

УДК 633.1:631.51.021:631.8 (251.1-17:477)
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.23>

ВПЛИВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА АГРОФІЗИЧНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМУ В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ

ШЕВЧЕНКО М.С. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-6779-0292

Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України

ГАВРИЛЕНКО Н.В. – аспірантка
orcid.org/0009-0001-1681-7360

Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Агрофізичний стан чорноземів Північного Степу України тісно пов'язаний із вибором системи основного обробітку ґрунту, оскільки різні технології по-різному впливають на його щільність, вологість, пористість, структурний склад і водно-повітряний режим. Полицева оранка на 20–25 см забезпечує позитивний агрофізичний ефект у коротко-терміновому періоді, адже тут знижується щільність, покращується проникність для води і повітря. Водночас її тривале застосування спричиняє деградацію ґрунтової структури, зменшення кількості цінних структурних агрегатів і формування ущільненого підорного шару, який порушує водний режим і обмежує ріст кореневої системи. Тобто, початкові переваги цього способу обробітку з часом трансформуються в негативні наслідки для фізичного стану ґрунту [1].

Мілкі та мульчувальні системи обробітку ґрунту останніми роками набули широкого поширення як альтернативні технології до традиційної полицевої оранки, особливо в умовах Степу України, де основним завданням агротехніки є збереження агрофізичних показників, вологи та родючості чорноземів за умов нестабільного клімату. Мілкий безполицевий обробіток передбачає розпушення поверхневого шару ґрунту (до 8–16 см) із частковим перемішуванням рослинних решток без перевертання пласта. Така система дозволяє зменшити енергозатрати, зберегти структуру орного шару, а також уникнути надмірного висушування ґрунту. Водночас мілке розпушення не забезпечує глибокого знищення бур'янів, сприяє поступовому ущільненню підповерхневих горизонтів і, при тривалому застосуванні, знижує інтенсивність біологічних процесів у нижніх шарах ґрунту.

Мульчувальний обробіток, зазвичай безполицевий, ґрунтується на залишенні на поверхні рослинних решток, які утворюють мульчу, що виконує роль природного бар'єру проти випаровування вологи, пригнічує бур'яни, зменшує ерозію та сприяє розвитку біоти у верхньому шарі ґрунту. Однак ця система також має свої недоліки. За недостатньої кількості органічних решток ефект мульчування значно знижується. Крім того, поверхнєве накопичення поживних залишків може сприяти розвитку хвороб та шкідників, а також ускладнює сівбу, особливо у вологі або холодні періоди.

Обидві системи вимагають чіткого адаптування до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Їхній

довготривалий вплив на агрофізичні показники чорноземів, зокрема щільність складення, водопроникність, вміст гумусу та динаміку поживних речовин, залишається недостатньо вивченим. Саме тому мілкий та мульчувальний обробіток потребують подальшого комплексного дослідження з урахуванням особливостей короткоротаційних сівозмін, рівня удобрення, змін кліматичних умов і перспектив сталого ведення землеробства в зоні Степу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі багаторічних польових досліджень, проведених у провідних науково-дослідних установах та аграрних закладах вищої освіти, зокрема Інститутом зернових культур НААН (м. Дніпро) [2], Інститутом агроєкології і природокористування НААН (м. Київ) [3], Харківським національним аграрним університетом імені В. В. Докучаєва [4], Дніпровським державним аграрно-економічним університетом [1] та УкрНДІ прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л. Погорілого [6], доведено, що застосування систем мінімального обробітку ґрунту в умовах агроєкосистем Північного Степу сприяє ефективному збереженню вологи в орному шарі в осінньо-зимовий період, зменшує щільність складення ґрунту, поліпшує водно-повітряний режим і стримує капілярне підняття вологи, що має вирішальне значення для оптимального старту розвитку зернових культур навесні.

У стаціонарному досліді, що проводився Єщенком В. О. [7–9] у 2012–2017 роках на опідзоленому чорноземі, встановлено, що заміна традиційної оранки на плоскорізне розпушування в системі зяблевого обробітку під ярі культури у межах п'ятипільної сівозміни (ячмінь – соя – ріпак – пшениця – льон олійний) сприяла поліпшенню агрономічно цінної структури ґрунту у шарі 0–30 см на 0,9–1,2 %. Скорочення глибини обробітку суттєво не впливало на структурний стан ґрунту. Щільність складення дещо зростала, однак залишалася в межах оптимального значення – до 1,30 г/см³. Загальна пористість орного шару злегка знижувалася, але залишалася прийнятною: на початку вегетації різниця між варіантами не перевищувала 1,7%, а в середині – 1,0 %. Запаси доступної вологи у метровому шарі навесні залишалися майже сталими, а коливання протягом вегетації між системами обробітку були незначними: до 1,9 мм на початку, 8,1 мм у середині та 5,6 мм наприкінці вегетації.

Згідно з позицією Шевченка М. В. [10], полицеву оранку доцільно застосовувати вибірково – лише під культури, які потребують глибокого та однорідного орного шару, а також у випадках внесення органічних добрив або при значному засміченні полів багаторічними бур'янами. Водночас сучасні системи ґрунтообробітку повинні базуватися на поєднанні різноглибинних і різнотипних прийомів – таких як чизелювання, дискування та культивация, що сприяють поліпшенню агрофізичних властивостей ґрунту, мінімізують прояви ерозії та забезпечують фітосанітарну стабільність посівів.

Однією з основних проблем при впровадженні мілкого, мульчувального або нульового обробітку ґрунту тривалий час залишалося інтенсивніше поширення бур'янів на безполицевих варіантах. Однак із впровадженням новітніх вискоефективних гербіцидів цей фактор частково втратив свою актуальність. Зокрема, при застосуванні мілкого безполицевого мульчувального обробітку, зокрема чизелювання чи плоскорізного розпушування, у технології вирощування кукурудзи спостерігається підвищення рівня забур'яненості посівів у 1,4–1,8 рази. Це обумовлює необхідність суворого дотримання регламентів використання ґрунтових та післясходових гербіцидів, що забезпечують ефективне пригнічення бур'янів і попереджають втрати врожаю [11].

Отримані результати узгоджуються з попередніми дослідженнями Циліуріка О. І. [5, 12, 13, 15, 17, 18], у яких було науково обґрунтовано доцільність застосування мілкого мульчувального обробітку ґрунту – передусім чизельного та плоскорізного розпушування – у поєднанні з удосконаленою системою мінерального удобрення ($N_{60}P_{30}K_{30}$ із використанням післязливних решток попередника) у технології вирощування кукурудзи після озимої пшениці. Такий агротехнологічний підхід сприяє створенню сприятливих умов для росту і розвитку рослин, забезпечує покращення біометричних показників і формування оптимальної структури врожаю качанів, не поступаючись за рівнем продуктивності традиційній системі з полицевою оранкою [17, 18].

Метою досліджень є визначення впливу різних способів основного обробітку ґрунту на його агрофізичні властивості в умовах Степу України з подальшою ідентифікацією найбільш ефективних систем обробітку ґрунту, що сприяють покращенню росту та розвитку польових культур в умовах посилення кліматичних викликів.

Матеріали та методика проведення дослідження. Дослідження проводили впродовж 2022–2024 років на базі дослідного поля Інституту зернових культур НААН України, що розташоване поблизу села Василівка Дніпровського району Дніпропетровської області.

Ефективність застосування полицевого, ґрунтозахисного безполицевого (мульчувального) та дискового обробітку ґрунту вивчали в умовах польового стаціонарного досліді, закладеного в п'ятипільній зерно-просапній сівозміні, до складу якої входили такі культури: горох, озима пшениця, кукурудза, ярий ячмінь і сояшник. Дослідження проводили на типовому важкосуглинковому чорноземі з вмістом гумусу в орному шарі на

рівні 4,2 %, а забезпеченість рухомими формами фосфору та калію (за методикою Чирикова) становила відповідно 145 та 115 мг/кг.

Обробіток ґрунту за різними системами здійснювали із застосуванням таких сільськогосподарських знарядь:

1. Полицева система передбачала виконання обробітку плугом ПО–3–35: на глибину 20–22 см для ярого ячменю, гороху та сояшнику; 16–18 см – для озимої пшениці; 23–25 см – для кукурудзи та сояшнику.

2. Ґрунтозахисна безполицева (мульчувальна) система передбачала застосування чизельного культиватора Chisel Plow Brillion на глибину 20–22 см під кукурудзу і сояшник; безполицевий обробіток здійснювали комбінованим агрегатом КШП–5,6 «Резидент» на глибину 14–16 см під ярий ячмінь та 16–18 см під горох.

3. Мілка безполицева система реалізовувалася шляхом дискового обробітку бороною БДВ–6,3 на глибину 10–12 см для озимої пшениці.

Щільність будови ґрунту визначали методом «ріжучого кільця» у горизонтах 0–10, 10–20 і 20–30 см із чотирикратною повторюваністю перед сівбою польових культур, а також наприкінці вегетації [19–20].

Загальну пористість (шпаруватість) розраховували за формулою:

$$П = (1 - OM / PM) \times 100,$$

де П – загальна пористість ґрунту, %;

ОМ – об'ємна маса ґрунту (щільність), г/см³;

ПМ – питома маса ґрунту, г/см³.

Шпори аерації визначали за рівнянням:

$$Ш = П - В,$$

де Ш – шпори аерації, %;

П – загальна пористість, %;

В – вологість ґрунту, %.

Твердість ґрунту вимірювали твердоміром Рев'якіна у шарі 0–30 см двічі на рік: навесні перед сівбою та в кінці вегетації вирощуваних культур [20–21].

Структурно-агрегатний склад ґрунту оцінювали методом сухого просіювання на колонці сит за Н. І. Савіновим. Відібрання зразків здійснювали навесні з шарів 0–10, 10–20 і 20–30 см у десяти точках ділянки – як перед сівбою культур, так і наприкінці вегетації [22].

У 2022–2024 роках на території степової зони України чітко спостерігалася тенденція до посилення кліматичної нестабільності, що проявлялася у стійкому перевищенні середніх багаторічних температур і порушенні режимів атмосферного зволоження. Кожен рік цього періоду супроводжувався специфічними кліматичними відхиленнями – як за кількістю опадів, так і за температурним фоном, що свідчить про поступове формування умов ризикованого землеробства в регіоні.

Загалом погодні умови впродовж трирічного періоду залишалися порівняно сприятливими для вирощування зернових культур і сояшнику, за винятком літа 2024 року, коли фіксувалася виражена посуха. У цей час гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у критичний для водоспоживання період (червень–липень) становив лише 0,7, що є ознакою розвитку ґрунтово-повітряної посухи з негативним впливом на ріст і продуктивність рослин. Для порівняння: у 2023 році значення ГТК сягало 0,8, а в 2022 році – 0,9.

Результати досліджень. Дослідження показали, що у польових культур в фазі сівба–сходи середній показник твердості ґрунту у шарі 0–25 см за полицевої системи становив 11,3 кг/см², тоді як за мульчувального обробітку – 14,6 кг/см², що перевищує контроль на 3,3 кг/см² або 29,2% (табл. 1). За мілкого безполицевого обробітку твердість досягала 16,7 кг/см², що на 5,4 кг/см² або 47,8% вище за полицевий варіант. Подібна тенденція простежується і під час збирання врожаю: середній показник твердості чорнозему в шарі 0–25 см за полицевого обробітку склав 15,2 кг/см², тоді як за мульчувального – 19,7 кг/см² (+4,5 кг/см² або +29,6%), а за мілкого безполицевого – 21,8 кг/см² (+6,6 кг/см² або +43,4%).

У середньому по всіх культурах сівозміни мілка безполицева система обробітку формувала найвищу твердість орного шару ґрунту – 16,7 кг/см² у фазі сівба–сходи

і 21,8 кг/см² у фазі збирання врожаю, що на 5,4 кг/см² (47,8%) і 6,6 кг/см² (43,4%) вище відповідно до полицевого варіанта. Мульчувальний обробіток також призводив до зростання твердості, але меншою мірою – +3,3 кг/см² (29,2%) і +4,5 кг/см² (29,6%) відповідно. Отримані результати свідчать про суттєве ущільнення ґрунту при відмові від полицевого обробітку, що потребує додаткового врахування при довгостроковому впровадженні мінімалізованих систем обробітку.

Серед досліджуваних варіантів найнижчі значення твердості ґрунту зафіксовано при полицевій системі обробітку, яка забезпечувала в середньому по сівозміні 11,3 кг/см² у фазі сівба–сходи та 15,2 кг/см² у фазі збирання. При застосуванні ґрунтозахисного мульчувального обробітку середня твердість орного шару зростала на 3,3–4,5 кг/см², що становило 29,2–29,6% приросту

Таблиця 1

Вплив систем обробітку ґрунту на показники твердості чорнозему в середньому за 2022-2024 рр., кг/см²

Культури в сівозміні (фактор А)	Система обробітку ґрунту (фактор В)	Твердість ґрунту, (кг/см ²) в шарі							
		5 см		15 см		25 см		середнє (0-25 см)	
		сівба – сходи	збирання врожаю	сівба – сходи	збирання врожаю	сівба – сходи	збирання врожаю	сівба – сходи	збирання врожаю
1. Горох	полицева	5,1	8,2	9,1	13,1	13,8	18,0	9,3	13,1
	ґрунтозахисна безполицева (мульчувальна)	9,2	12,3	13,2	17,2	17,9	22,0	13,4	17,2
	мілка безполицева	11,4	12,3	13,2	17,2	17,9	22,0	13,4	17,2
2. Пшениця озима	полицева	9,2	13,5	14,3	17,3	18,0	23,3	14,6	18,3
	ґрунтозахисна безполицева (мульчувальна)	13,3	15,4	16,2	19,2	19,9	25,2	16,5	20,2
	мілка безполицева	15,5	17,6	18,4	21,4	22,3	27,4	18,7	22,4
3. Кукурудза	полицева	7,3	10,3	11,2	15,2	16,0	20,1	11,1	15,2
	ґрунтозахисна безполицева (мульчувальна)	11,4	14,4	15,3	19,3	20,1	24,2	15,2	25,3
	мілка безполицева	13,6	16,6	17,5	21,5	22,3	26,4	17,4	27,5
4. Ячмінь ярий	полицева	5,6	8,8	9,6	14,3	14,3	18,6	9,9	13,7
	ґрунтозахисна безполицева (мульчувальна)	9,7	12,9	13,7	18,4	18,4	22,7	14,0	17,8
	мілка безполицева	11,8	15,1	15,9	20,6	20,9	25,0	16,2	20,1
5. Соняшник	полицева	7,9	11,5	12,2	16,4	16,8	20,9	11,8	15,9
	ґрунтозахисна безполицева (мульчувальна)	10,1	13,7	14,4	18,6	19,0	23,1	14,0	18,1
	мілка безполицева	14,2	17,8	18,6	22,8	23,2	26,1	18,0	22,2
Середнє в сівозміні	полицева	10,3	10,5	11,3	15,3	15,8	20,2	11,3	15,2
	ґрунтозахисна безполицева (мульчувальна)	10,7	13,7	14,6	18,5	19,1	23,4	14,6	19,7
	мілка безполицева	12,5	12,3	13,0	20,7	21,3	25,4	16,7	21,8
НІР05, кг/см ² , (0-30 см)									
для фактора А		2,2	3,4	2,5	3,1	3,8	2,4	2,5	4,1
для фактора В		3,3	4,1	3,4	3,6	4,1	2,7	2,8	5,0
для взаємодії АВ		5,1	6,2	5,0	6,3	6,4	5,2	5,8	6,2

до контролю, а при мілкому безполицевому – на 5,4–6,6 кг/см², або 47,8–43,4% відповідно. Ущільнення відбувалося як у верхньому 5-сантиметровому шарі, так і в глибших горизонтах 15 і 25 см, що може обмежувати розвиток кореневої системи та проникнення вологи, особливо в умовах посушливих сезонів.

Найбільш чутливими культурами до ущільнення ґрунту виявилися горох і ярий ячмінь, де приріст твердості при мілкому обробітку порівняно з полицевим сягав +44–52%. Кукурудза та соняшник демонстрували найвищі абсолютні значення твердості в період збирання – понад 25–27 кг/см² при мінімальному обробітку, що є критичним показником для структурно-порушеного шару. Системи мінімального та мульчувального обробітку в умовах Північного Степу сприяють посиленню ущільнення орного горизонту. Це потребує науково обґрунтованого коригування систем обробітку ґрунту, включаючи періодичне розпушення або адаптацію сівозмін із урахуванням чутливості культур до щільності ґрунту. Оптимізація структури ґрунту в рамках безполицевих систем повинна базуватися на глибокому моніторингу фізичних властивостей ґрунту, зокрема твердості, що є діагностичним індикатором агрофізичного стану чорноземів та фактором, що безпосередньо впливає на продуктивність агроценозів.

Мінімальна щільність ґрунту у весняний період, в шарі 0–30 см, спостерігалась за умов полицевого обробітку, де середні значення коливалися в межах 1,08–1,16 г/см³, із мінімальними показниками у посівах кукурудзи (1,08 г/см³) та ячменю (1,10 г/см³). У цьому ж періоді за мульчувального обробітку щільність зростала, досягаючи 1,14–1,22 г/см³ залежно від культури. Максимальні ж показники характерні для мілкого безполицевого обробітку – від 1,21 до 1,25 г/см³ у шарі 0–30 см, що свідчить про посилення ущільнення за мінімалізованих систем. Зокрема, у посівах соняшнику весняна щільність чорнозему при мілкому обробітку становила 1,25 г/см³, що на 0,09 г/см³ або 7,8% перевищувало відповідний показник при полицевій системі (1,16 г/см³).

Аналогічна тенденція зберігається і у кінці вегетації культур. Щільність ґрунту у шарі 0–30 см за полицевої системи зростала до 1,25–1,31 г/см³, залежно від культури. При мульчувальному обробітку ці значення становили 1,26–1,33 г/см³, а при мілкому – досягали максимуму 1,31–1,33 г/см³. Наприклад, у посівах ярого ячменю мілкий обробіток забезпечив щільність 1,33 г/см³, що на 0,03 г/см³ або 2,3% більше, ніж у мульчувальному і на 0,03 г/см³ або 2,3% більше, ніж у полицевому варіанті.

Найвища щільність ґрунту в усіх системах зафіксована у глибших горизонтах – 10–20 см і 20–30 см. Наприклад, у шарі 10–20 см у фазі збирання врожаю при мілкому обробітку щільність чорнозему в посівах ярого ячменю досягала 1,37 г/см³, що є найвищим показником у всій таблиці. Це на 0,05 г/см³ або 3,8% вище від мульчувального обробітку (1,32 г/см³) і на 0,05 г/см³ або 3,9% – від полицевого (1,32 г/см³). У шарі 20–30 см найбільші значення також спостерігалися при мілкому обробітку – 1,34 г/см³ у кукурудзі та 1,31 г/см³ у соняшнику, що істотно перевищує показники при полицевій системі.

Варто підкреслити, що в усіх випадках упродовж вегетації спостерігалось підвищення щільності ґрунту незалежно від типу обробітку. Наприклад, при полицевому обробітку в посівах гороху щільність у шарі 0–30 см зростала з 1,13 г/см³ навесні до 1,28 г/см³ восени (+0,15 г/см³ або +13,3%). У системі мульчувального обробітку приріст склав менше – з 1,14 до 1,26 г/см³ (+0,12 г/см³ або +10,5%), а за мілкого – з 1,22 до 1,31 г/см³ (+0,09 г/см³ або +7,4%). Це свідчить, що попри вищі абсолютні значення, щільність ґрунту при мінімалізованих системах вона менш динамічна й стабільно тримається на підвищеному рівні.

Аналіз структурного складу ґрунту у полях сівозміни свідчить про суттєвий вплив системи обробітку ґрунту на формування кількісного співвідношення агрегатів різного розміру в орному шарі (0–30 см) (табл. 2).

Таблиця 2

Структурний склад ґрунту у полях культур суцільного висіву (пшениця озима, ячмінь, горох) в середньому за 2022-2024 рр.

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Шари ґрунту, см	Весною, на початку сівби і вегетації пшениці озимої (фактор В)				Коефіцієнт структурності	На кінець вегетації культур (фактор В)				Коефіцієнт структурності
		фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх вміст (%)					фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх вміст (%)				
		>10	10-0,25	<0,25	<1		>10	10-0,25	<0,25	<1	
Полицева	0-10	17,4	81,0	1,6	7,4	4,5	15,6	81,5	2,9	5,1	4,5
	10-20	17,8	81,5	0,7	4,3	4,5	13,7	81,3	3,5	7,1	4,9
	20-30	20,1	78,8	1,1	5,0	3,8	8,5	88,2	3,3	7,5	7,7
	0-30	18,4	80,4	1,1	5,6	4,3	13,1	83,7	3,2	7,1	5,3
Грунтозахисна безполицева (мульчувальна)	0-10	19,6	79,0	1,4	6,8	3,9	9,3	84,4	3,3	6,9	6,9
	10-20	21,7	77,0	1,3	5,8	3,5	8,1	88,5	3,6	13,1	7,8
	20-30	16,4	81,9	1,7	6,4	4,7	7,6	88,5	3,9	11,0	7,9
	0-30	19,2	79,3	1,5	6,3	4,0	8,3	88,1	3,6	10,0	7,6
Мілка безполицева	0-10	17,1	81,4	1,5	5,8	4,5	7,0	89,5	3,5	11,3	8,8
	10-20	12,6	86,4	1,0	4,7	6,5	8,9	87,1	4,0	10,6	7,0
	20-30	16,9	81,0	2,1	6,5	4,4	6,8	89,1	4,0	8,6	8,5
	0-30	15,5	83,0	1,5	5,7	5,0	7,6	88,6	3,8	10,1	8,0
НІР05, %, для шару 0-30 см		2,9	3,4	0,4	0,7	-	4,1	4,6	0,4	2,6	-

У структурному складі повітряно-сухих агрегатів найціннішими з агрономічного погляду є фракції розміром 10–0,25 мм, які забезпечують оптимальний водно-повітряний режим та протидіють ерозійним процесам. Натомість частка агрегатів понад 10 мм (грудкуваті) вважається менш корисною, а фракції менші за 0,25 мм – пилюваті – є небезпечними з огляду на ризики поверхневої ерозії, зменшення пористості та зниження інфільтраційної здатності ґрунту.

За результатами досліджень, полицевий обробіток формував відносно стабільну структуру. Частка цінної фракції 10–0,25 мм у шарі 0–30 см становила навесні 80,4%, а на кінець вегетації збільшувалася до 83,7% (+3,3%), що свідчить про покращення агрегатного стану ґрунту під впливом біологічної активності та структуротворчої ролі кореневих виділень. При цьому спостерігалось зменшення фракцій >10 мм із 18,4 до 13,1% (–5,3%) і зростання вмісту пилюватих часток <0,25 мм із 1,1 до 3,2% (+2,1%). Коефіцієнт структурності за вегетацію зріс з 4,3 до 5,3 (+1,0), що вказує на помірне, але поступове покращення структури.

Мульчувальний (ґрунтозахисний) обробіток ґрунту, навпаки, забезпечував найвищу частку фракції 10–0,25 мм на кінець вегетації – 88,1% у шарі 0–30 см, що на 4,4% більше порівняно з полицевим варіантом. Проте зростання цієї частки супроводжувалося і збільшенням кількості пилюватих фракцій <0,25 мм з 1,5 до 3,6% (+2,1%) та <1 мм з 6,3 до 10,0% (+3,7%), що свідчить про розвиток мікроагрегації, яка, за відсутності прикриття поверхні та підвищеної вологості, може погіршити структурний стан. Частка грудкуватих агрегатів (>10 мм) знизилася з 19,2% до 8,3% (–10,9%),

а коефіцієнт структурності виріс із 4,0 до 7,6 (+3,6), що є найбільшим приростом серед досліджуваних варіантів. Це свідчить про інтенсивне структуротворення внаслідок поверхневого розкладу рослинних решток.

Мілкий безполицевий обробіток виявився найменш стабільним за структурним складом. Хоча частка цінної фракції 10–0,25 мм у шарі 0–30 см на кінець вегетації становила 88,6%, що навіть перевищувало мульчувальний обробіток, проте підвищена частка пилюватих агрегатів <0,25 мм (3,8%) і зростання частки <1 мм до 10,1% свідчать про певну деградацію структури у глибинних шарах. Частка агрегатів >10 мм у середньому за сезон знизилася з 15,5 до 7,6% (–7,9%). Коефіцієнт структурності становив 5,0 навесні і зріс до 8,0 (+3,0), що є високим показником, але в поєднанні з високим вмістом пилюватих фракцій потребує обережного тлумачення – це може бути свідченням тенденції до поверхневої розпорошеності (рис. 1).

Найкраще співвідношення між цінними агрегатами, низьким рівнем пилюватих фракцій та стабільністю структури забезпечує мульчувальний обробіток. У цьому варіанті досягнуто найвищого коефіцієнта структурності (7,6) при максимальній частці фракції 10–0,25 мм (88,1%). Однак, за показниками стабільності й ерозійної безпеки кращим виявився полицевий варіант, де вміст пилюватих часток залишався найнижчим, а зміна структури була поступовою і прогнозованою.

За полицевої системи загальна пористість у середньому за 0–30 см шар у фазі початку вегетації становила 55,9%, із чітким переважанням пор аерації (32,4%) над водонасиченими порами (23,5%). Найвищі значення загальної пористості відзначалися в посівах гороху

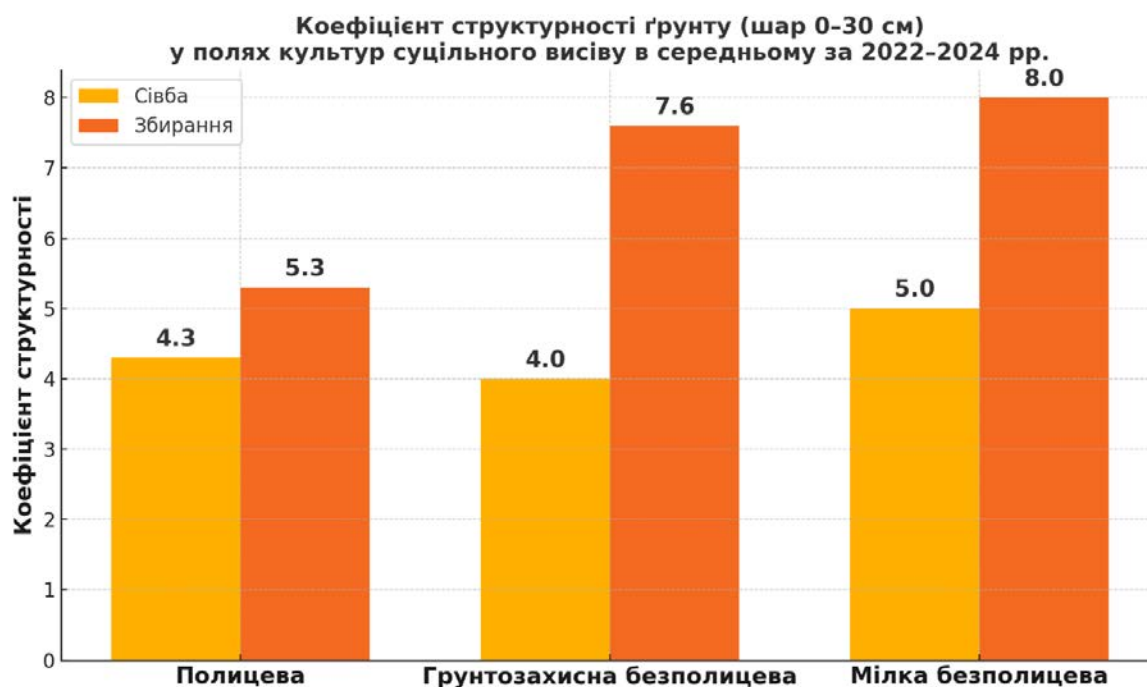


Рис. 1 Вплив систем обробітку ґрунту на коефіцієнт структурності в середньому за 2022–2024 рр.

Таблиця 3

Проективне покриття поверхні ґрунту рослинними рештками під культурами зернопроросапною сівоzmіні в середньому за 2022-2024 рр.

Система обробітку ґрунту	Наявність умовної стерні на поверхні ґрунту, шт./м ²				
	горох	пшениця озима	соняшник	ячмінь	кукурудза
полицева	8	19	13	11	21
ґрунтозахисна безполицева (мульчувальна)	55	310	96	124	450
мілка безполицева	32	125	41	72	333

(58,3%) і кукурудзи (58,4%), що пояснюється меншим ступенем ущільнення ґрунту після обробітку і добрим розвитком структури. Наприкінці вегетації показник загальної пористості зменшувався в середньому до 53,3%, що супроводжувалося зменшенням водонасичених пор до 17,2% та зростанням частки пор аерації до 36,1%, що свідчить про помірне підсихання верхнього шару, проте зберігає сприятливі умови для аерації кореневої системи.

У разі застосування ґрунтозахисної безполицевої (мульчувальної) системи середній рівень загальної пористості був дещо нижчим – 54,3% навесні і 51,6% восени. Частка пор, зайнятих водою, залишалася відносно стабільною (23,9% навесні, 17,7% восени), тоді як пори аерації становили 30,4% і 33,9% відповідно. Це свідчить про зменшення макропористості внаслідок зниження глибини обробітку, однак мульчуючий ефект рослинних решток частково компенсує ущільнення, зберігаючи водний і повітряний режими на допустимому рівні. Найсприятливішу структуру зберігали ґрунти під кукурудзою і соняшником.

Найбільш ущільненим ґрунт був за мілкою безполицевою обробітку, де середня загальна пористість на глибину 0–30 см становила лише 52,4% навесні і 50,4% після збирання культур. Частка пор аерації знижувалася до 29,0% у весняний період та до 32,5% восени, що на 3,4 і 3,6 відсоткових пункти менше, ніж у полицевому варіанті відповідно. У той же час, показники водонасичених пор практично не змінювалися, що свідчить про підвищену капілярність ґрунту, але з обмеженням повітряним обміном. Особливо негативно це позначалося у верхньому 0–10 см шарі, де загальна пористість знижувалася до 50,0% (кукурудза) та 48,9% (соняшник), що свідчить про початок ущільнення верхнього горизонту.

Аналізуючи середні значення, слід зазначити, що саме полицева система забезпечує оптимальні умови для формування порового простору, сприятливого для росту культур завдяки поєднанню високої загальної пористості й переваги аераційних пор. Безполицеві системи потребують ретельного врахування культури та попередника, оскільки довготривале застосування поверхневого обробітку без заходів із глибокого рихлення призводить до ущільнення ґрунту, зменшення повітропроникності та зниження водоутримувальної здатності.

Польові культури в міру своїх біологічних особливостей залишають після себе різні рослинні решки за розміром, структурою, масою тощо. Тому для порівняння проективного покриття ґрунту між собою після різних

культур взято за одиницю (еталон) стерню (соломину) пшениці озимої довжиною 20 см, а також відповідні коефіцієнти переведу (наприклад, кукурудзяний лист це 2–3 соломини, стебло кукурудзи – 4–6 соломин тощо).

Як показали результати наших досліджень (табл. 3) при застосуванні полицевого обробітку ґрунту, який передбачає глибоку оранку з повним загортанням рослинних решток, проективне покриття виявилось найнижчим. Після гороху воно становило лише 8 шт./м², після пшениці озимої – 19, соняшнику – 13, ячменю – 11, а після кукурудзи – 21 шт./м². Ці показники свідчать про мінімальну кількість залишків на поверхні, що робить ґрунт вразливим до водної та вітрової ерозії, особливо в умовах недостатнього зволоження, що підтверджується шкалою ефективності покриття поверхні ґрунту рослинними рештками:

<50 шт./м² – низьке покриття, ризик ерозії (дефляції);

50–100 шт./м² – середній рівень, частковий захист;

100 шт./м² – високий рівень покриття, ефективний захист від ерозії (дефляції).

У випадку застосування ґрунтозахисного безполицевого мульчувального обробітку, коли замість перевертання пласта здійснюється мінімальне заглиблення з частковим збереженням рослинних решток на поверхні, ситуація кардинально змінюється. Показники умовної стерні після гороху зросли до 55 шт./м², після пшениці озимої – до 310, після соняшнику – 96, ячменю – 124, а кукурудзи – 450 шт./м². Такий рівень покриття свідчить про ефективний захист ґрунту, стримування втрат вологи, активізацію гумусоутворення і стримування розвитку бур'янів. Особливо високі значення після кукурудзи й озимої пшениці зумовлені значною біомасою післязливних решток цих культур, а також щадним режимом обробітку.

Мілкий безполицевий обробіток, який передбачає обробку верхнього шару ґрунту без обороту пласта (дискування), забезпечив проміжні значення. Після гороху проективне покриття склало 32 шт./м², після пшениці – 125, соняшнику – 41, ячменю – 72, а після кукурудзи – 333 шт./м². Ці дані свідчать, що хоча частина рослинних решток усе ще загортається, більшість з них зберігається на поверхні, створюючи помірний захисний ефект.

У цілому, результати досліджень підтверджують, що чим менш інтенсивним є механічний вплив на ґрунт, тим більше решток залишається на його поверхні. Найбільш ефективною з точки зору проективного покриття виявилася система мульчувального безполицевого обробітку, особливо після таких культур, як кукурудза та озима

пшениця. Це має велике значення для впровадження технологій ресурсозбереження, адаптації до змін клімату та формування сталих агроєкосистем.

Висновки. Різні системи обробітку ґрунту формують суттєво відмінний рівень його щільності, мінімальні та найкращі значення були притаманні полицевій системі, де щільність у шарі 0–30 см навесні становила 1,08–1,16 г/см³, що відповідає оптимальним агрофізичним умовам. Натомість при мульчувальному безполицевому обробітку цей показник зростав до 1,14–1,22 г/см³, а у фазу збирання врожаю – до 1,33 г/см³, що свідчить про небажане ущільнення. Найвищі значення щільності спостерігалися за мілкого обробітку – до 1,37 г/см³, що на 3,8–3,9% перевищувало інші варіанти й виходило за межі допустимого.

Максимальну частку агрономічно цінних структурних фракцій ґрунту (10–0,25 мм) у шарі 0–30 см формували мульчувальний обробіток – до 88,1% у суцільних посівах і 70,5% у просапних культурах, що перевищувало показники полицевого на 4,4–6,8%. Водночас полицевий обробіток забезпечував найменшу кількість ерозійно небезпечних часток <0,25 мм – до 3,2% у суцільному та 1,6% у просапному посіві, що на 1,6–2,2% менше порівняно з іншими системами. Мілкий безполицевий обробіток характеризувався найбільш нестійкою структурою – вміст часток <0,25 мм сягав 3,8%, а фракцій >10 мм – до 25,7%, що свідчить про вторинне ущільнення.

Найвищу загальну пористість у шарі 0–30 см забезпечувала полицева система обробітку ґрунту – 55,9% навесні та 53,3% восени, що перевищувало показники мульчувальної системи відповідно на 1,6 і 1,7%, а мілкої безполицевої – на 3,5 і 2,9%. Частка аераційних пор за полицевого обробітку досягала 36,1% восени, тоді як за мульчувального вона була нижчою на 3,6–4,3%, а за мілкою – ще нижчою, до 29,0–32,5%. Таким чином, полицева система формує найоптимальніші умови для газообміну та водоакумуляційної здатності ґрунту, тоді як довготривале застосування мілкою безполицевого обробітку призводить до ущільнення, зменшення кількості аераційних шпарів і порушення водно-повітряного режиму.

Кількість умовної стерні за традиційної полицевої системи була на рівні лише 14,4 шт./м², що свідчить про критичну недостатність поживного покриття й нездатність ефективно протидіяти ерозійним процесам. Застосування мілкою безполицевого обробітку збільшувало кількість стерні у 8,4 раза – до 120,6 шт./м², тоді як максимальні значення фіксувалися за ґрунтозахисної мульчувальної системи – 207 шт./м², що перевищувало полицевий обробіток у 14,4 раза. Найвищий рівень збереження стерні відзначено в посівах кукурудзи, де при мульчувальному обробітку кількість залишків досягала 450 шт./м², що в понад 21 раз вище, ніж при полицевому варіанті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Демиденко О. Агрофізичний стан як критерій готовності чорнозему опідзоленого до мінімалізації обробітку в агроценозі. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 99(7). С. 15–23. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202107-02>
2. Шевченко М. С., Деревенець-Шевченко К. А., Мицик О. О., Шевченко С. М., Козечко В. І.,

- Пришедько Н. О. Обробіток чорного пару як фактор стабілізації врожайності зерна пшениці озимої в умовах північного степу України. *Аграрні інновації*, 2025. № 29. С. 207–212.
3. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Формування екологічно стійких агроландшафтів в умовах змін клімату. *Агроєкологічний журнал*. 2013. № 4. С. 13–21.
4. Свиридов А. М., Колос М. О. Ефективність нульової технології обробітку ґрунту під горох на чорноземах звичайних. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені ВВ Докучаєва. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2016. № 2. С. 100–108.
5. Циліурік О. І. Сучасні системи мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу : монографія. Одеса : Олді Плюс+, 2023. 344 с.
6. Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби при вирощуванні зернових культур: проект АгроОлімп / Кравчук В., Погорілий В., Маринін С., Боднар О. *Техніка і технології АПК*. 2013. №7. С. 37–41.
7. Єщенко В. О., Наклюка Ю. І., Коваль Г. В. Фізичний стан чорнозему опідзоленого за мінімалізації обробітку ґрунту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. № 2. С. 13–19.
8. Єщенко В. О., Коваль Г. В., Калієвський М. В. Причини зниження урожайності польових культур на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунту. *Агробіологія*. 2021. № 3. С. 49.
9. Єщенко В. О., Калієвський М. В. Напруження екологічної рівноваги за мінімалізації зяблевого обробітку ґрунту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 1. С. 25–29.
10. Шевченко М. В. Системи обробітку ґрунту. *Землеробство*. 2008. № 80. С. 33–39.
11. Effect of the soil cultivation and fertilization on the abundance and species diversity of weeds in corn farmed ecosystems / Tsyliuryk O. I., Shevchenko S. M., Shevchenko O. M., Shvec N. V., Nikulin V. O., Ostapchuk Y. V. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. №7(3). С. 154–159.
12. Циліурік О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в сівозмінах Північного Степу: монографія. Дніпро: Новий Світ – 2000, 2019. 298 с.
13. Циліурік О. І., Судак В. М. Ефективність мульчувального обробітку ґрунту під соняшник в північному Степу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. №2. С. 82–87.
14. Циліурік О. І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 2. С. 5–9.
15. Циліурік О. І., Шапка В. П. Ефективність безполицевого обробітку ґрунту за вирощування ячменю ярого в північному Степу. *Scientific Progress & Innovations*. 2014. № 1. С. 25–29.
16. Циліурік О. І., Судак В. М. Вплив мінімального обробітку ґрунту та удобрення на ріст і розвиток рослин соняшнику в умовах Північного Степу. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 1. С. 25–32.

17. Tsyliuryk A. I., Kozechko V. I. Effect of mulching tillage and fertilization on maize growth and development in Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7. P. 3.
 18. Цилиурік О. І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 2. С. 5–9.
 19. Гаськевич В. Г., Папіш І. Я., Телегуз О. Г. Фізика ґрунтів. Лабораторний практикум (Навчальний посібник). Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 170 с.
 20. ДСТУ ISO 11272:2001. Якість ґрунту визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT) Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 15 с.
 21. Якість ґрунту. Визначення твердості ґрунту твердоміром Рев'якіна: проект ДСТУ 5096:2008; розробники: Ю. Будьонний, С. Кудря, А. Свиридов, В. Синявін, М. Шевченко, Ю. Шевяков. Друга редакція. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.
 22. ДСТУ 4744:2007. Якість ґрунту Визначення структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 11 с.
- REFERENCES:**
1. Demydenko, O. (2021). Ahrofizychnyi stan yak kryterii hotovnosti chornozemu opidzolenoho do minimalizatsii obrobittu v ahrotsenozі [Agrophysical condition as a criterion of readiness of podzolized chernozem for minimizing cultivation in agroecosystem]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 99(7), 15–23. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202107-02> [in Ukrainian].
 2. Shevchenko, M. S., Derevenets-Shevchenko, K. A., Mytsyk, O. O., Shevchenko, S. M., Kozechko, V. I., & Pryshedko, N. O. (2025). Obrobittok chornoho paru yak faktor stabilizatsii vrozhaivosti zerna pshenytsi ozymoi v umovakh pivnichnoho stepu ukrainy [Cultivation of black steam as a factor in stabilizing the yield of winter wheat grain in the conditions of the northern steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 29, 207–212 [in Ukrainian].
 3. Tarariko, O. H., Iliencko, T. V., & Kuchma, T. L. (2013). Formuvannya ekolohichno stiikykh aghrolandshaftiv v umovakh zmin klimatu [Formation of ecologically sustainable agrolandscapes under climate change]. *Aghroekolohichnyi zhurnal*, 4, 13–21 [in Ukrainian].
 4. Svyrydov, A. M., & Kolos, M. O. (2016). Efektyvnist nulovoi tekhnolohii obrobittu gruntu pid horokh na chornozemakh zvychainykh [Efficiency of zero tillage technology for peas on ordinary black soils]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho aghrarnoho universytetu imeni VV Dokuchaieva. Seriya: Gruntoznavstvo, aghrokimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv*, 2, 100–108 [in Ukrainian].
 5. Tsyliuryk, O. I. (2023). Suchasni systemy mulchuvannoho obrobittu gruntu v Pivnichnomu Stepі [Modern systems of mulching tillage in the Northern Steppe]. *Odesa : Oldi Plius+*, 344 [in Ukrainian].
 6. Kravchuk, V., Pohoriliy, V., Marynin, S., & Bodnar, O. (2013). Novitni tekhniko-tekhnolohichni rishennia dlia riznykh system obrobittu gruntu i sivby pry vyroshchuvanni zernovykh kultur: proekt AhroOlimp [New technical and technological solutions for various soil cultivation and sowing systems when growing grain crops: the AgroOlymp project]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, 7, 37–41 [in Ukrainian].
 7. Yeshchenko, V. O., Nakloka, Yu. I., & Koval, H. V. (2023). Fizychnyi stan chornozemu opidzolenoho za minimalizatsii obrobittu gruntu [Physical condition of podzolized chernozem with minimal tillage]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 13–19 [in Ukrainian].
 8. Yeshchenko, V. O., Koval, H. V., & Kaliievskyi, M. V. (2021). Prychyny znyzhennia urozhaivosti polovykh kultur na foni ploskoriznoho osnovnoho obrobittu gruntu [Reasons for the decrease in the yield of field crops against the background of flat-cut main soil cultivation]. *Aghrobiolohiia*, 3, 49 [in Ukrainian].
 9. Yeshchenko, V. O., & Kaliievskyi, M. V. (2014). Napruzheniia ekolohichnoi rovnovahy za minimalizatsii ziblevoho obrobittu gruntu [Stresses of ecological balance during minimization of winter tillage]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 1, 25–29 [in Ukrainian].
 10. Shevchenko, M. V. (2008). Systemy obrobittu gruntu [Soil cultivation systems]. *Zemlerobstvo*, 80, 33–39 [in Ukrainian].
 11. Tsyliuryk, O. I., Shevchenko, S. M., Shevchenko, O. M., Shvec, N. V., Nikulin, V. O., & Ostapchuk, Y. V. (2017). Effect of the soil cultivation and fertilization on the abundance and species diversity of weeds in corn farmed ecosystems. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(3), 154–159.
 12. Tsyliuryk, O. I. (2019). *Systema mulchuvannoho obrobittu gruntu v sivozminakh Pivnichnoho Stepu [Mulching soil cultivation system in crop rotations of the Northern Steppe]*. Dnipro: Novyi Svit – 2000, 298 [in Ukrainian].
 13. Tsyliuryk, O. I., & Sudak, V. M. (2012). Efektyvnist mulchuvannoho obrobittu gruntu pid soniashnyk v pivnichnomu Stepі Ukrainy [Efficiency of mulching soil cultivation under sunflower in the northern Steppe of Ukraine]. *Biuletēn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*, 2, 82–87 [in Ukrainian].
 14. Tsyliuryk, O. I. (2016) Efektyvnist minimalnoho obrobittu gruntu pid kukurudzu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [The effectiveness of minimum tillage for corn in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho aghrarno-ekonomichnoho universytetu*, 2, 5–9 [in Ukrainian].
 15. Tsyliuryk, O. I., & Shapka, V. P. (2014). Efektyvnist bezplytsevoho obrobittu gruntu za vyroshchuvannya yachmeniu yarohe v pivnichnomu Stepі [Efficiency of no-till tillage for growing spring barley in the northern Steppe]. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 25–29 [in Ukrainian].
 16. Tsyliuryk, O. I., & Sudak, V. M. (2016). Vplyv minimalnoho obrobittu gruntu ta udobrennia na rist i rozvytok roslyn soniashnyku v umovakh Pivnichnoho Stepu [Injection of minimal soil treatment and fertilizer for the growth and development of dormouse in the drainage of Pivnichny Stepu]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho aghrarno-ekonomichnoho universytetu*, 1, 25–32 [in Ukrainian].
 17. Tsyliuryk, A. I., & Kozechko, V. I. (2017). Effect of mulching tillage and fertilization on maize growth and development in Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7, 3.
 18. Tsyliuryk, O. I. (2016). Efektyvnist minimalnoho obrobittu gruntu pid kukurudzu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [The effectiveness of minimal processing of soil for corn in the drains of the Pivnichny Steppe of Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho aghrarno-ekonomichnoho universytetu*, 2, 5–9 [in Ukrainian].
 19. Haskevych, V. H., Papish, I. Ya., & Telehuz, O. H. (2021). *Fizyka gruntiv. Laboratornyi praktykum [Physics of soils. Laboratory workshop]*. Lviv: LNU imeni Ivana Franka, [in Ukrainian].

20. Yakist gruntu vyznachannia shchilnosti skladennia na sukhu masu [Soil quality determination of bulk density by dry weight]. (2003). *DSTU ISO 11272:2001*. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
21. Yakist gruntu. Vyznachennia tverdosti gruntu tverdomirom Reviakina: proekt [Soil quality. Determination of soil hardness with a Reviakin hardness tester: project]. (2009). *DSTU 5096:2008*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
22. Yakist gruntu Vyznachannia strukturno-ahrehatnoho skladu sytovym metodom u modyfikatsii N. I. Savvinova [Soil quality Determination of structural and aggregate composition by the sieve method modified by N. I. Savvinov]. (2005). *DSTU 4744:2007*. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

Шевченко М.С., Гавриленко Н.В. Вплив основного обробітку ґрунту на агрофізичний стан чорнозему в Північному Степу

Мета. Визначення впливу різних способів основного обробітку ґрунту на його агрофізичні властивості в умовах Степу України з подальшою ідентифікацією найбільш ефективних систем обробітку ґрунту, що сприяють покращенню росту та розвитку польових культур в умовах посилення кліматичних викликів. **Методи.** Польові та лабораторні дослідження. **Результати.** Встановлено, що найсприятливіші умови щільності ґрунту спостерігалися за полицевого обробітку навесні – 1,08–1,16 г/см³, що відповідало агрофізичному оптимуму. При мульчувальній системі цей показник підвищувався до 1,14–1,22 г/см³, а в період збирання врожаю досягав 1,33 г/см³, що свідчило про небажане ущільнення. Найвищу щільність – до 1,37 г/см³ – зафіксовано за мілкого обробітку, що на 3,8–3,9% перевищувало межі допустимого. Мульчувальний обробіток сприяв формуванню найвищої частки агрономічно цінних фракцій (10–0,25 мм) у шарі 0–30 см: до 88,1% у суцільних посівах та 70,5% у просапних, що на 4,4–6,8% перевищувало показники полицевого обробітку. Водночас, найменший вміст ерозійно небезпечних часток (<0,25 мм) зафіксовано саме при полицевій системі – 1,6–3,2%, що на 1,6–2,2% менше порівняно з іншими варіантами. За мілкого обробітку структура ґрунту була найгіршою: частка <0,25 мм сягала 3,8%, а фракцій >10 мм – 25,7%, що вказувало на розвиток вторинного ущільнення. Найбільшу загальну пористість у шарі 0–30 см забезпечував полицевий обробіток: 55,9% навесні та 53,3% восени, що відповідно на 1,6–1,7% перевищувало мульчувальну систему та на 2,9–3,5% – мілкий безполицевий обробіток. Аераційна пористість восени при полицевій системі досягала 36,1%, перевищуючи мульчувальну на 3,6–4,3%, а мілку – на 6,0–7,1%. Рівень збереження рослинних решток на поверхні ґрунту суттєво залежав від способу основного обробітку. За полицевої системи кількість умовної стерні становила лише 14,4 шт./м², що є критично недостатнім показником для захисту ґрунту від ерозії. Мілкий обробіток збільшував цей показник у 8,4 раза – до 120,6 шт./м², а мульчувальний забезпечував максимальне значення – 207 шт./м², що перевищувало полицевий варіант у 14,4 раза. У посівах кукурудзи за мульчувального обробітку стерня досягала 450 шт./м², що в понад 21 раз перевищувало традиційний полицевий варіант. **Висновок.** Полицева система основного обробітку ґрунту у степовій зоні України забезпечує найкращі агрофізичні показники за рахунок формування оптимальної щільності (1,08–1,16 г/см³), високої загальної (до

55,9%) та аераційної (до 36,1%) пористості, а також мінімального вмісту ерозійно небезпечних часток (<0,25 мм) до 1,6%. Водночас мульчувальна безполицева система сприяє підвищенню частки агрономічно цінних фракцій до 88,1% і максимальному збереженню післяжнивного покриву (до 207 шт./м²), що є важливим чинником у зменшенні ерозійних процесів.

Ключові слова: сівозміна, основний обробіток ґрунту система обробітку ґрунту, мульчування, удобрення, агрофізичні показники.

Shevchenko M.S., Havrylenko N.V. Influence of Primary Tillage Systems on Soil Physical Properties in the Steppe Zone of Ukraine

The aim of the study determine the influence of different primary tillage methods on the agrophysical properties of soil under the conditions of the Ukrainian Steppe, followed by the identification of the most effective tillage systems that enhance the growth and development of field crops in the context of increasing climate challenges. **Methods:** Field and laboratory studies. **Results:** It was established that the most favorable soil bulk density values were observed under moldboard tillage in spring, ranging from 1.08 to 1.16 g/cm³, which corresponds to the agrophysical optimum. Under the mulching system, this indicator increased to 1.14–1.22 g/cm³, and during the harvest period reached 1.33 g/cm³, indicating undesirable compaction. The highest density–up to 1.37 g/cm³–was recorded under shallow tillage, exceeding acceptable limits by 3.8–3.9%. The mulching tillage system contributed to the formation of the highest share of agronomically valuable soil fractions (10–0.25 mm) within the 0–30 cm layer: up to 88.1% in solid-seeded crops and 70.5% in row crops, which was 4.4–6.8% higher than under moldboard tillage. At the same time, the lowest content of erosion-prone particles (<0.25 mm) was recorded under moldboard tillage–1.6–3.2%, which was 1.6–2.2% lower compared to other systems. Under shallow tillage, the soil structure was the poorest: the proportion of particles <0.25 mm reached 3.8%, and clods >10 mm reached 25.7%, indicating the development of secondary compaction. The highest total porosity in the 0–30 cm soil layer was provided by moldboard tillage: 55.9% in spring and 53.3% in autumn, exceeding the mulching system by 1.6–1.7% and the shallow system by 2.9–3.5%. Aeration porosity in autumn under moldboard tillage reached 36.1%, exceeding the mulching system by 3.6–4.3% and the shallow system by 6.0–7.1%. The level of plant residue retention on the soil surface strongly depended on the tillage method. Under the moldboard system, the number of conditional stubble pieces was only 14.4 pcs/m², which is critically insufficient for soil erosion protection. Shallow tillage increased this number by 8.4 times–to 120.6 pcs/m², while the mulching system ensured the maximum value–207 pcs/m², which exceeded the moldboard variant by 14.4 times. In maize crops under mulching tillage, stubble reached 450 pcs/m², more than 21 times higher than under traditional moldboard tillage. **Conclusion:** The moldboard primary tillage system in the steppe zone of Ukraine provides the best agrophysical indicators by forming optimal bulk density (1.08–1.16 g/cm³), high total (up to 55.9%) and aeration (up to 36.1%) porosity, as well as the lowest content of erosion-prone particles (<0.25 mm) down to 1.6%. At the same time, the mulching system without plowing promotes the increase in the share of agronomically valuable fractions up to 88.1% and ensures the highest level of post-harvest residue retention (up to 207 pcs/m²), which is a crucial factor in reducing erosion processes.

Key words: crop rotation, primary tillage, tillage system, mulching, fertilization, agrophysical indicators.