

Вплив біодеструктора стерні та способу основного обробітку на поживний режим ґрунту

Анотація. Щорічно в Україні відбувається зниження показників родючості ґрунтів. Тому, для забезпечення бездефіцитного балансу ґрунту необхідно залучати додаткові резерви органічної сировини, зокрема післяжнивні рештки сільськогосподарських культур, а для їх деструктуризації використовувати біопрепарати. На сьогодні ще не зовсім повно вивчено дію біодеструкторів стерні на процеси мінералізації післяжнивних решток рослин, особливо за різних способів основного обробітку ґрунту, тому метою нашого дослідження було визначити вплив деструктора Екостерн Класичний та способу основного обробітку ґрунту на його поживний режим в умовах півдня України. Методи досліджень: польовий, лабораторний. Дослідженнями встановлено кількість нітратів, рухомого фосфору та обмінного калію, що залишилася в середньому за роки досліджень у ґрунті дослідної ділянки після збирання пшениці озимої склала відповідно 6,3; 47,5 та 208,8 мг/кг ґрунту, а після збирання ячменю озимого – 5,9; 42,8 та 202,4 мг/кг ґрунту. Після часткової мінералізації рослинних решток озимих культур, за три місяці, вміст елементів живлення у ґрунті зростав, особливо за обробки біодеструктором Екостерн Класичний. Визначено, що застосування оранки сприяло пришвидженню мінералізації рослинних решток пшениці озимої та більшому нагромадженню у ґрунті елементів живлення. Так, за обробки післяжнивних решток пшениці озимої біодеструктором за використання оранки у ґрунті було визначено 11,3 мг/кг ґрунту нітратів, 53,9 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та 261,8 мг/кг ґрунту – обмінного калію. За обробки післяжнивних решток ячменю озимого показники були дещо меншими – відповідно 10,5; 51,5 та 251,0 мг/кг ґрунту. Практична цінність досліджень полягає у вдосконаленні процесів, пов'язаних із підвищенням родючості ґрунтів півдня України за рахунок значно раціональнішого використання післяжнивних решток пшениці та ячменю озимих форм

Ключові слова: післяжнивні рештки, деструктуризація, оранка, безполицевий обробіток ґрунту, родючість ґрунту, елементи живлення

Вступ

Україна – одна з найбагатших країн світу, адже має високородючі ґрунти, зокрема володіє найбільшою часткою світового фонду чорноземів [1]. Ґрунт є основним засобом сільськогосподарського виробництва і тому успіх землеробської галузі залежить саме від родючості ґрунтів [1]. Проте, в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва України спостерігається посилення антропогенного впливу на ґрунти, змінюється їх біологічний і гумусовий стан. У зв'язку з цим стає все більш важливим дослідження закономірностей мікробних, біохімічних та хімічних процесів у ґрунтах залежно від застосованих добрив. Нагальна потреба у відновленні природних екосистем для підтримки їхнього біорізноманіття на рівнях, що гарантують екологічну стабільність, ставить перед наукою нові завдання щодо забезпечення термінових заходів, спрямованих на захист навколишнього середовища від забруднення та руйнування [2].

Екологічно безпечним фактором підвищення родючості, поліпшення агрофізичних властивостей ґрунтів, джерелом органічної речовини є подрібнені і заорені у ґрунт післяжнивні рештки сільськогосподарських культур, зокрема зернових [3]. Рослинні рештки сільськогосподарських культур є найважливішим ресурсом для відтворення органічної речовини та підтримки функціональних властивостей ґрунту, є ключовим компонентом сталого розвитку сільськогосподарського виробництва [12]. Вони забезпечують ґрунти органічними речовинами, які трансформуються мікроорганізмами, що живуть у ґрунтах. Тому поширеним є внесення соломи як біологічного удобрення та енергетичного матеріалу

утворення ґрунту [13]. Солома сільськогосподарських культур раніше відігравала життєво важливу роль у повсякденному житті людей, а також у промисловості, при цьому використання енергії та виготовлення целюлози і паперу були найпоширенішими методами. Раніше біомаса рослин була найважливішим джерелом енергії в сільській місцевості, на неї припадало понад 70 % загального споживання енергії [6]. На сьогодні солома зернових культур все більше привертає до себе увагу як доступна у всьому світі сировина, яку можна використовувати для виробництва хімічних речовин і палива на біологічній основі за допомогою різних технічних процесів і шляхів валоризації [7; 8].

Цілі сталого розвитку промисловості щодо біохімічних речовин і палива можуть призвести до збільшення попиту на соломі зернових культур, що може негативно вплинути на вміст органічних речовин у ґрунті. Солома зернових є поширеним побічним продуктом сільського господарства у світі та Європі зокрема. Наразі в ЄС застосовуються загальні обмеження на видалення соломи з метою збереження органічної речовини ґрунту [9]. Але згідно з припущеннями деяких науковців, дотримання обмежень на видалення соломи з полів не впливає на вміст органічної речовини у ґрунті [10; 11].

В Україні пшенична солома є однією з найпоширеніших категорій сільськогосподарських відходів, які зазвичай щороку викидаються та спалюються, що створює екологічні проблеми [12]. Дослідженнями встановлено, що заорювання у ґрунт післязливних решток сільськогосподарських культур на фоні застосування сучасних біопрепаратів для їх мінералізації покращує поживний режим ґрунту, роботу корисної мікрофлори ґрунту, що в подальшому забезпечує зростання урожайності сільськогосподарських культур [13]. На сьогодні ще не вповні вивчено дію біодеструкторів стерні на процеси мінералізації післязливних решток сільськогосподарських культур, особливо за різних способів основної обробки ґрунту, тому *метою дослідження* було визначити вплив біодеструктора стерні пшениці озимої та способу обробки ґрунту на поживний режим ґрунту в умовах Півдня України.

Огляд літератури

У сучасному аграрному виробництві у світі, як зазначає В.М. Сендецький, на першому плані стосовно розв'язання проблеми підвищення родючості ґрунтів є повернення елементів живлення у ґрунт завдяки заорюванню решток рослин і використанню біодеструкторів, створених на основі мікроорганізмів, які утворюють ферменти, що розкладають рослинні рештки [14]. Автор зазначає, що їх використання сприяє зростанню чисельності та покращенню процесів життєдіяльності корисних мікроорганізмів у ґрунті, а також пригнічення патогенної мікрофлори ґрунту. Одночасно із підвищенням показників родючості спостерігається і відновлення ґрунту [15]. Є. Домарацький зазначають, що це є дуже актуальним на сьогоднішній день, адже саме родючість ґрунту визначає рівень урожайності сільськогосподарських культур та екологічну рівновагу навколишнього середовища [16].

Поживний режим ґрунту характеризується вмістом у ньому макро- та мікроелементів, є одним із головних чинників, що впливають на урожайність сільськогосподарських культур. За даними досліджень В. Гамаюнової, чим вищий вміст у ґрунті елементів живлення для рослин, тим він родючіший [1]. Родючість ґрунту визначається кількістю гумусу в ньому. Гумус є органічною складовою ґрунту, яка утворюється в процесі біологічного та хімічного розкладання решток тварин і рослин. Застосування біодеструкторів сприяє прискоренню цих процесів і нагромадженню елементів живлення у ґрунті. Вчені довели, що існує залежність: чим вищий відсоток гумусу в ґрунті, тим більше поживних речовин отримує рослина і тим вищий урожай вона формує [17].

За даними дослідників, сучасні умови господарювання призводять до зниження урожайності ґрунтів за рахунок активного використання елементів живлення з ґрунту і відсутності їх поповнення, що призводить до активної деградації ґрунтів [18; 20]. Слід зазначити, що велика частка елементів живлення втрачається ґрунтами за рахунок

нагромадження і виносу їх разом з товарною частиною урожаю сільськогосподарських культур, і без їх відшкодування у вигляді мінеральних добрив, сучасних біо- і рістрегулюючих препаратів, поживних решток відбувається збільшення дефіциту макро- і мікроелементів у ґрунті [19; 21]. Саме тому, заорювання у ґрунт післяжнивних решток сільськогосподарських культур, застосування сучасних біодеструкторів, а також вивчення біологічної активності ґрунтів є вирішальним завданням на сучасному етапі розвитку аграрного сектора. Глибше розуміння мікробіологічних процесів дозволить виявити закономірності трансформації органічної речовини, наслідки антропогенного впливу на ґрунти та шляхи їх усунення. Одним із таких заходів є використання біодеструкторів у сучасних агротехнологіях для ефективного розкладання рослинних залишків [22].

Матеріали та методи

Експериментальні дослідження проводили впродовж 2019-2021 рр. на дослідному полі Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Господарство розташоване в третьому агрокліматичному районі, який входить до підзони Південного Степу України. Клімат зони розташування господарства є помірно-континентальним, часто спостерігаються сухості і посухи, що спричинені низькою вологістю повітря. Найбільш характерною особливістю зони розташування господарства є незначна кількість опадів, яка перевищує показники випаровуваності вологи. Погодні умови в роки проведення досліджень були типовими для зони розташування господарства, але різнилися за показниками температурного режиму і кількості опадів.

Ґрунт дослідних ділянок представлений чорноземом південним, залишково-слабкосолонцюватим важкосуглинковим на лесах. Реакція ґрунтового розчину нейтральна (рН – 6,8). Вміст гумусу в шарі 0 – 30 см становить 3,3%. Рухомих форм елементів живлення в орному шарі ґрунту в середньому міститься: нітратів (за Грандваль Ляжу) – 18, рухомого фосфору (за Мачигінім) – 49, обмінного калію (на полуменовому фотометрі) – 295 мг/кг ґрунту.

Дослідження проводили з пшеницею та ячменем озимих форм. Технологія вирощування культур у досліді була загальноприйнятою до існуючих зональних рекомендацій для Південного Степу України. Після збирання пшениці озимої та ячменю озимого їх післяжнивні рештки обробляли деструктором стерні Екостерн Класичний у дозі 2,0 л біопрепарату з витратою робочого розчину 200 л на 1 га.

У досліді вивчали такі фактори та варіанти:

Фактор А – спосіб основного обробітку ґрунту:

1. Безполицевий (чизельний обробіток);
2. Оранка.

Фактор В – обробка післяжнивних решток:

1. Вода;
2. Екостерн Класичний.

У досліді використовували біодеструктор стерні Екостерн Класичний – це концентрований засіб, до складу якого входять гриби і бактерії, які пришвидшують розкладання залишків рослин, крім цього біопрепарат містить антагоністи патогенних мікроорганізмів, живі клітини *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Agrobacterium* і гриби роду *Trichoderma*, зокрема *Trichoderma lignorum* та *Trichoderma viride*. Кількість колонієутворюючих одиниць (КУО) становить $3,5 \times 10^9$ на cm^3 . Біопрепарат призначений для ефективного розкладання рослинних решток, підвищення біологічної активності ґрунту, його оздоровлення за рахунок внесення корисних мікроорганізмів і, як наслідок, підвищення продуктивності культур в сівозміні [22].

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками. Так, вміст нітратів у ґрунті визначали за ДСТУ 4729:2007 з дисульфофеноловою кислотою за методом Грандваль-Ляжу [23]. Нітрати з дисульфофеноловою кислотою утворюють тринітрофенол, який у лужному середовищі утворює тринітрофенолят амонію жовтого кольору, інтенсивність

забарвлення якого пропорційна вмісту азоту. Фотометруючи розчин, визначали вміст нітратів у ґрунті. Нітрати з ґрунту вилучали водою при співвідношенні ґрунту до води 1:5. Вміст рухомого фосфору та обмінного калію визначали за модифікованим методом Чирикова за ДСТУ 4115-2002 [24]. Метод ґрунтується на вилученні фосфору і калію із ґрунту 0,5 н розчином оцтової кислоти при співвідношенні ґрунт : кислота 1:25 за температури 18-20°C з подальшим визначенням фосфору на фотоелектроколориметрі, а рухомого калію – на полум'яному фотометрі. Ґрунт відбирали після збирання пшениці озимої та ячменю озимого (перед обробкою біопрепаратом) та через три місяці після цього.

Результати та обговорення

В останні роки вирощування сільськогосподарських культур в Україні зазнало надмірної інтенсифікації, нестачі внесення органічних добрив, відсутності в сівозмінах бобових культур, що сприяє підвищенню техногенного навантаження на ґрунт та його деградації. Найбільш значної шкоди завдає ерозія ґрунтів, якою охоплено до 57,5% території, їх забруднення – до 20% та підтоплення – до 12%. Наслідком надмірної інтенсифікації сільськогосподарського виробництва також є зменшення вмісту елементів живлення у ґрунтах та щорічна втрата гумусу на рівні 0,065 т/га. Збереженню ґрунтів та їх властивостей може сприяти використання в агротехнологіях рослинних залишки сільськогосподарських культур, адже вони поповнюють ґрунт органічною речовиною, макро- і мікроелементами [4]. Так, солома зернових колосових культур складається з органічних речовин (80%) та води (15%). Енергетичним матеріалом для життєдіяльності мікроорганізмів ґрунту є целюлоза, геміцелюлоза і лігнін, а матеріалом для утворення гумусу слугують продукти їх деструкції. У середньому солома зернових колосових культур містить 0,5% азоту, 0,25% фосфорного ангідриду, 0,8% окису калію і 35-40% органічного вуглецю. Всі ці сполуки можуть поповнювати запаси елементів живлення у ґрунті за рахунок деструкції рослинних рештків зернових культур. Результатами досліджень В.М. Сендецького [14] встановлено, що з однією тонною соломи, в роки досліджень на полі її залишалося 4,8–5,6 т/га, до ґрунту поверталось 15-20 кг азоту, 8-10 кг фосфору та 30-40 кг калію. Вміст елементів живлення в післяжнивних рештках культур залежить від елементів технології вирощування, а також від кліматичних умов в період вегетації рослин. В свою чергу, кількість елементів живлення, які повертаються у ґрунт з рослинними рештками залежить від ступеню їх розкладення. У природних умовах розкладання післяжнивних решток рослин і вивільнення з них елементів живлення в доступних формах відбувається впродовж декількох років. Саме для прискорення процесів деструктуризації застосовуються біопрепарати на основі целюлозоруйнівних мікроорганізмів.

Попередніми дослідженнями визначено, що на целюлозолітичну активність чорнозему південного великий вплив мають гідротермічних умови, наявності вологи в ґрунті та культури, рештки якої оброблювали біодеструктором. Найінтенсивніше розкладення рослинних решток через 90 діб після обробки біопрепаратом було відмічено у варіанті обробки гороху – 82,6 %, що на 54,6 % більше порівняно з контролем за обробки решток лише водою. Дуже ефективна дія біодеструктора стерні виявилася на ячмені ярому, де розклалося 65,3% післяжнивних решток, тоді як обробка лише водою забезпечила розкладення лише 33,9% стерні [11]. Така ж залежність спостерігалася і в проведених нами дослідженнях упродовж 2019-2021 рр. Встановлено, що життєдіяльність целюлозоруйнівних мікроорганізмів непостійна в часі та змінюється залежно від способу обробітку ґрунту й варіанту застосування обробки післяжнивних решток досліджуваних культур.

Життєдіяльність целюлозоруйнівних мікроорганізмів за підвищеної вологості ґрунту й низьких температур пригнічується. У процесі прогрівання ґрунту інтенсивність розкладання целюлози зростає, крім того на цей показник в наших дослідженнях впливав спосіб обробітку ґрунту і культура, рештки якої оброблювалися. Максимальних значень цей показник досяг за обробки післяжнивних решток пшениці озимої біодеструктором – 91,7 – 93,2% залежно від досліджуваного способу основного обробітку ґрунту (таблиця 1).

Таблиця 1. Ступінь деструкції післяжнивних решток пшениці та ячменю озимих форм після обробки Екостерном Класичним, % (середнє за 2019-2021 рр.)

Культура попередник	Спосіб основного обробітку ґрунту	Обробка післяжнивних решток	
		вода	Екостерн Класичний
Пшениця озима	Безполицевий (чизельний обробіток)	76.5	91.7
	Оранка	79.1	93.2
Ячмінь озимий	Безполицевий (чизельний обробіток)	75.2	90.4
	Оранка	77.4	92.7

Джерело: розроблено авторами.

При цьому, найвищою ступінь деструкції післяжнивних решток була визначена за використання оранки та застосування Екостерну Класичного – 93,2%, що перевищило показники варіанту поєднання безполицевого обробітку ґрунту та обробки водою рослинних решток 17,9 відсоткових пунктів.

Така ж залежність розкладання целюлози у ґрунті залежно від досліджуваних факторів спостерігалася і за обробки післяжнивних решток ячменю озимого, але показники були меншими. Так, в середньому по варіантах дослідження, спостерігалася розкладання 83,9% післяжнивних решток ячменю озимого, що менше порівняно з обробкою решток пшениці озимої на 1,4 відсоткових пунктів. Слід відмітити, що застосування Екостерну Класичного забезпечувало дещо більшу деструкції решток рослин ячменю озимого порівняно з варіантом обробки лише водою. Так, в середньому по фактору обробітку ґрунту було розкладено 91,6% решток, що перевищило показники варіанту обробки лише водою на 16,7 відсоткових пунктів.

Вплив способу обробітку ґрунту також був відмічений у наших дослідженнях. На всіх досліджуваних культурах попередників визначено підвищення целюлозолітичної активності за використання оранки. Так, в середньому по варіантах застосування обробки післяжнивних решток, на даному варіанті ступінь деструкції післяжнивних решток пшениці озимої склав 86,2%, а ячменю озимого – 85,1%, що відповідно перевищило показники за безполицевого обробітку ґрунту відповідно на 2,4 та 2,7 відсоткових пунктів.

Дослідженнями В. М. Сендецького [15] встановлено, що використання препарату Вермистим-Д сприяло прискоренню деструкції соломи і знищенню патогенної мікрофлори ґрунту. За рахунок нагромадження у ґрунті азотфіксуючих, фосфатмобілізуючих, бактерицидних та фунгіцидних мікроорганізмів, а також продуктів їх життєдіяльності відбувається покращення родючості ґрунту. За рахунок обробки рослинних решток Вермистимом-Д активізувалися процеси росту та розвитку мікроорганізмів ґрунту, які живилися ними, тобто руйнували їх. Під час такої деструкції відбувалося вивільнення у ґрунт макро- та мікроелементів у доступній для рослин формі. Це підтверджується і нашими дослідженнями. Застосування Екостерну Класичного забезпечувало деструкції післяжнивних решток пшениці озимої на рівні 91,7-93,2%, а ячменю озимого – 90,4-92,7%, при цьому відбувалося вивільнення з рослинних решток культур елементів живлення у доступній для рослин формі.

**Прискорена деструкція рослинних
решток деструктором
Вермистим-Д забезпечує знищення
патогенів, які потрапляють**

у ґрунт через вторинну продукцію землеробства. Покращується родючість ґрунтів за рахунок забезпечення ґрунту азотофік-суючою, фосфатмобілізуючою, бактеріоцидною та фунгіцидною мікрофлорою, природними вітамінами, гормонами росту рослин, амінокислотами та мікроелементами. Із внесенням Вермистиму-Д на рослинні рештки відбувається стимуляція росту та розвитку ґрунтової мікробіоти, яка, заселившись на рослинних рештках, разом з аборигенною мікрофлорою руйнує їх, тобто живиться ними. У підсумку утворюється гумус та доступні для рослин розчинні форми необхідних рослинам макро- та мікроелементів. Прискорена деструкція рослинних решток деструктором

Вермистим-Д забезпечує знищення патогенів, які потрапляють у ґрунт через вторинну продукцію землеробства. Покращується родючість ґрунтів за рахунок забезпечення ґрунту азотофік-суючою, фосфатмобілізуючою, бактеріоцидною та фунгіцидною мікрофлорою, природними вітамінами, гормонами росту рослин, амінокислотами та мікроелементами. Із внесенням Вермистиму-Д на рослинні рештки відбувається стимуляція росту та розвитку ґрунтової мікробіоти, яка, заселившись на рослинних рештках, разом з аборигенною мікрофлорою руйнує їх, тобто живиться ними. У підсумку утворюється гумус та доступні для рослин розчинні форми необхідних рослинам макро- та мікроелементів

Прискорена деструкція рослинних решток деструктором Вермистим-Д забезпечує знищення патогенів, які потрапляють у ґрунт через вторинну продукцію землеробства. Покращується родючість ґрунтів за рахунок забезпечення ґрунту азотофік-суючою, фосфатмобілізуючою, бактеріоцидною та фунгіцидною мікрофлорою, природними вітамінами, гормонами росту рослин, амінокислотами та мікроелементами. Із внесенням Вермистиму-Д на рослинні рештки відбувається стимуляція росту та розвитку ґрунтової мікробіоти, яка, заселившись на рослинних рештках, разом з аборигенною мікрофлорою руйнує їх, тобто живиться ними. У підсумку утворюється гумус

та доступні для рослин розчинні форми необхідних рослинам макро- та мікроелементів

Дослідженнями визначено, що після збирання пшениці озимої та ячменю озимого, перед застосуванням біодеструктору, у ґрунті містилося відповідно 6,3 та 5,9 мг/кг ґрунту нітратів, 47,5 та 42,8 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та 208,8 і 202,4 мг/кг ґрунту обмінного калію (рис. 1).

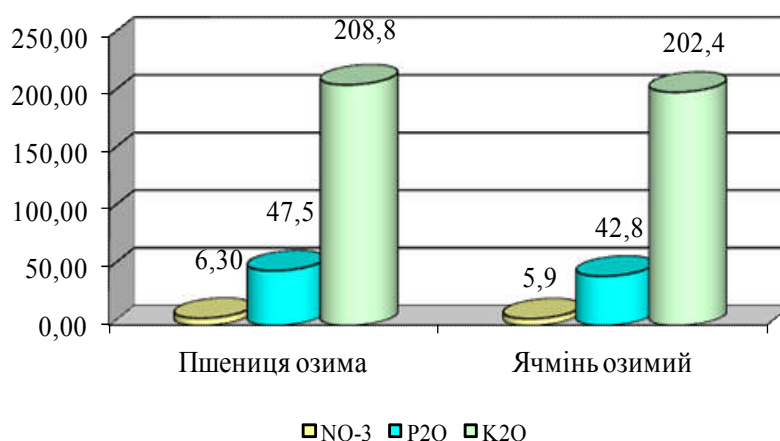


Рисунок 1. Вміст нітратів, рухомого фосфору та обмінного калію у 0–30 см шарі ґрунту перед обробкою післязливних решток пшениці та ячменю озимих форм деструктором, мг/кг ґрунту (середнє за 2019–2021 рр.)

Джерело: розроблено авторами.

При інтенсифікації сільськогосподарського виробництва витрати поживних елементів на утворення врожайності культур можливо відновити за рахунок застосування мінеральних добрив, але значення біопрепаратів, зокрема і біодеструкторів стерні, є не менш важливим, адже вони сприяють мінералізації післязливних решток сільськогосподарських культур і вивільненню елементів живлення, які нагромаджуються в рослинному організмі. Мікроорганізми, зокрема актиноміцети та гриби, впливають на швидкість розкладання органічних речовин і кругообіг елементів живлення. Їх вплив на перетворення і кругообіг вуглецю, азоту, фосфору, калію, сірки і заліза полягає в мінералізації органічних сполук або перетворенні форм, недоступних рослинам, в доступні сполуки. Обробка стерні пшениці озимої біопрепаратом Екостерн Класичний сприяла підвищенню вмісту у ґрунті нітратів, порівняно з їх вмістом до обробки, на 4,3-5,0 мг/кг ґрунту або 40,6-44,2% (таблиця 2).

Таблиця 2. Вміст NPK у 0-30 см шарі ґрунту залежно від способів обробітку ґрунту та застосування Екостерну Класичного, мг/кг ґрунту (середнє за 2019-2021 рр.)

Спосіб основного обробітку ґрунту	Обробка післязливних решток	Вміст		
		NO ₃ ⁻	P ₂ O	K ₂ O
Пшениця озима				

Безполицевий (чизельний обробіток)	вода	8.5	48.3	220.2
	Екостерн Класичний	10.6	51.4	242.7
Оранка	вода	9.6	50.2	235.1
	Екостерн Класичний	11.3	53.9	261.8
Ячмінь озимий				
Безполицевий (чизельний обробіток)	вода	7.8	47.5	217.9
	Екостерн Класичний	9.1	48.7	225.3
Оранка	вода	8.4	49.4	224.9
	Екостерн Класичний	10.5	51.5	251.0

Джерело: розроблено авторами

Слід відмітити, що на варіантах обробки рослинних залишків пшениці озимої лише водою кількість нітратів у ґрунті також зросла, але була дещо меншою. Залежно від варіанту обробки ґрунту показники становили 8,5-9,6 мг/кг ґрунту, або були меншими порівняно з їх початковим значенням на 25,9-34,4 %.

Позитивний вплив біодеструкторів стерні на вміст у ґрунті нітратів також відмічено у дослідженнях Ю.О. Сергеева [25]. Так, на початку вегетації сорго вміст нітратів в орному шарі ґрунту був більшим за обробки післяжнивних решток біопрепаратом Деструктор целюлози – на 20,4 мг/кг більше від контрольного варіанту досліджу. У фазі цвітіння сорго визначено підвищення вмісту нітратів у ґрунті – за використання біопрепарату Біодеструктор стерні – 74,4 мг/кг. До закінчення росту і розвитку рослин сорго істотна перевага спостерігалася у варіанті застосуванням біопрепарату Деструктор целюлози – 32,1 мг/кг ґрунту.

Вміст у ґрунті рухомого фосфору та обмінного калію за обробки післяжнивних рештків пшениці озимої біодеструктором також підвищувався порівняно до початкового значення. У середньому по варіантах основного обробітку ґрунту, в орному шарі ґрунту під дією Екостерну Класичного дещо зростала кількість рухомого фосфору – на 9,9 %. При цьому, за природної мінералізації стерні пшениці озимої кількість досліджуваного елемента живлення підвищилася на 3,6%.

Така ж тенденція була відмічена і щодо вмісту обмінного калію в шарі ґрунту 0-30 см. Після застосування біопрепарату Екостерн Класичний на рослинних рештках пшениці озимої, в середньому за роки досліджень, було визначено 242,7-261,8 мг/кг обмінного калію, тоді як на варіанті обробки лише водою визначено 220,2-235,1 мг/кг ґрунту. При цьому, кількість обмінного калію підвищилася порівняно до його значення перед застосуванням варіанту обробки залишків рослин відповідно на 14,0-20,2 та 5,1-11,2 % залежно від варіанту обробки післяжнивних залишків.

Дослідженнями встановлено, що в середньому по варіантах обробки ґрунту, вміст елементів живлення у варіанті застосування Екостерну Класичного перевищував варіант обробки рештків пшениці озимої лише водою на 1,9-24,6 мг/кг ґрунту або 6,5-17,3% залежно від елемента.

Така ж тенденція спостерігалася і за обробки рослинних рештків ячменю озимого. Так, в середньому за роки та варіантах досліджу, вміст у ґрунті нітратів підвищився на 3,1 мг/кг ґрунту або 34,1%, рухомого фосфору – на 6,5 мг/кг ґрунту або 13,2%, а обмінного калію – 27,4 мг/кг ґрунту або 11,9% порівняно із їх початковими значеннями.

Дослідженнями визначено, що застосування сучасного біодеструктора стерні Екостерн Класичний сприяло кращій мінералізації рослинних рештків ячменю озимого, вивільненню із них та поверненню у ґрунт елементів живлення. Так, залежно від варіанту способу основного обробітку ґрунту після обробки післяжнивних решток ячменю озимого біопрепаратом у шарі ґрунту 0 – 30 см було визначено 9,1-10,5 мг/кг ґрунту нітратів, 48,7-51,5 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та 225,3 – 251,0 мг/кг ґрунту обмінного калію, що

перевищило показники обробки решток культури лише водою на 14,3-20,0; 2,5-4,1 та 3,3-10,4% відповідно.

При цьому слід відмітити, що відбулося зростання вмісту елементів живлення у ґрунті порівняно із початковими їх значеннями незалежно від варіанту застосування біодеструктору. Так, за використання оранки та застосування для обробки післяжнивних решток ячменю озимого вміст нітратного азоту, рухомого фосфору та обмінного калію збільшився на 2,5; 6,6 та 22,5 мг/кг ґрунту або 29,8; 13,4 та 10,0%, а від застосування Екостерну Класичного відповідно на 4,6; 8,7 та 48,6 мг/кг ґрунту або 43,8; 16,9 та 19,4%. Така ж тенденція спостерігалася і за використання безполицевого (чизельного) обробітку ґрунту, але показники були дещо меншими.

У дослідженнях О.В. Гуменюка [26] за використання біодеструктора в дозі 10 л/га у поєднанні з внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{100}K_{160}$ було відмічено максимальний вміст у досліджуваному ґрунті мінерального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію. Дослідження А. Панфілової [27] показали, що за обробки Біодеструктором стерні сумісно з азотним добривом (N_{30}) післяжнивних решток ячменю ярого та гороху істотніше зростала кількість у ґрунті рухомих макроелементів. Так, у середньому за культурами-попередниками застосування біопрепарату сприяло підвищенню у ґрунті на 32,6 % нітратів, на 13,4 % – рухомого фосфору та на 13,3 % – обмінного калію, порівняно з їх початковим вмістом (після збирання культур). Видовий склад культур попередників також позначався на вмісті елементів живлення. Так, у середньому за роки досліджень, через три місяці після обробки післяжнивних решток ячменю ярого Біодеструктором стерні у ґрунті накопичилося 12,6 мг/кг ґрунту нітратів, 53,8 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та 253,0 мг/кг ґрунту обмінного калію, що менше порівняно з показниками по гороху відповідно на 8,7; 12,2 та 11,8%.

Стратегічним завданням сучасних інтенсивних та енергоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур є підвищення продуктивності рослин, а також збереження родючості ґрунту, покращення його агрофізичних та агрохімічних показників. Важлива роль в цьому належить раціональному обробітку ґрунту, за допомогою якого можна цілеспрямовано впливати на збереження та підвищення родючості ґрунту, а також реалізацію потенційної урожайності сільськогосподарських рослин [28]. Дослідженнями визначено, що спосіб основного обробітку ґрунту теж впливав на розкладання соломи пшениці озимі. У середньому за три роки та варіантах обробки післяжнивних решток, за використання оранки у ґрунті містилося більше на 0,9 мг/кг ґрунту або 8,6 %, нітратів, на 2,2 мг/кг ґрунту або 4,2 % рухомого фосфору та на 17,0 мг/кг ґрунту або 6,8 % обмінного калію порівняно з варіантом безполицевого (чизельного) обробітку ґрунту.

Така ж залежність спостерігалася і у досліді з післяжнивними рештками ячменю озимого. Так, в середньому за роки досліджень та по фактору обробки стерні культури, за безполицевого (чизельного) обробітку ґрунту в ньому було визначено 8,5 мг/кг ґрунту нітратів, 48,1 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та 221,6 мг/кг ґрунту обмінного калію, що було меншим за показники застосування оранки для основного обробітку ґрунту відповідно на 1,0; 2,4 та 16,4 мг/кг ґрунту або 10,5; 4,8 та 6,9%.

Дослідженнями І.М. Гаро & В.В. Гамаюнової [29] встановлено, що способи обробітку ґрунту незначно впливали на вміст нітратів у ґрунті, між дискуванням та оранкою різниця склала лише 0,2-0,3 мг/кг ґрунту (вона була в межах помилки досліді) за незначної тенденції переваги оранки. Ще меншою мірою залежно від способу основного обробітку ґрунту змінювався вміст у шарах ґрунту рухомого фосфору. Так, на період молочної стиглості насіння ріпаку озимого у шарі 0-50 см цього елемента містилося 29,0 мг/кг за дискування і 31,5 мг/кг – за проведення оранки.

В.В. Гангур [28] встановили, що вміст рухомого фосфору був вищим за традиційного обробітку ґрунту, який створює сприятливіші умови для перетворення цього елемента мінерального живлення. Застосування системи No-till за вирощування зернових культур сприяє збільшенню вмісту легкогідролізованого азоту та обмінного калію у шарі ґрунту (0-20 см) порівняно з іншими способами обробітку ґрунту.

За даними Nze Memiaghe [30], з метою зменшення ерозії ґрунту, покращення збереження води та запобігання деградації ґрунту все частіше використовується нульовий обробіток ґрунту, порівняно із класичною системою обробітку ґрунту. При цьому, встановлено, що нульовий обробіток збільшує використання фосфору з ґрунту. Дослідженнями Р. Jha та ін. [31] встановлено суттєву дію сумісного застосування нульового обробітку ґрунту та збереження стерні на полі на швидкість мінералізації рослинних решток, а також підвищення накопичення у ґрунті азоту за рахунок покращення біологічного функціонування ґрунту.

Методи ведення сільського господарства, включаючи системи обробітку ґрунту та управління післяжнивними залишками, сильно впливають на широкий спектр властивостей ґрунту. Залежно від застосування цих факторів можуть відбуватися як негативні, так і сприятливі зміни його структури, хімічного складу та біологічної активності. Дослідженнями К. Kotwica та ін. [32] встановлено, що застосування способів основного обробітку ґрунту за вирощування пшениці озимої сприяло зміні основних біологічних та хімічних властивостей ґрунту. Але відмінності, які спостерігаються між різними способами обробітку ґрунту, свідчать про те, що додавання органічної речовини є більш важливим фактором, який впливає на значення біологічних та хімічних параметрів ґрунту. Це підтверджується і нашими дослідженнями – використання післяжнивних решток пшениці та ячменю озимих форм, особливо на фоні застосування біодеструктору стерні Екостерн Класичний забезпечило підвищення вмісту елементів живлення рослин у ґрунті, особливо за використання оранки, як основного обробітку ґрунту.

Висновки

На підставі трирічних даних можна зробити висновок, що обробка післяжнивних решток пшениці озимої та ячменю озимого біодеструктором забезпечила збільшення вмісту елементів живлення у ґрунті. Так, в середньому за роки досліджень, за обробки післяжнивних решток пшениці озимої вміст нітратів в шарі ґрунту 0-30 см зріс на 40,6-44,2 %, рухомого фосфору – на 7,6-11,9 %, а обмінного калію – на 14,2-20,2% порівняно з їх початковим значенням. Обробка стерні пшениці озимої лише водою забезпечувала менші показники. Так, залежно від способу основного обробітку ґрунту вміст нітратів у шарі ґрунту 0-30 см порівняно із варіантом застосування біодеструктору був меншим на 15,0-19,8%, рухомого фосфору – на 6,0-6,9 %, обмінного калію – на 9,3-10,2%.

Застосування біодеструктора стерні Екостерн Класичний сприяло кращій мінералізації рослинних решток ячменю озимого. Так, залежно від варіанту способу основного обробітку ґрунту у шарі ґрунту 0 – 30 см було визначено 9,1 – 10,5 мг/кг ґрунту нітратів, 48,7 – 51,5 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та 225,3 – 251,0 мг/кг ґрунту обмінного калію, що перевищило показники обробки решток культури лише водою на 14,3 – 20,0; 2,5 – 4,1 та 3,3 – 10,4% відповідно.

Дослідженнями встановлено позитивний вплив способу основного обробітку ґрунту на поживний режим вже з початкового етапу розкладу післяжнивних решток. Кращими показниками характеризувався ґрунт за використання оранки. Так, у досліді з обробкою біопрепаратом післяжнивних решток пшениці озимої вміст нітратів збільшився на 8,6%, рухомого фосфору – на 4,2%, а обмінного калію – на 6,8% порівняно з варіантом безполицевого обробітку ґрунту, а ячменю озимого – відповідно на 10,5; 4,8 та 6,9%.

Практичні аспекти та висновки наших досліджень можуть бути використані сільськогосподарськими виробниками для покращення показників родючості ґрунту, зокрема підвищення вмісту в ньому елементів живлення рослин. Слід відмітити, що тема наукової статті потребує подальших досліджень із врахуванням сучасних біодеструкторів стерні та обробки ними післяжнивних решток не лише пшениці озимої, а й інших сільськогосподарських культур.

References

- [1] Gamayunova, V., Khonenko, L., Baklanova, T., Kovalenko, O., & Pilipenko, T. (2020). Modern approaches to use of the mineral fertilizers preservation soil fertility in the conditions of climate change. *Scientific Horizons*, 2(87), 89-101. doi:10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101.
- [2] Pustova, Z. (2017). *Biologization of technologies for growing leguminous crops*. In *Current issues of modern technologies for growing agricultural crops in conditions of climate change: A collection of scientific works of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference* (pp. 29-31). Ternopil: Krok.
- [3] Dudchenko, V.V., Markovska, O.Ye., & Sydiakina, O.V. (2021). Effectiveness of the biodestructor action on the decomposition of rice residues in soybean cultivation technology. *Grain Crops*, 5(2), 374-382. doi:10.31867/2523-4544/0198.
- [4] Wu, S., Zheng, X., You, C., & Wei, C. (2019). Household energy consumption in rural China: Historical development, present pattern and policy implication. *Journal of Cleaner Production*, 211, 981-991. doi:10.1016/j.jclepro.2018.11.265.
- [5] Auersvald, M., Shumeiko, B., Vrtiška, D., Straka, P., Staš, M., Šimáček, P., Blažek, J., & Kubička, D. (2019). Hydrotreatment of straw bio-oil from ablative fast pyrolysis to produce suitable refinery intermediate. *Fuel*, 238, 98-110. doi:10.1016/j.fuel.2018.10.090.
- [6] Thorenz, A., Wietschel, L., Stint, D., & Tuma, A. (2018). Assessment of agroforestry residue potentials for the bioeconomy in the European Union. *Journal of Cleaner Production*, 176, 348-359. doi:10.1016/j.jclepro.2017.12.143.
- [7] Björnsson, L., & Prade, T. (2021). Sustainable cereal straw management: Use as feedstock for emerging biobased industries or cropland soil incorporation? *Waste and Biomass Valorization*, 12, 5649-5663. doi:10.1007/s12649-021-01419-9.
- [8] Valin, H., Peters, D., van den Berg, M., Frank, S., Havlik, P., Forsell, N., & Hamelinck, C. (2015). *The land use change impact of biofuels consumed in the EU*. Utrecht: Ecofys Netherlands B.V.
- [9] Giuntoli, J., Agostini, A., Edwards, R., & Marelli, L. (2017). Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions. Calculated according to the methodology set in com (2016) 767. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2790/98297.
- [10] Sun, M., Xu, X., Wang, C., Bai, Y., Fu, C., Zhang, L., Fu, R., & Wang, Y. (2020). Environmental burdens of the comprehensive utilization of straw: Wheat straw utilization from a life-cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 259. Article number: 120702. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120702.
- [11] Panfilova, A. (2021). Influence of stubble biodestructor on soil microbiological activity and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 13(4). Article number: 11035. doi:10.15835/nsb13411035.
- [12] Tokmakova, L., & Trepach, A. (2022). Microbiological destruction of organic substance in agrocenoses. *Bulletin of Agricultural Science*, 100(2), 19-26. doi:10.31073/agrovisnyk202202-03.
- [13] Jacinthe, P.A., Lal, R., & Kimble, J.M. (2002). Effects of wheat residue fertilization on accumulation and biochemical attributes of organic carbon in a central Ohio Levison. *Soil Sciencs*, 167(11), 750-758.
- [14] Sendetsky, V.M. (2019). Crop yields and quality indicators of corn under joint application of straw and green manure. *Taurian Scientific Bulletin*, 105, 147-154.
- [15] Sendetsky, V.M. (2018). Growth and development of corn plants depending on the use of straw and green manure crops. *Agrology*, 1(3), 281-285. doi:10.32819/2617-6106.2018.13007.
- [16] Domaratskiy, Y., Berdnikova, O., Bazaliy, V., Shcherbakov, V., Gamayunova, V., Larchenko, O., & Boychuk, I. (2019). Dependence of winter wheat yielding capacity on mineral nutrition in irrigation conditions of Southern Steppe of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*, 46(3), 594-598.

- [17] Tsentylo, L.V. (2019). Influence of fertilizer and cultivating systems on cures on the humus state and biological processes of chernozem typical. *Taurian Scientific Bulletin*, 107, 171-177. doi:10.32851/2226-0099.2019.107.23.
- [18] Veremeenko, S. I., & Semenko, L.O. (2019). Modern problems of soil degradation – trophic aspect. *Scientific Horizons*, 1(74), 69-75. doi:10.332491/2663-2144-2019-74-1-69-75.
- [19] Domaratskiy, Y., Bazaliy, V., Dobrovolskiy, A., Pichura, V., & Kozlova, O. (2022). Influence of eco-safe growth-regulating substances on the phytosanitary state of agrocenoses of wheat varieties of various types of development in non-irrigated conditions of the Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*, 23(8), 299-308. doi:10.12911/22998993/150865.
- [20] Panfilova, A., & Mohylnytska, A. (2019). The impact of nutrition optimization on crop yield of winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) and modeling of regularities of its dependence on structure indicators. *Agriculture & Forestry*, 65(3), 157-171. doi:10.17707/AgricultForest.65.3.13.
- [21] Školníková, M., Škarpa, P., Ryant, P., Kozáková, Z., & Antošovský, J. (2022). Response of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to fertilizers with nitrogen-transformation inhibitors and timing of their application under field conditions. *Agronomy*, 12(1), 223. doi:10.3390/agronomy12010223.
- [22] Dudchenko, V., Markovska, O., & Sydiakina, O. (2021). Soybean productivity in rice crop rotation depending on the Impact of biodestructor on post-harvest rice residues. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22(6), 114-121. doi:10.12912/27197050/141466.
- [23] DSTU 4729:2007. (January, 2008). Soil quality. Determination of total nitrogen in the modification Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovsky of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences. Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=72836.
- [24] DSTU 4115-2002. (June, 2002). Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium according to the modified Chirikov method. Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58863.
- [25] Sergeeva, Yu.O. (2018). Application of stubble destructors in the system of organic farming. In *The Latest Technologies for Growing Agricultural Crops: Abstracts of Reports of the VI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists* (pp. 41-43). Vinnytsia: Nilan-LTD.
- [26] Gumeniuk, O.V. (2013). Nutrient mode of the dark-gray soil by using biodestructors of stubble. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev*, 1, 129-134.
- [27] Panfilova, A., & Gamayunova, V. (2019). The effect of stubble biodestructor on the nutritive regime of the soil. *Journal of Lviv National Environmental University: Agronomy*, 23, 229-233. doi:10.31734/agronomy2019.01.229.
- [28] Hanhur, V., Kosminskyi, O., Len, O., & Totskyi, V. (2022). Influence of fertilizer on sunflower productivity and seed quality. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 50-56. doi:10.31210/visnyk2022.02.05.
- [29] Garo, I.M., Gamajunova, V.V. (2021). Influence of basic soil cultivation on the density and nutritional regime of soil during winter rape cultivation. *Agrarian Innovations*, 8, 29-34. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.8.4.
- [30] Nze Memiaghe, J.D., Cambouris, A.N., Ziadi, N., Karam, A. (2022). Tillage management impacts on soil phosphorus variability under maize–soybean rotation in Eastern Canada. *Soil Systems*, 6, 45. doi:10.3390/soilsystems6020045.
- [31] Jha, P., Hati, K.M., Dalal, R.C., Dang, Y.P., Kopittke, P.M., McKenna, B.A., & Menzies, N.W. (2022). Effect of 50 years of No-tillage, stubble retention, and nitrogen fertilization on soil respiration, easily extractable glomalin, and nitrogen mineralization. *Agronomy*, 12(1), 151. doi:10.3390/agronomy12010151.

- [32] Kotwica, K., Breza-Boruta, B., Bauza-Kaszewska, J. Kanarek, P., Jaskulska, I., & Jaskulski, D. (2021). The cumulative effect of various tillage systems and stubble management on the biological and chemical properties of soil in winter wheat monoculture. *Agronomy*, 11(9), article number 1726. doi:10.3390/agronomy11091726.