

Корисна модель належить до сільського господарства, зокрема ґрунтознавства, землеробства і рослинництва та може бути застосована для ефективного контролю складових системи ризиків у ґрунтовикористанні, відповідно до таких агрофізичних параметрів ґрунту як: щільність, щільність твердої фази, максимально можливе ущільнення, твердість, різні види шпаруватості.

Корисна модель може бути застосована для поліпшення його структурно-агрегатного стану, оптимізації відмічених агрофізичних параметрів ґрунту в товщині шару 0-30 см, підвищення інтегрального індексу його агрофізичної якості за рахунок приведення базових агрофізичних параметрів верхньої частини ґрунтового профілю до бажаного агротехнологічного рівня, формування передумов для оптимізації ґрунтовикористання та ґрунтореабілітації деградованих та порушених ґрунтів, запобігання та істотного зниження фізичної деградації ґрунту за системи його інтенсивного сільськогосподарського використання особливо у варіантах мінімального безвідвального обробітку.

Сидерація - один із самих поширених та застосовуваних агротехнологічних рішень, який базується на використанні властивого природнім агробіоценозам варіанта біоциклічного способу колообігу біогенних елементів у системі ґрунт-рослина за рахунок прямої реутилізації і іммобілізації свіжої органічної маси та рослинних решток за їх прямого загортання у відповідні горизонти ґрунтового профілю. Такий підхід дозволяє повністю відтворити природні процеси поповнення ґрунтового профілю органічними компонентами, нормалізувати процеси їх гуміфікації за одночасного зниження темпів мінералізації органічних сполук у ґрунті та посилення темпів гумусонакопичення [1].

Застосування сидерації, за рахунок саме інтенсифікації накопичення органіки у ґрунтовому профілі, особливо його частини в діапазоні 0-30 см за сучасних варіантів обробітку ґрунту формує умови для забезпечення підвищення рівня агрегування ґрунтових часток, зміни структурно-агрегатного складу ґрунту та, у підсумку, до формування нових параметрів його щільнісних характеристик та шпаруватості [2].

Відмічено, що окреслені процеси за впливу гумусових сполук як біологічний структуризатор та інтенсифікатор ґрунтової агрегації - забезпечують додаткове формування комплексу різнометричних ґрунтових агрегатів, підвищення рівня фрактального показника ґрунтового шару та у результаті підсумку істотно підвищує шпаруватість ґрунту і різновидові параметри щільності та твердості ґрунтових горизонтів [3].

Наголошується також, що ризики дефіциту вологозабезпечення, які складаються в умовах літньо-осіннього періоду проміжної сидерації, що у підсумку впливає негативно на темпи розкладу сидеральної маси та зниження бажаного ефекту накопичення органічного вуглецю. Це вимагає комбінованих підходів поєднання самого процесу сидерації з внесенням біологічних препаратів, які б гармонізували та оптимізували процес ґрунтової іммобілізації сидеральної маси та нівелювали окреслені агротехнологічні ризики у варіанті проміжної сидерації [4].

Слід зауважити, що потенціал сидерального поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту різних видів сидератів має істотні відмінності впливу та залежний від стартових властивостей ґрунту, кліматичних особливостей території та застосованих систем обробітку ґрунту з урахуванням ефективності комбінованого застосування з мікробіологічними та біоорганічними препаратами для оптимізації процесу самої сидерації у взаємодії з ґрунтовим вбирним комплексом [5].

Такі особливості вимагають пошуку оптимальних варіантів сидерального поліпшення агрофізичних властивостей ґрунтів інтенсивного сільськогосподарського використання з позиції добору видів рослин із високим потенціалом сидеральної продуктивності адаптованих до відповідних ґрунтово-кліматичних умов та відповідних додаткових біоорганічних компонентів для агротехнологічної оптимізації самого процесу сидерації після загортання сидеральної маси в ґрунт [6].

При цьому хрестоцвіті види сидератів належать до сидеральних культур із високим сидеральним потенціалом як з позиції формування сидеральної маси, так і з позиції позитивного впливу на потенціал родючості ґрунтів та широко використовуються у системах сидерального удобрення та рекреаційного утримання ґрунтів у сівозміні [7].

Відомий спосіб створення оптимальної щільності ґрунту при вирощуванні картоплі і насичення приземного повітря вуглецем, який полягає в застосуванні у якості поліпшуючого компонента рослинні рештки у варіанті солом'яної січки, зволоженої водним розчином патоки і препарату ЕМ Байкал із загортанням такої форми сухого ферментованого сидерату в ґрунт безпосередньо при садінні картоплі [8]. Недоліком цього способу є використання солом'янистих решток, що, по-перше, вимагає істотно вищих рівнів вологості ґрунту для послідовних процесів розкладання в ґрунтовому профілі, а, по-друге, - вимагає застосування компенсуючого удобрення, у даному випадку суміші ефективних мікроорганізмів (ЕМ Байкал), що знов-таки обмежуються параметрами потенціалу запасів продуктивної вологи самого ґрунту.

Розроблено спосіб поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту у широкорядних посівах сільськогосподарських культур, який передбачав глибоке (до 20 см) розущільнення ґрунту в міжряддях культиваторами-розпашниками зі спеціальними робочими органами - лапами аераторами [9]. До недоліку цього способу слід віднести високі енерговитрати способу, необхідність у кількарізовому його застосуванні впродовж вегетації культур та високі ризики формування плужної

підшови та переуцільнення горизонтів, які будуть технологічно розміщені нижче глибини ходу лап аераторів культиватора для міжрядного обробітку. Крім того застосування такого способу буде сприяти зростанню неоднорідності поля за агрофізичними параметрами внаслідок міжрядного (полосного) застосування рихлення, а також його направленість є суто механічною, що формує високі потенційні ризики посилення негативного впливу на ґрунтовий профіль за рахунок переміщення техніки по полю, що спричиняє формування сталих технологічних колій.

Відомий також спосіб створення оптимального за агрофізичними параметрами посівного шару ґрунту, який включає формування посівного шару з трьох прошарків відповідно до розмірів структурних агрегатів та щільності будови ґрунту. Спосіб передбачає застосування варіантів обробітку ґрунту, які забезпечують досягнення запрограмованих оптимальних агрофізичних параметрів посівного шару ґрунту (0-10 см) [10]. Недоліком такого способу є складність у реалізації з огляду на широкий інтервал оптимальності агрофізичних параметрів ґрунту для різних видів рослин, а також необхідність у доборі систем передпосівного обробітку, які матимуть різнорідний характер навіть у межах однієї ґрунтово-кліматичної зони. Крім того поліпшення ґрунту буде стосуватись лише посівного шару, що обмежує напрямок та інтенсивність оптимізації. Знову-таки напрямки поліпшення сформовано суто на комбінованих варіантах механізованого обробітку.

Запропоновано спосіб покращення якості ґрунтів у посівах кукурудзи залежно від технології вирощування в степовій зоні України, який включає основний та передпосівний обробіток ґрунту направлений на оптимізацію агрофізичних його параметрів у взаємодії з застосуванням надшироких міжрядь у 210 см із густотою стояння рослин 40 тис./га. [10]. Недоліком способу є вузька направленість патенту пов'язана з вирощуванням лише кукурудзи та високих ризиків такої технології з огляду на велику площу живлення рослин, ризиків послабленої сегетальної конкуренції та оберненого ефекту щодо оптимізації агрофізики ґрунту з позиції інтенсивності випаровування та екранування поля до супутніх процесів транспірації. Даний спосіб також потребує інтенсивної системи механізованих обробітків для підтримання належної чистоти міжрядь, що зумовлює високу його вартість, низьку конкурентоздатність у зональних технологіях вирощування кукурудзи, а також посилення темпів мінералізації за рахунок підтримання ґрунту в інтенсивно-розпушеному стані. У довготривалій перспективі це може, навпаки, привести до агрофізичної деградації ґрунту.

Найбільш близьким аналогом до корисної моделі є спосіб поліпшення агрофізичних властивостей темно-сірого опідзоленого ґрунту в зерно-просапній короткоротаційній сівозміні, який включає підготовку та розпушування ґрунту у відповідні фази розвитку, крім того, підготовку ґрунту проводять удобренням соломом під час збору озимої пшениці, після чого висівають сидеральну культуру (гірчиця біла), під час цвітіння якої площу дискують і вносять гній та мінеральні добрива в нормі $N_{50}P_{85}K_{110}$ [12]. Недоліком такого способу є потреба в додатковому мінеральному удобренні, що веде до збільшення собівартості вирощеної продукції щонайменше на 15 %. Крім того застосування соломи вимагає потреби в так званому компенсуючому удобренні азотом, що авторами розробки відтерміновано аж до загортання у ґрунт сидерату. При цьому основний акцент оптимізації темпів розкладання та іммобілізації маси соломи та біоорганічної маси сидерату робиться на застосуванні лише мінеральних добрив. Такий підхід із позиції вираженого дефіциту вологи у період проміжної сидерації у період із липня по вересень для умов центральних і південних регіонів України може бути проблемним із позиції розчинення добрива та ризиків агрохімічної токсикації ґрунту за рахунок їх слабо дисоційованої діючої речовини. У підсумку це може створити непередбачувані наслідки щодо іммобілізації азоту з ґрунту та сформувати несприятливі умови щодо перерозподілу вологи у ґрунтовому профілі внаслідок мінералізації соломи та розчинення добрива. Спосіб має також обмеження для сівозмін із короткою ротацією при певному насиченні сільськогосподарськими культурами стерньової зернової групи.

В основу корисної моделі поставлено задачу формування сталого позитивного динамічного в часі покращення агрофізичних параметрів ґрунту на глибину орного горизонту 0-30 см за відповідної ротації сівозміни.

Поставлена задача вирішується тим, що для поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту, застосовується не рідше ніж раз на два роки на одній і тій самій площі проміжна сидерація під культури нехрестоцвітної групи за використання редьки олійної, посіяної звичайним рядковим способом із нормою 2,5 млн схожих насінин/га при обов'язковому ґрунтовому загортанні на глибину 14-16 см, після попереднього скошування з подрібненням та одночасним внесенням на подрібнену масу нормою 250 л/га суміші водного розчину біодеструктора рослинних решток (з розрахунку 1 л/га) та аміачної селітри (з розрахунку 3 кг/га).

Представляємо результати конкретного виконання корисної моделі, що пропонується. Дослідження проводили впродовж 2020-2025 рр. в умовах дослідного поля Вінницького національного аграрного університету на сірих лісових ґрунтах. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок мав наступні агрохімічні показники: вміст гумусу - 2,68 %, легкогідролізованого азоту - 81,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору - 176,1 мг/кг ґрунту, обмінного калію - 110,8 мг/кг ґрунту, рНксі - 5,8.

Використовували систему літнього сидерального вирощування редьки олійної на неудобреному фоні з нормою висіву 2,5 млн схожих насінин/га звичайним рядковим способом. Сидерацію було

проведено при досягненні рослинами редьки олійної фази цвітіння.

Сидерат загортався в ґрунт на глибину 14-16 см в усі роки після попереднього скошування з подрібненням. Глибина обробітку у позасидеральний період була диференційованою з чергуванням залежно від варіанта зональної технології вирощування відповідної сільськогосподарської культури згідно зі схемою чергування сівозміни.

Агрофізичні показники досліджували за загальноприйнятими у землеробстві методиками пошарово з інтервалом у 10 см до глибини 30 см.

Схема даного досліді була ступінчастою у період 2014-2019 років передбачала співставлення двох послідовних варіантів технологій контрольної без сидерації, сидераційної без застосування додаткових компонентів (варіант однокомпонентної сидерації). За виходу на ринок України біопрепаратів, які рекомендовані для оптимізації процесу сидерального розкладання біомаси у ґрунті у період 2020-2024 років було додано третій варіант сидераційної технології при застосуванні розчину полікомпонентного мікробно-ферментного комплексу біопрепарату Ротура (варіант комбінованої сидерації).

Ротура - комплексний концентрований біодеструктор для прискорення розкладання рослинних решток, мінералізації поживних елементів, оздоровлення ґрунту та попередження його мікробіологічної деградації. До його складу входить: комплекс грибів *Trichoderma spp*, комплекс бактерій *Bacillus spp*, *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, гумати калію, фульвокислота. Загальне число життєздатних клітин $2,5-5,0 \times 10^9$ КУО/см³. Препарат сертифікований (у виробництві з 2014 року) та рекомендований для оптимізації розкладання у ґрунті сидеральної маси хрестоцвітих сидератів з нормою витрати 0,8-1,0 л/га при додаванні 3 кг/га селітри (для оптимального старту препарату при обробці подрібненої маси сидерату) [13].

Обидва варіанти було накладено на відповідне чергування культур у сівозміні у якій були відсутні інші види хрестоцвітих рослин (за відсутності застосування мінеральних та органічних добрив на контрольному варіанті впродовж всього періоду досліді). У підсумку за період 2014-2025 рр. сидерацію в обох її варіантах було застосовано з періодичністю раз на два роки на одній і тій же дослідній ділянці для уникнення фітотоксичності одновидового сидерату під таку ланку чергування культур сорго зернове (2014 р.) - горох (2016 р.) - соя (2018 р.) - соняшник (2020 р.) - нут (2022 р.) - кукурудза на зерно (2024 р.). Облік показників здійснено у три етапи: на початку досліді у 2014 р. до проведення сидерації (як форма вихідного (абсолютного) контролю) у 2019 році по завершенню дослідження спів ставного порівняння контрольного та однокомпонентного сидераційного варіанта та у 2025 році весною до посіву відповідної культури для співставлення трьох застосованих варіантів. На підставі масиву експериментальних даних було розраховано індекс якості ґрунту (далі - ІЯГ). Даний параметр відповідав міжнародним нормам у прикладному ґрунтознавстві та визначався відповідно до системи калькуляції ваги кожного критерію агрофізичних параметрів у загальній сукупності формування агрофізичних його властивостей з позиції їх впливу на потенціал родючості ґрунту з критерійною оцінкою параметрів у варіанті аналізу головних компонент (далі - АГК). Проведені дослідження впродовж 2014-2025 років, показали, що застосований спосіб сидерації мав істотний вплив на формування комплексу агрофізичних показників сірого лісового ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1

Масив агрофізичних параметрів властивостей ґрунту залежно від варіантів досліді (за співставний період 2014-2025)*

Варіант досліді	Шар ґрунту, см	Частка фракцій, %			Щ г/см³	ЩТФ, г/см³	Т, кг/см²	ШК %	ШН, %	ША, %	ЗШ %
		пісок	мул	глина							
2014											
Абсолютний контроль	0-10	23,84 ^a	63,97 ^a	22,52 ^a	1,32 ^a	2,55 ^a	13,51 ^a	26,36 ^a	20,44 ^a	21,54 ^a	46,80 ^a
	10-20	23,51 ^a	61,21 ^o	23,36 ^a	1,36 ^b	2,57 ^a	16,17 ^b	26,78 ^a	19,78 ^b	18,64 ^b	46,56 ^a
	20-30	21,97 ^a	63,95 ^a	23,09 ^a	1,45 ^c	2,62 ^b	19,56 ^c	25,35 ^b	18,53 ^b	14,98 ^c	43,88 ^b
2019											
Контрольний варіант	0-10	28,66 ^b	63,48 ^a	24,59 ^b	1,37 ^a	2,61 ^a	15,29 ^a	24,74 ^a	19,74 ^a	20,43 ^a	44,48 ^a
	10-20	29,06 ^b	63,54 ^a	24,31 ^b	1,41 ^b	2,63 ^a	18,39 ^b	25,29 ^a	19,15 ^a	17,17 ^b	44,44 ^a
	20-30	27,73 ^b	64,52 ^c	24,99 ^b	1,49 ^c	2,65 ^a	19,44 ^b	23,28 ^b	18,47 ^a	12,22 ^c	41,75 ^b
Однокомпонентна сидерація	0-10	19,20 ^c	61,11 ^d	22,21 ^a	1,18 ^a	2,48 ^a	11,24 ^a	27,22 ^a	23,17 ^a	23,61 ^a	50,39 ^a
	10-20	18,56 ^c	61,41 ^d	22,60 ^a	1,22 ^b	2,51 ^a	14,87 ^b	29,14 ^b	21,17 ^b	20,48 ^b	50,31 ^a
	20-30	19,97 ^d	63,01 ^b	22,98 ^a	1,29 ^c	2,54 ^b	16,24 ^b	28,84 ^b	19,63 ^c	18,07 ^b	48,47 ^b
2025											
Контроль	0-10	30,46 ^e	63,59 ^a	26,29 ^c	1,42 ^a	2,65 ^a	16,18 ^a	24,72 ^a	18,41 ^a	18,23 ^a	43,13 ^a

ний варіант	10-20	29,85 ^e	64,02 ^a	25,33 ^b	1,45 ^a	2,67 ^a	19,81 ^b	25,19 ^a	17,12 ^b	15,47 ^b	42,31 ^a
	20-30	27,26 ^b	64,65 ^c	26,56 ^c	1,49 ^b	2,72 ^b	21,96 ^c	23,92 ^b	16,85 ^b	11,15 ^c	40,77 ^b
Однокомп онентна	0-10	18,65 ^c	62,59 ^b	20,44 ^d	1,14 ^a	2,39 ^a	10,12 ^a	28,18 ^a	24,59 ^a	25,59 ^a	52,77 ^a
	10-20	18,38 ^c	62,42 ^b	19,20 ^e	1,17 ^a	2,41 ^a	12,24 ^b	29,89 ^b	23,55 ^b	23,48 ^b	53,44 ^b
сидерація	20-30	17,78 ^f	63,79 ^a	19,43 ^e	1,22 ^b	2,44 ^a	13,21 ^b	29,48 ^b	22,08 ^b	20,22 ^c	51,56 ^c
	0-10	19,22 ^a	62,14 ^a	18,64 ^a	1,12 ^a	2,35 ^a	10,09 ^a	27,44 ^a	24,77 ^a	26,11 ^a	52,21 ^a
Комбінова на	10-20	19,08 ^a	62,07 ^a	18,85 ^a	1,18 ^b	2,37 ^a	11,88 ^b	30,28 ^a	23,91 ^a	24,27 ^b	54,19 ^b
	20-30	18,71 ^b	62,89 ^a	18,40 ^a	1,20 ^b	2,42 ^b	11,96 ^b	30,05 ^b	21,75 ^b	22,09 ^c	51,80 ^a

Контекст показників: Щ - щільність ґрунту, г/см³; ЩТФ - щільність твердої фази ґрунту, г/см³; Т - твердість ґрунту, кг/см²; КШ - капілярна шпаруватість ґрунту, %; НШ - некапілярну шпаруватість ґрунту, %; ША - шпаруватість аерації ґрунту, %; ЗШ - Загальна шпаруватість ґрунту, %. Різні малі літери у формі верхніх індексів над показниками вказують на істотні відмінності між варіантами дослідів для фракцій механічного складу в одному і тому ж шарі ґрунту (p<0,05).

Сам процес зміни агрофізичних параметрів ґрунту було пов'язано з оцінкою змін основних класифікуючих груп механічного складу ґрунту. Незважаючи на той факт, що механічний склад ґрунту є стійким показником і в більшій мірі залежний від материнської породи та генезису ґрунтоутворення сидерація на який має менш істотний загальний вплив - визначено певну тенденцію до зміни основних складових механічного складу ґрунту. Зокрема у співставленні до варіанта абсолютного контролю на кінцеву дату обліку (2025 рік) у середньому для шару ґрунту 0-30 см у варіанті комбінованої сидерації ідентифіковано зниження фракції піску (0,05-2,00 мм) на 17,76 %, фракцій мулу (0,002-0,05 мм) на 1,68 % та фракції глини (<0,002 мм) на 18,97 %.

Враховуючи сталість фракції ґрунту <0,25 мм із позиції участі у формуванні ґрунтових агрегатів - визначені особливості формування механічного складу ґрунту позитивно узгоджується з моделями ґрунтової агрегації на фоні систематичного поповнення ґрунту рослиною органікою та посилення агрегації за участю проміжних фракцій розміром <0,05 мм та одночасного посилення внутрішньопрофільного лесиважу найдрібніших фракцій, що формує певні структурні зрушення в основних фракціях, які власне визначають механічний склад ґрунту. Такий характер позитивного впливу запропонованого способу підтверджено мікроснімками поверхні ґрунтових мікроагрегатів у контрольному варіанті та варіанті з комбінованою сидерацією (Фіг. 1). При цьому зберігається загальна класифікуюча група співвідношень компонентів механічного складу, зокрема, для представленої різновидності середньосуглинкового механічного складу. Таким чином, у варіанті сірих лісових ґрунтів, за їх інтенсивного сільськогосподарського використання на фоні відсутності будь-якого удобрення, а особливо - органічного, що формує негативну динаміку вмісту органіки у ґрунті відмічено диспергування ґрунтових агрегатів, одночасне зростання фракцій ґрунту з розміром >10 мм та <0,25 мм при зміщенні фракційного співвідношення у довготривалій оцінці у сторону фракцій < 2 мм, а в мікроагрегатному відношенні істотне зростання фракцій < 0,05 мм. Така динаміка веде до інтенсивного ущільнення ґрунту, зниження всіх форм пористості з результирующим підсумком поступовою зростання твердості ґрунту. Такі процеси було підтверджено з огляду на формування всіх агрофізичних параметрів ґрунту у дослідних варіантах. Так, за результатами співставлення варіантів комбінованої сидерації та її відсутності на кінцеву дату обліку (2025 рік) визначено зниження показників щільності ґрунту на 20,11 %, щільності твердої фази на 10,14 %, твердості на 34,71 % на фоні зростання показників капілярної шпаруватості на 19,31 %, некапілярної шпаруватості на 35,27 % та шпаруватості аерації на 58,33 %. При цьому середній індекс оптимізації співставлення варіанта комбінованої та однокомпонентної сидерації становив 1,077, тобто у середньому варіант комбінованої сидерації мав істотно вищу ефективність. За цих же умов у співставленні до варіанта абсолютного контролю (вихідні облікові показники 2014 року) відмічено обернену динаміку: збільшення показників щільності на 5,65 %, щільності твердої фази на 3,88 %, твердості на 18,18 % на фоні зниження показників капілярної пористості на 5,93 %, некапілярної і пористості аерації відповідно на 10,82 % та 19,31 %. Стосовно показника загальної пористості, то його значення визначалось специфікою формування складових видів пористості виходячи з особливостей його калькуляції за співвідношенням капілярної та некапілярної пористості ґрунту.

Отриманий масив дослідних даних було використано для калькуляції ІЯГ на підставі оцінки ваги оцінених критеріїв агрофізичного стану ґрунту з огляд) на особливості їх формування у межах варіантів дослідів та наступного аналізу головних компонент (табл. 2).

Відповідно до визначеного значення ваги конкретного параметру агрофізичних властивостей та на підставі рівня акумуляції двох головних компонент (>90,0 %) - відібрані параметри формують надійний критерійний масив в оцінці загальної якості ґрунту зі сторони агрофізичних ознак, які є визначальними у індикації просторової та пустотної структури ґрунтового профілю і фактично відповідальні заряд

теплових, повітряних та водних його властивостей.

Таблиця 2

Аналіз головних компонент за параметрами агрофізичних властивостей ґрунту (за масивом даних 2014-2025)

Агрофізичний параметр ґрунту*	Головна компонента I	Головна компонента II	Спільність	Вага i-го параметра (w_i)
Щ	0,989	0,049	0,981	0,144
ЩТФ	0,979	0,092	0,966	0,141
Т	0,948	-0,286	0,981	0,144
ШК	0,891	0,422	0,971	0,142
Шн	-0,976	0,095	0,962	0,141
ША	0,926	-0,338	0,972	0,142
ЗШ	0,985	0,166	0,998	0,146
Власне значення	6,411	0/421		
Відсоток дисперсії	91,598	6,022		
Кумулятивний відсоток дисперсії	91,598	97,620		

*Індикація показників представлена у підписах до табл. 1.

Визначені вагові коефіцієнти за використання нелінійної нормалізації середніх значень для їх трансформації у значення в межах модульного інтервалу від 0 до 1 дозволили отримати значення згадуваного індексу ІЯГ для кожного варіанта дослідів (Фіг. 2), де однакові індексні літери в стовпчиках графіка вказують на відсутність істотної різниці між варіантами на рівні значущості $p < 0,05$.

Представлені результати вказують на стає та динамічне зростання індексу якості ґрунту за систематичного застосування сидерації ґрунту. У результатуючому підсумку на граничну дату обліку (2025 рік) у середньому для шару ґрунту 0-30 см на варіанті з комбінованою сидерацією його значення було 0,71 проти 0,34 у варіанті без сидерації, тобто більш ніж удвічі вищим.

Джерела інформації:

1. Abdulraheem M.I., Tobe O.K. Green manure for agricultural sustainability and improvement of soil fertility. Farming & Management. 2022. Vol. 7. P. 1- 8 DOI: 10.31830/2456-8724.2022.FM-101

2. Gentsch N., Riechers F., Boy J., Schwenecker D., Feuerstein U., Heuermann D., Guggenberger G.. Cover crops improve soil structure and change organic carbon distribution in macroaggregate fractions. Soil 2024. Issue 10. P. 139-150. DOI: 10.5194/soil-10-139-2024

3. Li Y., Jia X., Zhao W., Gao R., Luo W., Wang T.. Changes in Soil Aggregates and Aggregate-Associated Carbon Following Green Manure-Maize Rotations in Coastal Saline Soil. Agronomy. 2025. Vol. 15. № 6. 1283. DOI: 10.3390/agronomy15061283

4. Ansari M.A., Choudhury B.U., Layek J., Das A., Lai R., Mishra V.K. Green manuring and crop residue management: Effect on soil organic carbon stock, aggregation, and system productivity in the foothills of Eastern Himalaya (India). Soil Tillage Research. 2022. Vol. 218. 105318. DOI: 10.1016/j.still.2022.105318

5. Lei B., Wang J., Yao H. Ecological and environmental benefits of planting green manure in paddy fields. Agriculture. 2022. Vol. 12. № 2. 223. DOI: 10.3390/agriculture12020223

6. Singh D., Devi K.B., Ashoka P., Bahadur R., Kumar N., Devi O. R., Shahni Y.S. Green Manure: Aspects and its Role in Sustainable Agriculture. International Journal of Environment and Climate Change. 2023. Vol. 13. № 11. P. 39-45. DOI: 10.9734/ijec/2023/v13i113142

6. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Вінниця: ТОВ "Друк", 2022. 770 с. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/31996.pdf> (дата звернення 03.08.2025 р.).

8. Спосіб створення оптимальної щільності ґрунту при вирощуванні картоплі: пат. 68418 Україна: А01С 21/00; № u201110484; заявл. 21.02.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. № 12. 2 с. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/315939/> (дата звернення 03.08.2025 р.).

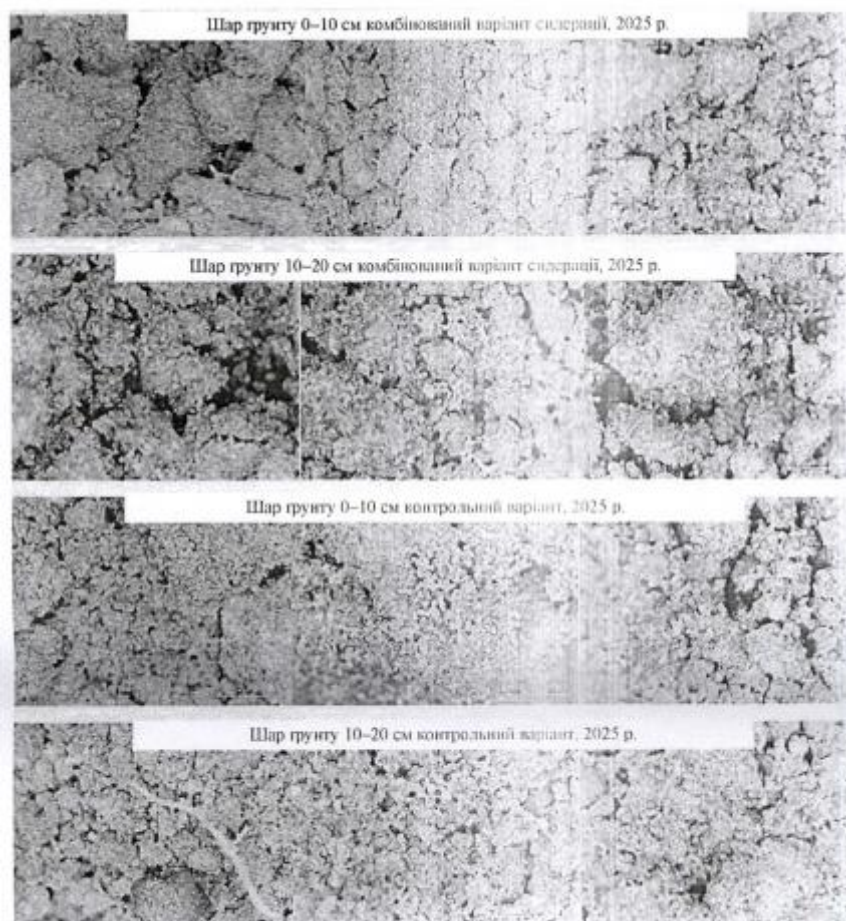
9. Спосіб поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту у ширококорядних посівах сільськогосподарських культур: пат. 54740 Україна: А01В 79/00; № u201004866; заявл. 23.04.2010; опубл. 25.11.2010, Бюл. № 22. 3 с. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/254900/> (дата звернення 03.08.2025 р.).

10. Спосіб створення оптимального за агрофізичними параметрами посівного шару ґрунту: пат. 156376 Україна: А01В 79/00; № u202204373; заявл. 21.11.2022; опубл. 19.06.2024, Бюл. № 25. 6 с. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1805636/> (дата звернення 03.08.2025 р.).

11. Спосіб покращення якості ґрунтів в посівах кукурудзи залежно від технології вирощування в степовій зоні України: пат. 136889 Україна: A01B 79/02 (2006.01), A01B 79/00; u201903255; заявл. 01.04.2019; опубл. 10.09.2019, Бюл. № 17. 5 с. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1374719/> (дата звернення 03.08.2025 р.).

12. Спосіб поліпшення агрофізичних властивостей темно-сірого опідзоленого ґрунту в зерно-просапній короткоротаційній сівозміні: пат. 85529 Україна: A01B 79/02 (2006.01), A01B 79/00; № u201305751; заявл. 07.05.2013; опубл. 25.11.2013, Бюл. № 22. 6 с. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1127593/> (дата звернення 03.08.2025 р.).

13. Сучасні аграрні технології. Ротура. URL: <https://sateh.com.ua/catalog/rotura/> (дата звернення 07.04.2026 р.).



Фіг. 1

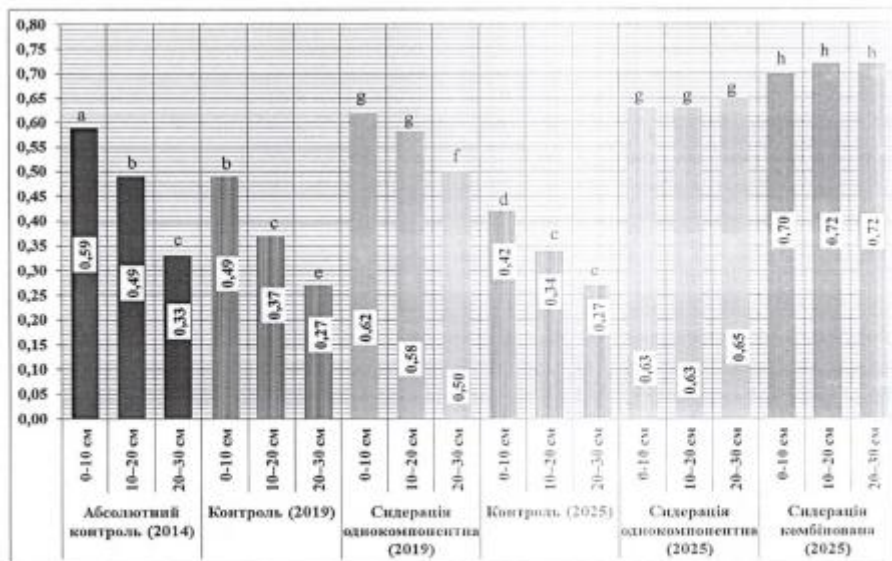


Fig. 2