under the multi-depth shelf system both at the beginning and at the end of the growing season of crops – 4.3 and 3.8 mm/min, respectively. According to the results of crop rotation crop records, it was established that under the differentiated system on the background of 38–40 cm deep slitting, the productivity of all crop rotations was higher than the control (multi-depth shelf cultivation): corn by 1.02 t/ha, winter rapeseed by 0, 07 t/ha, winter wheat by 0.24 t/ha, and soybeans by 0.29 t/ha, which ensured an increase in crop rotation productivity by 6.3%. **Conclusions.** The use of a soil-protecting and energy-saving system of differentiated main tillage with one split to a depth of 38–40 cm provides optimal values of agrophysical parameters of dark chestnut soil (compact density, porosity, and water permeability), under which short-rotation agricultural crops on the Ingulets irrigated massif form the highest yield and productivity crop rotation, which was 119.1 GJ of gross energy per 1 ha of crop rotation area in the years of research.

Key words: agrophysical soil parameters, differentiated system, tillage, crop rotation.