



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.43:631.8

© 2021

ЩІЛЬНІСТЬ БУДОВИ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ І ОБРОБІТКУ

О.В. Демиденко

доктор сільськогосподарських наук

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

вул. Докучаєва, 13, с. Холоднлянське Смілянського р-ну Черкаської обл., 20731, Україна

e-mail: smilachiarn@ukr.net

Надійшла 15.03.2021

Мета. Визначити вплив різних систем удобрення та способу обробітку на щільність будови оброблюваного шару ґрунту залежно від зволоження чорнозему опідзоленого сильнореградованого в короткоротаційних сівозмінах різного типу в Центральному Лісостепу України. **Методи.** Загальноприйняті — польовий, лабораторний, математичні, порівняльно-розрахунковий. **Результати.** Для чорнозему опідзоленого в короткоротаційній сівозміні встановлено типізований інтервал щільності будови, який змінюється в інтервалі від 1,26 – 1,27 г/см³ до 1,19 – 1,20 г/см³ за 30%-м рівнем та 1,17 – 1,18 г/см³ за верхнім типовим значенням за 10%-м рівнем статистичної оцінки. За максимальним ущільненням отримано достовірне зниження щільності будови від інтенсивної системи удобрення (1,32 г/см³) до органічної системи (1,26 г/см³). Перепад щільності будови становив 0,14 г/см³; 0,12 та 0,10 г/см³. Установлено вплив способу обробітку на типові інтервальні значення щільності будови шару ґрунту 0 – 20 см: за оранки типовий інтервал за 50%-м значенням становив 1,09 – 1,27 г/см³, за поверхневого обробітку — 1,12 – 1,28 г/см³. Перепад щільності — 0,18 та 0,16 г/см³. За 10%-м рівнем інтервали становили 1,04 – 1,34 та 1,07 – 1,37 г/см³ за тренду щільності 0,3 г/см³ відповідно до обробітків. Типове інтервальне значення щільності в шарі ґрунту 0 – 30 см, незалежно від системи обробітку було в оптимальному діапазоні значення: від 1,26 – 1,27 до 1,11 – 1,13 г/см³ та від 1,33 – 1,35 до 1,08 – 1,10 г/см³ із перепадом 0,14 – 0,15 та 0,25 г/см³ відповідно 50%- та 10%-му рівням виявлених значень щільності. **Висновки.** Установлено, що параметри щільності будови за оранки і поверхневого обробітку мало відрізнялися інтервальними значеннями, що свідчить про те, що систематичний поверхневий обробіток у зернопросапній сівозміні сприяє стійкому поліпшенню агрофізичного стану ґрунту, а чорноземи опідзолені сильнореградовані схильні до мінімізації обробітку. Виявлено позитивний

вплив органічної системи удобрення на розуцільнення ґрунту, а в поєднанні з поверхневим обробітком у сівозміні забезпечується ефективніше розуцільнення гумусного горизонту чорнозему порівняно з варіантами оранки та інтенсивної системи удобрення.

Ключові слова: польова вологість, оранка, поверхневий обробіток, коефіцієнти кореляції, детермінації.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202106-01>

Узагальнення досліджень про фізичні основи родючості ґрунтів свідчать про їх актуальність у генетичному, екологічному та агрономічному аспектах [1]. Щільність будови та структурно-агрегатний стан — основні параметри, що визначають агрофізичні властивості і режимні процеси в чорноземах, які істотно впливають на продуктивність сільськогосподарських культур в агроценозах сівозміні Центрального Лісостепу України [2, 3].

Параметри фізичної будови належать до основних швидкозмінних властивостей чорноземів, які дуже швидко проявляють в перші роки після систематичної оранки: відбувається різке зростання щільності будови і водно-фізичних властивостей ґрунту загалом [2, 4, 5]. На сучасному етапі досліджень установлено нормативи зміни фізичних властивостей орних чорноземів і граничні значення параметрів їх показників, дано прогноз втрати продуктивності сільськогосподарських культур при ущільненні [6, 7]. Варіювання фізичних властивостей орного шару чорноземів дісостепової зони пов'язано не лише з генетичними особливостями, а й значною мірою з тривалістю і характером їх використання, рівнем культури землеробства [7–9]. Під деградацією фізичного стану чорноземів розуміють стійке погіршення їхніх фізичних властивостей, передусім структурного стану, що призводить до погіршення водного, повітряного та поживного режимів і переущільнення оброблюваного шару ґрунту [10, 11]. В агрогенних чорноземах рівноважна щільність будови істотно збільшується порівняно з природним чорноземом-аналогом, виникає нове явище — консолідація агрегатів і зменшення внутрішньоагрегатної шпаруватості, яка погіршує умови водно-мінерального живлення рослин [12, 13].

Останніми роками в результаті активної пропаганди і поширення технологій мінімального обробітку та прямої сівби знову актуальним стало питання трансформації фізичних показників чорнозему [14]. У технологіях мінімального обробітку і прямої сівби відзначається збільшення щільності чорноземів, зростання частки грудкуватих агрегатів [15, 16]. На думку В.В. Медведєва [17], зменшення глибини і кількості обробітків або відмова від їх проведення, як це передбачає мінімальна і нульова технології та висока культура землеробства і передусім унесення органічних добрив або залишення на полі побічної продукції, поступово поліпшують структурний склад і сприяють розпушуванню оброблюваного шару чорнозему.

Актуальність досліджень. Чорноземи опідзолені Центрального Лісостепу України нині залишаються найродючішими ґрунтами. З іншого боку, у процесі довгострокового використання вони є беззахисними перед зростаючим агрогенним навантаженням і наростаючим проявом агрофізичної деградації, про що свідчить зниження їхньої родючості. Залишаючись унікальним ґрунтовим об'єктом, чорноземи опідзолені потребують постійного вивчення, моніторингу та охорони, що завжди було і буде актуальним, особливо в площині досліджень фізичних основ родючості, де щільність будови є основним ґрунтовим параметром.

Мета досліджень — визначити вплив різних систем удобрення та способу обробітку на щільність будови оброблюваного шару ґрунту залежно від зволоження чорнозему опідзоленого сильнореградованого в короткоротаційних сівозмінах різного типу в Центральному Лісостепу України.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили в польових стаціо-

нарних дослідів Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН», закладених у 2010 та 2015 рр. Ґрунт — чорнозем опідзолений сильнореградований малогумусний середньсуглинковий на карбонатному кротовинному лесі. В орному шарі вміст гумусу — 2,76–3,03% за Тюрнімом, сума поглинутих основ — 24,5–28,1 мг-екв/100 г ґрунту, гідролітична кислотність — 1,99–2,19 мг-екв/100 г ґрунту, рН сольової витяжки — 5,56–6,31. Ступінь насичення основами 92,8–93,3%, уміст рухомих форм фосфору (за Труогом) — 9,0 мг/100 г ґрунту, обмінного калію (за Бровкіною) — 12 мг/100 г ґрунту. Фізичні властивості ґрунту характеризуються такими показниками: питома вага твердої фази — 2,57–2,62 г/см³, щільність будови — 1,24–1,30 г/см³, загальна шпаруватість гумусного горизонту — 50–53%.

Дослід 1. У досліді (2011–2020 рр.) вивчали 5-пільну зернопроросапну сівозміну з таким чергуванням культур: горох — пшениця озима — кукурудза — соя — ячмінь ярий. Основною вимогою до органічної сівозміни є насичення бобовими культурами більше 30%. У наведеній сівозміні насиченість бобовими культурами становить 40%.

Органічна система удобрення: без унесення мінеральних добрив і з використанням побічної продукції попередника як добрива (14 т/га), з обробленням зерна азотофіксувальними, фосформобілізувальними біологічними препаратами, регуляторами росту, гуматами та підживленням гуматами, регулятором росту рослин або біопрепаратом.

Маловитратна система удобрення передбачала такі дози добрив: горох — $N_{30}P_{30}K_{30}$, пшениця озима — $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$, соя — $N_{20}P_{40}K_{40}$, кукурудза — $N_{60}P_{70}K_{60} + N_{20}$, ячмінь ярий — $N_{40}P_{40}K_{40} + N_{25}$.

Інтенсивна система удобрення: горох — $N_{30}P_{30}K_{30}$, пшениця озима — $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$, соя — $N_{60}P_{60}K_{60}$, кукурудза — $N_{60}P_{70}K_{60} + N_{20}$, ячмінь ярий — $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{25}$ за внесення 15 т/га побічної продукції як органічного добрива. Спосіб обробітку в сівозмінах — диференційований. Для розрахунку і моделювання задіяно 175 пар визначення щільності будови та вологості ґрунту.

Дослід 2. Вивчали продуктивність (2016–2020 рр.) 5-пільної зернопроросапної сівозміни, яка передбачала пшеницю озиму, соняшник, ячмінь ярий, сою, кукурудзу, горох. Система обробітку включала: диференційовану на основі оранки 22–25 см; диференційовану із застосуванням глибокого чизелювання на 25–27 см і з подальшим поверхневим обробітком на 10–12 см під усі культури в сівозміні. Система удобрення — контроль без добрив, $N_{55}P_{55}K_{65}$, $N_{75}P_{65}K_{82}$ на 1 га сівозмінної площі. Для розрахунку і моделювання задіяно 270 пар визначення щільності будови та вологості ґрунту.

Польову вологість визначали термогравіметричним методом за основними періодами росту культур (ДСТУ ISO 11465:2001) до глибини 0–40 см пошарово; щільність складення (будови) — методом різальних кілець у модифікації Н.А. Качинського в періоди інтенсивного росту культур і формування врожаю (ДСТУ ISO 11272:2001) до глибини 40 см за шарами ґрунту 0–10 см, 10–20, 20–30 і 30–40 см. Для розрахунку і моделювання задіяно разом 455 пар визначення щільності будови та вологості ґрунту.

Статистичні розрахунки результатів досліджень здійснювали за «Методом дисперсійного аналізу» з використанням програми «STATISTICA» і застосуванням непараметричних методів статистики, кореляційного та факторного аналізів [18].

Результати досліджень. Вивчення впливу різних систем удобрення на залежність щільності будови від польової вологості показало, що нормовані параметри цих показників були в межах оптимальних значень (табл. 1). Так, за інтенсивної системи удобрення середнє значення щільності будови було в межах 1,22–1,23 г/см³. Інтервальний розмах щільності будови змінювався від 1,34–1,37 до 1,12–1,13 г/см³. Значення щільності будови за медіаною були на рівні середнього значення, а типовий інтервал значень щільності змінювався від 1,25–1,26 до 1,18–1,19 г/см³. Коефіцієнт варіації щільності будови становив 4,39–4,77%. Польова вологість змінювалася в інтервалі від 13,2–13,4 до 14,0–14,5% за середнім значенням і

значенням за медіаною. Інтервальні значення польової вологості були ширшими: від 4,5–4,7 до 23,1–23,3%, а типові інтервальні значення становили 9,9–10,3 та 17,2–18,56%.

За маловитратної системи удобрення інтервальний розмах щільності в шарах ґрунту 0–30 см становив 0,26 г/см³, 0–40 см — 0,15 г/см³, що в 1,6 раза менше, ніж за інтенсивної системи удобрення. Типовий інтервал значень щільності будови в шарі ґрунту 0–20 см був подібним до значень щільності будови за інтенсивної системи удобрення з розмахом 0,07 г/см³. Середнє значення польової вологості відповідало значенню за медіаною, а амплітудний розмах у шарі ґрунту 0–30 см за максимальним значенням мав тенденцію до зниження. У шарі ґрунту 0–40 см інтервальний розмах становив 5,5–25,4%, що істотно вище, ніж за інтенсивної системи удобрення. Типовий

інтервал значення польової вологості змінювався від 10,4–11,4 до 16,9–18,8%. Польова вологість змінювалася в інтервалі від 13,2–13,4 до 14,0–14,5% за середнім значенням і значенням за медіаною. Інтервальні значення польової вологості були більш широкими: від 4,5–4,7 до 23,1–23,3%, а типові інтервальні значення становили 9,9–10,3 та 17,2–18,56%.

За органічної системи удобрення щільність будови за середнім і медіанним значеннями була на рівні значень за інтенсивної та маловитратної систем удобрення. Інтервальний розмах становив 0,14–0,16 г/см³, що нижче, ніж за інтенсивної системи удобрення в 1,37–1,71 раза за нижчих значень щільності будови за максимальним і вищих значень за мінімальним типовим значенням.

Середнє та медіанне значення польової вологості за органічної системи удобрення

1. Нормовані параметри щільності будови і польової вологості чорнозему реградованого залежно від системи удобрення Центрального Лісостепу за 2016–2020 рр.

Потужність шару ґрунту, см	Польова вологість, % Щільність будови, г/см ³			Mediana, $L_{0,50}$	Значення квантелів			
	Середня	Інтервальний розмах $\Delta i = \max - \min$			польової вологості, % щільності будови, г/см ³			
		Нормований розмах: $\Delta n(50\%) = L_{0,75-0,25}$ $\Delta n(10\%) = L_{0,90-0,10}$			$\frac{L_{0,10}}{L_{0,90}}$	$\frac{L_{0,25}}{L_{0,75}}$	$\frac{L_{0,75}}{L_{0,25}}$	$\frac{L_{0,90}}{L_{0,10}}$
		Min Max	Max Min					
<i>Інтенсивна система удобрення</i>								
0–30	13,2 1,24	4,5 1,34	23,5 1,12	13,4 1,22	7,43 1,32	9,90 1,26	17,2 1,19	18,6 1,18
0–40	14,0 1,23	4,7 1,37	23,1 1,13	14,5 1,21	8,70 1,32	10,9 1,25	18,5 1,18	19,1 1,15
<i>Маловитратна система удобрення</i>								
0–30	13,6 1,2	5,3 1,36	22,8 1,10	13,4 1,23	9,00 1,29	10,4 1,27	16,9 1,20	19,7 1,17
0–40	14,7 1,23	5,5 1,27	25,4 1,12	14,4 1,23	12,2 1,28	11,4 1,25	18,8 1,21	20,0 1,16
<i>Органічна система удобрення</i>								
0–30	13,9 1,22	5,2 1,30	22,5 1,14	15,1 1,22	9,50 1,28	10,1 1,26	17,2 1,19	19,0 1,18
0–40	14,6 1,21	5,6 1,29	22,2 1,15	15,5 1,21	12,0 1,27	10,9 1,24	18,0 1,18	20,7 1,17
НІР _{0,5}	0,02	–	–	0,02	0,04	–	–	–

були вищими, ніж за інтенсивної системи — 14,0–14,6% (0–30 см) та 15,1–15,5% (0–40 см). Тенденцію до зростання інтервальних значень польової вологості порівняно з інтенсивною системою не встановлено.

Якщо за інтенсивної системи удобрення значення щільності будови більшою мірою тяжіло до верхніх типових значень щільності, то за маловитратної та органічної систем удобрення — більшою мірою до нижнього типового значення щільності, що свідчить про стійку тенденцію до розуцільнення шару 0–30 см і гумусного горизонту (0–40 см) чорнозему загалом. Про стабілізацію щільності будови гумусного горизонту чорнозему свідчить зниження коефіцієнтів варіації щільності за органічної системи удобрення — 4,39–4,77% проти 3,27–3,51%. Аналогічна закономірність характерна для польової вологості гумусного горизонту.

Установлено, що середня щільність будови незалежно від способу обробітку, була однаковою, але інтервальний розмах щільності за оранки був у 1,75 раза ширшим, ніж за поверхневого обробітку. Щільність будови шару чорнозему 0–30 см за медіаною була вищою на 0,03 г/см³, а типізований розмах щільності був однаковою незалежно від способу обробітку чорнозему за її зростання за поверхневого обробітку за верхнім і нижнім типовими значеннями на 0,02 г/см³. Коефіцієнт варіації щільності будови за оранки був у 1,85 раза вищим, ніж за поверхневого обробітку.

За допомогою факторного аналізу можна сконцентрувати висхідну інформацію про польову вологість і щільність будови, виражаючи ознаки через внутрішні характеристики або фактори та факторні навантаження через значення кореляції кожної з висхідних ознак із будь-яким виявленим фактором. Чим тісніший зв'язок цієї ознаки з фактором, тим вище значення факторного навантаження [18]. Виявлено, що загалом за інтенсивної, маловитратної та органічної систем удобрення коефіцієнти кореляції польової вологості з головним фактором (Φ_1) у шарах чорнозему 0–30 см та 0–40 см були на рівні прямої сильної кореляції: $R=0,94-0,95 \pm 0,02$; $R^2=0,88-0,90$, тоді як щільність будови мала обернений кореляційний зв'язок з Φ_1 у шарі ґрунту 0–30 см

($R=0,70 \pm 0,03$; $R^2=0,49$), а щільність у шарі ґрунту 0–40 см мала достовірний прямий сильний зв'язок з Φ_2 . За інтенсивної та органічної систем удобрення польова вологість і щільність будови корелювали на рівні сильної кореляції з Φ_1 , але польова вологість мала позитивну кореляцію, а щільність — обернену, що свідчить про функціональний зв'язок між показниками і факторами навантаження. За маловитратної системи удобрення факторне навантаження з польовою вологістю формуються відносно Φ_1 ($R=0,89-0,93$), тоді як за щільністю будови факторне навантаження в горизонті 0–30 см пов'язується з Φ_1 , а в гумусному горизонті — з Φ_2 на рівні прямої сильної кореляції.

Розрахунок кореляційної залежності між щільністю будови і польовою вологістю в гумусному горизонті за різних систем удобрення показав, що є обернена сильна кореляція між зазначеними параметрами. За розрахунками, у межах інтенсивної, маловитратної та органічної систем удобрення між щільністю будови та польовою вологістю в шарах ґрунту 0–20 та 0–40 см виявлено обернену пряму кореляцію ($R=0,76-0,79 \pm 0,02$; $R^2=0,58-0,62$). На одиницю зростання щільності будови приходилося зниження вологості ґрунту становило 0,014–0,015% (табл. 2).

За органічної системи удобрення на одиницю зростання щільності будови шару чорнозему 0–30 та 0–40 см зниження польової вологості становило 0,013%, що в 1,08–1,2 раза менше, ніж за інтенсивної системи удобрення при дещо нижчих значеннях вільного члена рівнянь залежності щільності будови від польової вологості (рис. 2).

У верхній частині гумусного горизонту (0–20 см) виявлено стійку тенденцію до розуцільнення за органічної системи удобрення при зниженні вологості ґрунту. Коефіцієнт регресії при змінній досягає значення 0,014%, а вільний член рівняння — 1,41 проти 1,45–1,46 за інтенсивної та маловитратної систем удобрення. Істотно змінюється залежність щільності будови від польової вологості в шарі ґрунту 30–40 см. За інтенсивної системи удобрення на одиницю зростання щільності будови

2. Залежність щільності будови від польової вологості за різних систем удобрення в гумусному горизонті чорнозему опідзоленого сильнореградованого за 2016–2020 рр.

Потужність шару ґрунту, см	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції, r	Коефіцієнт детермінації, r ²
<i>Інтенсивна система удобрення</i>			
0–20	$y = 1,45 - 0,018 \cdot x$	-0,70	0,59
0–30	$y = 1,44 - 0,016 \cdot x$	-0,79	0,62
30–40	$y = 1,42 - 0,015 \cdot x$	-0,76	0,58
0–40	$y = 1,43 - 0,015 \cdot x$	-0,79	0,62
<i>Маловитратна система удобрення</i>			
0–20	$y = 1,46 - 0,018 \cdot x$	-0,75	0,56
0–30	$y = 1,44 - 0,015 \cdot x$	-0,79	0,62
30–40	$y = 1,38 - 0,012 \cdot x$	-0,79	0,62
0–40	$y = 1,43 - 0,014 \cdot x$	-0,78	0,61
<i>Органічна система удобрення</i>			
0–20	$y = 1,41 - 0,014 \cdot x$	-0,77	0,59
0–30	$y = 1,41 - 0,013 \cdot x$	-0,79	0,62
30–40	$y = 1,37 - 0,012 \cdot x$	-0,78	0,61
0–40	$y = 1,39 - 0,013 \cdot x$	-0,79	0,62
Примітка. y — щільність ґрунту, г/см ³ ; x — польова вологість, % (для табл. 2, 3).			

3. Залежність щільності будови від польової вологості за різних систем обробітку в гумусному горизонті чорнозему опідзоленого сильнореградованого за 2016–2020 рр.

Потужність шару ґрунту, см	Рівняння регресії	Коефіцієнт	
		кореляції, r	регресії, r ²
<i>Оранка</i>			
0–20	$y = 1,55 - 0,021 \cdot x$	-0,83	0,75
0–30	$y = 1,52 - 0,019 \cdot x$	-0,87	0,75
<i>Поверхневий обробіток</i>			
0–20	$y = 1,54 - 0,022 \cdot x$	-0,79	0,62
0–30	$y = 1,51 - 0,019 \cdot x$	-0,78	0,61
<i>Загальна модель</i>			
0–20	$y = 1,54 - 0,021 \cdot x$	-0,79	0,62
0–30	$y = 1,52 - 0,019 \cdot x$	-0,77	0,60

вологість знижується на 0,016%, маловитратної та органічної систем удобрення — на 0,011–0,012%. Вільний член рівняння залежності щільності від вологості за маловитратної системи становив 1,37–1,38 проти 1,42 за інтенсивної системи удобрення (табл. 3).

За різних способів обробітку ґрунту факторне навантаження щільності будови і польової вологості ґрунту за коефіцієнтами кореляції тяжіли до головного фактора:

польова вологість — $R = 0,94 \pm 0,03$; $R^2 = 0,88$; щільність будови шару ґрунту 0–30 см формувала факторне навантаження по фактору 2 за прямою сильною кореляцією ($R = 0,97 \pm 0,02$). За загальною моделлю для різних способів обробітку ґрунту на одиницю зростання щільності будови припадало 0,019% зниження польової вологості, що свідчить про однотипність зміни щільності будови залежно від зміни польової вологості в шарі чорнозему 0–20 см.

Статистичний аналіз щільності будови в шарі чорнозему 0–20 см залежно від способу обробітку показав, що середнє значення щільності за оранки було меншим на 0,06 г/см³ порівняно із середнім значенням за чизельного обробітку, де щільність не виходила за межі оптимальних значень (табл. 4). Амплітудний розмах щільності будови в шарі чорнозему 0–20 см був ширшим за оранки ($\Delta=0,51$ г/см³), тоді як за чизельного обробітку він був на рівні $\Delta=0,41$ г/см³. Перепад щільності за оранки відбувався в інтервалі вологості $\Delta=18,5\%$, за чизельного обробітку $\Delta=17,8\%$, а величина мінімальної вологості в останньому випадку була вищою в 1,32 раза, ніж за оранки. Незалежно від способу обробітку нормований розмах щільності будови був у межах 0,17–0,18 г/см³, за нормованого діапазону вологості — від 11,5–12,4 до 21,0–22,0%. Коефіцієнт варіації щільності будови за оранки в шарі чорнозему 0–20 см був вищим у 1,15 раза, ніж за чизельного обробітку.

Оцінка щільності будови за верхнім ($L_{0,90}$) і нижнім ($L_{0,10}$) децилями (вірогідність пов-

торення 10%) за різних систем удобрення показала, що перепад щільності за інтенсивної системи удобрення в шарах чорнозему 0–20 і 0–40 см становив 0,14–0,16 г/см³, маловитратної системи — 0,11–0,12, за органічної системи — 0,10–0,11 г/см³. За відносно однакових значень щільності будови шарів ґрунту 0–20 та 0–40 см за нижнім децилем (1,15–1,18 г/см³) величина ущільнення за верхнім децилем була найвищою за інтенсивної системи удобрення (1,31–1,32 г/см³), за маловитратної щільності була нижчою на 0,03 г/см³, за органічної системи — на 0,04 г/см³. Приріст щільності відносно верхнього квантилю ($L_{0,75}$) за інтенсивної системи удобрення становив +0,06 г/см³, маловитратної — 0,02–0,03, за органічної — 0,02–0,04 г/см³. Система обробітку ґрунту більшою мірою сприяла приросту щільності відносно верхнього квантилю: за оранки +0,07 г/см³, за чизельного обробітку — 0,07–0,08 г/см³.

Перепад польової вологості за інтенсивної системи удобрення за верхнім і нижнім децилями становив 10,4–11,2%, маловитратної — 8,0–10,7, за органічної системи

4. Нормовані параметри щільності будови і польової вологості в шарі ґрунту 0–30 см залежно від системи обробітку чорнозему реградованого Центрального Лісостепу за 2016–2020 рр.

Потужність шару ґрунту, см	Польова вологість, % Щільність будови, г/см ³			Mediana, $L_{0,50}$	Значення квантелів			
	Середнє	Інтервальний розмах $\Delta i = \max - \min$			польової вологості, % щільності будови, г/см ³			
		Min Max	Max Min		Нормований розмах: $\Delta n(50\%) = L_{0,75-0,25}$ $\Delta n(10\%) = L_{0,90-0,10}$			
					$\frac{L_{0,10}}{L_{0,90}}$	$\frac{L_{0,25}}{L_{0,75}}$	$\frac{L_{0,75}}{L_{0,25}}$	$\frac{L_{0,90}}{L_{0,10}}$
<i>Оранка</i>								
0–20	16,4 1,18	6,21 1,43	24,7 0,92	17,0 1,18	8,88 1,34	12,4 1,27	22,0 1,09	22,5 1,04
0–30	16,5 1,19	7,11 1,38	22,6 0,98	17,6 1,18	8,50 1,33	12,7 1,26	20,4 1,11	21,8 1,08
<i>Чизельний обробіток</i>								
0–20	15,7 1,24	8,21 1,39	25,5 0,96	16,5 1,19	8,60 1,37	11,5 1,29	21,0 1,12	21,5 1,07
0–30	15,6 1,19	6,9 1,39	22,5 1,05	16,7 1,21	9,17 1,35	11,1 1,27	19,7 1,13	20,9 1,10
$НIP_{0,5}$	0,02	–	–	0,02	0,02	–	–	–

удобрення — 8,7–10,5%. За верхнім і нижнім децилями польова вологість мала тенденцію до зростання від інтенсивної до органічної систем удобрення, при цьому щільність будови в шарі чорнозему 0–20 см мала тенденцію до зниження. Вплив способу обробітку на перепад польової вологості в інтервалі від верхнього до нижнього децилів за оранки становив 13,3–13,6%, за чизельного обробітку — 11,7–13,5% за вищих значень польової вологості за оранки, які мали тенденцію до зростання (див. табл. 4).

Статистичний аналіз щільності будови показав, що за інтенсивної системи удобрення дисперсія в 1,67–2,13 раза є вищою за дисперсію у вибірці за органічної системи удобрення. Стандартне відхилення за інтенсивної системи удобрення було у 1,38–1,50 раза вищим, ніж за органічної системи удобрення (табл. 5).

Коефіцієнт варіації щільності будови мав тенденцію до зниження від інтенсивної до органічної систем удобрення, але незалежно від системи удобрення був меншим за 5%, що є слабким рівнем.

Спосіб обробітку ґрунту сприяв посиленню дисперсії щільності будови, яка зростала за чизельного обробітку. Аналогічно зросло стандартне відхилення. Коефіцієнт варіації незалежно від способу обробітку перевищував 10%, що є середнім рівнем.

Аналіз диференціальної шпаруватості за різних систем удобрення показав, що за інтенсивної системи удобрення на одиницю зростання загальної шпаруватості на 1,05 од. зменшується об'єм капілярної вологи, а на одиницю зменшення загальної шпаруватості на 1,94 од. зростає об'єм шпарин, зайнятих повітрям (рис. 1, 2). За маловитратної системи удобрення зростання загальної шпаруватості супроводжується зростанням об'єму капілярних пор, зайнятих вологою, і зниженням об'єму шпарин, зайнятих повітрям.

В умовах органічної системи удобрення зростання загальної шпаруватості супроводжується зниженням об'єму пор, зайнятих капілярною вологою, і меншою мірою наростанням об'єму шпарин, зайнятих повітрям. Зниження об'єму шпарин, зайнятих повітрям, за переходу від інтенсивної системи

5. Статистичні параметри щільності будови чорнозему опідзоленого сильнореградованого залежно від системи удобрення та обробітку за 2016–2020 рр.

Потужність шару ґрунту, см	Дисперсія Variance	Стандартне відхилення, SD	Confidence (SD)		Coef.Var., %	Coef.	
			–0,95,%	+0,95,%		Skewness	Kurtosis
Системи удобрення							
<i>Інтенсивна</i>							
0–30	0,0030	0,058	0,02	0,02	4,39	–0,18	–0,15
0–40	0,0034	0,060	0,03	0,03	4,77	0,69	–0,36
<i>Маловитратна</i>							
0–30	0,0028	0,053	0,02	0,03	4,31	–0,23	0,44
0–40	0,0031	0,056	0,03	0,02	4,26	0,65	0,47
<i>Органічна</i>							
0–30	0,0018	0,042	0,02	0,02	3,51	0,06	–0,94
0–40	0,0016	0,040	0,03	0,01	3,27	0,38	–0,64
Способи обробітку ґрунту							
<i>Оранка на 22–25 см</i>							
0–20	0,0013	0,036	0,01	0,01	10,1	–0,20	–0,66
0–30	0,0098	0,098	0,02	0,01	10,3	–0,29	0,99
<i>Чизельний обробіток</i>							
0–20	0,015	0,122	0,03	0,02	12,91	6,43	25,8
0–30	0,035	0,187	0,02	0,02	10,71	7,43	55,6

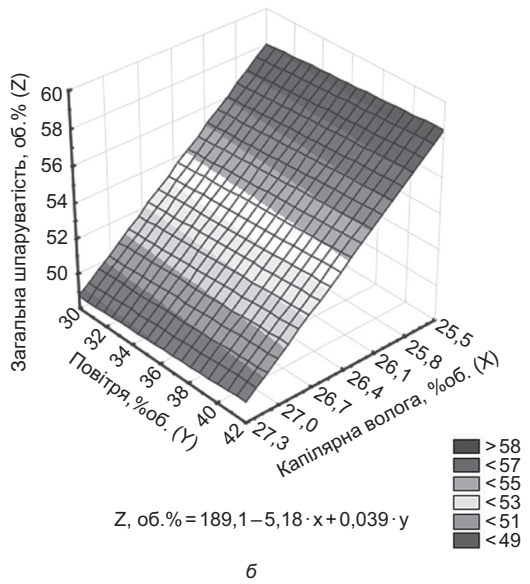
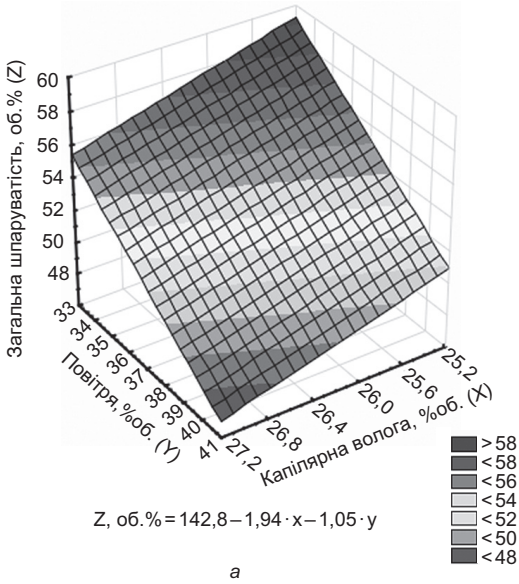


Рис. 1. Залежність диференціальної шпаруватості від капілярної вологості, об'єму шпарин, зайнятих повітрям, і системи удобрення ґрунту (а – інтенсивна система удобрення, б – органічна система удобрення)

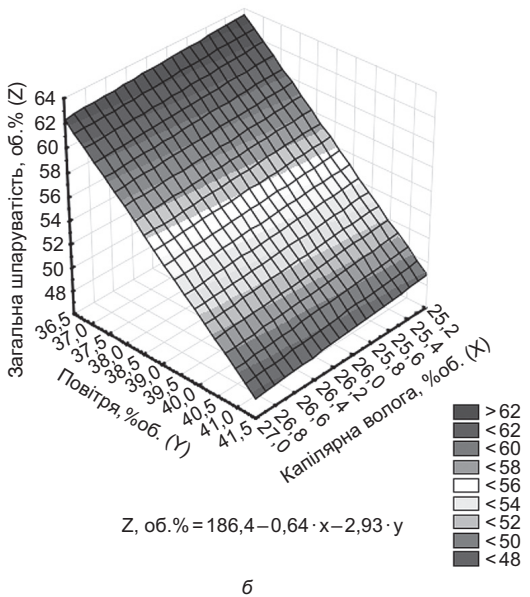
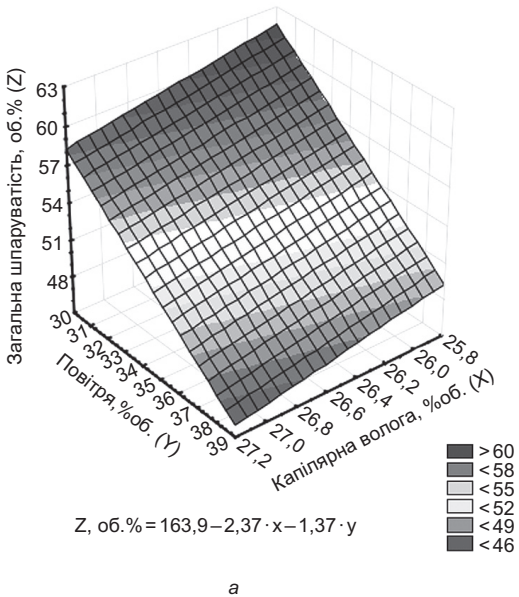


Рис. 2. Залежність диференціальної шпаруватості від капілярної вологості, об'єму шпарин, зайнятих повітрям, і способу обробітку ґрунту (а – оранка на 22–25 см, б – чизельний обробіток)

удобрення до маловитратної відбувається у 2,3 рази менш інтенсивно, а подальший перехід до органічної системи удобрення

сприяє наростанню об'єму шпарин аерації в співвідношенні зі зниженням об'єму капілярної вологи як 1,33:1 на користь

капілярних шпарин, зайнятих вологою. За оранки це співвідношення становило 1,85:1, за маловитратної системи — 5,8:1.

Вплив способу обробітку на формування диференціальної шпаруватості в шарі чорнозему 0–30 см мав певні особливості. Так, за систематичної оранки на одиницю зростання загальної шпаруватості

знижується об'єм шпарин із капілярною вологою і шпарин, зайнятих повітрям, у співвідношенні 1,7:1, за чизельного обробітку — 0,25:1. За чизельного обробітку відбувається стабілізація об'єму пор, зайнятих капілярною вологою, з одночасним забезпеченням достатньої кількості об'єму шпарин, зайнятих повітрям.

Висновки

Для чорнозему опідзоленого в короткочасній сівозміні для інтенсивної, маловитратної та органічної систем удобрення встановлено типізований інтервал щільності будови, який змінюється в інтервалі від 1,26–1,27 до 1,19–1,20 г/см³ за 50%-м рівнем та 1,17–1,18 г/см³ за верхнім типовим значенням за 10%-им рівнем статистичної оцінки. За максимальним типовим ущільненням отримано достовірне зниження щільності будови від інтенсивної системи удобрення (1,32 г/см³) до органічної системи (1,26 г/см³). Перепад щільності будови становив 0,14 г/см³; 0,12 та 0,10 г/см³ відповідно до систем удобрення.

Установлено вплив способу обробітку на типові інтервальні значення щільності будови шару ґрунту 0–20 см: за оранки типовий інтервал за 50%-м значенням становив 1,09–1,27 г/см³, за поверхневого обробітку — 1,12–1,28 г/см³, перепад щільності — 0,18 та 0,16 г/см³. За 10%-м рівнем інтервали становили 1,04–1,34 та 1,07–1,37 г/см³ за перепаду щільності 0,3 г/см³.

Типове інтервальне значення щільності в шарі ґрунту 0–30 см незалежно від системи обробітку було в оптимальному діапазоні значення: від 1,26–1,27 до 1,11–1,13 г/см³ та від 1,33–1,35 до 1,08–1,10 г/см³ із перепадом 0,14–0,15 та 0,25 г/см³ відповідно 50%- та 10%-му рівням виявлених значень щільності.

Параметри щільності будови за оранки і поверхневого обробітку мало різнилися інтервальними значеннями, що свідчить про те, що систематичний поверхневий обробіток у зернопросапній сівозміні сприяє стійкому поліпшенню агрофізичного стану ґрунту, а чорноземи опідзолені сильнореградовані схильні до мінімізації обробітку.

Виявлено позитивний вплив органічної системи удобрення на розуцільнення ґрунту, а в поєднанні з поверхневим обробітком у сівозміні забезпечується ефективніше розуцільнення гумусного горизонту чорнозему порівняно з варіантами оранки та інтенсивної системи удобрення.

Demydenko O.

Cherkasy State Agricultural Research Station of NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 13 Dokuchayeva Str., vil. Kholodnianske, Smilianskyi district, Cherkasy oblast, Ukraine, 20731; e-mail: smilachiapv@ukr.net

The density of podzolized chernozem's structure at different fertilizer and tillage systems

Goal. To determine the influence of different fertilizer systems and tillage method on the structure density of the cultivated soil layer depending on the moisture of the strongly regraded chernozem in short crop rotations of different types in the Central Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Common — field, laboratory, mathematical, comparative. **Results.** A standardized structure density interval is determined for podzolized chernozem in short crop rotation.

It varies in the range from 1.26–1.27 g/cm³ to 1.19–1.20 g/cm³ at 30% level and 1.17–1.18 g/cm³ for the upper typical value at the 10% level of statistical evaluation. At maximum compaction, a significant decrease in the density of the structure is fixed from the intensive fertilizer system (1.32 g/cm³) to the organic system (1.26 g/cm³). The difference in the structure density was 0.14 g/cm³; 0.12 and 0.10 g/cm³. The influence of the tillage method on the typical interval values of the density of the 0–20 cm soil layer structure: for plowing the typical interval for 50% value was 1.09–1.27 g/cm³, for surface tillage — 1.12–1.28 g/cm³. The density difference was 0.18 and 0.16 g/cm³. At the 10% level, the intervals were 1.04–1.34 and 1.07–1.37 g/cm³ with a density trend of 0.3 g/cm³ depending on the cultivation methods. The typical interval

value of density in the 0–30 cm soil layer, regardless of the tillage system was in the optimal range of values: from 1.26–1.27 to 1.11–1.13 g/cm³ and from 1.33–1.35 up to 1.08–1.10 g/cm³ with a difference of 0.14–0.15 and 0.25 g/cm³, respectively for 50% and 10% levels of the detected density values. **Conclusions.** It was found that the parameters of structure density during plowing and surface tillage did not differ much in the interval values, which indicates that systematic surface tillage in grain crop rotation contributes to the steady improvement of

the agrophysical condition of the soil, while heavily degraded podzolized chernozems tend to minimize tillage. The positive effect of the organic fertilizer system on soil compaction was revealed, and in combination with surface tillage in crop rotation more effective decomposition of humus horizon of chernozem is provided in comparison with plowing and intensive fertilization system.

Key words: *field moisture, plowing, surface tillage, correlation coefficient, determination.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk202106-01>

Бібліографія

1. Тихоненко Д.Г., Дегтярьов В.В., Величко В.А. Фізичні основи родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 6–9.
2. Медведев В.В. Проявление физической деградации в пахотных почвах. *Агрохимия і ґрунтознавство*. 2014. Вип. 81. С. 16–28.
3. Огородная А.И. Влияние фитомелиорантов на общие агрофизические показатели чернозема оподзоленного Левобережной Лесостепи Украины. *Почвоведение и агрохимия*. 2015. № 1(54). С. 98–104.
4. Четверякова И.С., Лукин С.В. Мониторинг плодородия чернозёмов Лесостепной зоны. *Научные ведомости*. Серия. Естественные науки. 2011. № 9. Вип. 15. С. 184–190.
5. Чевердин Ю.И., Сапрыкин С.А., Чевердин А.Ю., Рябцев А.Н. Трансформация физических показателей чернозёмов в результате агрогенного воздействия. *Земледелие и растениеводство*. 2014. № 3. Т. 31. С. 16–28.
6. Трофимова Т.А., Коржов С.И., Дедов А.В., Образцов В.Н. Оценка степени деградации черноземов ЦЧР и выбор оптимального способа обработки. *Вестник ОрелГАУ*. 2017 (июнь). Вип. 3. С. 63–70. doi: 10.15217/48484
7. Кузнецова И.В., Уткаева В.Ф., Бондарев А.Г. Нормативы изменения физических свойств пахотных черноземов лесостепной зоны Европейской России в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования. *Почвоведение*. 2014. № 1. С. 71–81.
8. Медведев В.В., Плиско В.В., Бигун О.В. Сравнительная характеристика оптимальных и реальных параметров черноземов Украины. *Почвоведение*. 2014. № 10. С. 1247–1261.
9. Чевердин Ю.И. Длительность распашки и физическое состояние черноземов Каменной Степи. *Земледелие*. 2008. № 3. С. 28–30.
10. Лебедева И.И., Базыкина Г.С., Гребенников А.М. и др. Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агрочерноземов Каменной степи. *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2016. Вип. 83. С. 77–102.
11. Бондарев А.Г. Теоретические основы и практика оптимизации физических условий плодородия почв. *Почвоведение*. 1994. № 11. С. 10–15.
12. Кузнецова И.В., Бондарев А.Г., Данилова В.И. Устойчивость структурного состояния и сложения почв при уплотнении. *Почвоведение*. 2000. № 9. С. 1106–1113.
13. Медведев В.В. Физическая деградация черноземов: Диагностика. Причины. Следствие. Предупреждение. Харьков: Городская типография, 2013. 324 с.
14. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Параметры темно-серой лесной почвы при длительном применении различных систем основной обработки. *Земледелие*. 2016. № 2. С. 23–25.
15. Солодовников А.П., Летучий А.В., Степанов Д.С. и др. Динамика плотности почвы чернозема южного при минимализации основной обработки. *Земледелие*. 2015. № 1. С. 5–7.
16. Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Теоретические основы применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почв под зерновые культуры. *Всеросс. науч.-практ. конф. «Информационно-технологическое обеспечение адаптивных ландшафтных систем земледелия»*: сб. докл. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2012. С. 241–246.
17. Медведев В.В. Нульовий обробіток ґрунту в Європейських країнах. Харьков: Тов. «Єдена», 2010. 202 с.
18. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Лазарев В.И., Фрид А.С. Интерпретация данных агрегатного состава типичных черноземов разного вида использования методами кластерного анализа и главных компонент. *Почвоведение*. 2016. № 9. С. 1093–1100. doi: 10.7868/s0032180x16090070