






УДК 638.661,5

## Фізична будова та структура чорнозему типового за різних систем основного обробітку і удобрення агрофітоценозів польової сівозміни

Примак І.Д. , Панченко О.Б., Єзерковська Л.В. , Караульна В.М. ,  
Войтовик М.В., Ображій С.В. , Присяжнюк Н.М., Качан Л.М. 

*Білоцерківський національний аграрний університет*



Примак І.Д., Панченко О.Б., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Войтовик М.В., Ображій С.В., Присяжнюк Н.М., Качан Л.М. Фізична будова та структура чорнозему типового за різних систем основного обробітку і удобрення агрофітоценозів польової сівозміни. «Агробіологія», 2024. № 1. С. 140–152.

Primak I., Panchenko O., Ezerkovska L., Karaulna V., Voytovik M., Obrazhiy S., Prysiazhnyuk N., Kachan L. Physical construction and typical black soil structure under different systems of main cultivation and fertilization of agrophytocenoses of field crop rotation. «Agrobiology», 2024. no. 1, pp. 140–152.

Рукопис отримано: 03.04.2024 р.

Прийнято: 18.04.2024 р.

Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-140-152

Чотирирічними (2019–2022 рр.) дослідженнями на дослідному полі Білоцерківського НАУ встановлено, що щільність будови орного шару чорнозему типового істотно підвищується за чизельно-дискового і дискового обробітків, проте не перевищує критичного значення – 1,30 г/см<sup>3</sup>. Системи удобрення істотно не впливали на зміну цього показника.

Об'ємна маса верхньої частини (0–10 см) орного шару істотно зростає лише за безполицево-дискового обробітку на дату сівби культур сівозміни. Щільність будови середньої (10–20 см) і нижньої (20–30 см) частин орного шару істотно підвищувалася за безполицево-дискового і особливо дискового обробітків.

За чизельно-дискового обробітку на дату збирання урожаю, а за дискового – у всі строки спостережень цей показник у нижній частині орного шару перевищив критичне значення.

Загальна пористість орного шару за чизельно-дискового і дискового обробітків істотно, а за диференційованого – неістотно знижується, проте не перевищує критичний рівень – 50 %.

Зміни величини загальної пористості верхньої частини орного шару по варіантах обробітку неістотні. У середній і нижній частинах орного шару цей показник зменшується за безполицево-дискового і дискового обробітків істотно, а за диференційованого – неістотно.

Об'єм капілярних пор в орному шарі на дату сівби за всіх варіантів обробітку знаходиться практично на одному рівні, а на дату збирання істотно вищий за безполицево-дискового і дискового обробітків.

На дату збирання культур капілярна пористість верхньої частини орного шару істотно зменшувалася за диференційованого обробітку, а середньої і нижньої частини – істотно зростала за безполицево-дискового і дискового обробітків.

Некапілярна пористість орного шару істотно нижча за чизельно-дискового і дискового обробітків. У верхній частині орного шару цей показник істотно нижчий на дату сівби за безполицево-дискового, а збирання – ще й за дискового обробітків. У середній і нижній частинах він істотно нижчий на дату сівби за безполицево-дискового і дискового, а збирання – ще й за диференційованого обробітків.

Оструктуреність орного шару практично на одному рівні по варіантах обробітку. За безполицево-дискового і дискового обробітків спостерігається добре виражена гетерогенність цього шару за вмістом водотривких агрегатів у різних його частинах. Добрива істотно поліпшували цей показник.

Продуктивність сівозміни практично на одному рівні за полицево-дискового і диференційованого та істотно нижча за безполицево-дискового і дискового обробітків.

**Ключові слова:** чорнозем типовий, добрива, сівозміна, обробіток, будова, структура, пористість, продуктивність.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Основними причинами, що обумовлюють необхідність систематичних досліджень фізичних показників родючості ґрунтів, є широкий розмах агрофізичної деградації, яка спостерігається на сьогодні в Україні (грудкувата рілля навіть за обробітку її у стані фізичної спільності, застій води у «блюдцях» – мікропониженнях – після випадання атмосферних зливових опадів, неякісна заробка насіння під час сівби на поворотних смугах полів, локалізація кореневих систем у приповерхневих шарах ґрунту, ерозія, дефляція тощо), і підтримання агрофізичних властивостей ґрунтів у сприятливому інтервалі значень з метою отримання запланованої віддачі від добрив і меліорацій [1–3].

Поряд із наявними типами деградацій (знеструктурування, переущільнення, погіршення водо-, повітро- і коренепроникності, будови) формуються нові, зокрема, часті прояви посух, кіркоутворення, зменшення глибини кореневмісного шару ґрунту, звуження діапазону активної вологи внаслідок зростання рівноважної об'ємної маси ґрунту, погіршення технологічних параметрів орного шару внаслідок зменшення періоду перебування ґрунту в стані фізичної спільності та інші, які істотно знижують продуктивні та екологічно-виробничі функції ґрунтового покриття [3, 4].

Вперше у вітчизняному рільництві О.О. Ізмаїльський експериментально довів вирішальне значення водотривкої структури в регулюванні водного режиму чорнозему і підвищенні урожайності польових культур. Він вказав на нерозривний зв'язок протидефляційної стійкості і оструктуреності ґрунту. А причину посухи 1891–1892 рр. він вбачав не в кількості атмосферних опадів, а в знеструктуреності чорнозему, застерігаючи про можливість перетворення вітчизняних степів у безплідну пустелю за інтенсивного антропогенного впливу на земельні ресурси [5].

Подальші дослідження корифеїв вітчизняного рільництва О.Н. Соколовського і К.К. Гедрейца вказують на вирішальне значення структурного стану в забезпеченні оптимальної будови ґрунту [6, 7], зокрема, щільності складення і пористості, від яких істотно залежать всі режими ґрунту (водний, повітряний, поживний, тепловий), ефективність добрив, меліорантів, пестицидів тощо.

Слід зазначити, що структуру і родючість ґрунту не можна ототожнювати, хоча між ними існує пряма залежність. Абсолютизація В.Р. Вільямсом водотривкої агрономічно корисної структури ґрунту разом із заходами її досягнення – культурною оранкою і травопільною

системою землеробства – була трагічною. Не будучи безпосереднім винуватцем сталінських репресій, він підтримав «вогнище інквізиції», називаючи своїх опонентів ворогами соціалістичної агрономії, нової радянської науки. Один з таких опонентів – академік М.М. Тулайков – загинув у 1938 р. в результаті репресій, а його праця «Рецензія на книгу В.Р. Вільямса «Ґрунтознавство, загальне землеробство з основами ґрунтознавства» вийшла у світ лише в 1963 році. Проте висновок В.Р. Вільямса, що лише на структурних ґрунтах створюються гармонійні взаємовідносини між водою і повітрям; підтримується біологічна діяльність; забезпечуються обмінні процеси, безперешкодне освоєння ґрунтового середовища і проникнення коріння у глибокі зволожені шари; оптимальні параметри будови ґрунту; найкращі умови живлення культур та менші енергетичні затрати на обробіток залишається актуальним і на сьогодні [8].

Науковці ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» вважають недеградованим ґрунт з вмістом повітряно-сухих агрегатів розміром 0,25–10 мм понад 70 %, водотривких розміром більше 0,25 мм понад 45 % за рівноважної щільності будови як важких, так і легких за гранулометричним складом ґрунтів менше 1,3 г/см<sup>3</sup> [9]. За твердженням інших вітчизняних дослідників, рілля вважається деградованою за вмісту в орному шарі менше 50 % агрономічно цінних повітряно-сухих агрегатів. Площа схильних до фізичної деградації орних земель в Україні становить 4,3 млн га [10].

Видатний вітчизняний агрофізик В.В. Медведєв (1939–2021) вважав моніторинг, охорону і відтворення структури ґрунту основою сталого землекористування. Він неодноразово стверджував, що всі староорні ґрунти внаслідок незрівноваженого балансу речовин і енергії, порівняно з природними аналогами, деградовані. Тому, «існуюча генерація людей» має виключити з ужитку всі елементи технологій, що шкодять ґрунту і спричиняють його деградацію. Це найголовніша умова стійкості ґрунту, зокрема, його параметрів, режимів, сприятливих екологічних, виробничих і соціально-економічних функцій. Всесвітньо відомий ґрунтознавець констатує, що ідея сталого землеробства і стійкого ґрунту буде визначальною в 21 ст. Стійке землекористування – якісно новий етап еволюції аграрної сфери. Його основою має бути, насамперед, збереження і поліпшення структурного стану ґрунтів за проведення науково обґрунтованих технологічних, технічних і організаційних заходів, які висвітлені в монографії вченого [9].

Структурний стан верхньої частини (0–10 см) орного шару ґрунту під впливом механічного обробітку, опадів і повітря закономірно погіршується, на що вказували не лише В.Р. Вільямс та його однодумці [8], а також відомі вітчизняні дослідники 21 ст. [11, 12]. Останні рекомендують в сівозмінах періодичну культурну оранку за коефіцієнта оструктуреності ґрунту, визначеного методом Саввінова (сухе просіювання), менше 0,67. На їх переконання, лише плуг з передплужниками або двоярусний здатні забезпечувати гетерогенність оброблюваного шару ґрунту, тобто взаємне переміщення без перемішування верхнього знеструктуреного і нижнього оструктуреного шарів. Швидкість оранки плугами з культурними полицями – 7,9 км/год і більше, з напівгвинтовими менше вказаної величини.

Для добре оструктуреного і гумусованого чорнозему типового максимально можливою і найбільш поширеною межею рівноважної щільності будови оброблюваного шару є 1,25 г/см<sup>3</sup>. Залежно від рівня зволоження, умов зимового періоду і стану поверхні поля щільність складення перед обробітком фізично спілого ґрунту може бути нижчою зазначеної величини весною і завжди майже рівна їй – восени. Тоді ґрунтово-технологічні властивості його, зокрема, опір, зчіплення, липкість тощо близькі до оптимальних [13].

Різниця в оптимальних значеннях щільності складення ґрунту для різних сільськогосподарських рослин коливається в межах 0,10–0,25 г/см<sup>3</sup>, що визнається науковцями істотною величиною. Цей показник найбільше впливає у перші дні після сівби на проростання насіння культур і формування коріння першого та другого порядків. У міру розвитку кореневих систем вплив об'ємної маси зменшується, проте залишається істотним аж до збирання урожаю. Зернові культури позитивно реагують на диференціацію щільності будови по вертикалі кореневмісного шару, просапні – негативно [13].

ґрунт, як і будь-яка дисперсна система, прагне до мінімуму вільної енергії, тобто самоущільнюється. Період релаксації і рівноважна щільність будови є квазіпостійними величинами, що синхронізуються з ґрунтовими, погодними і агротехнічними умовами. Чим легший ґрунт за гранулометричним складом, тим гірше виражені процеси агрегації, тим вища щільність укладення елементарних частинок і менші пористість (загальна і особливо міжагрегатна) та енергетичні затрати на розпушення його за невеликої агрономічної цінності. Чим більший вміст у ґрунті тонкодисперсних органічних і мінеральних части-

нок, тим інтенсивніші процеси агрегації, вищі пористість і агрономічна цінність ґрунту, який уже за незначного зволоження стає реологічно активним тілом, оптимізувати властивості якого достатньо важко і можливо лише за обробітку в стані фізичної спілості. Чим вища загальна пористість ґрунту, тим нижчий потенціал його міцності і тим менш інтенсивним має бути розпушення його [14].

Загальний об'єм і співвідношення між агрегатних та внутрішньоагрегатних пор є важливими діагностичними ознаками вибору способу, заходу, глибини і засобу механічного обробітку ґрунту [5]. За величини загальної пористості весною близької до оптимальної та співвідношення об'ємів між- і внутрішньоагрегатних пор близько одиниці механічний обробіток доцільний лише за необхідності знищення бур'янів. За величини загальної пористості менше оптимальної і співвідношення об'ємів пор менше одиниці обробіток ґрунту має бути максимально ощадливим (мінімальним) і не перевищувати сил зчіплення агрегатів агрономічно корисного розміру [3].

Помірне переущільнення ґрунту допускається за умови, коли воно не перевищує здатності ґрунту до саморозпушення. Зокрема, ущільнений до 1,30–1,35 г/см<sup>3</sup> чорнозем середнього гранулометричного складу (суглинковий) здатний достатньо швидко (після декількох циклів зволоження і висушування) розущільнюватися до рівноважної об'ємної маси (орієнтовно до 1,15 г/см<sup>3</sup>). Проте за ущільнення до 1,40–1,45 г/см<sup>3</sup> цей процес триває декілька років, оскільки в переущільнений ґрунт важко і досить повільно проникають волога і коріння рослин, в ньому низька біологічна і ферментативна активність [3, 14].

У стаціонарних дослідях Харківського НАУ не зафіксовано істотних змін щільності будови орного шару чорнозему типового глибокого малогумусного за полицевої різноглибинної, безполицевої і диференційованої систем основного обробітку ґрунту в сівозмінах. Систематичний мінімальний і нульовий обробітки ґрунту впродовж восьми років істотно підвищили цей показник (на 0,07 г/см<sup>3</sup>) порівняно з оранкою. Постійний безполицевий обробіток, а також періодична оранка на тлі дискового мінімального основного обробітку в сівозміні забезпечили підвищення вмісту в орному шарі повітряно-сухих агрономічно цінних і водотривких агрегатів на 3–4 %, порівняно з оранкою. За багаторічного мінімального обробітку цей показник у верхньому (0–10 см) і орному (0–30 см) шарах чорнозему типового збільшився відповідно на 6,5 і 9,4 %; за нульового

обробітку він перевищив контроль (оранку) на 11–12 %. Рекомендується глибока (не менше 25–27 см) періодична (один раз у три–чотири роки) оранка під просапні культури, насамперед буряки цукрові [16, 17].

У стаціонарній типовій польовій зерно-просапній сівозміні дослідного поля НУБіП України найбільший вміст агрономічно цінних агрегатів в орному шарі чорнозему типового малогумусного середньосуглинкового зафіксовано за полицево-безполицевої і безполицевої систем основного обробітку. В орному шарі водотривкість ґрунтової структури практично на одному рівні за диференційованого, плоскорізного і полицево-безполицевого обробітків – відповідно 51, 52 і 51 %, а за поверхневого (дискового) – 56 %. Полицево-безполицевий обробіток істотно підвищував цей показник у верхньому шарі ґрунту. За безполицевого обробітку загальна пористість зменшується на 1,8–2,2 %. Рекомендується полицево-безполицевий обробіток, за якого оранку проводять в двох полях сівозміни (один раз у 4–5 років ротаційного періоду) під буряки цукрові, а під решту культур – плоскорізне розпушування та дискування [8].

У стаціонарній польовій десятипільній сівозміні Навчально-науково-інноваційного центру агротехнологій ТОВ «Агрофірма Колос» с. Пустоварівка Сквирського (на сьогодні Білоцерківського) району Київської області найбільше агрономічно корисних повітряно-сухих агрегатів в орному шарі (71,3 %) зафіксовано за полицево-безполицевого обробітку чорнозему типового глибокого, який і рекомендований виробництву та включає проведення впродовж ротаційного періоду двох глибоких оранок під соняшник і буряки цукрові, а під решту культур – дискування та чизелювання. За всіх досліджуваних систем основного обробітку ґрунту щільність будови його не перевищувала оптимальних значень – 1,0–1,3 г/см<sup>3</sup> [19].

Мінімізація основного обробітку чорнозему типового малогумусного Лівобережного Лісостепу України поліпшувала структуру і будову ґрунту в довготривалих стаціонарних дослідках Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції. Вчені зазначають, що це відбувається в результаті підвищення об'єму агрегатних пор та вмісту повітряно-сухих агрегатів діаметром 2–5 мм, а також водотривких розміром 0,5–3 мм відповідно на 15–18 і 20–25 % в шарі ґрунту 0–40 см [20].

Кращі агрофізичні показники родючості (структурний стан, щільність складення, твердість, пористість, водопроникність) чорнозему

типового малогумусного в короткоротаційних польових сівозмінах Сумського НАУ зафіксовані за безполицевого обробітку, порівняно з полицевим [21].

На дату сівби сої чорнозем типовий малогумусний мав оптимальні показники щільності будови й пористості за оранки і чизельного розпушення на 20–22 см, дискового на глибину 6–8 і 12–14 см та нульового обробітку. Спостерігалась лише тенденція до їх підвищення за прямої сівби відповідно до 1,32–1,37 г/см<sup>3</sup> і 50,1–51,8 % залежно від попередників (пшениця озима, ячмінь ярий, соняшник, кукурудза на зерно, соя) [22].

У стаціонарній кормовій плодозмінній п'ятипільній сівозміні найвища оструктуреність орного шару чорнозему типового глибокого малогумусного спостерігалася по тривалому мілкому обробітку, що передбачає глибоку (на 30–32 см) оранку лише під кормові буряки, а під решту культур – обробіток полицевим лущильником і дисковою бороною на 10–12 см. Він і рекомендований виробництву. Безполицевий обробіток погіршує структурний стан і будову орного шару. Капілярна пористість його на 4,0–4,2 % нижча за безполицевого і диференційованого обробітків у сівозміні, порівняно з полицевим [23]. До аналогічних висновків дійшли за дослідження систем основного обробітку в польовій п'ятипільній спеціалізованій (зерновій) сівозміні, для якої рекомендовано проводити глибоку оранку лише під кукурудзу на зерно, а під решту культур обробіток дисковою бороною на 10–12 см [24].

У тридцятип'ятирічних стаціонарних польових дослідках Кіровоградського інституту агропромислового виробництва агрофізичні показники родючості (щільність складення, пористість і структурний стан) чорнозему звичайного середньогумусного важкосуглинкового істотно не змінюються за різних систем основного обробітку в польових сівозмінах Правобережного Степу України. У системі традиційного рільництва щільність будови ґрунту в посушливі роки за обробітку нульового в шарі 0–40, дискового – 10–40 см перевищувала критичне значення – 1,30 г/см<sup>3</sup>, досягаючи 1,42–1,43 г/см<sup>3</sup>, порівняно з оранкою. У системі альтернативного рільництва внаслідок відсутності в сівозмінах систематичного мілкого та нульового обробітків цей показник ніколи не досягав критичної величини [25].

В Україні придатні для мінімізації обробітку 13 млн га ріллі, а для прямої сівби – 5,5 млн га [13, 14, 26]. Більшість вітчизняних науковців пропонують у сівозмінах оранку

впродовж ротації проводити один раз у три-п'ять років, здебільшого, під просапні або чистий пар, особливо за внесення в цих полях органічних добрив. У період між оранками пропонують безполицевий (плоскорізний, чизельний тощо) або дисковий різноглибинний чи полицевий мілкий або поверхневий обробітки залежно від біологічних особливостей культур, ґрунтово-кліматичних умов, знарядь обробітку тощо. В окремих випадках, особливо за добро-го фітосанітарного і структурного стану ґрунту, допускається і пряма сівба [2, 4, 8, 15, 17, 19, 27].

Основною перешкодою широкого впровадження поверхневого і нульового обробітків ґрунту в Україні є істотне погіршення фітосанітарного стану [28, 29], зокрема зростання забур'яненості агрофітоценозів [30–32].

**Мета дослідження** – вивчити вплив різних систем основного обробітку чорнозему типового і удобрення агрофітоценозів на зміну фізичної будови (щільності складення, пористості), структурного стану орного шару (0–30 см) і продуктивності польової спеціалізованої (зернової) сівозміни в Правобережному Лісо-степу України.

**Матеріал і методи дослідження.** Експериментальну роботу виконано на чорноземі типовому глибокому середньосуглинковому малогумусному дослідного поля Білоцерківського НАУ в стаціонарній п'ятипільній сівозміні зі стовідсотковим насиченням зерновими культурами. Вивчали чотири системи основного обробітку ґрунту (табл. 1) і чотири системи удобрення агрофітоценозів сівозмі-

ни (табл. 2): за нульової системи не передбачалось внесення ґною і мінеральних добрив, першої – на гектар ріллі 6 т ґною +  $N_{64}P_{54}K_{58}$ , другої – 6 т ґною +  $N_{98}P_{66}K_{92}$ , третьої – 6 т ґною +  $N_{126}P_{82}K_{116}$ .

Повторність дослідів – триразова. Розміщення на площі: варіантів і повторень – послідовне, систематичне; систем обробітку ґрунту – в один ярус, а удобрення – у чотири яруси. Кожна елементарна ділянка має посівну площу 171 м<sup>2</sup>, облікову – 112 м<sup>2</sup>. Без захисних смуг площа кожного поля становить 7835,6 м<sup>2</sup>. Загалом площа під сівозміною – 3,7 га. Вона повністю розгорнута в просторі й часі. У роботі висвітлені результати досліджень за 2019–2022 рр.

Визначали будову орного шару методом Н.А. Качинського, а вміст водотривких агрегатів у ґрунті – методом І.М. Бакшеева [33].

**Результати досліджень та їх обговорення.**

Щільність складення орного шару на дату сівби і збирання культур сівозміни становила відповідно 1,13 і 1,19 г/см<sup>3</sup> на неудобрених та 1,11 і 1,18 г/см<sup>3</sup> – удобрених найвищою нормою ділянок за полицево-дискового обробітку; 1,21 і 1,26 та 1,19 і 1,24 – безполицево-дискового; 1,18 і 1,23 та 1,14 і 1,22 – диференційованого; 1,22 і 1,27 та 1,20 і 1,25 г/см<sup>3</sup> – за дискового обробітку і НІР<sub>0,05</sub> 0,08 і 0,06 г/см<sup>3</sup>. Отже, цей показник істотно зростає за другого і четвертого варіантів обробітку, проте не перевищує критичного значення. З підвищенням норм добрив спостерігається лише тенденція до його зниження (табл. 3).

Таблиця 1 – Системи основного обробітку чорнозему типового у сівозміні

№ поля	Культура сівозміни	Варіанти основного обробітку ґрунту			
		I	II	III	IV
		Полицево-дисковий (контроль)	Чизельно- (безполицево)-дисковий	Диференційований (полицево-чизельно-дисковий)	Дисковий (мілкий)
Глибина (см) і засоби проведення основного обробітку ґрунту *					
1	Горох	18–20 (п.)	18–20 (г.)	18–20 (г.)	10–12 (д.б.)
2	Пшениця озима	8–10 (д.б.)	8–10 (д.б.)	8–10 (д.б.)	8–10 (д.б.)
	Гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
3	Кукурудза	25–27 (п.)	25–27 (г.)	25–27 (п.)	10–12 (д.б.)
4	Гречка	10–12 (д.б.)	10–12 (г.)	10–12 (г.)	10–12 (д.б.)
5	Пшениця озима	6–8 (д.б.)	6–8 (д.б.)	6–8 (д.б.)	6–8 (д.б.)
	Гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)

**Примітка:** п. – плуг ПЛН-3-35; д.б. – дискова борона БДВ – 3,0; г. – глибокорозпушувач (чизель) ГР – 3,4.

Таблиця 2 – Системи удобрення під культури першої сівозміни

№ поля	Культура сівозміни	Рівень удобрення	Гній, т/га	Мінеральні добрива, кг/га д.р.											
				всього			основне удобрення		під передпосівну культувацію	рядкове удобрення			підживлення (2–3 рази)		
				n	P	K	P	K		N	N	P		K	N
1	Горох	0													
		1	30						30						
		2	30	30	30	30	30	30	30						
		3	30	30	50	30	50	30							
2	Пшениця озима	0													
		1	60	60	60	60	60							60	
		2	90	60	90	60	90							90	
		3	120	60	90	60	90							120	
	Гірчиця біла на сидерат	0													
		1	30	30	30	30	30	30							
		2	60	30	60	30	60	60							
3	Кукурудза	0													
		1	30	60	60	60	50	50	50	10	10	10			
		2	30	90	90	90	75	75	75	15	15	15			
		3	30	110	110	110	90	90	90	20	20	20			
4	Гречка	0													
		1	30	30	30	30	30	30							
		2	50	30	50	30	50	50							
		3	70	30	70	30	70	70							
5	Пшениця озима	0													
		1	80	60	80	60	80							80	
		2	110	60	80	60	80							110	
		3	140	60	100	60	100							140	
	Гірчиця біла на сидерат	0													
		1	30	30	30	30	30	30							
		2	60	30	60	30	60	60							
		3	80	60	80	60	80	80							

Об'ємна маса верхньої частини (0–10 см) орного шару ґрунту істотно зростала (на 0,06–0,07 г/см<sup>3</sup>) лише на ділянках чизельно-дискового обробітку на дату сівби сільськогосподарських рослин. На решті ділянок відхилення не перевищують НІР<sub>0,05</sub>. За безполицево-дискового обробітку на дату збирання урожаю, а також диференційованого у всі строки визначення щільність будови на 0,03–0,04 г/см<sup>3</sup> вища, ніж на контролі.

Щільність будови середньої частини (10–20 см) орного шару чорнозему типового на дату сівби і збирання культурних рослин вища відповідно на 0,08–0,09 і 0,07 г/см<sup>3</sup> за безпо-

лицево-дискового обробітку, 0,03–0,04 і 0,04 – диференційованого, 0,10–0,11 і 0,09–0,10 г/см<sup>3</sup> за дискового, ніж полицево-дискового, обробітку за НІР<sub>0,05</sub> 0,08 і 0,07 г/см<sup>3</sup>. Цей показник будови ґрунту знаходився в межах оптимальних значень.

У нижній частині (20–30 см) орного шару об'ємна маса істотно вища за безполицево-дискового (на 0,07–0,09 г/см<sup>3</sup>) і дискового (на 0,10–0,14 г/см<sup>3</sup>) обробітків, ніж на контролі.

Доречно зазначити, що цей показник перевищував критичне значення на другому варіанті обробітку лише на дату збирання урожаю, а на четвертому – у всі строки спостережень.

Таблиця 3 – Зміна щільності будови (г/см<sup>3</sup>), пористості та оструктуреності (%) ґрунту за різних систем обробітку і удобрення

Система обробітку ґрунту	Система удобрення	Щільність будови (d), загальна (V2), капілярна (V3) і некапілярна (V4) пористість та оструктуреність (O) ґрунту	Сівба			Збирання		
			Шар ґрунту, см					
			0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Полицево-дисконий (контроль)	0	d	1,08	1,13	1,19	1,13	1,19	1,26
		V2	58,8	56,9	54,6	56,9	54,6	51,9
		V3	34,0	35,6	36,8	34,6	30,5	27,7
		V4	24,8	21,3	17,8	22,3	24,1	24,2
		O	59,6	59,9	60,5	62,0	62,8	63,7
	3	d	1,06	1,11	1,16	1,12	1,17	1,25
		V2	59,5	57,6	55,7	57,3	55,3	52,3
		V3	35,6	35,2	36,4	34,9	30,1	27,5
		V4	23,9	22,4	19,3	22,4	25,2	24,8
		O	66,9	66,4	66,2	69,4	70,8	71,9
Безполицево-дисконий	0	d	1,15	1,21	1,28	1,17	1,26	1,35
		V2	56,1	53,8	51,1	55,3	51,9	48,5
		V3	34,6	35,1	35,8	34,8	34,2	34,4
		V4	21,5	18,7	15,3	20,5	17,7	14,1
		O	54,6	61,0	63,6	58,7	63,6	66,1
	3	d	1,12	1,20	1,25	1,16	1,24	1,32
		V2	57,3	54,2	52,2	55,6	52,7	49,6
		V3	35,1	34,7	35,5	35,9	34,7	36,1
		V4	22,2	19,5	16,7	19,7	18,0	13,5
		O	61,6	67,8	69,0	66,1	71,8	74,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диференційований	0	d	1,12	1,17	1,24	1,18	1,23	1,29
		V2	57,3	55,3	52,7	55,0	53,1	50,8
		V3	33,7	35,1	35,6	33,0	30,7	28,9
		V4	23,6	20,2	17,1	22,0	22,4	21,9
		O	59,6	60,4	61,1	61,8	63,2	64,4
	3	d	1,09	1,14	1,20	1,16	1,21	1,29
		V2	58,4	56,5	54,2	55,7	53,8	50,8
		V3	34,0	35,0	36,0	32,9	30,5	27,8
		V4	24,4	21,5	18,2	22,8	23,3	23,0
		O	67,3	66,8	67,2	69,5	71,1	72,6
Дисконий	0	d	1,10	1,23	1,32	1,15	1,29	1,38
		V2	58,0	53,1	49,6	56,1	50,7	47,3
		V3	33,8	35,5	37,2	35,5	34,2	36,0
		V4	24,2	17,6	12,4	20,6	16,5	11,3
		O	53,7	60,9	63,2	57,9	63,3	66,2
	3	d	1,08	1,22	1,30	1,13	1,26	1,35
		V2	58,8	53,4	50,4	56,9	51,9	48,5
		V3	35,5	35,0	37,3	36,0	34,5	36,1
		V4	23,3	18,4	13,1	20,9	17,4	12,4
		O	60,7	67,4	69,2	65,0	71,3	74,8
НІР <sub>0,05</sub>		d	0,05	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07
		V2	2,0	2,8	2,6	2,2	2,5	2,6
		V3	1,8	2,0	1,6	1,6	2,4	2,8
		V4	1,4	1,5	1,4	1,3	1,6	1,7
		O	3,4	2,8	2,6	3,1	2,6	2,4

Сумарний об'єм міжагрегатних і внутрішньоагрегатних пор орного шару неудобрених ділянок чорнозему типового на дату сівби і збирання урожаю становив відповідно 56,8 і 54,5 % по полицево-дисковому обробітку, 53,7 і 51,9 – безполицево-дисковому, 55,1 і 53,0 – полицево-чизельно-дисковому, 53,6 і 51,4 % – по дисковому обробітку. За першого, другого, третього і четвертого варіантів обробітку удобрених найвищою нормою ділянок цей показник неістотно підвищився (порівняно з неудобреними) і становив відповідно 57,6; 54,6; 56,4 і 54,2 % на дату сівби та 55,0; 52,6; 53,4 і 52,4 %.  $НІР_{0,05}$  для зазначених строків визначення пористості становила відповідно 2,7 і 2,2 %.

Найвищі показники загальної пористості орного шару ґрунту за полицево-дискового обробітку. За безполицево-дискового і дискового вони істотно (відповідно на 2,8 і 3,1 %), а за диференційованого неістотно (на 1,5 %) нижчі ( $НІР_{0,05}$  2,6–3,4 %). Нижче критичного значення (50 %) цей показник не опускався.

Закономірних помітних змін величини загальної пористості верхньої частини орного шару ґрунту по варіантах полицево-дискового і дискового обробітків не спостерігається. Цей показник за полицево-дискового обробітку на дату сівби і збирання відповідно на 2,5 і 1,8 %, а за диференційованого – на 1,3 і 1,8 % нижчий проти контролю за  $НІР_{0,05}$  2,0 і 2,2 %.

У середній частині орного шару чорнозему типового об'єм пор за вказані строки спостережень менший відповідно на 3,3 і 2,7 % по чизельно-дисковому, 1,4 і 1,5 – диференційованому та 4,0 і 3,7 % – по дисковому, ніж полицево-дисковому, обробітку за  $НІР_{0,05}$  2,8 і 2,5 %. У нижній частині простежується аналогічна закономірність: на ділянках другого, третього і четвертого варіантів обробітку цей показник становив відповідно 50,4; 52,1 і 48,9 %, що менше контролю (53,6 %) на 3,2; 1,5 і 4,7 % за  $НІР_{0,05}$  2,6 %. На дату збирання урожаю загальна пористість у нижній частині орного шару ґрунту за безполицево-дискового і дискового обробітків опускається нижче критичного значення.

Об'єм капілярних пор в орному шарі неудобрених ділянок чорнозему типового на дату сівби і збирання становив відповідно 35,5 і 30,9 % за полицево-дискового обробітку, 35,2 і 34,5 – чизельно-дискового, 34,8 і 30,9 – полицево-чизельно-дискового, 35,5 і 35,2 % – за дисковому обробітку; за максимальної норми добрив цей показник становив відповідно 35,7 і 30,8 % на першому варіанті обробітку; 35,1 і 35,6 – другому; 35,0 і 30,4 – третьому; 35,9 і 35,5 % – на четвертому варіанті обробітку за  $НІР_{0,05}$  1,6 і 3,0 %. Отже, у перший строк визна-

чення він помітно не відрізняється по варіантах обробітку, у другий – практично на одному рівні за полицево-дискового і диференційованого обробітків та істотно вищий за безполицево-дискового і дискового обробітків.

Капілярна пористість верхньої частини орного шару ґрунту за полицево-дискового, безполицево-дискового, полицево-безполицево-дискового і дискового обробітків становила відповідно 34,8; 34,9; 33,9 і 34,7 % на дату сівби та 34,8; 35,4; 33,0 і 35,8 % – збирання за  $НІР_{0,05}$  1,8 і 1,6 %. Отже, у перший строк визначення абсолютна різниця в показнику між варіантами обробітку знаходилась у межах  $НІР_{0,05}$ , а в другий строк – перевищила її лише за диференційованого обробітку. На дату сівби удобрених ділянок диференційованого обробітку зниження капілярної пористості (на 1,6 %) виявилось неістотним, а на дату збирання істотним як на неудобрених, так і удобрених варіантах дослідів.

Об'єм капілярних пор середньої частини орного шару чорнозему типового за полицево-дискового, безполицево-дискового, полицево-безполицево-дискового і дискового обробітків становив відповідно 35,4; 34,9; 35,1 і 35,3 % за сівби ( $НІР_{0,05}=2,0$  %) та 30,3; 34,5; 30,6 і 34,4 % – збирання ( $НІР_{0,05}=2,4$  %). Отже, у перший строк визначення показника варіанти обробітку майже рівноцінні, а у другий – істотна перевага безполицево-дискового і дискового обробітків над полицево-дисковим (контролем).

Капілярна пористість нижньої частини орного шару ґрунту за полицево-дискового, чизельно-дискового, диференційованого і дискового обробітків становила відповідно 36,6; 35,7; 35,8 і 37,3 на дату сівби ( $НІР_{0,05}=1,6$  %) та 27,6; 35,2; 28,4 і 36,1 % – збирання ( $НІР_{0,05}=2,8$  %). Закономірність змін цього показника аналогічна середній частині: істотні відмінності (підвищення) лише на дату збирання культур з ділянок другого і четвертого варіантів обробітку.

Об'єм некапілярних пор орного шару чорнозему типового у всі строки визначення істотно нижчий по безполицево-дисковому і дисковому та неістотно по диференційованому обробітку. Зокрема, на першому, другому, третьому і четвертому варіантах обробітку цей показник становив відповідно 21,6; 19,0; 20,8 і 18,2 % на дату сівби ( $НІР_{0,05}=1,7$  %) та 23,8; 17,3; 22,6 і 16,5 % – збирання ( $НІР_{0,05}=1,9$  %). Жодного разу він не опускався нижче критичного значення – 10 %.

Некапілярна пористість верхньої частини орного шару ґрунту істотно нижча на дату сівби за безполицево-дискового, а збирання – ще й за дискового обробітків. На першому, другому,

третьому і четвертому варіантах обробітку цей показник становив відповідно 24,4; 21,8; 24,0 і 23,8 % на дату сівби ( $НІР_{0,05}=1,4$  %) та 22,3; 20,1; 22,4 і 20,8 % – збирання ( $НІР_{0,05}=1,3$  %).

У середній частині орного шару ґрунту він зменшувався, порівняно з контролем, на всіх варіантах обробітку, але на третьому варіанті на дату сівби неістотно. Зокрема, за полицево-дискового, безполицево-дискового, диференційованого і дискового обробітків об'єм некапілярних пор становив відповідно 21,9; 19,1; 20,9 і 18,0 % на дату сівби ( $НІР_{0,05}=1,5$  %) та 24,6; 17,9; 22,8 і 17,0 % – збирання ( $НІР_{0,05}=1,6$  %). У нижній частині орного шару простежується аналогічна закономірність змін цього показника по досліджуваних варіантах обробітку ґрунту: на дату сівби він становив відповідно 18,6; 16,0; 17,7 і 12,8 % ( $НІР_{0,05}=1,4$  %), збирання – 24,5; 13,8; 22,4 і 11,9 % ( $НІР_{0,05}=1,7$  %). Він не опускається нижче критичного значення.

Вміст водотривких агрегатів в орному шарі ґрунту за полицево-дискового, безполицево-дискового, диференційованого і дискового обробітків на дату сівби становив відповідно 60,0; 59,7; 60,4 і 59,3 % на неудобрених та 66,5; 66,1; 67,1 і 65,8 % на удобрених найвищою нормою добрив ділянках за  $НІР_{0,05}$  2,6 %. На дату збирання ці показники вищі: 62,8; 62,8; 63,1 і 62,5 % на неудобрених та 70,7; 70,8; 71,1 і 70,4 % на удобрених ділянках за  $НІР_{0,05}$  3,0 %. Отже, структурний стан орного шару практично однаковий по досліджуваних варіантах обробітку ґрунту.

Встановлена різноякісність частин орного шару за цим показником за безполицево-дискового і дискового обробітків. Оструктуреність всіх частин орного шару практично на одному рівні за полицево-дискового і диференційованого обробітків. Структурний стан верхньої частини орного шару істотно гірший, а нижньої – навпаки, істотно кращий на другому і четвертому варіантах обробітку, ніж на контролі. Перевагу, хоча й неістотну, мали ці варіанти і за показником оструктуреності середньої частини орного шару.

Зокрема, у верхній, середній і нижній частинах орного шару чорнозему типового цей показник становив відповідно 64,4; 65,0 і 65,6 % по полицево-дисковому обробітку, 60,3; 66,1 і 68,3 – чизельно-дисковому, 64,6; 65,4 і 66,3 – полицево-безполицево-дисковому, 59,3; 65,7 і 68,4 % – по дисковому обробітку за  $НІР_{0,05}$  3,2; 2,7 і 2,5 %. Різниця в оструктуреності нижньої і верхньої частин орного шару ґрунту по цих варіантах обробітку становила відповідно 1,2; 8,0; 1,7 і 9,1 %.

Об'ємна маса, загальна, капілярна, некапілярна пористість та оструктуреність орного шару чорнозему типового становили відповідно 1,21 г/см<sup>3</sup>, 53,7 %, 34,1 %, 19,6 % та 61,3 % на неудобрених варіантах і 1,19 г/см<sup>3</sup>, 54,5 %, 34,3 %, 20,2 % та 68,6 % – удобрених найвищою нормою добрив. Отже, добрива справили істотний позитивний вплив на структурний стан ґрунту, що забезпечило деяке покращення показників його будови.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення вихід зерна з гектара ріллі сівозміни становив відповідно 2,40; 4,07; 5,19 і 5,70 т зерна за полицево-дискового обробітку, 2,05; 3,64; 4,71 і 5,18 – безполицево-дискового, 2,41; 4,08; 5,22 і 5,74 – полицево-чизельно-дискового, 1,87; 3,54; 4,65 і 5,15 т – за дискового обробітку і  $НІР_{0,05}$  0,25 т. Вихід сухої речовини основної продукції з гектара ріллі наступний: 2,07; 3,51; 4,49 і 4,92 т на першому варіанті обробітку, 1,77; 3,14; 4,07 і 4,47 – другому, 2,09; 3,53; 4,51 і 4,91 – третьому, 1,62; 3,06; 4,02 і 4,44 т – на четвертому варіанті обробітку за  $НІР_{0,05}$  0,22 т, а основної і побічної – 4,59; 7,95; 10,33 і 11,54 т за полицево-дискового обробітку, 3,95; 7,22; 9,53 і 10,64 – чизельно-дискового, 4,66; 8,10; 10,48 і 11,70 – диференційованого, 3,68; 7,09; 9,50 і 10,69 т – за дискового обробітку і  $НІР_{0,05}$  0,41 т.

Отже, продуктивність польової зернової сівозміни практично на одному рівні за полицево-дискового і диференційованого обробітків та істотно знижується за чизельно-дискового і дискового.

**Висновки.** Щільність будови орного шару чорнозему типового істотно підвищується за чизельно-дискового і дискового обробітків, проте не перевищує критичного значення – 1,30 г/см<sup>3</sup>. Системи удобрення істотно не впливали на зміну цього показника.

Об'ємна маса верхньої частини (0–10 см) орного шару істотно зростає лише за безполицево-дискового обробітку на дату сівби культур сівозміни. Щільність будови середньої (10–20 см) і нижньої (20–30 см) частин орного шару істотно підвищувалася за безполицево-дискового і особливо дискового обробітків. За чизельно-дискового обробітку на дату збирання урожаю, а за дискового – у всі строки спостережень цей показник у нижній частині орного шару перевищив критичне значення. Загальна пористість орного шару за чизельно-дискового і дискового обробітків істотно, а за диференційованого – неістотно знижується, проте не перевищує критичний рівень – 50 %.

Зміни величини загальної пористості верхньої частини орного шару по варіантах обробітку неістотні. У середній і нижній частинах орного шару цей показник зменшується за безполицево-дискового і дискового обробітків істотно, а за диференційованого – неістотно.

Об'єм капілярних пор в орному шарі на дату сівби за всіх варіантів обробітку знаходиться практично на одному рівні, а на дату збирання істотно вищий за безполицево-дискового і дискового обробітків.

На дату збирання культур капілярна пористість верхньої частини орного шару істотно зменшувалася за диференційованого обробітку, а середньої і нижньої частини – істотно зростала за безполицево-дискового і дискового обробітків.

Некапілярна пористість орного шару істотно нижча за чизельно-дискового і дискового обробітків. У верхній частині орного шару цей показник істотно нижчий на дату сівби за безполицево-дискового, а збирання – ще й за дискового обробітків. У середній і нижній частинах він істотно нижчий на дату сівби за безполицево-дискового і дискового, а збирання – ще й за диференційованого обробітків.

Оструктуреність орного шару практично на одному рівні по варіантах обробітку. За безполицево-дискового і дискового обробітків спостерігається добре виражена гетерогенність цього шару за вмістом водотривких агрегатів у різних його частинах. Добрива істотно поліпшували цей показник.

Продуктивність сівозміни практично на одному рівні за полицево-дискового і диференційованого та істотно нижча за безполицево-дискового і дискового обробітків.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Землеробство на еродованих ґрунтах / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. С. 125–132, 184–200.
2. Наукові основи сучасних систем вітчизняного землеробства / І.Д. Примака та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2022. С. 245–266.
3. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примака та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2010. С. 119–133, 154–209.
4. Еволюція систем землеробства в Україні: монографія / І.Д. Примака та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2022. С. 433–453.
5. Маловідомі факти наукової спадщини О.О. Ізмайльського (до 170-річчя з дня народження) / І.Д. Примака та ін. Агробіологія, 2022. № 1. С. 79–84.
6. Агрономічне ґрунтознавство: навчальний посібник / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. С. 31–42.
7. Історія агрономічної науки й техніки: навчальний посібник / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. С. 87–95.

8. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу від полицевого до безполицевого і поверхневого та нульового обробітків ґрунту в Україні з середини першої половини 20 ст. до сьогодні / І.Д. Примака та ін. Агробіологія. 2018. № 2. С. 6–17.

9. Медведєв В.В. Структура ґрунту (методи, генезис, класифікація, еволюція, географія, моніторинг, охорона). Харків: Вид. «13 типографія», 2008. 397 с. С. 8–9, 301–362.

10. Пліско І.В., Уваренко К.Ю., Крилач С.І., Накісько С.Г. Закономірності прояву фізичної деградації в орних ґрунтах України та регіони підвищеного її ризику. Вісник аграрної науки. 2021. № 10. С. 5–13.

11. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Танчик С.П., Надикто В.Т. Сучасні проблеми оранки як особливого прийому обробітку ґрунту. Вісник аграрної науки. 2016. № 1. С. 5–10.

12. Камінський В.Ф., Адамчук В.В., Булгаков В.М., Надикто В.Т. Агроінженерні підходи щодо збереження родючості ґрунтів. Вісник аграрної науки. 2021. № 11. С. 5–16.

13. Медведєв В.В., Лактіонова Т.М. Ґрунтово-технологічні вимоги до ґрунтообробних знарядь і ходових систем машинно-тракторних агрегатів. Харків: КП «Друкарня №13», 2008. 68 с.

14. Медведєв В.В., Лактіонова Т.М. Ґрунтово-технологічне районування орних земель України. Харків: «13 типографія», 2007. 395 с.

15. Механічний обробіток ґрунту: історія, теорія, практика / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 165–183, 342–353.

16. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в польових сівозмінах Лівобережного Лісостепу України: автореф. дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2015. 41 с.

17. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. С. 43–62. 165 с.

18. Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. С. 175–190, 271–274.

19. Центило Л.В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агроценозів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 41 с.

20. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія / О.В. Демиденко та ін. Сміла, 2019. С. 126–127, 418–419.

21. Міщенко Ю.Г. Обґрунтування ефективності елементів органічного землеробства Лівобережного Лісостепу: автореф. дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпро, 2021. 44 с.

22. Сінченко В.В. Оптимізація основного обробітку ґрунту при вирощуванні сої за різних попередників у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 23 с.

23. Павліченко А.А. Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від систем основного

обробітку ґрунту та удобрення у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Умань, 2019. 23 с.

24. Панченко О.Б., Примак І.Д., Панченко І.А. Екологічний стан чорнозему типового за різних систем основного механічного обробітку в органічному землеробстві. *Агробіологія*. 2017. № 1 (131). С. 34–41.

25. Черячукін М.І. Наукове обґрунтування та розроблення заходів основного обробітку ґрунту в зональних системах землеробства Правобережному Степу України: автореф. дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. 2016. 51 с.

26. Медведєв В.В., Булигін С.Ю., Булигіна М.Е. Сучасні системи землеробства і проблема обробітку ґрунту. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 2. С. 127–134.

27. Землеробство: підручник / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 376–380, 561–571.

28. Effect of soil treatment on pest infestation and crop disease distribution in black soil fields with short rotation crops / I.D. Prymak et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(1). P. 127–132.

29. Ефективність різних систем обробітку ґрунту, удобрення в короткоротаційній сівоzmіні та вплив на фітосанітарний стан агроценозів / І.Д. Примак та ін. *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 2. С. 150–163.

30. Prymak I., Grabovskyi M., Fedoruk Y. Produktivity of grain ear crops and post-harvest white mustard on green fertilizer depending on the systems of soil basic tillage in the Forest steppe of Ukraine. *Весті Національної академії наук Білорусі. Серія аграрних наук*. 2021. Т. 60. № 1. С. 21–30.

31. Іващенко О.О., Іващенко О.О. Загальна гербологія: монографія. Київ: Фенікс, 2019. 33 с., 37 с. С. 222–224.

32. Наукові основи управління бур'яновим компонентом агрофітоценозів України: навчальний посібник / І.Д. Примак та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2021. С. 9–10, 264–270.

33. Землеробство: навчальний посібник / С.П. Танчик та ін. Київ: ЦП «Компринт», 2022. С. 38–41, 30–35.

## REFERENCES

1. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Kovalenko, V.P. (2018). Zemlerobstvo na erodovanykh hruntakh [Agriculture on eroded soils]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 125–132, 184–200.

2. Prymak, I.D., Martyniuk, I.V., Fedoruk, Yu.V. (2022). Naukovi osnovy suchasnykh system vitchyznianoho zemlerobstva: navchalnyi posibnyk [Scientific foundations of modern systems of domestic agriculture]. Vinnytsia, TVORY, pp. 245–266.

3. Prymak, I.D., Manko, Yu.P., Ridei, N.M. (2010). Ekologichni problemy zemlerobstva [Ecological problems of agriculture]. Kyiv, Center of educational literature, pp. 119–133, 154–209.

4. Prymak, I.D., Tsiuk, O.A., Martyniuk, I.V. (2022). Evoliutsiia system zemlerobstva v Ukraini:

monohrafiia [Evolution of farming systems in Ukraine]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 433–453.

5. Prymak, I.D., Prysiazhniuk, N.M., Fedoruk, Yu.V. (2022). Malovidomi fakty naukovoї spadshchyny O.O. Izmail'skoho (do 170-richchia z dnia narodzhennia) [Little-known facts of the scientific heritage of O.O. Izmail'skyi (to the 170th anniversary of his birth)]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*. no. 1, pp. 79–84.

6. Prymak, I.D., Kupchuk, V.I., Lozinskyi, M.V. (2017). Ahronomichne gruntoznavstvo: navchalnyi posibnyk [Agronomic soil science]. Vinnytsia, TOV Nilan-LTD, pp. 31–42.

7. Prymak, I.D., Tkachuk, V.M., Tsentylo, L.V. (2014). Istoriia ahronomichnoi nauky y tekhniky: navchalnyi posibnyk [History of agronomic science and technology]. Vinnytsia, TOV Nilan-LTD, pp. 87–95.

8. Prymak, I.D., Panchenko, O.B., Voitovyk, M.V. (2018). Evoliutsiia teoretychnykh i praktychnykh osnov perekhodu vid polytsevoho do bezpolytsevoho i poverkhniveho ta nulovoho obrobitkiv hruntu v Ukraini z seredyny pershoi polovyny 20 st. do sohodennia [The evolution of the theoretical and practical foundations of the transition from shelf to shelfless and surface and zero tillage in Ukraine from the middle of the first half of the 20th century to the present day]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*. no. 2, pp. 6–17.

9. Medvediev, V.V. (2008). Struktura hruntu (metody, henezys, klasyfikatsiia, evoliutsiia, heohrafiia, monitorynh, okhorona) [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection)]. Kharkiv, Publishing House "13 Typography", 397 p., pp. 8–9, 301–362.

10. Plisko, I.V., Uvarenko, K.Iu., Krylach, S.I., Nakisko, S.H. (2021). Zakonomirnosti proiavu fizychnoi dehradatsii v ornykh hruntakh Ukrainy ta rehiony pidvyshchenoho yii ryzyku [Patterns of manifestation of physical degradation in arable soils of Ukraine and regions of increased risk]. *Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of agricultural science]*. no. 10, pp. 5–13.

11. Adamchuk, V.V., Bulhakov, V.M., Tanchuk, S.P., Nadykto, V.T. (2016). Suchasni problemy oranky yak osoblyvoho pryomu obrobitku hruntu [Modern problems of plowing as a special method of soil cultivation.]. *Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of agricultural science]*. no. 1, pp. 5–10.

12. Kaminskyi, V.F., Adamchuk, V.V., Bulhakov, V.M., Nadykto, V.T. (2021). Ahroinzhenerni pidkhody shchodo zberezheniia rodiuchosti hruntiv [Agroengineering approaches to preserving soil fertility]. *Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of agricultural science]*. no. 11, pp. 5–16.

13. Medvediev, V.V., Laktionova, T.M. (2008). Hruntovo-tekhnologichni vymohy do gruntoobrobnykh znariad i khodovykh system mashynno-traktornykh ahreativ [Soil-technological requirements for tillage implements and running systems of machine-tractor units]. Kharkiv, KP Printing house No 13, 68 p.

14. Medvediev, V.V., Laktionova, T.M. (2007). Hruntovo-tekhnologichne raionuvannia ornykh zemel Ukrainy [Soil and technological zoning of arable lands of Ukraine]. Kharkiv, Printing house No 13, 395 p.

15. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Voitovyk, M.V. (2019). Mekhanichnyy obrobok hruntu: istoriia, teoriia, praktyka [Mechanical tillage: history, theory, practice]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 165–183, 342–353.
16. Shevchenko, M.V. (2015). Naukovi osnovy system obrobok hruntu v polovykh sivozminakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys... d-ra s.-h. nauk: 06.01.01 [Scientific basis of tillage systems in field crop rotations of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine: abstract of the dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Dnipropetrovsk, 41 p.
17. Shevchenko, M.V. (2019) Naukovi osnovy system obrobok hruntu v umovakh nestiikoho ta nedostatnoho zvolozhennia: monohrafiia [Scientific basis of tillage systems in conditions of unstable and insufficient moisture]. Kharkiv, KhNAU, Maidan, pp. 43–62, 165 p.
18. Tanchyk, S.P., Tsiuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). Naukovi osnovy system zemlerobstva: monohrafiia [Scientific foundations of farming systems]. Vinnytsia, TOV Nilan-LTD, pp. 175–190, 271–274.
19. Tsentylo, L.V. (2020). Ahroekologichni osnovy vidtvoрення rodiuchosti chornozemu tipovoho ta pidvyshchennia produktyvnosti ahrotsenoziv Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Agro-ecological bases of reproduction of typical black soil fertility and productivity improvement of agrocenoses of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine: abstract of the dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Kyiv, 41 p.
20. Demydenko, O.V., Boiko, P.I., Blashchuk, M.I., Shapoval, I.S., Kovalenko, N.P. (2019). Sivozminy ta rodiuchist chornozemu Livoberezhnoho Lisostepu: monohrafiia [Crop rotations and fertility of chernozem of the Left Bank Forest Steppe]. Smila, pp. 126–127, 418–419.
21. Mishchenko, Yu.H. (2021). Obhruntuvannia efektyvnosti elementiv orhanichnoho zemlerobstva Livoberezhnoho Lisostepu: avtoref. dys... d-ra s.-h. nauk: 06.01.01 [Justification of the effectiveness of the elements of organic farming of the Left Bank Forest Steppe: abstract of the dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Dnipro, 44 p.
22. Sinchenko, V.V. (2020). Optyimizatsiia osnovnoho obrobok hruntu pry vyroshchuvanni soi za riznykh poperednykh u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys... kand. s.-h. nauk: 06.01.01 [Optimization of the main soil tillage during the cultivation of soybeans under different predecessors in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences: 06.01.01]. Kyiv, 23 p.
23. Pavlichenko, A.A. (2019) Produktivnist plodozminnoi sivozminy zalezno vid system osnovnoho obrobok hruntu ta udobrennia u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy avtoref. dys... kand. s.-h. nauk: 06.01.01 [Productivity of crop rotation depending on the main tillage and fertilization systems in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences: 06.01.01]. Uman, 23 p.
24. Panchenko, O.B., Prymak, I.D., Panchenko, I.A. (2017). Ekologichni stan chornozemu tipovoho za riznykh system osnovnoho mekhanichnoho obrobok v orhanichnomu zemlerobstvi [Ecological condition of black soil typical for different systems of basic mechanical cultivation in organic farming]. Ahrobiologhiia [Agrobiology]. no. 1 (131), pp. 34–41.
25. Cheriachukin, M.I. (2016). Naukove obgruntuvannia ta rozroblennia zakhodiv osnovnoho obrobok hruntu v zonalnykh systemakh zemlerobstva Pravoberezhnomu Stepu Ukrainy: avtoref. dys... d-ra s.-h. nauk: 06.01.01 [Scientific substantiation and development of basic tillage measures in zonal farming systems of the Right Bank Steppe of Ukraine: abstract of the dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. 51 p.
26. Medvediev, V.V., Bulyhin, S.Iu., Bulyhina, M.E. (2017). Suchasni systemy zemlerobstva i problema obrobok hruntu [Modern farming systems and the problem of tillage]. Ahroekologichni zhurnal [Agroecological journal]. no. 2, pp. 127–134.
27. Prymak, I.D., Yezerkivska, L.V., Fedoruk, Yu.V. (2020). Zemlerobstvo: pidruchnyk [Agriculture]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 376–380, 561–571.
28. Prymak, I.D., Yakovenko, O.M., Voytovyk, M.V., Karaulna, V.M., Yezerkivska, L.V., Panchenko, O.B., Fedoruk, Yu.V., Pokotylo, I.A., Panchenko, I.A. (2020). Effect of soil treatment on pest infestation and crop disease distribution in black soil fields with short rotation crops. Ukrainian Journal of Ecology. no. 10(1), pp. 127–132.
29. Prymak, I.D., Voitovyk, M.V., Hornovska, S.V. (2023). Efektyvnist riznykh system obrobok hruntu, udobrennia v korotkorotatsiinii sivozmini ta vplyv na fitosanitarnyi stan ahrotsenoziv [Effectiveness of different tillage systems, fertilizers in short-rotation crop rotation and influence on phytosanitary condition of agrocenoses]. Ahroekologichni zhurnal [Agroecological journal]. no. 2, pp. 150–163.
30. Prymak, I., Grabovskyi, M., Fedoruk, Yu. (2021). Produktivnost grain ear crops and post-harvest white mustard on green fertilizer depending on the systems of soil basic tillage in the Forest steppe of Ukraine. Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук [Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of agricultural sciences.]. Vol. 60, no. 1, pp. 21–30.
31. Ivashchenko, O.O., Ivashchenko, O.O. (2019). Zahalna herbologhiia: monohrafiia [General herbology]. Kyiv, Feniks, 33 p., 37 p., pp. 222–224.
32. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Martyniuk, I.V. (2021). Naukovi osnovy upravlinnia bur'ianovym komponentom ahrofitotsenoziv Ukrainy: navchalnyi posibnyk [Scientific basis of management of the weed component of agrophytocenoses of Ukraine]. Vinnytsia, TVORY, pp. 9–10, 264–270.
33. Tanchyk, S.P., Tsiuk, O.A., Litvinov, D.V. (2022). Zemlerobstvo: navchalnyi posibnyk [Agriculture]. Kyiv, TsP Komprynt, pp. 38–41, 30–35.

**Physical construction and typical black soil structure under different systems of main cultivation and fertilization of agrophytocenoses of field crop rotation****Primak I., Panchenko O., Ezerkovska L., Karaulna V., Voytovik M., Obrazhiy S., Prysiazhnyuk N., Kachan L.**

Four-year (2019-2022) studies at the experimental field of Bila Tserkva National Agrarian University established that the structural density of the arable layer of typical black soil significantly increases with chisel-disk and disk tillage, but does not exceed the critical value – 1.30 g/cm<sup>3</sup>. Fertilization systems did not significantly affect the change of this indicator.

Weight by volume of the upper part (0-10 cm) of the arable layer increases significantly only with disk-less tillage on the date of crop rotation crops sowing. The structural density of middle (10-20 cm) and lower (20-30 cm) parts of the arable layer was significantly increased with disc-less and especially disc tillage.

This indicator in the lower part of the arable layer exceeded the critical value for chisel-disc tillage on the harvest date, and for disk tillage – during all observation periods.

The total porosity of the arable layer decreases significantly with chisel-disc and disk tillage, and insignificantly – with differentiated tillage, but does not exceed the critical level of 50%.

Changes in the value of total porosity of the upper part of the arable layer according to the tillage options are insignificant. In middle and lower parts of the ar-

able layer this indicator decreases significantly with shelf-less disk and disk tillage, and insignificantly – with differentiated tillage.

The volume of capillary pores in the arable layer on the sowing date for all tillage options is almost at the same level, and on the harvesting date it is significantly higher than for shelf-less and disc tillage.

On the harvesting date the capillary porosity of the upper part of the arable layer significantly decreased under differentiated tillage, and in the middle and lower parts – significantly increased under shelf-less disk and disc tillage.

The non-capillary porosity of the arable layer is significantly lower than chisel-disc and disc tillage. In the upper part of the arable layer this indicator is significantly lower on the sowing date for shelfless-disc cultivation, and harvesting – also for disc cultivation. In middle and lower parts it is significantly lower on the sowing date than shelfless-disc and disc, and harvesting – even under differentiated tillage.

The arable layer structure is almost at the same level according to the tillage options. With shelf-less disk and disk processing, there is a well-defined heterogeneity of this layer by the content of waterproof aggregates in its various parts. Fertilizers significantly improved this indicator.

Crop rotation productivity is almost at the same level as shelf-disc and differentiated and significantly lower than shelf-disc and disc tillage.

**Key words:** typical black soil, fertilizers, crop rotation, tillage, construction, structure, porosity, productivity.



Copyright: Примак І.Д. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Примак І.Д.

Єзерковська Л.В.

Караульна В.М.

Образій С.В.

Качан Л.М.

<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>

<https://orcid.org/0000-0002-6644-120X>

<https://orcid.org/0000-0002-9141-9880>

<https://orcid.org/0000-0002-3532-6655>

<https://orcid.org/0000-0001-5374-3252>