

АГРОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО В АГРОЦЕНОЗІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM VULGARE*) В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Л.В. Центило, С.Л. Шило

Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)

e-mail: 2037127@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6546-2826

e-mail: seregashilo@icloud.com; ORCID: 0000-0001-6260-3278

У статті наведено результати наукових досліджень щодо впливу чотирьох систем основного обробітку ґрунту — полицевої (оранка на 20–22 см), безполицевої (чизелювання на 20–22 см), безполицевої мілкої (дискування на 10–12 см) та безполицевої поверхневої (дискування 6–8 см), та п'яти попередників — горох, соя, кукурудза на силос, ріпак озимий, соняшник на щільність складення та загальну пористість чорнозему типового за вирощування пшениці озимої в Правобережному Лісостепу України. За результатами досліджень проведених у стаціонарному польовому досліді ТОВ «Навчально-науково-інноваційний центр агротехнологій «Агрофірма Колос», щільність складення ґрунту й загальна його пористість визначена на час сівби пшениці озимої мала оптимальні параметри для всіх досліджуваних систем основного обробітку ґрунту та розміщення пшениці озимої після різних попередників. Із збільшенням глибини досліджуваного шару ґрунту, відмічено збільшення показника щільності складення ґрунту та зменшення його загальної пористості, що є закономірним. Залежно від системи основного обробітку ґрунту щільність складення у шарі ґрунту 0–10 см на період сівби змінювалась від 1,11 до 1,14 г/см³ за нижчих показників у варіанті з проведенням полицевого і безполицевого на 20–22 см обробітків ґрунту. Аналізуючи увесь досліджуваний шар (0–30 см) ґрунту на час сівби культури, слід зазначити, що як полицевий (оранка), так і безполицевий обробіток (чизель) мали близькі показники щільності ґрунту у досліджуваних шарах, значення яких підвищувалися від верхнього до нижнього. За систематичного мілкового обробітку на 12–14 см та поверхневого на 6–8 см найбільше ущільнювався шар ґрунту 10–20 см, за тенденції до розуцільнення у 20–30 см шарі. Серед попередників вищу щільність складення ґрунту у варіанті з розміщенням пшениці озимої після кукурудзи на силос 1,14 г/см³. Показник пористості верхнього 0–10 см шару ґрунту на час сівби змінювався від 57,1% за проведення безполицевого мілкового обробітку ґрунту до 58% у варіанті з полицевим обробітком ґрунту на 20–22 см. Досліджувані попередники забезпечували параметри загальної пористості на рівні 57,5–58,0% за нижчих показників у варіанті з соняшником. Аналіз досліджуваних показників на час відновлення вегетації та перед збиранням, показали зростання щільності складення ґрунту та зменшення кількості пор у ґрунті для всіх досліджуваних систем основного обробітку ґрунту та попередників. Слід відмітити, що полицевий обробіток ґрунту (оранка на 20–22 см) забезпечував найоптимальніші параметри величини щільності складення та пористості ґрунту в окремих його горизонтах і в орному шарі загалом. Інші системи основного обробітку ґрунту, незважаючи на оптимальні значення агрофізичних показників у середньому в орному шарі, погіршували фізичний стан ґрунту порівняно з оранкою. Оптимальним поєднанням варіантів у досліді можна вважати використання у якості попередника пшениці озимої зернобобових культур і ріпаку озимого в комплексі з чизельним обробітком ґрунту на 20–22 см. Це дало змогу забезпечити оптимальні показники щільності складення ґрунту і загальної пористості не лише у верхніх 0–10 см його товщини, але й у більш глибоких шарах.

Ключові слова: щільність складення ґрунту, загальна пористість ґрунту, попередники, основний обробіток ґрунту, оранка, чизелювання, дискування.

ВСТУП

Одним із основних показників фізичного стану оброблюваного шару ґрунту, які регулюються основним обробітком є

щільність його складення, від якої залежить водний, повітряний, тепловий режими ґрунту. З величиною щільності складення ґрунту пов'язаний показник пористості ґрунту, який показує загальну кількість пор

між структурними одиницями ґрунту. Фізичні умови є важливим чинником впливу на ґрунт, управляючи яким, можна забезпечити оптимальні умови росту і розвитку сільськогосподарських культур. Наукові дослідження показують, що дієвим позитивним чинником на зміну і формування оптимальних параметрів агрофізичних властивостей ґрунту є поєднання сівозмінного чинника з використанням проміжних сидеральних культур, оптимізації органічної системи удобрення, способів і глибини обробітку ґрунту [1–6]. Тому системи обробітку ґрунту в сівозміні та їх вплив на його агрофізичний стан є невід'ємною частиною сучасного сільськогосподарського виробництва.

Метою роботи було встановити параметри зміни щільності складення ґрунту та загальної пористості чорнозему типового залежно від обробітку ґрунту та розміщення пшениці озимої в сівозміні в Правобережному Лісостепу України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Обробіток ґрунту в сівозміні залишається одним із визначальних факторів впливу на ґрунтове середовище, радикальним способом регулювання його фізичних властивостей, водного і поживного режимів, фітосанітарного стану [7–11]. Ефективність аграрного виробництва, покращання параметрів родючості ґрунтів, забезпечення високої і сталої продуктивності сільськогосподарських культур, у сучасних умовах, можливе лише за рахунок дотримання науково обґрунтованих систем землеробства. Ефективний вплив обробітку ґрунту підвищується, якщо його глибина, прийоми і заходи проводяться в науково обґрунтованій послідовності та тісній взаємодії з усіма ланки системи землеробства.

Дослідження науковців показують, що за розробки систем обробітку ґрунту залишається коло питань, зокрема щодо способів, глибини, періодичності проведення технологічних операцій, рівень загорання органічних добрив і побічної продукції та ін. Водночас підтримання фізичних влас-

тивостей ґрунту в оптимальному діапазоні значень є необхідною умовою ефективного застосування інших агротехнічних заходів, що в кінцевому підсумку впливає на формування врожайності сільськогосподарських культур [12; 13].

Для пшениці озимої (*Triticum vulgare*) на чорноземних ґрунтах кращі умови формування продуктивності створюються за щільності складення 1,25–1,32 г/см³. Рослини пшениці озимої негативно реагують на переущільнення і перезволоження ґрунту, а також нестачу кисню. Тому оптимальні фізичні умови для росту і розвитку культур у сівозміні створюють із застосуванням раціонального, своєчасного механічного обробітку ґрунту. Доведено, що оптимальна структура ґрунту для більшості сільських і міських культур така, що загальна пористість коливається в межах 50–60%. До того ж, об'єм некапілярних пор має бути в межах 12,5–30,0%, а капілярних — 37,5–30,0%. Однак зміна структури ґрунту в сприятливому напрямі можлива завдяки обробітку ґрунту, розміщенню культури у сівозміні, внесення органічних добрив та застосування післяжнивних посівів на зелене добриво [14; 15].

Згідно з представленими у науковій літературі даними, застосування класичного (полицевого) обробітку ґрунту збільшує загальну його пористість. Дослідженнями Беґея С.С. [16] встановлено, що проведення оранки на 20–22 см з розпушуванням підорного шару на 12–14 см забезпечило зменшення щільності ґрунту на 0,01–0,04 г/см³, що позитивно впливало на ріст і розвиток озимих культур.

За даними Цюка О.А. [17], система полицево-безполицевого обробітку ґрунту в зерно-просапній сівозміні створює кращі умови для оптимізації агрофізичних показників і забезпечує найвищу урожайність пшениці озимої. Також спостерігається тенденція до зменшення пористості ґрунту на тлі систематичних безполицевих обробітків порівняно з оранкою. В дослідженнях Цилорика О.І. [18], дисковий обробіток значно підвищував величину щільності ґрунту порівняно з оранкою. При цьому,

аналогічне їй підвищення відмічається і за застосування чизельного обробітку. Застосування мілкового обробітку ґрунту як за полицевого, так і за безполицевого способів спричиняло зменшення пористості пористості ґрунту до 46,5–47,8% порівняно з оранкою та чизелюванням, де був цей показник відповідно 49,0 і 50,9% [19].

Тому актуальним є пошук систем і технологій вирощування, які б зменшили негативний вплив на ґрунт, одночасно забезпечуючи оптимальні умови для розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У стаціонарному польовому досліді ТОВ «Навчально-науково-інноваційний центр агротехнологій «Агрофірма Колос» с. Пустоварівка Сквирського р-ну Київської обл. здійснені польові дослідження впродовж 2019–2021 рр. Ґрунт чорнозем типовий глибокий крупнопилувато-середньосуглинковий, – уміст гумусу 4,5% (ДСТУ 4289:2004), легкогідролізованого азоту – 184 мг/кг (ДСТУ 7863:2015), рухомого фосфору – 233 мг/кг та калію – 95 мг/кг ґрунту (ДСТУ 4115:2002), рН_{сол.} – 6,5 (ДСТУ ISO 10390-2001), суми увібраних основ – 85–99% (ДСТУ 4362:2004). Схема експерименту передбачала комплексне вивчення двох чинників.

Фактор А – попередники пшениці озимої: 1 – горох (контроль); 2 – ріпак озимий; 3 – соя; 4 – соняшник; 5 – кукурудза на силос.

Фактор Б – чотири варіанти основного обробітку ґрунту: полицевий (оранка) на 20–22 см (контроль); безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см; безполицевий мілкий (дискова борона) на 12–14 см; безполицевий поверхневий (дискова борона) на 6–8 см. Розмір посівної площі 250 м², облікової – 180 м², повторності досліді чотириразова.

Загальну пористість ґрунту визначали розрахунковим [20]. Об'ємну масу ґрунту визначали методом циліндрів (ДСТУ ISO 11272–2001). Відбір проб проводився

з шарів 0–10, 10–20, 20–30 см перед сівбою пшениці озимої, за весняного відновлення вегетації та перед збиранням урожаю.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Щільність ґрунту є важливим показником фізичних властивостей ґрунту, від якого залежать не лише ґрунтові режими, а й технологічні властивості та якість обробітку ґрунту, що в кінцевому підсумку впливає на врожайність сільськогосподарських культур та його якість.

За результатами досліджень, щільність складення у шарі ґрунту 0–10 см на період сівби пшениці озимої залежно від системи основного обробітку ґрунту змінювалась від 1,11 до 1,14 г/см³ за нижчого показника у варіанті з проведенням основного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см як полицевого, так і безполицевого способів (табл. 1).

Аналізуючи вплив розміщення пшениці озимої після різних попередників, слід зазначити, що вищою щільністю складення вирізнявся варіант після кукурудзи на силос, що в абсолютному значенні становило (1,13–1,15 г/см³).

Аналізуючи увесь досліджуваний шар (0–30 см) ґрунту на час сівби культури, слід зазначити, що як полицевий (оранка), так і безполицевий обробіток (чизель) мали близькі показники щільності ґрунту у досліджуваних шарах, значення яких підвищувалися від верхнього до нижнього. За систематичного мілкового обробітку на 12–14 см та поверхневого на 6–8 см найбільше ущільнювався шар ґрунту 10–20 см, за тенденції до розущільнення у 20–30 см шарі.

Показник пористості верхнього 0–10 см шару ґрунту на час сівби змінювався від 57,1% за проведення безполицевого мілкового обробітку ґрунту до 58% у варіанті з полицевим обробітком ґрунту на 20–22 см. Досліджувані попередники забезпечували параметри загальної пористості на рівні 57,5–58,0% за нижчих показників у варіанті з соняшником. Отже, як видно з представлених даних, на час сівби сої,

Таблиця 1. Вплив способів обробітку ґрунту та попередників на щільність складення ґрунту за вирощування пшениці озимої (середнє за 2019–2021 рр.), г/см³

А	В	Перед сівбою			Відновлення вегетації			Перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Горох (St)	О (St)	1,10	1,14	1,18	1,17	1,26	1,31	1,25	1,33	1,34
	Ч	1,12	1,17	1,21	1,20	1,28	1,32	1,23	1,32	1,34
	М	1,13	1,20	1,23	1,21	1,27	1,32	1,25	1,32	1,36
	П	1,10	1,22	1,25	1,19	1,28	1,32	1,29	1,37	1,39
Соя	О (St)	1,11	1,17	1,16	1,19	1,26	1,29	1,23	1,27	1,28
	Ч	1,12	1,21	1,18	1,20	1,26	1,30	1,23	1,30	1,31
	М	1,14	1,22	1,24	1,21	1,25	1,30	1,23	1,30	1,32
	П	1,13	1,23	1,25	1,20	1,27	1,31	1,30	1,33	1,35
Кукурудза на силос	О (St)	1,13	1,19	1,22	1,15	1,27	1,31	1,23	1,30	1,32
	Ч	1,14	1,15	1,25	1,18	1,28	1,31	1,22	1,32	1,33
	М	1,15	1,23	1,24	1,19	1,28	1,31	1,23	1,31	1,35
	П	1,14	1,22	1,26	1,18	1,29	1,33	1,27	1,36	1,37
Ріпак озимий	О (St)	1,11	1,18	1,21	1,18	1,27	1,31	1,27	1,32	1,34
	Ч	1,12	1,21	1,19	1,17	1,25	1,28	1,26	1,30	1,30
	М	1,13	1,18	1,25	1,20	1,28	1,32	1,27	1,34	1,37
	П	1,11	1,20	1,24	1,23	1,29	1,34	1,30	1,35	1,37
Соняшник	О (St)	1,12	1,22	1,25	1,18	1,27	1,31	1,27	1,32	1,34
	Ч	1,11	1,25	1,23	1,20	1,28	1,32	1,27	1,35	1,36
	М	1,13	1,21	1,25	1,20	1,28	1,32	1,27	1,34	1,37
	П	1,12	1,23	1,26	1,23	1,29	1,34	1,30	1,38	1,40
НІР ₀₅ (АВ)		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Горох		1,11	1,18	1,22	1,19	1,27	1,32	1,26	1,34	1,36
Соя		1,13	1,21	1,21	1,20	1,26	1,30	1,25	1,30	1,32
Кукурудза на силос		1,14	1,20	1,24	1,18	1,28	1,32	1,24	1,32	1,34
Ріпак озимий		1,12	1,19	1,22	1,20	1,27	1,31	1,28	1,33	1,35
Соняшник		1,12	1,23	1,25	1,20	1,28	1,32	1,28	1,35	1,37
НІР ₀₅ (А)		0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
О (St)		1,11	1,18	1,20	1,17	1,27	1,31	1,25	1,31	1,32
Ч		1,12	1,20	1,21	1,19	1,27	1,31	1,24	1,32	1,33
М		1,14	1,21	1,24	1,20	1,27	1,31	1,25	1,32	1,35
П		1,12	1,22	1,25	1,21	1,28	1,33	1,29	1,36	1,38
НІР ₀₅ (В)		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

Примітка: А – попередники; В – системи основного обробітку ґрунту; О – оранка на 20–22 см, Ч – чизелювання на 20–22 см, М – дискування на 10–12 см, П – дискування на 6–8 см.

Таблиця 2. Вплив способів обробітку ґрунту і попередників на пористість ґрунту за вирощування пшениці озимої (середнє за 2019–2021 рр.)

А	В	Перед сівбою			Відновлення вегетації			Перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Горох (St)	О (St)	58,5	56,2	54,3	55,5	51,5	49,6	51,9	49,2	48,5
	Ч	57,7	55,0	53,1	54,4	50,8	49,2	52,7	49,6	48,5
	М	57,4	53,8	52,3	54,0	51,2	49,2	51,9	49,6	47,7
	П	58,5	53,1	51,6	54,8	50,8	49,2	50,4	47,7	46,5
Со́я	О (St)	58,1	55,0	55,0	54,8	51,5	50,4	52,7	51,5	50,8
	Ч	57,7	53,5	54,3	54,4	51,5	50,0	52,7	50,4	49,6
	М	57,0	53,1	51,9	54,0	51,9	50,0	52,7	50,4	49,2
	П	57,4	52,7	51,6	54,4	51,2	49,6	50,0	49,2	48,1
Кукурудза на силос	О (St)	57,4	54,2	52,7	56,3	51,2	49,6	52,7	50,4	49,2
	Ч	57,0	55,8	51,6	55,1	50,8	49,6	53,1	49,6	48,8
	М	56,6	52,7	51,9	54,8	50,8	49,6	52,7	50,0	48,1
	П	57,0	53,1	51,2	55,1	50,4	48,8	51,2	48,1	47,3
Ріпак озимий	О (St)	58,1	54,6	53,1	55,1	51,2	49,6	51,2	49,6	48,5
	Ч	57,7	53,5	53,9	55,5	51,9	50,8	51,5	50,4	50,0
	М	57,4	54,6	51,6	54,4	50,8	49,2	51,2	48,9	47,3
	П	58,1	53,8	51,9	53,2	50,4	48,5	50,0	48,5	47,3
Соняшник	О (St)	57,7	53,1	51,6	55,1	51,2	49,6	51,2	49,6	48,5
	Ч	58,1	51,9	52,3	54,4	50,8	49,2	51,2	48,5	47,7
	М	57,4	53,5	51,6	54,4	50,8	49,2	51,2	48,9	47,3
	П	57,7	52,7	51,2	53,2	50,4	48,5	50,0	47,3	46,2
НІР ₀₅ (АВ)		1,1	0,6	0,7	1,2	0,7	1,3	1,3	0,6	1,2
Горох		58,0	54,5	52,8	54,7	51,1	49,3	51,7	49,0	47,8
Со́я		57,9	54,2	53,0	54,5	51,1	49,5	51,9	49,6	48,4
Кукурудза на силос		57,9	53,8	53,3	54,5	51,3	49,7	51,9	49,8	48,7
Ріпак озимий		57,8	53,7	53,2	54,5	51,4	49,9	52,1	50,0	49,0
Соняшник		57,5	53,6	53,2	54,4	51,5	50,0	52,0	50,4	49,4
НІР ₀₅ (А)		0,7	0,3	0,3	0,6	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4
О (St)		58,0	54,6	53,3	55,4	51,3	49,8	51,9	50,1	49,1
Ч		57,7	53,9	53,0	54,8	51,2	49,8	52,2	49,7	48,9
М		57,1	53,5	51,9	54,3	51,1	49,5	51,9	49,5	47,9
П		57,7	53,1	51,5	54,1	50,6	48,9	50,3	48,2	47,1
НІР ₀₅ (В)		0,6	0,4	0,4	0,6	0,3	0,6	0,7	0,4	0,5

Примітка: А – попередники; В – системи основного обробітку ґрунту; О – оранка на 20–22 см, Ч – чизелювання на 20–22 см, М – дискування на 10–12 см, П – дискування на 6–8 см.

грунт характеризується оптимальними значеннями щільності і пористості незалежно від попередника і варіанта обробітку ґрунту (табл. 2).

У подальшому в процесі повернення до рівноважної щільності та росту кореневої системи рослин, щільність ґрунту підвищувалася, а відзначені закономірності розподілу щільності ґрунту за варіантами обробітку проявлялися до повної стиглості. Встановлено, що на час відновлення вегетації за полицевого основного обробітку ґрунту у шарах ґрунту 0–10, 10–20 і 20–30 см щільність складення ґрунту становила відповідно 1,17, 1,27 і 1,31 г/см³, а на час збирання зростала до 1,25, 1,31 і 1,32 г/см³.

Загальна пористість відповідно сягала 55,4, 51,3 та 49,8 г/см³. Безполицевий чизельний обробіток ґрунту не призводив до погіршення агрофізичних показників ґрунту, параметри яких істотно не відрізнялися від оранки на 20–22 см.

Поверхневий і мілкий безполицеві обробітки ґрунту істотно збільшували щільність складення ґрунту і загальну пористість нижніх горизонтів ґрунту (10–20 і 20–30 см) порівняно з оранкою і чизельним обробітками на 20–22 см.

Зростання щільності ґрунту, за проходження фаз росту і розвитку пшениці озимої, спричиняло зниження і його пористості. Особливо це спостерігалось за мілкого, поверхневого обробітку. У варіантах із застосуванням оранки і безполицевого (чизель) обробітку на 20–22 см показники щільності і пористості ґрунту на час збирання, мали рівні значення, і залежно від глиби досліджуваного шару ґрунту становили, за оранки у 0–10 см шарі — 1,25 г/см³

і 51,9%, у шарі ґрунту 10–20 см — 1,31 г/см³ і 50,1%, та у шарі 20–30 см — 1,32 г/см³ і 49,1% та безполицевого (чизель) відповідно шарі у 0–10 см — 1,24 г/см³ і 52,2%, у шарі ґрунту 10–20 см — 1,32 г/см³ і 49,7%, та у шарі 20–30 см — 1,33 г/см³ і 48,9%. Аналіз досліджуваних попередників не виявив істотної різниці стосовно їх впливу на агрофізичні показники ґрунту.

ВИСНОВКИ

Досліджувані системи основного обробітку ґрунту істотно впливали на його щільність складення та загальну пористість. Система полицевого та безполицевого основного обробітку ґрунту на 20–22 см забезпечувала кращі показники будови оброблюваного шару ґрунту впродовж всієї вегетації *Triticum vulgare* (об'ємна маса ґрунту не перевищувала 1,30 г/см³, а загальна пористість не перебувала нижче 50%).

Варіанти з мілким і поверхневим безполицевими обробітками ґрунту призвели до значного збільшення об'ємної маси ґрунту до 1,35–1,40 г/см³ та істотного зменшення загальної пористості ґрунту особливо в шарах 10–20 і 20–30 см від періоду відновлення вегетації пшениці озимої до її збирання.

Оптимальним поєднанням у досліді можна вважати розміщення пшениці озимої після зернобобових попередників із застосуванням полицевого і безполицевого основного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см. Це дало змогу забезпечити оптимальні показники загальної пористості ґрунту не лише у верхніх 0–10 см його товщини, а й у глибших шарах упродовж усієї вегетації пшениці озимої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Малярчук М.П. та ін. Еколого-економічна ефективність сидерації у сівозміні на зрощуваних землях півдня України. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 55–62. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207681>.
2. Gao L., Becker E., Liang G. et al. Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon. *Geoderma*. 2017. Vol. 288. P. 97–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.0.05>.
3. De Notaris C., Lund Jensen J., Eivind Olesen J. et al. Long-term soil quality effects of soil and crop management in organic and conventional arable cropping systems. *Geoderma*. 2021. № 403. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115383>.
4. Steponavičienė V., Boguzas V., Sinkevičienė A. et al. Soil physical state as influenced by long-term reduced

- tillage, no-tillage and straw management. *Zemdirbyste — Agriculture*. 2020. Vol. 107. № 3. P. 195–202. URL: http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wpcontent/uploads/2020/07/107_3_str25.pdf.
5. Su Y., Gabrielle B. and Makowski D. A global dataset for crop production under conventional tillage and no tillage systems. *Sci Data*. 2021. Vol. 8. P. 33. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00817-x>.
 6. Примак І.Д., Панченко О.Б. Вплив механічного обробітку ґрунту та удобрення у спеціалізованій зерно-просапній сівозміні Центрального Лісостепу України на агрофізичні властивості чорнозему типового. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 6 (55). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2015_6/11.pdf.
 7. Dexter A.R. Physical properties of tilled soils. *Soil and Tillage Research*. 1997. Vol. 43. Iss.1–2. P. 41–63. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00034-2).
 8. Fu YW., Tian ZC., Amoozegar A. and Heitman J. Measuring dynamic changes of soil porosity during compaction. *Soil & tillage research*. 2019. Vol. 193. P. 114–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.016>
 9. Munkholm L.J., Heck R.J. and Deen B. Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. *Soil and Tillage Research*. 2013. Vol. 127. P. 85–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.007>
 10. Zhang Y., Wang Sh., Wang H. et al. The effects of rotating conservation tillage with conventional tillage on soil properties and grain yields in winter wheat-spring maize rotations. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. № 263. P. 107–117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.08.012>
 11. Velykis A. and Satkus A. The impact of tillage, Caamendment and cover crop on the physical state of a clay loam soil. *Zemdirbyste — Agriculture*. 2018. № 1. Iss. 105. P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.001>
 12. Балаєв А.Д., Гаврилюк М.В., Стопа В.П. Родючість чорноземів Лісостепу за використання мінімізації обробітку ґрунту і елементів біологізації землеробства. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2013. № 1. С. 8–11.
 13. Качмар О.Й., Вавринович О.В., Щерба М.М. та ін. Вплив систем обробітку ґрунту й удобрення на поживний режим сірого лісового ґрунту і продуктивність короткоротаційної сівозміни. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (2). С. 18–34. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-2).
 14. Медведєв В.В., Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. Фізика ґрунту: навч. посіб. Київ: Видавництво, 2018. 289 с.
 15. Li J., Wang Yk., Guo Z. et al. Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid Loess Plateau, China. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 7. P. 4716. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61650-7>
 16. Бегей С.С., Карасевич Н.В. Вплив основного обробітку ґрунту на його щільність та вологість у посівах жита озимого на схилі землях Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70. С. 34–48. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-1-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-1-3)
 17. Цюк О.А. Зміни агрофізичних властивостей ґрунту в агрофітоценозі пшениці озимі залежно від систем його основного обробітку. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2016_1/26.pdf
 18. Циліорик О.І., Шапка В.П. Ефективність безполіцевого обробітку ґрунту за вирощування ячменю ярого в північному Степу. *Вісник Полтавського державної аграрної академії*. 2014. № 1. С. 25–29.
 19. Піковська О.В. Вплив мінімізації обробітку ґрунту на структурний стан чорнозему звичайного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Агрономія*. 2013. Вип. 183 (2). С. 193–197. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_agr_2013_183\(2\)_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_agr_2013_183(2)_35).
 20. Танчик С.П., Манько Ю.П. Землеробство: практикум. Київ: Нілан ЛТД. 2013. 278 с.

REFERENCES

1. Hadzalo, YA.M., Vozhehova, R.A., Malyarchuk, M.P. et al. (2020). Ekoloĥo-ekonomichna efektyvnist' syderatsiyi u sivozmini na zroshuvanykh zemlyakh pivdnya Ukrainy [Ecological and economic efficiency of green manure in crop rotation on irrigated lands in the south of Ukraine]. *Ahroekoloĥichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 55–62. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207681> [in Ukrainian].
2. Gao, L., Becker, E., Liang, G. et al. (2017). Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon. *Geoderma*, 288, 97–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j> [in English].
3. De Notaris, C., Lund Jensen, J., Eivind Olesen, J. et al. (2021). Long-term soil quality effects of soil and crop management in organic and conventional arable cropping systems. *Geoderma*, 403. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115383> [in English].
4. Steponavičienė, V., Boguzas, V., Sinkevičienė, A. et al. (2020). Soil physical state as influenced by long-term reduced tillage, no-tillage and straw management. *Zemdirbyste — Agriculture*, 107 (3), 195–202. URL: http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wpcontent/uploads/2020/07/107_3_str25.pdf [in English].
5. Su, Y., Gabrielle, B. & Makowski, D. (2021). A global dataset for crop production under conventional tillage and no tillage systems. *Sci Data*, 8, 33. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00817-x> [in English].
6. Prymak, I.D. & Panchenko, O. B. (2015). Vplyv mekhanichnoho obrobittku ґрунту ta udobrennya u spetsializovaniy zerno-prosapniy sivozmini Tsent-

- ral'noho Lisostepu Ukrayiny na ahrofizychni vlasty-
vosti chornozemu tyпового [The influence of me-
chanical tillage and fertilization in the specialized
grain-row crop rotation of the Central Forest Steppe
of Ukraine on the agrophysical properties of typical
chernozem]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny*, 6
(55). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2015_6/11.pdf
[in Ukrainian].
7. Dexter, A.R. (1997). Physical properties of tilled soils. *Soil and Tillage Research*, 43 (1–2), 41–63. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00034-2) [in English].
 8. Fu, YW., Tian, ZC., Amoozegar, A. & Heitman, J. (2019). Measuring dynamic changes of soil porosity during compaction. *Soil & tillage research*, 193, 114–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.016> [in English].
 9. Munkholm, L.J., Heck, R.J. & Deen, B. (2013). Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. *Soil and Tillage Research*, 127, 85–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.007> [in English].
 10. Zhang, Y., Wang, Sh., Wang, H. et al. (2018). The effects of rotating conservation tillage with conventional tillage on soil properties and grain yields in winter wheat-spring maize rotations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 107–117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.08.012> [in English].
 11. Velykis, A. & Satkus, A. (2018). The impact of tillage, Caamendment and cover crop on the physical state of a clay loam soil. *Zemdirbyste — Agriculture*, 1 (105), 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.001> [in English].
 12. Balayev, A.D., Havrylyuk, M.V. & Stopa, V.P. (2013). Rodyuchist' chornozemiv Lisostepu za vykorystannya minimizatsiyi obrobitku ґрунту i elementiv biolohizatsiyi zemlerobstva [Fertility of chernozems of the Forest Steppe using minimization of tillage and elements of biologization of agriculture]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu — Bulletin of Kharkiv Agrarian University*, 1, 8–11 [in Ukrainian].
 13. Kachmar, O.Y., Vavrynovych, O.V., Shcherba, M.M. et al. (2021). Vplyv system obrobitku ґрунту u udobrennyia na pozhyvnyy rezhym siroho lisovoho ґрунту i produktyvnist' korotkorotatsiyanoi sivozminy [Influence of soil tillage and fertilization systems on the nutrient regime of gray forest soil and productivity of short-rotation crop rotation]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo — Foothill and mountain agriculture and tvan breeding*, 70 (2), 18–34. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-2) [in Ukrainian].
 14. Medvedyev, V.V., Bulyhin, S.YU. & Vitvits'kyi, S.V. (2018). *Fizyka ґрунту [Soil physics]*. Kyiv [in Ukrainian].
 15. Li, J., Wang, Yk., Guo, Z. et al. (2020). Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid Loess Plateau, China. *Scientific Reports*, 10, 4716. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61650-7> [in English].
 16. Behey, S.S. & Karasevych, N.V. (2021). Vplyv osnovnoho obrobitku ґрунту na yoho shchil'nist' ta volohist' u posivakh zhyta ozymoho na skhylovykh zemlyakh Peredkarpattya [The influence of the main tillage of the soil on its density and moisture in winter rye crops on the slopes of Precarpathia]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo — Foothill and mountain agriculture and tvan breeding*, 70, 34–48. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-1-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-1-3) [in Ukrainian].
 17. Tsyuk, O.A. (2016). Zminy ahrofizychnykh vlasty-vostey ґрунту v ahrofitotsenozii pshenytsi ozymoyi zalezno vid system yoho osnovnoho obrobitku [Changes in the agrophysical properties of the soil in the agrophytocenosis of winter wheat depending on the systems of its main cultivation]. *Naukovi dopovidi Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny — Scientific reports of the National University of Bioresources and Natural Resources*. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2016_1/26.pdf [in Ukrainian].
 18. Tsylyuryk, O.I. & Shapka, V.P. (2014). Efektyvnist' bezpolytsevoho obrobitku ґрунту za vyroshchuvannya yachmenyu yaroho v pivnichnomu Stepu [Effectiveness of the unpolished tillage for growing spring barley in the northern Steppe]. *Visnyk Poltav'skoho derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava Agrarian Academy*, 1, 25–29 [in Ukrainian].
 19. Pikov's'ka, O.V. (2013). Vplyv minimizatsiyi obrobitku ґрунту na strukturnyy stan chornozemu zvychaynoho [The effect of minimizing tillage on the structural condition of ordinary chernozem]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Seriya: Ahronomiya — Scientific reports of the National University of Bioresources and Natural Resources. Series: Agronomy*, 183 (2), 193–197. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvna_u_agr_2013_183\(2\)_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvna_u_agr_2013_183(2)_35) [in Ukrainian].
 20. Tanchyk, S.P. & Manko, Yu.P. (2013). *Zemlerobstvo [Agriculture]*. Kyiv [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.10.2022