АГРОНОМІЯ

УДК 631.412:631.51:631.425.4

Часові та просторові зміни структурно-агрегатного складу чорнозему типового за різного антропогенного навантаження

Ткаченко М.А.[1], Борис Н.Є.[1], Задубинна Є.В.[2], Тарасенко Т.В.[2], Подоляко А.М.[1]

[1] ННЦ «Інститут землеробства НААН
[2] Панфильська ДС ННЦ «Інститут землеробства НААН»

Борис Н.Є. E-mail: nataliiaborys2020@gmail.com

OPEN ACCESS

Ткаченко М.А., Борис Н.Є., Задубинна Є.В., Тарасенко Т.В., Подоляко А.М. Часові та просторові зміни структурно-агрегатного складу чорнозему типового за різного антропогенного навантаження. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 2. С. 166–175.

Tkachenko M., Borys N., Zadubynna E., Tarasenko T., Podolyako A. The temporal and spatial changes in the structural and aggregate composition of typical chernozem with different anthropogenic stress. «Agrobiology», 2021. no. 2, pp. 166–175.

Рукопис отримано: 22.10.2021 р.
Прийнято: 08.11.2021 р.
Затверджено до друку: 09.12.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-166-175

Мета роботи – встановити часові та просторові особливості формування і закономірності зміни структурно-агрегатного складу оброблювального шару чорнозему типового малогумусного за беззмінного застосування різних систем удобрення та способів основного обробітку ґрунту в короткоротаційних 4-пільних сівозмінах з насиченням на 75 % зерновими (пшениця озима, ячмінь ярий) і зернобобовими (соя) та на 25 % олійними (соняшник, ріпак ярий) культурами. Дослідження проводили в тривалому стаціонарному досліді відділу агроґрунтознавства і ґрунтової мікробіології ННЦ «Інститут землеробства НААН» та лабораторії землеробства Панфильської ДС ННЦ «Інститут землеробства НААН». За результатами проведених досліджень оцінено ефективність застосування різних систем удобрення (мінеральні добрива на фоні залучення побічної продукції культур) в комплексі з різними за інтенсивністю та принципом дії механічного типу грунтообробними знаряддями. Система удобрення впливала на сформований об'єм біомаси, а дія ґрунтообробного агрегату полягала в особливостях пошарового розподілу свіжої рослинної біомаси та формуванні ґрунтових агрегатів певної форми і розміру, їх частки участі у формуванні коефіцієнта структурності, що свідчить про особливості різного антропогенного навантаження. Встановлено спрямованість ґрунтових процесів чорнозему типового, особливості його структуроутворення за тривалого проведення різноглибинних способів основного обробітку ґрунту, які направлені на збереження, протиерозійні заходи (no–till технології) та інтенсивне використання оброблювального 0–30 см шару ґрунту (оранка на 25–27 см – контроль) за вирощування культур, різних за принципом локалізації кореневої системи та фізіологічними особливостями.

Ключові слова: структурно-агрегатний склад, чорнозем типовий, спосіб основного обробітку ґрунту, диференціація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Структура ґрунту – це сукупність ґрунтових окремостей, або агрегатів різних за розміром, формою та зв'язністю, а здатність ґрунту розпадатись на структурні окремості, або агрегати є його структурністю. Кількісний та якісний структурно-агрегатний склад залежить від генетичних властивостей ґрунту, принципу та інтенсивності механічної дії ґрунтообробної техніки, способу обробітку і рівня родючості ґрунту [1]. Загалом за короткий час можливо сформувати новий структурно-агрегатний склад, хоч і не тривалої дії, в результаті проведення основного обробітку ґрунту, а саме активної дії ґрунтообробних знарядь [2, 3]. Вибираючи спосіб та кількість проведення механічних обробітків ґрунту, необхідно врахувати кількість в ґрунті водостійких агрегатів величиною понад 0,25 мм. У разі зростання показника понад 40 %, ґрунт тривалий час буде ха-

рактеризуватись сприятливими агрофізичними властивостями для продуктивного розвитку рослин.

Структуру ґрунту прийнято розділяти на морфологічну та агрономічну. Це така будова і складність агрегатів, яка забезпечує родючість ґрунту, а домінування дрібногрудкуватої (1,0–0,5 мм) та зернистої, або грудкувато-зернистої (10,0–0,25 мм) макроструктури забезпечує сприятливі умови для водного та повітряного режимів [4]. Саме структурне ґрунтове середовище має оптимальні показники родючості ґрунту, умови водного, повітряного і теплового режимів, а також структурні ґрунти обумовлюють розвиток мікробіологічних процесів та діяльності ґрунтової мікробіоти, мобілізацію і доступність поживних речовин для засвоєння рослиною.

Агрофізичні властивості ґрунту та фізичні показники істотно змінюються залежно від антропогенного навантаження і культури ведення господарської діяльності людини. Антропогенне навантаження певною мірою погіршує агрофізичні властивості, особливо безструктурних ґрунтів за ведення інтенсивного землеробства [5, 6]. Дерново-підзолисті і сірі лісові ґрунти піддаються більшому ущільненню, ніж чорноземи. Для чорноземів характерною ознакою є високий природний рівень родючості та ерозійної стійкості, а також низька агрофізична деградація. Так, упродовж вегетації культур залежно від способів основного обробітку ґрунту, елементів догляду за посівами та культури ведення землеробства змінюється кількісний та якісний показник формування водостійких ґрунтових агрегатів, відбуваються зміни водного режиму ґрунту. Відповідно тривале розорювання чорнозему призводить до фізіологічної та біологічної деградації ґрунту. Істотні зміни відбуваються у перерозподілі як за розміром пор, так і їх просторовим розміщенням у ґрунтовій товщі [1, 7, 8]. Загалом змінюється не лише загальний вміст, а й співвідношення внутрішньо-агрегатної пористості в оброблювальному і кореневмісному шарі.

Докорінно сформувати водотривкі та стійкі, агрономічно цінні за розміром ґрунтові агрегати, водночас контролювати їх пошарове розміщення можливо за допомогою різноглибинного зароблення органічних добрив, запровадження заходів хімічної меліорації та диференційованої системи основного обробітку ґрунту (полицева різноглибинна, безполицева та мілка), сівозмін з різним насиченням культур [4, 8, 9]. Формування структурно-агрегатного складу ґрунту буде більш ефективним та тривалим у післядії у разі застосування в комплексі органічних і помірних доз мінеральних добрив [1], мікробіологічних препаратів, біологічних деструкторів. Основним завданням останніх є прискорення процесу мінералізації побічної продукції, оздоровлення ґрунту, зниження чисельності патогенної мікрофлори, повернення в ґрунт поживних речовин [10, 11].

Запровадження сівозмін з насиченням багаторічними бобовими травами, залучення біомаси як органічного добрива, запровадження безполицевих обробітків з мінімальною інтенсивністю дії на ґрунт сприяє зниженню навантаження на ґрунтову систему і руйнування природно сформованого рівня структури. Вільямсом В.Р. науково обґрунтовано вплив кореневої системи багаторічних бобових (конюшина, люцерна) у сівозміні і злакових трав на лугах на формування і міцність водостійких ґрунтових агрегатів. У результаті мінералізації кореневої системи цих культур у ґрунті відбувається накопичення органічної речовини, завдяки якій і формується міцність ґрунтових агрегатів. Окрім цього, вирощування багаторічних трав на одному місці в непорушеному ґрунтовому середовищі впливає на формування структури ґрунту, що нівелюється технологією вирощування культур за ведення зерно-просапної сівозміни з різноглибинною системою обробітку ґрунту та механічних заходів боротьби з бур'янами. Саме кількість проходження ґрунтообробних знарядь, принцип дії та активність робочих органів за інтенсивністю впливає на руйнування ґрунтових агрегатів, їх будову, розмір та властивості.

Проведення беззмінної (більше 70–ти років) оранки на 28–32 см призвело до руйнування водостійких агрегатів розміром 0,5–3,0 мм, уміст яких знижувався до 30 %, а агрегати більше 5,0 мм були зруйновані повністю, відбулося зростання частки агрегатів розміром 0,25–0,5 мм. Це спричинено дегуміфікацією та мінералізацією детриту [12]. Безполицеві обробітки збільшують водотривкість ґрунтових агрегатів у верхній частині кореневмісного шару, а залучення біомаси культур та висівання сидератів збільшує вміст водотривких агрегатів. Вивчаючи ефективність застосування різних способів основного обробітку чорнозему було встановлено, що найвищий уміст агрегатів (<0,25 мм) визначено за диференційованого обробітку – 12,2 % та полицево-безполицевого – 12,0 %. Зниження цієї фракції за мілкого безполицевого обробітку становить 10,6 %. Деградація структурного стану чорнозему типового за тривалого сільськогосподарського використання пов'язана, передусім, із погіршенням фізико-хімічних властивостей, що обумовле-

но застосуванням завищених доз мінеральних добрив. Максимальні величини коефіцієнта структурності встановлено за полицево-безполицевого обробітку (оранка та безполицевий обробіток) – 2,0, та істотно знижені за поверхневого обробітку (беззмінний поверхневий) – 1,77 [13].

Розподіл ґрунтових агрегатів та домінування мікроагрегатно-макроагрегатної моделі можливі для ґрунтів без інтенсивного їх використання. Проведення обробітку на дерново-підзолистому ґрунті мало однаковий вплив на кількісний склад в порівнянні з сформованим агрегатним складом без проведення обробітку (контроль), однак за останнього макроагрегати були більш стійкими до руйнування. У пробі ґрунту, який аналізували, з мікроструктурою було встановлено менший вміст вуглецю, азоту та фосфору, ніж в пробі після просіювання з виділенням макроструктури [10, 14].

Шикулою М.К. (2002) було встановлено, що акумуляція на поверхні рослинних решток за технології No–till та домінування їх у верхньому 0–10 см шарі за дискування на 10–12 см обумовлює формування культурного ґрунтоутворювального процесу, по типу природного дернового процесу ґрунтоутворення, що притаманне та характерне для чорноземних ґрунтів. За No–till технології штучно сформована шпаруватість кореневмісного шару ґрунту, який на 50 % складається з пор розміром більше 120 мк. Так, якісні показники пор є досить низькими – вони нестійкі та впродовж зимового періоду руйнуються і розпадаються, втрачаючи свою форму та властивості [15, 16]. Пори, розмір яких не перевищує 10,0 мк, є більш стійкими до антропогенного навантаження, мають пролонговану дію та не втрачають свої властивості в короткий термін [5, 17]. Відповідно ґрунт, який активно не обробляється ґрунтообробними знаряддями (технологія No–till), має вищу водоутримувальну здатність, однак загальний об'єм вологи може бути нижчим [7, 18, 16, 19].

Часові та просторові зміни структурно-агрегатного складу ґрунту за різного антропогенного навантаження підтверджуються в наведеному літерному аналізі, однак не повною мірою відображено особливості змін за різного антропогенного навантаження чорнозему типового. Динаміка та стабілізаційні ґрунтові процеси, які відображаються у формуванні структурно-агрегатного складу в різні роки прямої дії ведення технології No–till, реакція та реалізації генетичного потенціалу культур, що впливає на продуктивність сівозмін, є основою та індикатором ефективності ведення як різних систем удобрення, так і способів основного обробітку ґрунту.

Мета дослідження – встановити часові та просторові особливості формування і закономірності зміни структурно-агрегатного складу оброблювального шару чорнозему типового малогумусного за беззмінного застосування різних систем удобрення та способів основного обробітку ґрунту в короткоротаційних 4-пільних сівозмінах з насиченням на 75 % зерновими (пшениця озима, ячмінь ярий) і зернобобовими (соя) та на 25 % олійними (соняшник, ріпак ярий) культурами.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження з встановлення особливостей формування і закономірностей зміни в часі структурно-агрегатного складу чорнозему типового проводили у тривалому стаціонарному досліді, закладеному в 2009 р. у Панфильській ДС ННЦ «Інститут землеробства НААН». Геолокаційні координати тривалого стаціонарного досліду с. Панфили – широта 50°11´48.8´´n; довгота 31°44´35.1´´e.

Основним завданням є вивчення ефективності застосування різних способів основного обробітку ґрунту з проведенням оранки на 25–27 см (контроль), дискування на 10–12 см та No–till технологія, яка складається з застосування гербіциду суцільної дії до сівби як заходу боротьби з бур'янами і прямої сівби без відповідної підготовки ґрунту, на формування структурно-агрегатного складу.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний неглибокий крупнопилувато-легкосуглинковий на лесовидному суглинку. Генетичні горизонти – гумусовий прогресивно-акумулятивний, що характеризується великою потужністю, високим умістом гумусу за його поступового зменшення з глибиною, зернистою структурою, та карбонатно-акумулятивний. Відповідно до класифікації ґрунтів за гранулометричним складом (ДСТУ 4730:2007) 0–30 см шар – суглинок легкий, крупнопилуватий, де вміст фізичної глини (∑ <0,01) – 28,70 %, фізичного піску (∑ >0,01) – 71,30 %.

Для встановлення особливостей формування структурно-агрегатного складу залежно від системи основного обробітку ґрунту на варіантах було відібрано і підготовлено для аналізу проби згідно з ДСТУ ISO 11464:2007, визначено структурно-агрегатний склад повітряно-сухого ґрунту у модифікації Н.І. Савінова згідно з ДСТУ 4744:2007 [20]. Зразки ґрунту відбирали у полі пшениці озимої (сівозміна 1) та ріпаку ярого (сівозміна 2) з шару ґрунту 0–10, 10–20 та 20–30 см. Загальна площа досліду

– 5,6 га, під дослідними ділянками зайнято 4,3 га. Розмір посівної ділянки – 150 м^2, облікової – 100 м^2. Повторення досліду триразове, розміщення варіантів і повторень систематичне.

Результати дослідження та обговорення. Встановлено, що застосування різних способів основного обробітку ґрунту впродовж 2009–2021 рр., які різнились між собою за принципом дії на ґрунт, робочими органами та глибиною проведення обробітку, істотно вплинуло на кількісний і якісний розподіл (диференціацію орного шару) ґрунтових агрегатів. Зміни структурно-агрегатного складу відбувались в усьому оброблювальному 0–30 см шарі. Проведення полицевого обробітку на глибину 25–27 см за вирощування пшениці озимої (сівозміна 1) кількісно вплинуло на зростання вмісту агрегатів 5,0–10,0 мм в 0–10 см шарі – на 7,8 та 6,9 % порівняно з вмістом таких самих агрегатів на варіанті після проведення мілкого безполицевого обробітку (дискування на 10–12 см) та No–till технології відповідно (агрегати розміром 5–7 мм – $НІР_{0,05}$ – 0,26, S_x – 1,43 %, та агрегати 7–10 мм – $НІР_{0,05}$ – 0,25, S_x – 2,01 %). За вирощування ріпаку ярого (сівозміна 2) проведення оранки на 25–27 см зумовило зростання вмісту агрегатів (5,0–10,0 мм) в 0–10 см шарі на 3,8 % за дискування та 7 % – за No–till технології (рис. 1).

У нижньому 10–20 см шарі кількісний склад ґрунтових агрегатів за розміром істотно різнився від розподілу, отриманого під час просіювання ґрунту з шару 0–10 см. Окрім способу основного обробітку, істотно змінювався пошаровий розподіл ґрунтових агрегатів і за вирощування різних за тривалістю вегетаційного періоду (озима і яра культура) та принципом побудови кореневої (мичкувата та стрижнева) системи культур. Синергізм дії способу основного обробітку, який формує основну масу поділу ґрунтових агрегатів прослідковується упродовж усього вегетаційного періоду культур. Вирощування пшениці озимої та ріпаку ярого забезпечувало формування брилуватої (агрегати >10 мм) структури – відповідно 19,9 та 13,5 %, грудкувато-зернистої (агрегати 10−0,25 мм) – 72,0 та 82,8 %, водночас істотна різниця прослідковувалась у формуванні мікроструктури (агрегати <0,25 мм) – 2,5 та 4,3 % (рис. 1).

За руйнування макроструктури кількість ґрунтових часток <0,25 мм зростає, згруповуючись у менш цінні мікроагрегати <0,16 мм з подальшим збагаченням малоактивних фракцій <0,1 мм, що є індикатором посилення процесу і послаблення стійкості до деградаційних процесів. Зниження агрономічно цінної структури було відзначено саме за проведення тривалого полицевого обробітку ґрунту, перерозподілом у шарах ґрунтових агрегатів певного розміру, з домінування частки агрегатів розміром 3–1 мм, з яких 12,5 % – агрегати розміром 3–2 мм та 17,8 % – 2–1 мм. Особливо цінним є зниження вмісту мікроструктури та зростання частки грудкувато-зернистої, саме в шарі 10–20 см, де відбувається акумулювання вологи в осінньо-зимовий період після проведення основного обробітку, зростання та її перерозподіл в нижні генетичні горизонти впродовж весняного та вегетаційного

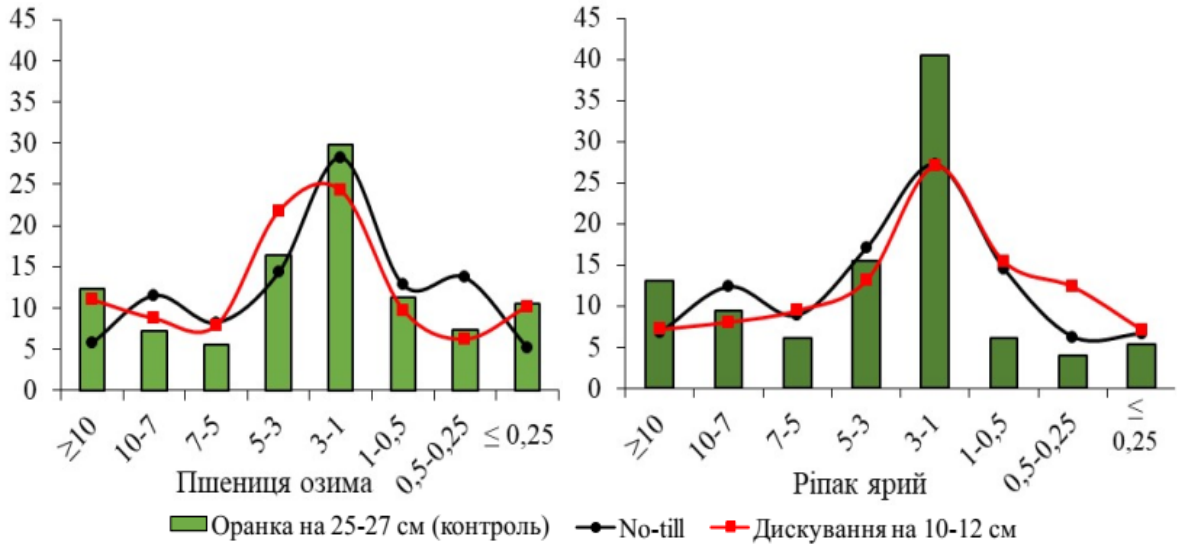

Рис. 1. **Вплив способів основного обробітку ґрунту та попередника на розподіл за розміром (мм) ґрунтових агрегатів у 0–10 см шарі.**

періодів. Істотне зниження вмісту мікроструктури було встановлено за No–till технології – 1,5 та 2,7 % за вирощування ріпаку та пшениці відповідно, дещо вищим показник був за тривалого дискування – 3,8 та 3,3 %, а найбільший вміст мікроструктури було встановлено за оранки – 5,2 та 5,7 %.

У нижньому 20–30 см шарі ґрунту (рис. 2), який не піддається механічній дії ґрунтообробних знарядь за No–till технології, у відібраній і просіяній пробі ґрунту на час сходів пшениці озимої відбулося зростання часки агрегатів розміром ≥10 мм до рівня 31,1 % (шар ґрунту 20–30 см $НІР_{0,05}$ – 1,61, S_x 1,76 %). Цей показник є найвищим за вмістом таких агрегатів серед досліджуваних обробітків ґрунту. Окрім того, за No–till технології було встановлено найменший вміст агрегатів розміром ≤0,25 мм – 0,5 %, що свідчить про високу стійкість до деградаційних процесів. Слід зазначити і про гомогенний розподіл ґрунтових агрегатів у 0–30 см шарі ґрунту за No–till, що істотно різниться від показників, отриманих за оранки на 25–27 см, де вміст агрегатів ≥10 мм в 0–10 см шарі становив 26,8 % і був нижчим на 2 %, у 10–20 см – на 1,4 та в 20–30 см шарі – на 9,1 %, ніж за No–till. Активна дія робочих органів у нижньому шарі ґрунту призводить до їх подрібнення та кришення, про що свідчить нижчий вміст ґрунтових агрегатів розміром ≥10 мм, що в абсолютному значенні становить 22 % (рис. 2).

Грудкувато-зерниста (макроструктура) – це ґрунтові агрегати, які знаходяться в діапазоні 10–0,25 мм [21], відповідно вони належать до цінної структури, яка тривалий час не руйнується під дією водного потоку, є стійкою та забезпечує оптимальні умови водного і повітряного режимів ґрунту. Беззмінне використання оранки впродовж 2009–2021 рр. істотно впливало на формування та пошаровий розподіл структурно-агрегатного складу ґрунту та загалом призвело до зменшення кількісті агрономічно корисної фракції (10–0,25 мм). Так, за оранки у фазу ВВСН –10–12 найбільший їх вміст було встановлено в 20–30 см шарі – 77,3 % та найнижчий – у верхньому 0–10 см шарі – 72,8 %. Загалом у шарі 0–30 см вміст агрегатів становив 75,0 %, що відповідає добрій структурі згідно зі шкалою класифікації, запропонованої С.І. Долговим і П.У. Бахтіним (рис. 3).

Порівнюючи кількісний розподіл цінних ґрунтових агрегатів (10–0,25 мм) у фазу ВВСН-97–99 за No–till та дискування на 10–12 см, встановлено їх зростання в нижньому 20–30 см шарі порівняно з показниками в 0–10 см шарі, де їх вміст був на 9,2 % нижчим. Різниця в розподілі ґрунтових агрегатів за цих обробітків свідчить про підвищення диференціації 0–30 см шару та підтверджує особливості формування агрофізичних і гідрологічних показників ґрунту (рис. 4). Розподіл агрегатів розміром 10–5,0 мм в 0–30 см шарі ґрунту, де проводили оранку на 25–27 см, мав зворотний принцип розподілу – кількість структурних агрегатів істотно зменшувалась зі зростанням глибини орного шару ґрунту (шар ґрунту 0–30 см $НІР_{0,05}$ – 0,69, S_x 1,74 %).

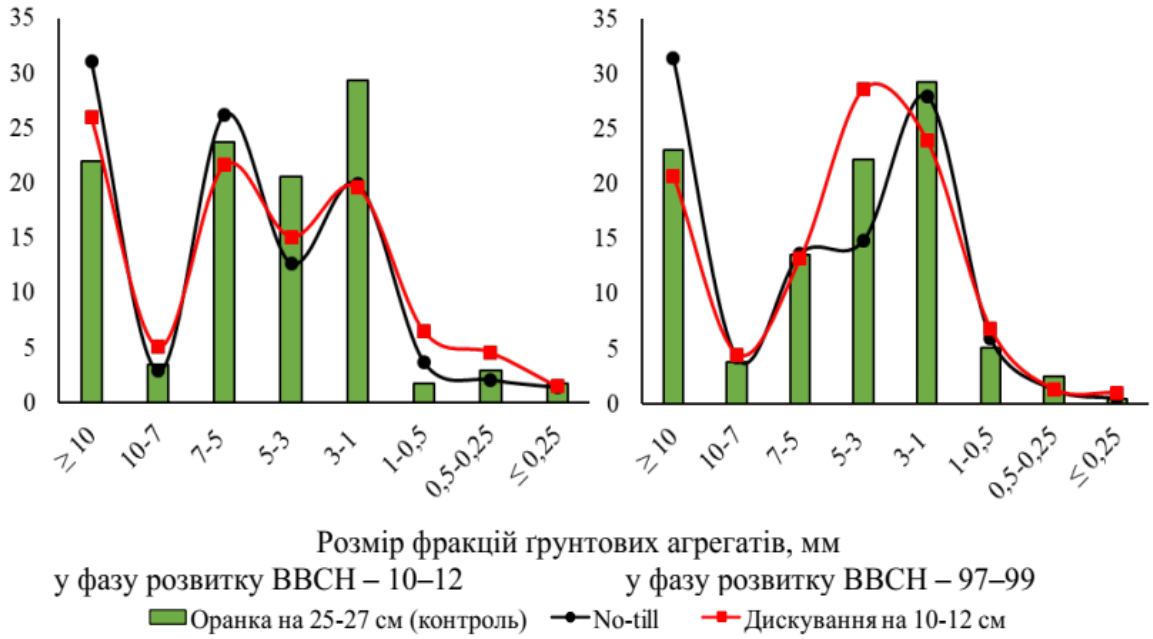

Рис. 2. **Вплив способів основного обробітку ґрунту та попередника на розподіл за розміром ґрунтових агрегатів у полі пшениці в шарі 20–30 см.**

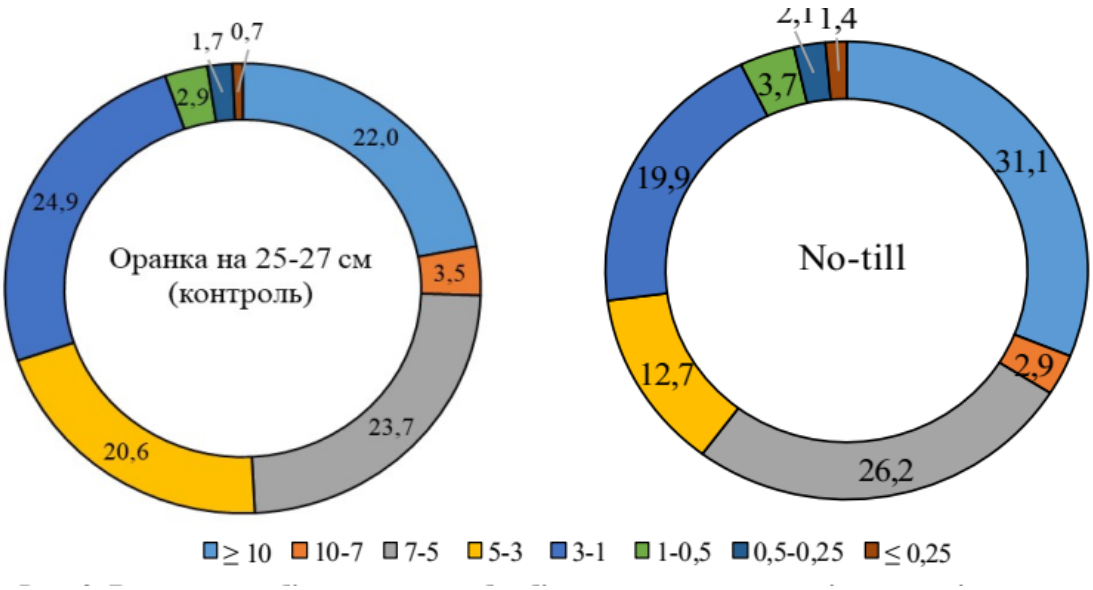

Рис. 3. **Вплив способів основного обробітку ґрунту на розподіл за розміром ґрунтових агрегатів у полі пшениці озимої в шарі 20–30 см (ВВСН –10–12).**

За тривалого дискування та No–till в нижньому 20–30 см шарі було встановлено найбільшу кількість структурних агрегатів розміром ≥10,0 мм, що більше відповідно на 4,6 та 9,1 %, ніж за оранки. Основною особливістю такого розподілу та формування за розміром структурних ґрунтових агрегатів є принцип дії робочих органів (дисків), які активно вирізають з поверхні (ґрунтової товщі на глибині 10–12 см) певного об'єму, формуючи певного розміру ґрунтові агрегати. Кількість агрегатів розміром ≤0,25 мм відображає сформовану (розпорошену) мікроструктуру ґрунту, і цінність її є значно нижчою порівно з агрономічною. Зростання кількості таких агрегатів, особливо в осінньо-зимовий період, який є вологонакопичувальним, і її підвищення знижує ефективність основного обробітку ґрунту, особливо на безструктурних схильних до запливання ґрунтах.

Так, беззмінне (впродовж 11-ти років) проведення різноглибинних способів основного обробітку ґрунту (оранка на 25–27 см, дискування на 10–12 см та технологія no-till) забезпечило стабілізацію та відобразило спрямованість особливостей формування агрофізичних властивостей – структурно-агрегатного складу 0–30 см шару і його вплив на формування продуктивності культур сівозміни. Урожайність пшениці озимої найвищою була за проведення полицевого обробітку ґрунту на 25–27 см з внесенням $N_{120}P_{90}K_{90}$ та заорюванням побічної продукції сої – 5,84 т/га, та стебел ріпаку ярого – 6,82 т/га. Зниження урожайності пшениці встановлено за no-till технології, де порівняно з контролем (оранка) вона була нижчою на 0,36 т/га за вирощування після ріпаку, і на 0,44 т/га після сої. Загалом на фоні різних систем удобрення пшениці озимої найвищий рівень урожайності отримано за внесення розрахункової дози добрив на запланований урожай, що становить 270 кг/га діючої речовини ($N_{120}P_{60}K_{90}$) в системі обробітку ґрунту з проведенням дискуванням на 10–12 см, де попередником висівали ріпак ярий. Локалізація в верхньому 0–12 см шарі ґрунту основної частки мінеральних добрив, сприятливі агрофізичні показники забезпечили рівень урожайності 7,0 т/га зерна пшениці озимої.

Попередніми дослідженнями [3, 16] встановлено особливості впливу різних систем удобрення (інтенсивна – 243–258, запланована урожайність – 280–289 кг/га д.р.) та різних способів основного обробітку ґрунту (оранка на 25–27 см і технологія No–till) на формування коефіцієнтів макро- та мікроагрегованості чорнозему типового малогумусного. Запровадження технології No–till на 8-й рік дії (2016 р.) забезпечило низку стабілізаційних ґрунтових процесів і зростання коефіцієнта макроструктури (5–1:1–0,1 мм) порівняно з показниками за проведення беззмінної оранки впродовж 8-ми років (2009–2016 рр.).

За результатами досліджень було отримано часткове підтвердження попередніх даних. Водночас диференціацію та пошаровий розподіл різних за розміром агрегатів і їх ефек-

тивність та відмінності залежно від глибини оброблювального шару, його непорушності та принципу дії робочих органів було проаналізовано в комплексі на 11-й рік. Окрім зазначених вище чинників впливу, істотним є вміст органічної речовини, стабілізація ґрунтових, зниження ерозійних процесів та формування протиерозійного з локалізацією у верхньому шарі та на поверхні біомаси, а також попередження розпилення і надмірного ущільнення в кореневмісному шарі ґрунту [22, 23].

За No–till встановлено істотне кількісне та якісне покращення макроструктури ґрунту порівняно з іншим способами основного обробітку як у верхньому 0–10 см, так і нижньому 20–30 см шарі, а також зниження кількості мікроагрегатів (≤0,25 мм) у 0–30 см шарі. З метою відновлення та формування міцної водостійкої структури ґрунту, зниження вітрової (здування, переміщення з поверхні агрегатів ≤0,25 мм) та водної (стійкість агрегатів до запливання, ущільнення, замулювання) ерозії слід застосувати No–till, що забезпечує зростання агрономічно цінної структури ґрунту, яка є стійкою до деградаційних процесів. За такої технології обробітку ґрунту, формуються сприятливі фізико-хімічні властивості, водний та повітряний режими.

Висновки. Структура ґрунту, фактичний структурно-агрегатний склад, його зміни в часі та просторі є фізичними параметрами, які впливають на формування агрофізичних і гідрологічних властивостей ґрунту, просочування води та газу, а також формування температурного режиму. Аналізуючи зміни та вплив у формуванні структури ґрунтових агрегатів у 0–30 см шарі на час збирання культури, тобто в результаті сукупної дії способу основного обробітку та кореневої системи вважаємо, що актуальним є проведення фундаментальних досліджень не лише в розрізі тривалості прямої дії способу основного обробітку ґрунту, а й у післядії культури як попередника на формування в комплексі зі способом основного обробітку структури грунту за вирощування наступної культури в сівозміні. За різних за принципом дії на ґрунт способів основного обробітку – полицевого (оранка на 25–27 см), що призводить до інтенсивного типу зміни структури ґрунтових агрегатів, і технології No–till з мінімальною дією на ґрунт, спостерігалася різниця у формуванні та пошаровому перерозподілі структурних агрегатів. А проведення впродовж 2009–2021 рр. беззмінних способів обробітку забезпечило результати досліджень з високим рівнем достовірності. Проаналізовані товщі ґрунту істотно різнилися між собою за показниками структурних агрегатів за вирощування пшениці та ріпаку. Спостерігалося також розущільнення грунту за вирощування культур з різним принципом локалізації кореневих систем у 0–30 см орному шарі. Вважаємо, що вирощування культур з різним типом кореневої системи є одним із заходів ефективного та малозатратного регулювання та сприяє оптимізації агрофізичних і гідрологічних показників грунту, особливо за технології No-till. За полицевої системи обробітку це забезпечується кількістю (т/га) сформованої побічної продукції, яка заорюється у грунт. Слід звернути увагу на запровадження саме такого заходу на грунтах з низьким природним рівнем родючості та на безструктурних грунтах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Муха В.Д., Лазарев В.И. Изменение физических свойств чернозема типичного при его длительном сельскохозяйственном использовании. Агрохимия. 2003. № 1. С. 5–8.

2. Носко Б.С. Антропогенна еволюція чорноземів. ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». Харків: 13 типографія. 2006. 239 с.

3. Структурно-агрегатний склад чорнозему типовому малогумусного за різних систем обробітку ґрунту. Ґрунти України, їх стан та збалансоване використання: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та спеціалістів (ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 27–28 травня 2020 р.) / Тарасенко О.А. та ін. Харків. С. 77–79.

4. Дегтярьов Ю.В. Структурно-агрегатний склад та щільність чорноземів типових Харківської і Сумської областей. Ґрунтознавство. Вісник ХНАУ. № 4, 2012. С. 116–120.

5. Демиденко О.В. Структурний стан чорнозему за довгострокової постагрогенної трансформації. Вісник аграрної науки. 2019. № 2. С. 13–21. DOI: 10.31073/agrovisnyk201912-02

6. Медведєв В.В. Нульовий обробіток ґрунту в Європейських країнах. Харьков: ТОВ Едена. 2010. 202 с.

7. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-till: навч. посіб. Київ: Логос. 2011. 252 с.

8. Сінченко В.В., Танчик С.П., Літвінов Д.В. Вплив різних способів основного обробітку ґрунту на структурно-агрегатний склад чорнозему типового у Правобережному Лісостепу України. Наукові доповіді НУБіП України. Агрономія. 2019. № 3 (79).

9. Медведев В.В. Структура почвы. Методы. Генезис. Классификация. Эволюция. География. Мониторинг. Охрана. Харьков: Городская типография. 2008. 406 с.

10. Soil Structure. Soil structure is defined as the combination and arrangement of primary (individual) soil particles into secondary structural units that form aggregates. Soil Health and Intensification of Agroecosytems. 2017. URL: https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/soil-structure

11. Grant C.A. Различные взгляды на питательные вещества при технологии No-till. 2-ая международная конференция по самовосстанавливающемуся земледелию на основе системного подхода No–till. Дне-

пропетровская обл., корпорация «Агро-Союз». 2005. С. 84–101.

12. Булигін С.Ю., Величко В.А., Демиденко О.В. Агрогенез чорнозему. Київ: Аграрна наука. 2016. 356 с.

13. Цюк О.А., Центило Л.В., Мельник В.І. Структурно-агрегатний склад грунту залежно від основного обробітку та удобрення. Біоресурси і природокористування. 2018. Том 10, № 5–6. С. 139–145. DOI: 10.31548/bio2018.05.017

14. Elliott E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. V. 1986. 50. P. 627–633. DOI: 10.2136/sssaj1986.03615995005000030017

15. Медведев В.В. Механизмы образования макроагрегатов черноземов. Почвоведение. 1994. № 11. С. 24–30.

16. Evaluating agrogenic structurization of soil variants under different application modes in the Forest-Steppe / Bulygin, S.Y. et al. Agricultural Science and Practice. 2020. 7 (3). P. 40–54. DOI: 10.15407/agrisp7.03.040

17. Gavva D., Novosad K., Dehtiarov Y. Physical characteristics of deep typical black soils of Eastern Forest-Steppe of Ukraine. London, SCIEMCEE publishing. 2019. P. 48–58.

18. Ситник В.П., Медведєв В.В. Обробіток ґрунту в Україні: плужний, мінімальний, нульовий? Вісник аграрної науки. 2007. № 2. С. 5–12.

19. Драган М.І., Гамалей В.І., Любчич О.Г. Агрегатний склад ґрунту за різних агротехнологічних заходів. Вісник аграрної науки. 2009. № 2. С. 11–17.

20. ДСТУ 4744:2007. Якість ґрунту. Визначання структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І. Савінова. ДСТУ 4744:2007. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 8 с.

21. Хитров Н.Б., Чечуева О.А. Способ интерпретации данных макро- и микроструктурного состояния почв. Почвоведение. 1994. № 2. С. 84–92.

22. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics / Six J. et al. Soil Till. Res. 2004. Vol. 79. P. 7–31. DOI: 10.1016/j.still.2004.03.008

23. Tillage effect on soil organic matter, mycorrhizal hyphae and aggregates in a mediterranean agroecosystem / Gustavo Curaqueo et. al. R.C. Suelo Nutr. Veg. 2010. 10 (1). P. 12–21.

REFERENCES

1. Muha, V.D., Lazarev, V.I. (2003). Izmenenie fizicheskih svojstv chernozema tipichnogo pri ego dlitel'nom sel'skohozjajstvennom ispol'zovanii [Changes in the physical properties of typical chernozem during its long-term agricultural use]. Agrohimija [Agrochemistry], no. 1, pp. 5–8.

2. Nosko, B.S. (2006). Antropogenna evoljucija chornozemiv [Anthropogenic evolution of chernozems]. NNC «Institut gruntoznavstva ta agrohimii' im. O.N. Sokolovs'kogo» [NSC «Institute of Soil Science and Agrochemistry. O.N. Sokolovsky»]. Kharkiv, 13 printing house, 239 p.

3. Tarasenko, O.A., Borys, N.E., Carinok, N.A., Ciganova, N.G. (2020). Strukturno-agregatnij sklad chornozemu tipovomu malogumusnogo za riznih sistem obrobitku gruntu. Grunti Ukrai'ni, i'h stan ta zbalansovane vikoristannja: materiali Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktichnoi' konferencii' molodih uchenih ta specialistiv [Structural and aggregate composition of typical low-humus chernozem under different tillage systems. Soils of Ukraine, their condition and balanced use: Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and specialists]. Kharkiv, pp. 77–79.

4. Degtjar'ov, V.V., Panasenko, O.S. (2013). Jakisnij sklad koloi'dnih form gumusu u vodotrivkih strukturnih agregatah chornozemu tipovogo Livoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ni [Qualitative composition of colloidal forms of humus in water-resistant structural aggregates of typical chernozem of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Gruntoznavstvo [Pedology]. Bulletin of KhNAU, Vol. 14, no. 3–4, pp. 18–27.

5. Demidenko, O.V. (2019). Strukturnij stan chornozemu za dovgostrokovoi' postagrogennoi' transformacii [Structural state of chernozem under long-term post-astrogenic transformatio]. Visnik agrarnoi' nauki [Bulletin of Agricultural Science], no. 2, pp. 13–21. DOI: 10.31073/agrovisnyk201912-02

6. Medvedjev, V.V. (2010). Nul'ovij obrobitok gruntu v Jevropejs'kih krai'nah [No-tillage in European countries]. Kharkiv, TOV Edena, 202 p.

7. Kosolap, M.P., Krotinov, O.P. (2011). Sistema zemlerobstva No-till [No-till farming system]. Kyiv, Logos. 252 p.

8. Sinchenko, V.V., Tanchyk, S.P., Litvinov, D.V. Vplyv riznyh sposobiv osnovnogo obrobitku g'runtu na strukturno-agregatnyj sklad chornozemu typovogo u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrai'ny [Influence of depending on tillage on structural and aggregatic composition of chernozem typical in the rightbank forest-steppe of Ukraine]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrai'ni. Agronomija [Scientific reports of NULES of Ukraine. Agronomy], no. 3(79). DOI: 10.31548/dopovidi2019.03.013

9. Medvedev, V.V. (2008). Struktura pochvy. Metody. Genezis. Klassifikacija. Jevoljucija. Geografija. Monitoring. Ohrana [Soil structure. Methods. Genesis. Classification. Evolution. Geography. Monitoring. Security]. Kharkiv, City typography. 406 p.

10. Soil Structure. Soil structure is defined as the combination and arrangement of primary (individual) soil particles into secondary structural units that form aggregates. Soil Health and Intensification of Agroecosytems. 2017. Available at: https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/soil-structure

11. Grant, C.A. (2005). Razlichnye vzgljady na pitatel'nye veshhestva pri tehnologii No-till [Different views on nutrients with No-till technology]. 2-aja mezhdunarodnaja konferencija po samovosstanavlivajushhemusja zemledeliju na osnove sistemnogo podhoda No-till [2nd International Conference on Self-Sustainable Agriculture based on the No-till system approach]. Dnipropetrovsk region, Agro-Soyuz corporation, pp. 84–101.

12. Buligin, S.Ju., Velichko, V.A., Demidenko, O.V. (2016). Agrogenez chornozemu [Agrogenesis of chernozem]. Kyiv, Agricultural science, 356 p.

13. Cjuk, O.A. Centilo, L.V., Mel'nik, V.I. (2018).

Strukturno-agregatnij sklad gruntu zalezhno vid osnovnogo obrobitku ta udobrennja [Structural and aggregate composition of the soil depending on the main tillage and fertilizer]. Bioresursi i prirodokoristuvannja [Bioresources and nature management]. Vol. 10, no. 5–6, pp. 139–145. DOI: 10.31548/bio2018.05.017

14. Elliott, E.T. (1986). Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J.V. 50, pp. 627–633. DOI: 10.2136/sssaj1986.03615995005000030017

15. Medvedev, V.V. (1994). Mehanizmy obrazovanija makroagregatov chernozemov [Mechanisms of formation of chernozem macroaggregates]. Pochvovedenie [Soil Science], no. 11, pp. 24–30.

16. Bulygin, S.Y., Demydenko, O.V., Velychko, V.A., Tkachenko, M.A., Vitvitskyi, S.V. (2020). Evaluating agrogenic structurization of soil variants under different application modes in the Forest-Steppe. Agricultural Science and Practice. 7 (3), pp. 40–54. DOI: 10.15407/agrisp7.03.040

17. Gavva, D., Novosad, K., Dehtiarov, Y. (2019). Physical characteristics of deep typical black soils of Eastern Forest-Steppe of Ukraine. London, SCIEMCEE publishing, pp. 48–58.

18. Sitnik, V.P., Medvedjev, V.V. (2007). Obrobitok gruntu v Ukrai'ni: pluzhnij, minimal'nij, nul'ovij? [Tillage in Ukraine: plow, minimum, zero?]. Visnik agrarnoi' nauki [Bulletin of Agricultural Science], no. 2, pp. 5–12.

19. Dragan, M.I., Gamalej, V.I., Ljubchich, O.G. (2009). Agregatnij sklad rruntu za riznih agrotehnologichnih zahodiv [Aggregate composition of soil under various agro-technological measures]. Visnik agrarnoi' nauki [Bulletin of Agricultural Science], no. 2, pp. 11–17.

20. DSTU 4744:2007. Jakist' gruntu [Soil quality]. Viznachannja strukturno-agregatnogo skladu sitovim metodom u modifikacii' N.I. Savvinova [DSTU 4744:2007. Determination of structural and aggregate composition by sieve method in modification N.I. Savvinova]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2008, 8 p.

21. Hitrov, N.B., Chechueva, O.A. (1994). Sposob interpretacii dannyh makro- i mikrostrukturnogo sostojanija pochv [Method for interpreting data on macro- and microstructural state of soils]. Pochvovedenie [Soil science], no. 2, pp. 84–92.

22. Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K. (2004). A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil Till. Res. Vol. 79, pp. 7–31. DOI: 10.1016/j.still.2004.03.008

23. Gustavo Curaqueo, Edmundo Acevedo, Pablo Cornejo, Alex Seguel. (2010). Tillage effect on soil organic matter, mycorrhizal hyphae and aggregates in a mediterranean agroecosystem. R.C. Suelo Nutr. Veg. 10 (1), pp. 12–21.

Временные и пространственные изменения структурно-агрегатного состава чернозема типичного при различных антропогенных нагрузках

Ткаченко Н.А., Борис Н.Е., Задубинна Е.В., Тарасенко Т.В., Подоляко А.М.

Целью работы является исследование особенностей формирования и закономерностей изменения структурно-агрегатного состава обработанного слоя чернозема типичного малогумусного при бессменном применении различных систем удобрения и способов основной обработки почвы в краткосрочных 4-польных севооборотах с насыщением на 75 % зерновыми и зернобобовыми и на 25 % масличными (подсолнечник, рапс яровой) культурами. Исследования проводили в длительном стационарном опыте отдела агропочвоведения и почвенной микробиологии ННЦ «Институт земледелия НААН» и лаборатории земледелия Панфильской ДС ННЦ «Институт земледелия НААН».

Оценена эффективность и влияние различных систем удобрения с сочетанием различных доз минеральных удобрений на фоне привлечения побочной продукции культур, и различных по интенсивности и принципу действия почвообрабатывающих орудий механического типа влияния на формирование и послойное распределение грунтовых агрегатов определенной формы и размера, их долю участия в формировании коэффициента структурности при разной антропогенной нагрузке.

Установлено направленность почвенных процессов, особенности структурообразования при длительном проведении разноглубинных способов основной обработки почвы, которые направлены на сохранение, противоэрозионные мероприятия и интенсивное использование обработанного 0–30 см слоя почвы (вспашка на 25–27 см – контроль) при выращивании культур, различных по принципу локализации корневой системы и физиологическим потребностям.

Ключевые слова: структурно-агрегатный состав, чернозем типичный, способ основной обработки почвы, дифференциация.

The temporal and spatial changes in the structural and aggregate composition of typical chernozem with different anthropogenic stress

Tkachenko M., Borys N., Zadubynna E., Tarasenko T., Podolyako A.

The paper aimed to establish features of formation and regularities of structural and aggregate content change in the cultivated layer of low-humus typical chernozem under constant application of various systems of fertilizing and the basic cultivation of soil in short-rotation 4-field crop rotations with 75 % saturation with grain (winter wheat, barley or spring barley) and 25 % oilseeds (sunflower, spring rape). The research was carried out in a long stationary experiment of the Department of Agrosoil Science and Soil Microbiology of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS» and the laboratory of agriculture of the Panfily Research Station of the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine».

The research results reveal the efficiency of different fertilizing systems (fertilizers with crop by-products) combined with tillage tools that differ in their intensity and principle of action. The fertilizing system affected the biomass formation and the tools effect involved layer-by-layer distribution of new crop biomass and formation of soil aggregates of certain shape and size, their share in the formation of structural properties formation which testifies the impact of various

anthropogenic stress. The study defines the direction of soil processes, features of structure formation for long-term implementation of different depth and methods of basic tillage with preservation and anti-erosion and intensive use of 0–30 cm tillage layer (plowing 25–27 cm – control) and long-term use of no–till technology for growing crops that vary on the principle of localization of the crops root system.

Key words: structural and aggregate composition, typical chernozem, method of basic tillage, differentiation.

Copyright: Ткаченко М.А. 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:

Ткаченко М.А.	https://orcid.org/0000-0001-6128-4703
Борис Н.Є.	https://orcid.org/0000-0002-9385-1263
Задубинна Є.В.	https://orcid.org/0000-0002-9428-5603
Тарасенко Т.В.	https://orcid.org/0000-0002-6463-7014
Подоляко А.М.	https://orcid.org/0000-0001-7660-2962