

ГРУНТ І ПЕСТИЦИДИ SOIL and PESTICIDES

УДК: 631.427

Динаміка чисельності мікрофлори і біохімічної активності чорнозему типового за застосування комплексу пестицидів

О. Є. Найдюнова

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,
Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
<p>Отримано 25.08.2020 Отримано після доопрацювання 07.09.2020 Затверджено до видання 15.09.2020 Доступно онлайн 05.11.2020</p> <p><i>Ключові слова:</i></p> <p>ґрунт; мікробні угруповання; пестициди; ферментативна активність ґрунту</p>	<p>У стаціонарному польовому досліді протягом вегетаційного періоду 2019 р. досліджено динаміку параметрів мікробіологічних та біохімічних показників чорнозему типового важкосуглинкового на ділянках, оброблених комплексом пестицидів, порівняно з контрольними, необробленими ділянками. Оцінено стан мікробних угруповань у ґрунті під пшеницею озимую за одноразового та під кукурудзою за одно- і дворазового застосування сумішей декількох сучасних гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів. Стан мікрофлори контролювали тричі за вегетаційний період за параметрами чисельності мікроорганізмів різних еколого-функціональних і таксономічних груп, ферментативної активності ґрунту та інтегрованих біологічних показників. Спочатку, через 1 і 4 доби після застосування пестицидів, чисельність мікроорганізмів і активність ферментів зростали, але згодом (через 3 тижні) відбувалося зниження значень показників відносно необробленого пестицидами ґрунту – чисельність мікрофлори під пшеницею знизилася у середньому на 28 %, а під кукурудзою, яку за тиждень до другого відбору проб обробили сумішню пестицидів другий раз, – на 63 %. Через п'ять місяців після одноразового застосування комплексу пестицидів на посівах пшениці озимої значення чисельності мікроорганізмів окремих груп у ґрунті були вдвічі, а деякі і втричі меншими за відповідні значення у контрольному варіанті. З посиленням пестицидного навантаження (збільшенням кратності обробок) ступінь пригніченості мікрофлори зростає. Після двох обробок посівів кукурудзи чисельність мікрофлори й активність ферментів у ґрунті були значно нижчими порівняно з контролем, ступінь зниження був більшим, ніж за одноразової обробки пшениці. З часом відбувалося поступове відновлення біологічних властивостей ґрунту, але навіть через п'ять місяців після двох обробок посівів кукурудзи пестицидами чисельність мікрофлори залишалася значно нижчою порівняно з контролем. Наприкінці вегетації обох культур біологічні властивості чорнозему типового не досягли рівня аналогічного ґрунту без застосування пестицидів.</p>

E-mail: oksana_naydyonova@ukr.net

Форма цитування: Найдюнова О.Є. Динаміка чисельності мікрофлори і біохімічної активності чорнозему типового за застосування комплексу пестицидів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 90. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2020. С. 65-75. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss90-07>

1. Вступ

Хімічні засоби захисту рослин є одним з найбільш потужних факторів антропогенного впливу на структуру і функціонування мікробних угруповань ґрунту. Проте у світовій та вітчизняній сільськогосподарській практиці пестициди залишаються основним засобом боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками рослин. Найбільш поширеним є застосування гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів. Хімічний метод ще тривалий час буде домінувати в системі інтегрованого захисту рослин у сільському господарстві з огляду на відсутність або недостатню популярність ефективних альтернативних методів [1]. Пестициди є постійно діючим фактором в агроєкосистемах, тому зростає небезпека забруднення ними ґрунту та інших компонентів навколишнього середовища, отже в Україні проблема забруднення земель сільськогосподарського призначення залишковими кількостями пестицидів залишається актуальною.

У зв'язку з ратифікацією Стокгольмської конвенції ООН про стійкі органічні забруднювачі, в Україні нині не застосовуються заборонені для використання найбільш небезпечні хлорорганічні пестициди. Але в Україні проблема забруднення ґрунтів залишковими кількостями пестицидів пов'язана з випадками порушення технологій їх застосування і перевищення рекомендованих норм.

У науковій літературі існують численні дані стосовно впливу застосування різних пестицидів на мікробні угруповання і біологічну активність ґрунту. Проте кількість засобів

захисту рослин, які використовують на теперішній час, є надто великою, до того ж, на ринку засобів захисту рослин постійно з'являються нові препарати.

Зі зростанням інтенсивності використання пестицидів у сучасному сільському господарстві питання впливу цих хімічних речовин на склад ґрунтових мікроорганізмів та перебіг процесів, які вони забезпечують, привертають усе більшу увагу [2 – 4]. Потрапляючи в ґрунт, пестициди поступово трансформуються в інші сполуки. Саме мікроорганізми здійснюють процес їх руйнування. На теперішній час вивчено процеси біодеструкції багатьох пестицидів мікроорганізмами ґрунту. Виявлено, що при розкладанні ряду пестицидів утворюються стабільні продукти деградації, причому деякі з них є більш токсичними, ніж вихідні пестициди [5]. Ці проміжні продукти можуть накопичуватися у ґрунтах, особливо за систематичного застосування, і негативно впливати на ґрунтову мікрофлору і перебіг біохімічних процесів. За хімічним складом пестициди відносяться до різних класів хімічних сполук, тому їх доля і вплив на біологічні властивості різних ґрунтів теж відрізняються і залежать від хімічної природи, доз, систематичності застосування, ґрунтово-кліматичних умов, тощо [6].

Проблема взаємодії ґрунтових мікробних ценозів з пестицидами має два аспекти: вплив пестицидів на мікрофлору і біодеструкція пестицидів під впливом ґрунтових мікроорганізмів. Обидві сторони проблеми поки що далекі від вичерпних оцінок. Мікробні ценози ґрунтів за дії пестицидів або проявляють стійкість до них, або змінюють свою структуру і характер функціонування, що може негативно відбитися на родючості ґрунту. Питання впливу сучасних пестицидів на мікробні угруповання ґрунту і їх стійкості до токсичної дії засобів захисту рослин залишаються мало дослідженими. Визначення впливу пестицидного навантаження на мікроорганізми ґрунту дозволить виявити найбільш небезпечні пестициди та їхні комбінації, які можуть негативно впливати на якість ґрунтів і сільськогосподарської продукції. Накопичення даних про вплив різних за хімічним складом пестицидів на мікробні угруповання і біохімічну активність ґрунтів допоможе дослідникам прогнозувати напрям впливу певних пестицидів на біологічні властивості тих чи інших ґрунтів, передбачати їх наслідки, визначати шляхи ремедіації ґрунтів, забруднених пестицидами.

Також актуальним є питання визначення найбільш токсичних пестицидів з метою подальшої заборони або обмеження їх застосування або заміни на нові, менш токсичні і персистентні засоби. Аналіз існуючої наукової літератури показав, що переважна більшість дослідників вбачають токсичну дію пестицидів на ґрунтові мікроорганізми у зменшенні їх чисельності і пригніченні їхньої біохімічної активності [7 – 15]. В деяких роботах також відмічається, що хімічно синтезовані пестициди чинять мутагенну дію на мікроорганізми ґрунту [11, 16, 17].

Проте існують і інші відомості стосовно впливу пестицидів на мікрофлору ґрунту. За одними даними, пестициди, зокрема гербіциди, суттєво не впливають на ґрунтові мікроорганізми, за іншими – їх вплив є істотним. Така розбіжність висновків обумовлена тим, що доля пестицидів у ґрунтах залежить від сполучення багатьох факторів, зокрема, типу ґрунту, його вологості, температурних умов та інших.

Серед пестицидів гербіциди є найбільш рухомими у ґрунтах, крім того, їх, переважно, вносять безпосередньо у ґрунт, що зумовлює найбільшу небезпеку стосовно його забруднення [18]. Тому важливим та актуальним є питання оцінювання ступеня небезпеки впливу гербіцидів на функціонування мікрофлори ґрунту та пошук шляхів щодо його мінімізації [13]. Мікроорганізми ґрунту не лише першими реагують на потрапляння пестицидів, вони також відіграють провідну роль у їх перетворенні й розкладі [18 – 21]. Одним з відомих із літературних джерел проявів деградації за застосування певних видів пестицидів є швидка дегуміфікація ґрунту внаслідок зростання чисельності нокардієподібних бактерій, які беруть участь у розкладанні гумусових сполук, спричинюючи зниження якості органічної речовини ґрунту [3, 5].

У сільськогосподарському виробництві за вегетаційний період вирощування будь-якої культури зазвичай, використовують цілий комплекс пестицидів різного призначення – гербіциди, фунгіциди, інсектициди, десиканти. До того ж, кратність обробок рідко буває меншою, ніж 2 – 3. Наслідком цього є кумулятивний вплив застосованих пестицидів на ґрунтову мікрофлору і біологічні процеси.

Не менш актуальними залишаються також дослідження здатності ґрунтових мікроорганізмів відновлювати чисельність і свої функції після застосування пестицидів. Аналіз наявної у відкритому доступі наукової літератури щодо впливу пестицидів на мікробні ценози ґрунтів, біохімічні реакції, що протікають у ґрунтах і активність ґрунтових ферментів показав велику зацікавленість дослідників цієї проблемою і велику кількість різноманітних результатів, які іноді суперечливі, але це пов'язано із великою кількістю різних у хімічному відношенні пестицидів, застосовуваних у різних ґрунтово-кліматичних умовах і різноманітних агроценозах.

Негативні впливи пестицидів на мікробне різноманіття та життєдіяльність мікроорганізмів ґрунту були описані багатьма дослідниками [22 – 26]. Так, у ґрунтах, забруднених пестицидами, спостерігалась інактивація мікроорганізмів, що фіксують азот [27], і бактерій, що розчиняють важкодоступні сполуки фосфору [28]. Аналогічним чином, як показали численні дослідження, деякі пестициди впливали на ферментативну активність ґрунту, яка є біологічним індикатором родючості ґрунтів та біологічних процесів у ґрунтового середовищі [29 – 31].

Вивчення впливу пестицидів, що застосовуються нині в Україні, на чисельність і функціонування мікрофлори ґрунтів, є важливою складовою оцінювання ризику забруднення ґрунтів і довкілля. Тому метою роботи було дослідження динаміки чисельності мікрофлори та ферментативної активності чорнозему типового за застосування сумішей засобів захисту рослин, які зазвичай використовують на теперішній час в Україні. Інтегрований захист рослин передбачає застосування відразу декількох пестицидів різного призначення, тому загроза негативного впливу на мікробні угруповання ґрунту може зростати пропорційно кількості застосованих засобів та кратності обробок.

Для досягнення мети виконано такі завдання: визначено чисельність мікроорганізмів основних еколого-функціональних і таксономічних груп, з яких складаються мікробні угруповання, у пробах ґрунту з варіантів, де застосовували комплекси пестицидів, і у пробах контрольного ґрунту через різні періоди після застосування пестицидів і наприкінці вегетаційного періоду; проведено порівняльний аналіз даних; виявлено вплив пестицидів на структуру і показники функціонального стану мікробних ценозів, зокрема ферментативну активність ґрунту; виявлено напрям і ступінь змін чисельності мікрофлори і ферментативної активності чорнозему типового під впливом пестицидів, динаміку змін чисельності мікрофлори з плином часу та швидкість відновлення параметрів мікробіологічних і біохімічних показників.

2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

Вплив комплексного застосування гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів на стан мікробних ценозів чорнозему типового вивчали у вибраних варіантах (Табл. 1) стаціонарного польового досліді «Агроекологічний моніторинг», закладеному у дослідному господарстві «Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» (Чугуївський р-н Харківської обл.) у 1990 р.

Таблиця 1

Пестицидне навантаження в досліді «Агроекологічний моніторинг» ДП ДГ «Граківське» (Чугуївський р-н Харківської обл.), 2019 р.

Культура	Застосовані пестициди, дози, діюча речовина, хімічна група, клас небезпечності	Дата (дд.мм)	
		обробка пестицидами	відбір проб ґрунту
Соя	Не обробляли	–	07.05 28.05 15.10
Пшениця озима	Суміш пестицидів: двох гербіцидів, інсектициду і фунгіциду: післясходовий гербіцид вибіркової дії Шериф (0,015 л/га) (д.р. – трибенурон-метил, хімічна група – сульфонілсечовини, III клас небезпечності (помірно небезпечний) за класифікацією ВООЗ) + післясходовий двокомпонентний гербіцид системної дії Примус (0,5 л/га) (2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота, 2-етилгексилловий ефір, флорасулам, хімічний клас – похідні хлорфеноксиоцтової кислоти, триазол-піримідини, II клас небезпечності (помірно небезпечний) + інсектицид контактно-шлункової дії Альтекс (0,1 л/га) (д.р. – альфа-циперметрин (заборонений у країнах ЄС), хімічний клас – синтетичні піретроїди, клас небезпечності II (помірно токсичний)) + системний фунгіцид Меценат (0,5 л/га) (д.р. – пропіконазол, хімічний клас – триазоли, за класифікацією ВООЗ – III клас небезпечності (малотоксичний)) + коктейль мікроелементів і монохелатів (Brexil Combi) для позакореневого підживлення.	06.05	07.05 28.05 15.10
Кукурудза	1-ша обробка. Суміш двох гербіцидів: ґрунтовий досходовий селективний гербіцид Сора Нет (2 л/га) (д.р. – пропізохлор, відноситься до класу хлороацетамідів, III клас небезпечності (помірно небезпечний)) + неселективний гербіцид системної дії Грінфорт (0,5 л/га) (гліфосат, відноситься до фосфорорганічних сполук, заборонений у країнах ЄС, за класифікацією ВООЗ – III клас небезпечності (помірно токсичний)).	03.05	07.05
	2-га обробка. Суміш гербіциду й інсектициду: післясходовий системний гербіцид Таск Екстра (0,44 л/га) (д.р. – римсульфурон + нікосульфурон (клас сульфонілсечовини) + дикамба (похідне бензойної кислоти)), усі компоненти відносяться до III класу небезпечності + інсектицид Альфа-супер (0,1 л/га) (д.р. – альфа-циперметрин, хімічний клас – синтетичні піретроїди, II клас небезпечності (помірно токсичний)) + водорозчинне комплексне добриво з мікроелементами (Brexil Duo) для запобігання і лікування хлорозів	20.05	28.05 15.10
Примітка: д.р. – діюча речовина.			

Засоби захисту рослин вносили згідно з рекомендованими нормами для певних пестицидів і сільськогосподарських культур. Склад препаратів, дози і календар обробок представлено у таблиці 1. Кількість повторностей у досліді – 4. Площа дослідної ділянки становить 120 м².

Проби ґрунту відбирали із шару 0-20 см у міжряддях культур тричі за вегетацію на неудобрених ділянках під озимую пшеницею і кукурудзою, посіви яких було однократно (пшениця) і двократно (кукурудза) оброблено декількома пестицидами в одній баковій суміші, та під соєю, яку пестицидами не обробляли.

Під час першого відбирання проб сходів кукурудзи і сої ще не було, останнє відбирання проведено після збирання врожаю. Посіви сої не обробляли пестицидами, отже ґрунт під соєю вважаємо контролем.

Чисельність ґрунтових мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп визначали методом висівання суспензій ґрунту відповідних розведень на щільні елективні живильні середовища у чашках Петрі [32]: (1) для визначення мікроорганізмів, що засвоюють органічний азот (амоніфікаторів), – на м'ясо-пептоновий агар (МПА); (2) мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук, та актиноміцетів – на крохмало-амонійний агар (КАА); (3) бактерій роду азотобактер – на середовище Ешбі з додаванням розчину мікроелементів; оліготрофів – на голодний агар (ГА); (4) мікроміцетів – на середовище Ріхтера. Повторність 4-кратна.

Розрахункові показники, зокрема коефіцієнти мінералізації [33], оліготрофності [34] та мікробної трансформації органічної речовини ґрунту (МТОРГ) [35], які характеризують напруженість мінералізаційних процесів і трофічний режим ґрунту, визначали за співвідношенням окремих груп мікроорганізмів, а сумарний біологічний показник (СБП) – методом відносних величин за Дж. Ацці [36]. Ступінь деградованості ґрунту оцінювали за відхиленням біологічних показників від контролю у несприятливий бік згідно з розробленою нами раніше шкалою [37]. Ферментативну активність ґрунту визначали фотоколориметричними методами: дегідрогеназну – за А.Ш. Галстяном [38]; поліфенолоксидазну – за Л.А. Карягіною та Н.А. Михайловською [39]; інвертазну – методом, викладеним Д.Г. Звягінцевим та ін. [32].

Математичну обробку даних здійснено за загальноприйнятими методами математичної статистики з використанням пакетів стандартних комп'ютерних програм (Microsoft Excel і Statistica 6.0).

3. Результати досліджень

3.1. Динаміка чисельності мікроорганізмів основних еколого-трофічних і таксономічних груп протягом вегетаційного періоду

У досліді використовували комплекси (суміші) пестицидів, основою яких були гербіциди – досходові і післясходові. Серед пестицидів саме гербіциди мають найбільшу рухомість у ґрунті, крім того, більшість цих препаратів вносять безпосередньо в ґрунт, чим зумовлено найбільшу небезпеку стосовно забруднення ґрунту й підземних вод.

Чисельність мікроорганізмів усіх досліджуваних груп у ґрунті під озимую пшеницею, яку напередодні відбирання проб було оброблено комплексом пестицидів, що містив два гербіциди, інсектицид і фунгіцид, була вищою, ніж у ґрунті, який не був обробленим (під соєю). Кількість бактерій, які засвоюють органічні сполуки нітрогену, була більшою у 2,7 раза, мікроорганізмів, що утилізують нітроген мінеральних сполук – у 2,8 раза, зокрема актиноміцетів – майже вдвічі, оліготрофів – у 1,8 раза (Табл. 2). Загальна чисельність евтрофної мікрофлори перевищувала чисельність на контрольному варіанті в 2,8 раза. При цьому коефіцієнт мінералізації нітрогенвмісних сполук ґрунту був підвищеним відносно необробленого ґрунту. У 2,6 раза вищим був і коефіцієнт МТОРГ.

У ґрунті поля, де було посіяно кукурудзу, який був оброблений за три дні до відбирання проб сумішшю з двох гербіцидів, чисельність мікрофлори також була вищою за чисельність у пробах контрольного ґрунту: органотрофних бактерій у 1,6 раза, мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний нітроген, – у 1,8 раза, у тому числі, актиноміцетів – у 1,4 раза. Чисельність евтрофної мікрофлори була вищою, ніж у ґрунті контролю в 1,7 раза. Коефіцієнт мінералізації нітрогену був вищим на більшу величину, ніж цей показник, розрахований для проби нещодавно обробленого ґрунту. У 1,5 раза вищим порівняно з контролем був і коефіцієнт МТОРГ, його значення займало проміжне положення між значеннями для контрольного й щойно обробленого (під пшеницею озимую) ґрунтів.

Таблиця 2

Динаміка чисельності мікроорганізмів різних еколого-функціональних і таксономічних груп у ґрунті

Варіант досліджу	Мікроорганізми, які засвоюють нітроген, млн КУО /г с. ґ.			Гриби, тис. КУО/г с. ґ.	Актино-міцети млн КУО/г с. ґ.	Оліготрофи	Евтрофи	Коефіцієнт					
	органічний	мінеральний	всього бактерії					оліготрофності	мінералізації	МТОРГ	СБП, %	ПБД, %	
<i>Відбирання проб 07.05.2019 р.</i>													
Соя	7,47	16,74	12,12	25,30	4,62	8,40	24,24	0,35	2,24	10,80	100	0	
Пшениця озима	19,93	47,13	38,08	22,04	9,05	15,30	67,08	0,23	2,36	28,35	205	0	
Кукурудза	11,94	30,01	23,66	23,61	6,35	8,77	41,97	0,21	2,51	16,69	134	0	
НІР _{0,05}	3,42	4,84	–	5,14	1,26	4,20	–	–	–	–	–	–	
<i>Відбирання проб 28.05.2019 р.</i>													
Соя	46,75	39,02	29,68	33,48	9,34	17,22	85,80	0,20	0,83	102,76	100	0	
Пшениця озима	20,41	36,51	23,86	21,70	12,65	14,37	56,94	0,25	1,79	31,82	72	-28	
Кукурудза	8,12	18,20	12,35	18,14	5,85	5,41	26,34	0,21	2,24	11,86	37	-63	
НІР _{0,05}	3,14	6,25	–	6,24	1,31	8,62	–	–	–	–	–	–	
<i>Відбирання проб 15.10.2019 р.</i>													
Соя	30,77	73,83	63,19	32,29	10,64	27,64	104,63	0,26	2,40	43,59	100	0	
Пшениця озима	15,79	25,31	20,37	50,20	4,94	36,39	41,15	0,88	1,60	25,64	83	-17	
Кукурудза	18,02	39,82	31,22	20,15	8,60	8,44	57,92	0,15	2,21	26,17	51	-49	
НІР _{0,05}	2,64	4,22	–	6,48	1,14	0,02	–	–	–	–	–	–	

Примітка. КУО/г с. ґ. – колонієутворювальні одиниці в 1 грамі сухого ґрунту.

Наступне відбирання проб ґрунту проводили через три тижні після першого. Пшеницю за цей період нічим не обробляли, а кукурудзу було оброблено за тиждень до другого відбирання проб комплексним системним післясходовим гербіцидом разом з інсектицидом. В обох цих варіантах чисельність мікроорганізмів усіх досліджуваних груп виявилась значно нижчою, ніж у контрольному варіанті. Так, у ґрунті під пшеницею озимою, попри те, що обробок більше не було, чисельність бактерій, що засвоюють органічний нітроген, була нижчою за контроль у 2,3 раза, чисельність мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук, – на 6 %, грибів – на 35 %, оліготрофних бактерій – на 17 %. За значеннями ПБД для ґрунту під пшеницею встановлено середній ступінь біологічної деградації, а для ґрунту під сходами кукурудзи – сильний. Коефіцієнт мінералізації зростає із кратністю обробок, а МТОРГ, навпаки, істотно знижувався.

Незважаючи на те, що з моменту обробки посівів пшениці озимої комплексом пестицидів минуло більше п'яти місяців, у пробах ґрунту останнього відбору виявлено суттєво нижчу чисельність мікроорганізмів, що засвоюють різні сполуки нітрогену, на оброблених пестицидами ділянках, ніж у ґрунті контролю. Так, чисельність органотрофних бактерій була меншою удвічі, мікроорганізмів, що асимілюють мінеральні сполуки нітрогену, – втричі, загальна кількість евтрофів – у 2,5 раза. Але чисельність грибів і оліготрофів, навпаки, перевищувала значення цих показників на контролі.

Аналогічною була ситуація і в ґрунті під кукурудзою, посіви якої обробляли двічі за вегетацію, і з моменту останньої обробки комплексом пестицидів минуло майже п'ять місяців, але тут нижчою за показники контролю була чисельність мікроорганізмів усіх без винятку досліджуваних груп і ступінь зниження був більшим, ніж під озимою пшеницею. Чисельність бактерій, що засвоюють органічні сполуки нітрогену, була нижчою в 1,7 раза, мікроорганізмів, що утилізують його мінеральні сполуки – в 1,9, грибів – у 1,6, евтрофів – у 1,8, оліготрофів – у 3,3 раза.

Показники мінералізації і коефіцієнти МТОРГ також були значно нижчими за показники контролю. Рівень біологічної деградації ґрунту під пшеницею озимою, яку обробляли один раз за вегетацію, змінився з середнього до слабкого, а під кукурудзою, яку обробляли двічі, – з сильного до середнього.

Деякі автори до найбільш чутливих до різних забруднювачів, зокрема пестицидів, вважають бактерії роду *Azotobacter* [5, 15]. Ми виявили, що у ґрунті під пшеницею озимою, який напередодні першого відбирання проб обробили сумішшю з двох гербіцидів,

інсектициду і фунгіциду, чисельність азотобактера дійсно була вдвічі нижчою за їх чисельність у контрольному ґрунті без обробок (Табл. 3). Однак за другого відбирання у пробах ґрунту під пшеницею озимою чисельність азотобактера була високою, а під кукурудзою, яку за тиждень до відбирання проб вже обробили другим раз (післясходовим гербіцидом в комплексі з інсектицидом), вона, хоч і була дещо нижчою, але більшою, ніж у контрольному ґрунті.

Таблиця 3
Чисельність азотобактера у ґрунті за дії пестицидів

Варіант досліджу	Азотобактер, % обростання грудочок
<i>Відбирання проб 07.05.2019 р.</i>	
Соє	27
Пшениця озима	14
Кукурудза	54
НІР _{0,05}	5
<i>Відбирання проб 28.05.2019 р.</i>	
Соє	8
Пшениця озима	52
Кукурудза	47
НІР _{0,05}	3
<i>Відбирання проб 15.10.2019 р.</i>	
Соє	0
Пшениця озима	52
Кукурудза	2
НІР _{0,05}	3

У пробах ґрунту, відібраних у жовтні, під соєю (який протягом вегетаційного періоду слугував контролем) азотобактера не було виявлено, під пшеницею озимою чисельність азотобактера не змінилася порівняно із попереднім строком, а під кукурудзою його чисельність також була вкрай низькою.

Дослідження чисельності мікрофлори показали, що одразу і через декілька днів після внесення пестицидів кількість мікроорганізмів підвищилася, тобто спочатку пестициди мали стимулюючий ефект на ґрунтовий мікробний ценоз. Але вже через три тижні відбулися негативні зміни – спостерігалось пригнічення мікробоценозу, що проявилось в суттєвому зниженні чисельності мікроорганізмів, яке було дещо відтермінованим.

Через п'ять місяців після обробок чисельність мікроорганізмів у ґрунті під озимою пшеницею і кукурудзою залишалася значно нижчою, ніж у ґрунті під соєю, що слугував контролем.

3.2. Зміни ферментативної активності ґрунту

Подібні зміни відбувалися і в активності ґрунтових ферментів. Одразу після застосування пестицидів активність усіх досліджуваних ферментів (дегідрогенази, інвертази, поліфенолоксидази) виявилася вищою, ніж у ґрунті, де не застосовували хімікатів (Табл. 4).

Таблиця 4
Динаміка ферментативної активності ґрунту

Варіант досліджу	Дегідрогеназа, мг ТФФ/100 г ґрунту за 24 години	Інвертаза, мг глюкози/1 г ґрунту за 24 години	Поліфенолоксидаза, мг 1,4-п-бензохінону/100 г ґрунту за годину
<i>Відбирання проб 07.05.2019 р.</i>			
Соє	312,55	2,04	375,34
Пшениця озима	312,25	2,73	297,09
Кукурудза	287,13	2,43	414,47
НІР _{0,05}	10,15	0,56	20,26
<i>Відбирання проб 28.05.2019 р.</i>			
Соє	248,45	2,95	140,32
Пшениця озима	241,93	2,86	100,45
Кукурудза	236,88	2,39	62,32
НІР _{0,05}	8,23	0,64	6,92
<i>Відбирання проб 15.10.2019 р.</i>			
Соє	282,55	3,12	168,12
Пшениця озима	240,16	3,17	189,06
Кукурудза	256,83	3,27	220,24
НІР _{0,05}	9,04	0,81	14,32

Примітка: ТФФ – трифенілформазан.

Через 20 діб після застосування комплексу пестицидів на посівах пшениці озимої ферментативна активність ґрунту була незначно нижчою порівняно з контролем, а у ґрунті під кукурудзою, яку обробили двічі, і після другої обробки комплексом пестицидів минуло лише вісім діб, активність дегідрогенази була достовірно нижчою на 5 %, інвертази – на 19 %, поліфенолоксидази – на 55 %. Зниження поліфенолоксидазної активності свідчить про послаблення процесів утворення гумусу, а, враховуючи, що за літературними даними деякі гербіциди сприяють збільшенню кількості нокардієподібних бактерій, які руйнують гумусові речовини, це створює передумови мінералізації гумусу, що може призвести до дегуміфікації ґрунту.

Наприкінці вегетаційного періоду нижчою, ніж на контролі, залишалася лише активність дегідрогенази. Інвертазна активність суттєво не відрізнялась від контролю, а поліфенолоксидазна була дещо вищою.

4. Обговорення результатів

За результатами наших досліджень виявлено ознаки біологічної деградації ґрунту в результаті токсичного впливу застосованих пестицидів. Негативними наслідками застосування комплексів пестицидів є скорочення чисельності ґрунтових мікроорганізмів та зниження ферментативної активності ґрунту. Наші експериментальні дані узгоджуються із деякими результатами інших вітчизняних та закордонних дослідників. Схожі результати для певних груп пестицидів були одержані і викладені у наступних публікаціях.

Так, вивчення дії пестицидів, що належать до різних класів токсичності щодо мікробного ценозу ґрунту, і активно використовуються в агротехнічній практиці України, показало, що препарат Примекстра Голд, навіть у робочих дозах, виявив токсичну дію на *Azotobacter chroococcum*, який автори вважають одним із найбільш чутливих індикаторів забруднення ґрунту пестицидами [15].

У літературі є повідомлення про посилення негативного впливу пестицидів за поєданого застосування, або зі збільшенням кратності обробок. Так, відмічено інгібуючий вплив на бактеріальне угруповання за неодноразового застосування бромоксенілу [4].

Наші дані узгоджуються також із публікаціями щодо стимулювальної дії пестицидів на мікрофлору і ферментативну активність ґрунту одразу або через декілька днів після внесення, їх пригнічення через деякий час і поступового (але не повного) відновлення протягом вегетаційного періоду. Так, мікробна біомаса під впливом деяких пестицидів спочатку збільшувалась, але потім відбувалось її зменшення [40]. Вплив гербіциду Бутахлор на мікробні популяції та на активність дегідрогенази в ґрунті під рисом проявився у значному зменшенні кількості актиноміцетів та посиленні активності дегідрогенази. Але більшість показників, зокрема азотфіксація та нітрифікація, спочатку стимулювались, проте згодом значно знижувались [41].

За повідомленням І.М. Сторчоус [42], який вивчав вплив гербіцидів Дікопур Ф, Трезор і Лентіпур у посівах пшениці озимої на основні таксономічні групи мікроорганізмів в умовах Північного Лісостепу України, навпаки, негативний вплив гербіцидів було помічено саме у перші дні після застосування (Дікопур Ф на 5-й день зменшував у середньому загальну кількість бактерій, актиноміцетів і грибів у 2,0 – 2,3 раза, потім відбувалось відновлення (на 30-й день чисельність мікрофлори майже на рівні контрольного варіанту), а перед збиранням урожаю (70-й день) чисельність бактерій та актиноміцетів відповідала контрольному варіанту, а кількість грибів перевищувала контрольний рівень. Аналогічні результати впливу на мікрофлору сірого опідзоленого ґрунту автор показав і щодо гербіциду Трезор і Лентіпур.

Індійські дослідники [43] вивчали вплив органофосфатного інсектициду киналфосу на дегідрогеназну активність у ґрунті і спостерігали її інгібування на 30 % через 15 днів після застосування. Активність ферменту відновилася лише через 90 днів після застосування, що може бути пов'язано з адаптацією ґрунтових мікробів до агресивних умов, за яких потрібна протидія хімічному впливу. Аналогічні спостереження проводили й з використанням інших інсектицидів [44 – 45], фунгіцидів [46] та гербіцидів [47, 48].

Однак, є також повідомлення, якими описано стимулювальні ефекти окремих пестицидів на дегідрогеназну активність ґрунту [41, 49, 50]. Є інформація, що інсектицид Монокротофос спочатку інгібує активність дегідрогенази, а згодом, її активність відновлюється [2]. Гліфосат, навпаки, не впливає, або стимулює дегідрогеназну активність [51]. В лабораторних дослідженнях отримано близькі до наших результати щодо металаксилу, фунгіциду, який спочатку підвищує активність ґрунтових ферментів, зокрема дегідрогенази, а через деякий час, навпаки знижує [52].

Інтегрованим захистом рослин рису в індійському штаті Ситапур передбачено використання різних комбінацій пестицидів, причому фермери часто перебільшують рекомендовані дози. За застосування хлорпірифосу, 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти, карбендазиму і карбофурану різко скорочувалась чисельність популяцій бактерій у ґрунтах, а в лабораторному інкубаційному експерименті спостерігали значне зниження дегідрогеназної активності за дії хлорпірифосу, карбофурану, 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти і карбендазиму [53].

Наголошується також, що комплексне застосування пестицидів (гербіцидів, інсектицидів та фунгіцидів), як і систематичне, чинить більший негативний вплив на біологічну активність ґрунту. Так, застосування гербіцидів диурона, гексазинона й сульфометурон-метила окремо й в суміші давало різний ефект – сукупне застосування сильно зменшувало біорізноманіття мікроорганізмів на відміну від окремого [54]. Сукупна дія двох фунгіцидів – тебуконазолу і карбендазиму значно пригнічувала ферментативну активність ґрунту [55].

Результатами досліджень у польовому досліді на чорноземі типовому підтверджено, що після одноразового застосування комплексу пестицидів чисельність компонентів мікробного ценозу наприкінці вегетаційного періоду наближається до показників ґрунту, де пестициди не застосовували. Але після двох обробок комплексами пестицидів навіть після збирання врожаю спостерігалось значне відхилення показників чисельності мікробного ценозу в несприятливий бік від контрольного ґрунту.

Результати проведеного дослідження показали необхідність суворо дозованого, раціонального застосування хімічних пестицидів, контролю кількості засобів захисту рослин і кратності обробок з метою зменшення несприятливого їх впливу на біологічні властивості ґрунтів і шкідливої дії на довкілля.

Спостереження за змінами стану мікробних угруповань ґрунту, їх структури і функціонування, швидкістю відновлення біологічної активності ґрунтів за застосування сучасних пестицидів дозволить прогнозувати потенційні екологічні ризики для ґрунтів і довкілля.

5. Висновки

Таким чином, динаміка чисельності мікрофлори протягом періоду вегетації була такою: спочатку чисельність мікроорганізмів основних еколого-функціональних груп під дією пестицидів зростала, але згодом відбувалася відстрочена реакція – відгук мікробного ценозу на хімічне навантаження, який проявився у зниженні чисельності мікроорганізмів усіх досліджуваних груп, причому зі збільшенням пестицидного навантаження ступінь пригніченості мікрофлори адекватно зростав. Через п'ять місяців після одноразового застосування комплексу пестицидів на посівах пшениці озимої значення чисельності мікроорганізмів окремих груп у ґрунті були вдвічі, а деякі і втричі меншими за відповідні значення у контрольному варіанті, але за рахунок більшої чисельності грибів і оліготрофів, у середньому, майже наблизилися до рівня необробленого пестицидами ґрунту. Проте після двох обробок сумішами пестицидів посівів кукурудзи чисельність мікрофлори залишилася значно нижчою порівняно з контролем.

Чисельність азотобактера у ґрунті є чутливим індикатором наслідків негативної дії пестицидів.

Ферментативна активність ґрунту відразу після обробок також спочатку дещо зростала, потім знижувалася, особливо після двох обробок кукурудзи. Найбільш істотно знижувалася активність поліфенолоксидази, яка бере участь у процесах гумусоутворення. Наприкінці вегетації нижчою залишилася тільки активність дегідрогенази.

Зростання пестицидного навантаження на ґрунт призвело до більш істотного порушення структури і функціонування мікробного ценозу, зниження темпу їх відновлення.

Дослідження проведено за завданням 01.02.03.05. П. «Розробити систему біодіагностичних показників для оцінювання стійкості мікробних ценозів ґрунтів до забруднення сучасними пестицидами» в межах ПНД НААН 1 «Розробити наукові засади збалансованого використання ґрунтових ресурсів, прогноз розвитку та управління відтворенням родючості ґрунтів як основи сталого розвитку України» («Ґрунтові ресурси: прогноз розвитку, збалансоване використання та управління»), Підпрограма 02 «Розробити систему оцінювання стійкості ґрунтів до антропогенних навантажень та заходи з охорони їх від деградації» («Охорона ґрунтів»), що фінансується з державного бюджету України.

Список використаних джерел

1. Бублик Л.І., Крук І.В. Методи моніторингу забруднення пестицидами ґрунту агроценозів. *Захист і карантин рослин*. 2008. Вип. 54. С. 87–99.
2. Impact of long-term pesticide application on some soil biological parameters / M.M. Andrea, B. Peres, L.C. Luchini, A.J. Pettinelli *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. 2000. Vol. 35. Issue 3. P. 297–307 DOI: <https://doi.org/10.1080/03601230009373271>.
3. Kalia A., Gosal S.K. Effect of pesticide application on soil microorganisms. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2011. Vol. 57. Issue 6. P. 669–696. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650341003787582>.
4. Baxter J., Cummings S.P. The degradation of the herbicide bromoxynil and its impact on bacterial diversity in a top soil. *Journal of Applied Microbiology*. 2008. Vol. 104. Issue 6. P. 1605–1616. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03709>.
5. Bio-efficacy of Herbicides on Performance of Mustard, Brassica juncea (L.) and Population Dynamics of Agriculturally Important Bacteria / N.K. Singh, C.K. Desai, B.S. Rathore, B.G. Chaudhari. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. 2015. Vol. 86. Issue 3. P. 743–748. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40011-015-0521-1>.
6. Devi Y.B., Meetei T.T., Kumari N. Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity and Enzymes: A Review. *Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. Vol. 7. Issue 6. P. 952–958. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.113>.
7. Круглов Ю.В. Микрофлора почвы и пестициды. Москва: Агропромиздат, 1991. 129 с.
8. Благодатская Е.В., Ананьева Н.Д. Оценка устойчивости микробных сообществ в процессе разложения поллютантов в почве. *Почвоведение*. 1996. № 11. С. 1341–1346.
9. Матаруева И.А. Об оценке микробиологической активности дерново-подзолистых почв. *Почвоведение*. 1998. № 1. С. 78–87.
10. Тертична О.В., Андрієнко Г.Г., Моклячук Л.І. Агроекологічна оцінка впливу високих концентрацій пестицидів на мікробний ценоз ґрунту. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Том 4 (23). Полтава, 2005. С. 174–177.
11. Іутинська Г.О., Ямборко Н.А., Піндрус А.А. Дослідження мутагенної активності гексахлорциклопексану та продуктів його мікробної деградації. *Мікробіологічний журнал*. 2010. Вип. 72. № 6. С. 18–21. URL: http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/MB_72_6_2010.pdf.
12. Оцінка впливу забруднення стійкими пестицидами на формування мікробіоценозу ґрунту / Андрієнко В.О., Моклячук Л.І., Андрієнко Г.Г. [та ін.]. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Київ, 2006. Вип. 100. С. 281–287.
13. Functioning of soil microbiota under the influence of herbicides / Y. Chabanyuk, I. Brovko, A. Koretsky, S. Mazur. *Agroecological Journal*. 2016. № 4. С. 122–127.
14. Биосенсорные свойства почвенной микробиоты при воздействии пестицидов / І.С. Бровко, Ю.В. Чабанюк, С.В. Мазур, В.У. Ящук. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 3. С. 111–116.
15. Взаємозв'язки між біологічними показниками ґрунту за дії гербіцидів / І.С. Бровко, Ю.В. Чабанюк, А.П. Корецький, С.В. Мазур. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 87–93.
16. Усатая А.С., Катрук Э.А., Меренюк Г.В. Динамика почвенных микробиологических процессов под влиянием фунгицидов, используемых в виноградарстве. Биодинамика почв: тезисы докл. III Всес. симп., Харьков, 25 – 27 октября, 1988 г. Таллин, 1988. С. 159.
17. Система оценки потенциальной генетической опасности химических загрязнителей для почвенных микроорганизмов. Методические рекомендации / Е.Е. Емнова, Г.В. Меренюк, Л.Г. Цуркан, В.А. Сланина. Кишинёв, 1991. 47 с.
18. Rashid B., Husnain T., Riazuddin S. Herbicides and Pesticides as potential pollutants: A Global Problem. *Plant adaptation and Phytoremediation*. Chapter 19. 2010. Part 2. 427–447. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-9370-7_19.
19. Alexander M. Biodegradation and Bioremediation. Academic Press, New York, 1994. 692 p.
20. Bollag W.B., Dec J., and Bollag J.-M. Biodegradation. In: *Encyclopedia of Microbiology*. Second Edition. Academic Press, Inc., New York. 2000. Vol. 1. P. 461–471.
21. Garipova S. Perspectives on using endophytic bacteria for the bioremediation of arable soils polluted by residual amounts of pesticides and xenobiotics. *Biology Bulletin Reviews*. 2014. Vol. 4. Issue 4. P. 300–310. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079086414040033>.
22. Ingram C.W., Coyne M., Williams D.W. Effects of commercial diazinon and imidacloprid on microbial urease activity in soil. *Journal of Environmental Quality*. 2005. Vol. 34. No. 5. P. 1573–1580. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2004.0433>.
23. Littlefield-Wyer J.G., Brooks P., Katouli M. Application of biochemical fingerprinting and fatty acid methyl ester profiling to assess the effect of the pesticide Atradox on aquatic microbial community. *Environmental Pollution*. 2008. Vol. 153. Issue 2. P. 393–400. DOI: <https://doi.org/10.1016/j>.
24. Niewiadomska A. Effect of carbendazim, imazetapir and thiram on nitrogenase activity, the number of microorganisms in soil and yield of red clover (*Trifolium pretense* L.). *Polish Journal of Environmental Studies*. 2004. Vol. 13. Issue 4. P. 403–410. URL: <http://www.pjoes.com/Effect-of-Carbendazim-Imazetapir-and-Thiram-on-rN-Nitrogenase-Activity-the-Number,87676,0,2.html>.
25. Effect of methamidophos and urea application on microbial communities in soils as determined by microbial biomass and community level physiological profiles / M.C. Wang, M. Gong, H.B. Zang [et al.]. *Journal of Environmental Science and Health. Part B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. 2006. Vol. 41. Issue 4. P. 399–413. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601230600616155>.
26. Лоханська В.Й. Вивчення забруднення агроценозів пестицидами. Наукові доповіді НАУ. 2008. 2 (10). С. 1–12. URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-Journals/nd/2008-2/08lvioap.pdf>.
27. Niewiadomska A., Klama J. Pesticide side effect on the symbiotic efficiency and nitrogenase activity of *Rhizobiaceae* bacteria family. *Polish Journal of Microbiology*. 2005. Vol. 54. Issue 1. P. 43–48.

- URL: https://www.researchgate.net/publication/7556608_Pesticide_side_effect_on_the_symbiotic_efficiency_and_nitrogenase_activity_of_Rhizobiaceae_bacteria_family.
28. Sardar D., Kole R.K. Metabolism of chlorpyrifos in relation to its effect on the availability of some plant nutrients in soil. *Chemosphere*. 2005. Vol. 61. Issue 9. P. 1273–1280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.03.078>.
 29. Antonious G.F. Impact of soil management and two botanical insecticides on urease and invertase activity. *Journal of Environmental Science and Health. Part B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. 2003. Vol. 38. Issue 4. P. 479–488. DOI: <https://doi.org/10.1081/PFC-120021667>.
 30. Monkiedje A., Spiteller M. Effects of the phenylamide fungicides, mefenoxam and metalaxyl, on the biological properties of sandy loam and sandy clay soils. *Biology and Fertility of Soils*. 2002. Vol. 35. Issue 6. P. 393–398. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0485-1>.
 31. Monkiedje A., Ilori M.O., Spiteller M. Soil quality changes resulting from the application of the fungicides mefenoxam and metalaxyl to a sandy loam soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 2002. Vol. 34. Issue 12. P. 1939–1948. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00211-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00211-0).
 32. Методы почвенной микробиологии и биохимии. [Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк]; под ред. Д.Г. Звягинцева. Москва: Изд-во Московского ун-та, 1980. 224 с.
 33. Аристовская Т.В., Худякова Ю.А. Методы изучения микрофлоры почв и её жизнедеятельности. Методы стационарного изучения почв. Москва: Наука, 1977. С. 141–286.
 34. Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. Москва: Наука, 1975. 24 с.
 35. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов. Сб. науч. тр. ХСХИ. 1980. Т. 273. С. 13–16.
 36. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология; пер. с англ. Н.А. Емельяновой, О.В. Лисовской, М.П. Шкеданц; под ред. В.Е. Писарева. Москва: Изд-во иностранной литературы, 1959. С. 242–243.
 37. Naydyonova O.E., Baliuk S.A. Biological degradation of Chernozems under irrigation. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2014. Vol. 3. Issue 4. P. 267–273. DOI: <https://doi.org/10.18393/ejss.87170>.
 38. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. Москва: Наука, 1976. С. 39–40.
 39. Карягина Л.А., Михайловская Н.А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве. *Весті АН БССР, серія с/г навук*. Мінск, 1986. № 2. С. 40–41.
 40. Arora S., Sahni D. Pesticides effect on soil microbial ecology and enzyme activity – An overview. *Journal of Applied and Natural Science*. 2016. Vol. 8. Issue 2. P. 1126–1132. DOI: <https://doi.org/10.31018/jans.v8i2.929>.
 41. Effects of butachlor on microbial populations and enzymes activities in paddy soil / H. Min, Y.F. Ye, Z.Y. Chen [et al.]. *Journal of Environmental Science and Health, Part B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. 2001. Vol. 36. Issue 5. P. 581–595. DOI: <https://doi.org/10.1081/PFC-100106187>.
 42. Сторчоус І.М. Вплив гербіцидів на мікрофлору ґрунту. *Захист і карантин рослин*. 2013. Вип. 59. С. 277–284.
 43. Mayanglambam T., Vig K., Singh D.K. Quinalphos persistence and leaching under field conditions and effects of residues on dehydrogenase and alkaline phosphomonoesterases activities in soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2005. Vol. 75. Issue 6. P. 1067–1076. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-005-0858-x>.
 44. Menon P., Gopal M., Parsad R. Effects of chlorpyrifos and quinalphos on dehydrogenase activities and reduction of Fe³⁺ in the soils of two semi-arid fields of tropical India. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 2005. Vol. 108. Issue 1. P. 73–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.12.008>.
 45. Effects of pesticides on soil biochemical characteristics of a paddy soil / Xie X.M., Liao M., Huang C.Y. [et al.]. *Journal of Environmental Sciences*. 2004. Vol. 16. Issue 2. P. 252–255.
 46. Changes in soil chemical properties and microbial activities in response to the fungicide Ridomil gold plus copper / J. Demanou, A. Monkiedje, T. Njine [et al.]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2004. Vol. 1. Issue 1. P. 26–34. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph2004010026>.
 47. Monitoring impacts of a pesticide treatment on bacterial soil communities by metabolic and genetic fingerprinting in addition to conventional testing procedures / B. Engelen, K. Meinken, F. Von Wintzingerode [et al.]. *Applied Environmental Microbiology*. 1998. Vol. 64. Issue 8. P. 2814–2821. URL: <https://aem.asm.org/content/aem/64/8/2814.full.pdf>.
 48. Changes in the microflora and biological activity of the soil during the degradation of isoproturon / A. Nowak, J. Nowak, D. Klodka [et al.]. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2004. 19. P. 1003–1016.
 49. Singh J., Singh D.K. Dehydrogenase and phosphomonoesterase activities in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) field after diazinon, imidachlorprid and lindane treatments. *Chemosphere*. 2005. Vol. 60. Issue 1. P. 32–42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.096>.
 50. Singh D.K., Kumar S. Nitrate reductase, arginine deaminase, urease and dehydrogenase activities in natural soil (ridges with forest) and in cotton soil after acetamiprid treatments. *Chemosphere*. 2008. Vol. 71. Issue 3. P. 412–418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.11.005>.
 51. Influence of repeated applications of glyphosate on its persistence and soil bioactivity. / M.M. Andrea, T.B. Peres, L.C. Luchini [et al.]. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2003. Vol. 38. Issue 11. P. 1329–1335. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003001100012>.
 52. Sukul P. Enzymes activities and microbial biomass in soil as influenced by metalaxyl residues. *Soil Biology and Biochemistry*. 2006. Vol. 38. Issue 2. P. 320–326. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.05.009>.
 53. Pesticides use and its Effect on Soil Bacteria and Fungal Populations, Microbial Biomass Carbon and Enzymatic Activity / S. Arora, S. Arora, D. Sahni [et al.]. *Current science*. 2019. Vol. 116. Issue 4. P. 643–649. DOI: <https://doi.org/10.18520/cs/v116/i4/643-649>.
 54. Respiration induced by substrate and bacteria diversity after application of diuron, hexazinone, and sulfometuron-methyl alone and in mixture / F. Reis, V. Tornisielo, B. Martins [et al.]. *Journal of Environmental Science and Health. Part B Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*. 2019. Vol. 54. Issue 6. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1620043>.
 55. Individual and combined effects of tebuconazole and carbendazim on soil microbial activity / C. Wang, F. Wang, Q. Zhang, W. Liang. *European Journal of Soil Biology*. 2016. Vol. 72. P. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.12.005>.

UDC 631.427

Dynamics of microflora number and biochemical activity in typical chernozem under pesticides complex application

O. E. Naidonova

**National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky”,
Kharkiv, Ukraine**

E-mail: oksana_naydyonova@ukr.net

In a stationary field experiment during the growing season 2019, the dynamics of microbiological and biochemical indicators' parameters of typical heavy loamy chernozem in the plots treated with a complex of pesticides was studied in comparison with the control, untreated plots. The state of microbial communities in the soil under winter wheat with a single application, and under corn with single and double application of mixtures of several modern herbicides, fungicides and insecticides was assessed. The state of the microflora was monitored three times during the growing season according to the parameters of the number of microorganisms of various ecological-functional and taxonomic groups, the enzymatic activity of the soil, and integrated biological indices. At first, 1 and 4 days after the application of pesticides, the number of microorganisms and the activity of enzymes increased, but subsequently (after 3 weeks) the values of indicators decreased relatively untreated with pesticides soil. The number of microflora under wheat decreased by an average of 28 %, and under maize, which a week before the second sampling, they were treated with a mixture of pesticides for the second time – by 63 %. Five months after a single application of a complex of pesticides on winter wheat crops, the values of the number of microorganisms of certain groups in the soil were half, and some three times less than the corresponding values in the control variant. With an increase in the pesticide load (an increase in the frequency of treatments), the degree of inhibition of microflora increased. After two treatments of corn crops, the number of microflora and enzyme activity in the soil were significantly lower compared to the control, the degree of reduction was greater than with a single treatment of wheat. Over time, there was a gradual restoration of the biological properties of the soil, but even five months after two treatments of corn crops with pesticides, the number of microflora remained significantly lower than under the control. At the end of the growing season of both crops, the biological properties of typical chernozem did not reach the level of similar soil without the use of pesticides.

Keywords: pesticides; soil enzymatic activity; soil microbial community.

Citing: Naidonova O. E. 2020. Dynamics of microflora number and biochemical activity in typical chernozem under pesticides complex application. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 90. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 65-75. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss90-07>.