

### **5.3. Моделювання впровадження інноваційних технологій підвищення ефективності використання нетоварної продукції рослинництва**

В умовах різкого скорочення внесення органічних добрив сільськогосподарськими підприємствами, обумовленого скороченням поголів'я тваринництва, зменшення використання мінеральних добрив на перший план вирішення проблеми відновлення родючості ґрунтів виходять технології, які забезпечують повернення поживних речовин у ґрунт за допомогою заорювання рослинних решток.

Солома – це цінне органічне добриво, якому в теперішніх умовах сільськогосподарського виробництва не приділяють достатньо уваги. На це існує декілька причин.

Солома як добриво діє дуже повільно, протягом 2-3х років з моменту її внесення в ґрунт. Уміст поживних речовин у соломі не дуже високий. Свіжа солома має депресивну дію на культуру, під яку її внесли, тому що при її розкладанні накопичується багато шкідливих речовин, особливо якщо розкладання проходить в анаеробних умовах. Але за всіх своїх негативних властивостей солома є добрим постачальником гумусових речовин у ґрунт. Так за 1-3 роки від унесеної кількості соломи 15-18 % повністю гумітикується, тобто перетворюється на стійкий гумус, що, в кінцевому рахунку, підвищує родючість ґрунту. Гумус – це важливий показник родючості ґрунту: підвищення його вмісту в ґрунті впливає на всі агрофізичні та агроекологічні показники, і завжди у позитивному напрямку [9].

Солома складається з целюлози, пентози, геміцелюлози і лігніну, які є енергетичним матеріалом для мікроорганізмів ґрунту, а продукти її деструкції – будівельний матеріал для лабільного, «поживного» гумусу. Так при розкладанні 1 тонни соломи в ґрунті вже через 3 місяці утворюється близько 50 кг гумусу [17].

При розкладанні соломи до ґрунту надходить не тільки певна кількість необхідних рослинам мінеральних сполук, але й багато вуглекислого газу. Сполучаючись із водою, він утворює вугільну кислоту, яка сприяє переводу в розчинну форму певної кількості поживних речовин.

Розкладання соломи – це, перш за все, мікробіологічний процес. Для розкладання органічної речовини (соломи) мікроорганізми залучають легкодоступні форми азоту, фосфору не тільки з соломи, але й з ґрунту.

У складі органічної речовини ґрунту виділяють 3 групи сполучень: свіжа органічна речовина (не розкладені рослинні залишки, у тому числі солома), проміжні продукти розпаду (детрит), гумусові речовини, які включають новоутворений і стабільний гумус. Під впливом мікроорганізмів солома розкладається в ґрунті з виділенням газо-подібних продуктів розпаду ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  й інші), а також мінеральних солей і кислот.

Отже, процес, при якому солома повністю розкладеться у ґрунті, досить тривалий, тому виникає потреба прискорити його – це дасть змогу підвищити ефективність соломи як добрива, зменшити її негативний вплив на культури, а також прискорити процеси збагачення ґрунту органічною речовиною – гумусом.

Екологічна оцінка якісного стану ґрунту як складної екосистеми здійснюється комплексом показників його агрофізичних, хімічних і мікробіологічних властивостей [22]. Разом з тим відомо, що родючість ґрунту і рівень урожайності культур залежать від вмісту гумусу, де акумулюються значні резерви органічної речовини [20]. Від кількості та складу гумусу залежить структурний стан, водні та фізичні властивості, поглинальна здатність та ферментативна властивість ґрунту [9; 30]. Виходячи із зазначеного, можна стверджувати, що універсальним критерієм екологічного стану земель є вміст гумусу.

Ведення землеробства у 70-80 рр. минулого століття, хоча і мало екстенсивний характер, супроводжувалось зростанням обсягів застосування органічних і мінеральних добрив. Це було обумовлено раціональним поєднанням галузей рослинництва і тваринництва, що дозволяло вносити в середньому на гектар ріллі у 1990 році по Миколаївській області 5,8 тонн гною [32], мати значну питому вагу

площ кормових культур (34,7 %) з високою протиерозійною та агро меліоративною дією. Використання мінеральних добрив – 94 кг/га (у сумі д. р. NPK) – сприяло високому виходу післяпоживно-кореневих решток як додаткового джерела відтворення гумусу. Завдяки цьому в період 1985-1990 рр. господарствами Миколаївської області був досягнутий практично бездефіцитний баланс гумусу [6], і темпи середньорічного зменшення вмісту гумусу склали 0,0063 % на рік [19].

У наступні 20 років відбулося різке скорочення внесення органічних добрив [32] (2007 р. – 0,1 т на гектар), обумовлене скороченням поголів'я тваринництва, зменшенням більш ніж утричі використання мінеральних добрив (29 кг д. р. поживних речовин на 1 га), скорочення кормових угідь у структурі посівних площ до 5,9 %. Насичення сівозмін такими просапними культурами, як соняшник та кукурудза, активізувало процеси мінералізації органічної речовини ґрунту. В аграрних підприємствах перевага надається найбільш рентабельним культурам, серед яких переважають соняшник та ріпак, і практичному відходу від науково-обґрунтованих сівозмін. Парцеляція земельних ділянок ускладнила, а іноді й зовсім унеможливила проведення протиерозійних заходів контурно-меліоративної системи землеробства.

Ці процеси призвели до зростання темпів середньорічного зменшення вмісту гумусу до 0,027 % [19]. За даними Миколаївського проектно-технологічного центру «Облдержродючість», уміст гумусу в ґрунтах зменшився з 3,7 % у 1990 р. до 3,01 % у 2009 р.

Крім того, актуальною проблемою є відновлення поживних елементів рослин у ґрунті. Винос елементів живлення (N, P, K) урожаєм сільськогосподарських культур у середньому становить 150-300 кг/га [5].

При високих урожаєх 2008-2009 рр., досягнутих за рахунок потенційної родючості ґрунту та сприятливих кліматичних умов, урожай озимої пшениці в 50 ц/га виносить за межі поля близько 350 кг/га елементів живлення, а у 80 ц/га, досягнутий у деяких господарствах, – 500-600 кг діючих речовин з гектара.

Для компенсації таких витрат у 1990 р. у ґрунті Миколаївської області було внесено, як було сказано вище, 94 кг/га у поживних речовинах мінеральних добрив і 5,8 т/га органічних добрив [32], і ще 20-30 кг/га і більше азоту надходило з атмосфери за рахунок симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій. У 2007 р. мінеральних добрив внесли 29 кг/га у поживних речовинах і 0,1 т/га органічних добрив, площі посіву бобових культур і особливо багаторічних трав

скоротилися з 34,7 % до 5,9 % [32]. Це обумовило зміну позитивного балансу поживних речовин на від'ємний.

Ще у XIX ст. засновник мінерального живлення рослин Ю. Лібих обґрунтував один із найважливіших законів землеробства, який полягає у необхідності забезпечувати щорічний баланс поживних речовин у ґрунтах, тобто для постійного підтримування родючості ґрунту землероб має повертати кількість поживних речовин, які відчужуються із врожаєм за межі поля. Цю точку зору активно підтримував і засновник науки агрохімії Д. Прянішніков, який водночас зауважував, що кожна рослина має свої генетичні особливості щодо використання тих чи інших елементів живлення, тому тільки науково обґрунтована сівозміна і забезпечення балансу NPK у ґрунті може бути наріжним каменем раціонального використання ґрунтів.

Виходячи з наведених даних, можна зазначити, що на даний період проблема збереження родючості ґрунтів на основі забезпечення бездефіцитного балансу гумусу і поживних речовин набула особливої актуальності для сільськогосподарських підприємств.

Використання супутньої продукції рослинництва як органічного добрива, в тому числі соломи, досліджували тривалий час багато відомих учених: В. В. Горлачук [7], Т. Н. Кулаковська [20], В. Ф. Сайко [28], О. Г. Тараріко [24], Г. Я. Чесняк [36] та ін. Але в їх роботах не розглядались питання використання мікробіологічних препаратів для обробки соломи з метою більш швидкого та повного повернення поживних речовин рослин і органічної речовини в ґрунт.

Крім того, вирішення поставленої задачі в сучасних умовах пов'язано з певними труднощами. Скорочення поголів'я тваринництва унеможлиблює використання органічних добрив у науково обґрунтованих дозах. Розвиток галузі потребує комплексних законодавчих, організаційних, економічних, технологічних заходів, одним з яких є збільшення в структурі посівних площ багаторічних трав як основи кормової бази. Вони є найефективнішим джерелом поповнення органічної речовини у ґрунті, посіви яких збагачують ґрунт за рахунок поживних та кореневих решток на 2 тонни на гектар.

Поліпшення балансу гумусу в ґрунті можна досягти заорюванням у ґрунт рослинних решток, які залишаються після збирання врожаю сільськогосподарських культур, зокрема соломи.

Зернові культури в структурі посівних площ Миколаївської області складають 60-65 %, на одну тону зерна виробляється в середньому 1-1,1 т соломи. Валовий збір зерна за 2008 р. склав 2,44 млн т, 2009 – 2,32 млн т, що забезпечило в середньому 2,38 млн т соломи.

Враховуючи поголів'я худоби, на корм її використовується 300 тис. т, залишок 2 млн т можна використовувати на органічне добриво [17].

З метою прискорення гуміфікації, на кожен центнер соломи вносять 0,8-1,0 кг азотних добрив, що збільшує витрати, з одного боку, а з іншого, незважаючи на нормативи шкідливих домішок, забруднює ґрунт штучними речовинами [17].

Тому перспективним напрямком утилізації соломи для відновлення органічної речовини ґумусу ґрунту є обробка її мікробіологічними препаратами серії ЕМ (ефективні мікроорганізми), натуральними й екологічно безпечними.

Одними з таких препаратів є «Байкал ЕМ-1» і «ЕМ-А». Докладний склад цих препаратів невідомий, але точно відомо, що це бактеріальні препарати без побічних ефектів для навколишнього середовища.

Необхідно враховувати, що сам біопрепарат не в змозі повністю забезпечити потреби рослин в елементах живлення, але при його систематичному застосуванні можна знизити негативний баланс азоту не менше як на 50 %, фосфору – на 20-30 %, а також відчутно поліпшити склад ґрунтової мікрофлори і фітосанітарний стан землекористування.

Дослідження показують, що чим вищий рівень окультуреності ґрунту (вміст елементів живлення, органічної речовини, рівень рН, вологоутримуюча здатність ґрунту), тим вища ефективність комплексного біопрепарату.

Метою даного експерименту було встановлення впливу мікробіологічних препаратів «Байкал ЕМ-1» і «ЕМ-А» на процес розкладання соломи у ґрунті, порівняно з контролем, яким слугував ґрунт тільки з унесенням соломи без обробки препаратами, тобто з'ясувати, чи прискорюють представлені препарати розкладання соломи, чи збільшують кількість доступних форм поживних речовин, чи відбувається накопичення гумусу, порівняно з контролем, який містив тільки внесену солону і не оброблявся препаратами.

Дослідження проводилось в умовах лабораторного модельного досліду. Ґрунт – чорнозем південний слабогумусний, типовий для Миколаївської області – відбирався на ділянці, де була відсутня рослинність. Ґрунт перемішувався з подрібненою соломою пшениці озимої у співвідношенні 1 : 1 та 1 : 0,5. Компости, завантажені в контейнери, доводилися до оптимальної вологості водою (контроль) та розчинами препаратів «Байкам ЕМ-1», «ЕМ-А». Концентрація розчинів розраховувалась відповідно до рекомендації виробників – 1 : 100. Маса зразка компосту 1 : 1 – 630 г; 1 : 0,5 – 800 г. Повторність у дослідах – чотирикратна. З контейнерів протягом 3,5 місяця

відбиралися зразки ґрунтової суміші через 7, 21, 35, 49, 63, 77, 91 днів, для яких робився агрохімічний аналіз, де визначався вміст фосфору, калію, органічної речовини, гумусу та рН. За результатами були побудовані графіки (Додаток А, рис. А1, А2, А3, А4), які відображають динаміку параметрів, що досліджуються протягом експерименту [12]. Вологість компосту підтримувалась періодичним доливанням води і розчинів. Був зроблений агрохімічний аналіз чистого ґрунту, а також унесеної соломи. Органічна речовина ґрунту визначалась за Кравковим, рухомий фосфор, обмінний калій – за Чириковим.

Як показують дані графіків, порівняно з чистим ґрунтом, унесення органічної речовини вплинуло на вміст рухомих форм фосфору і калію, сприяло встановленню рівня рН до нейтрального (сам ґрунт мав слаболужну реакцію), а також збільшило кількість органічної речовини в ґрунті.

Співвідношення ґрунту до соломи теж позначилось на вмісті поживних речовин і значенні рН, а саме: більша кількість внесеної соломи – більша кількість поживних речовин, менше значення величини рН, і навпаки. Вплив соломи на рН – це, в першу чергу, здатність соломи адсорбувати з ґрунту речовини, що впливає на кислотність середовища.

Обробка препаратами ґрунтової суміші на вміст поживних речовин теж позначилась на збільшенні фосфору і калію в сумішах: так, згідно з результатами аналізів, у препараті «ЕМ-А» більше калію, а в препараті «Байкал ЕМ-1» – фосфору.

Динаміка вмісту фосфору хоча і чітко диференційована по варіантах, але знаходиться в чіткій залежності від вмісту органічної речовини, що дозволяє зробити висновок про використання фосфору з ґрунту і недостатню його кількість у самій соломі для її розкладання мікроорганізмами. Особливо це помітно на 49-й день: порівняно із 7-м днем, його вміст знизився з 228 мг/кг до 72 мг/кг («Байкал ЕМ-1»; 1 : 1), причому вміст органічної речовини в цей час знаходився на максимальному рівні. Отже, можна зробити висновок, що в препаратах, що досліджуються, основними видами бактерій є азотфіксуючі, ефективність яких прямо залежить від наявності доступного фосфору. Вміст фосфору в соломі низький (0,13 %), а цього виявляється недостатньо для нормального процесу розкладання соломи за участю мікроорганізмів. Тому для збільшення ефективності даних препаратів їх потрібно комбінувати з унесенням фосфорних добрив або на ґрунтах з високим фоновим умістом цього елемента [15].

При оцінці ефективності препаратів найбільші результати показав «Байкал ЭМ-1». Так уміст обмінного калію в компості наприкінці експерименту з препаратом вищий, ніж у контрольному варіанті, і становить 490 мг/кг проти 468 мг/кг. У варіантах 1 : 0,5 цей препарат показав себе ідентично [16].

Дію препаратів показано на графіках (Додаток А, рис. А1, А2, А3, А4), які відображають перебіг процесу розкладення у часі. Тут можна зазначити, що процеси, які відбуваються при цьому, майже схожі і відрізняються лише інтенсивністю, яка може виявлятися за ступенем крутизни підйому або спаду на певному відрізку часу.

Вивчаючи динаміку гумусу, слід зазначити загальне збільшення вмісту органічної речовини наприкінці досліду. Так якщо на початку вміст органічної речовини для всіх варіантів коливався в межах 2,6-3,4 %, то на кінець експерименту цей показник сягнув 3,4-5,5 %. При цьому вміст фосфору хоча і чітко диференційований по варіантах, але в часі знаходився в чіткій залежності від вмісту органічної речовини, що дозволяє зробити висновок про використання фосфору з ґрунту і недостатню його кількість у самій соломі для її розкладання мікроорганізмами. Отримані дані свідчать про те, що у досліджуваному ґрунті солома, перш за все, розкладається до більш простих органічних речовин, з яких потім частина (70-80 %) розкладається до мінеральних простих, а інша частина іде на утворення гумусу (гуміфікується) – на це вказує рівень рН, оскільки більша частина простих і гумусових речовин – це кислоти, які підкислюють середовище. Рівень цього показника, починаючи з 35-го дня, поступово знижувався – від слаболужної до нейтральної реакції ґрунтового розчину (більш кращої).

Що стосується самих препаратів, то «Байкал ЭМ-1» у варіантах 1 : 1 і 1 : 0,5 відрізнявся від інших препаратів, а саме: кінцевий вміст органічної речовини за участю препарату знаходився на рівні 3,8 %, у варіанті 1 : 0,5 – 3,6 %, що, порівняно з препаратом «ЭМ-А»; 1 : 1 менше на 2 % і майже на 1 % менше, ніж у контрольних варіантах. Зменшення органічної речовини у ґрунті, обробленому препаратом «Байкал ЭМ-1», вказує на більш інтенсивний процес мінералізації і підводить до висновку про те, що розкладання соломи відбувається швидше. На цей немаловажний факт указує і вміст калію в кінці експерименту: так у варіантах з «Байкал ЭМ-1»; 1 : 1 його вміст вищий, ніж у контрольному варіанті, і становить 490 мг/кг проти 468 мг/кг ґрунту. У варіантах 1 : 0,5 цей препарат проявив себе ідентично.

Динаміка фосфору також підтверджує факт значного впливу препарату «Байкал ЭМ-1» на інтенсивність розкладення соломи.

Так якщо з препаратом «ЕМ-А» вміст фосфору майже повністю співпадає з вмістом у контрольних варіантах, то варіант з «Байкал ЕМ-1»; 1 : 1 показує, що вміст рухомого фосфору в ґрунті більше, ніж у інших варіантах, а це свідчить про те, що процес мінералізації пришвидшився за участю препарату «Байкал ЕМ-1».

Більш інтенсивне розкладання призводить до зміщення рН у бік кислого середовища за рахунок утворення різних органічних і неорганічних кислот. Так, у сумішах, оброблених препаратом «Байкал ЕМ-1» (варіанти 1 : 1 і 1 : 0,5), рівень рН знаходився у межах 7,2-7,3, водночас у інших варіантах цей показник не менший, ніж 7,4-7,5, а саме середовище більш лужне, як для ґрунту, який має велику буферну здатність (утримувати рівень рН на певному рівні). Це суттєва різниця, яка вказує на більш інтенсивний процес розкладання.

Ґрунт є джерелом не тільки основних макроелементів живлення рослин (азот, фосфор, калій), а й мікроелементів, без яких вони не можуть нормально розвиватись і забезпечувати високі і якісні врожаї [23].

Постійне безповоротне вилучення поживних речовин з ґрунту разом з товарною частиною урожаю зменшує їх концентрацію. Дефіцит мікроелементів у ґрунті призводить до порушення різних фізіолого-біохімічних процесів, зниження активності ферментів, відставання організму рослин у рості та розвитку, послаблення його стійкості до несприятливих умов зовнішнього середовища.

Основними джерелами мікроелементів для рослин є ґрунт, а також надходження їх з органічними, складними мінеральними добривами та мікродобривами.

В останні роки обсяги застосування всіх видів добрив різко скоротилися, що негативно позначилося на стані агроєкосистем, їх стійкості і сталості. Так у 2007 р. у ґрунті Миколаївської області внесли в середньому 0,1 т/га органічних добрив і 29 кг/га у поживних речовинах мінеральних добрив [32]. Це обумовлено скороченням поголів'я тварин і нестачею обігових коштів аграрних підприємств. Причому якщо напівперепрілий гній у своєму складі містить майже всі мікроелементи, то надходження їх з мінеральними добривами незначне. Так, наприклад, з 1 ц супесфософату в ґрунт надходить 1-2 г/га цинку, а з аміачною селітрою – й того менше. З огляду на це, постійне поповнення ґрунтів елементами живлення, в тому числі і мікроелементами, надзвичайно важливе для збереження стабільності агроєкосистем.



Одним із способів повернення мікроелементів у ґрунт є заорювання нетоварної частини врожаю (солома зернових та зернобобових, стебла кукурудзи і соняшнику, гичка буряків).

Метою і завданням дослідження було встановлення впливу мікробіологічних препаратів типу ЕМ на процес розкладання соломи у ґрунті, визначення динаміки вмісту мікроелементів (цинку, міді, кобальту) в компостах, порівняно з контролем, яким слугував ґрунт тільки з унесенням соломи без обробки препаратами.

Важливе значення мікроелементів у регулюванні кількісних і якісних показників урожайності вивчалось вже достатньо давно такими відомими вченими, як Анспок П., Мельничук Д., Городній М., Хорман Д. [1; 37]. Але в цих роботах не досліджувалось питання відновлення мікроелементного складу ґрунту за допомогою нетоварної частини врожаю зернових культур, обробленої мікробіологічними добривами серії ЕМ.

Цинк належить до помірно токсичних хімічних елементів. Він підсилює активність таких ферментів, як фосфатаза, альдалаза, енолаза і цитохромредуктаза. Він підтримує необхідну концентрацію ауксинів у рослинах, впливає на в'язкість плазми, виконує функції каталізаторів реакції окислення тощо. Поряд з позитивною дією цинку на врожай сільськогосподарських культур та його якість надлишок його в ґрунті пригнічує ріст рослин та токсично діє на людину, тому використовувати добрива з цим мікроелементом треба уважно. Оптимальний науково обґрунтований вміст цього елемента – 1,5 мг/кг. Вміст рухомого цинку в ґрунтах Миколаївської області низький (у середньому 0,47 мг/кг), і таку концентрацію мають 94 % обстеженої ріллі [21]. Найбільш чутлива до нестачі цинку кукурудза.

Мідь входить до окислювальних ферментів – поліфенолоксидази, лактози, аскорбіносилази, дегідрози. Крім того, вона входить до складу ферментів дихання, бере участь у процедурах фотосинтезу, у синтезі білка з аміачних сполук і в асиміляції нітратних форм азоту. Оптимальним вважається вміст міді 2,0...2,5 мг/кг. Найбільше потребують міді пшениця і ячмінь.

Уміст рухомої форми кобальту менше 1,5 мг/кг вважається низьким і недостатнім для сільськогосподарських культур.

Дослідження проводилось в умовах лабораторного модельного досліду Миколаївським проектно-технологічним центром «Облдержродючість» та Чорноморським державним університетом ім. Петра Могили. Ґрунт – чорнозем південний слабогумусний, типовий для Миколаївської області, – відбирався на ділянці, де була відсутня рослинність. Ґрунт перемішувався з подрібненою соломою пшениці

озимої у співвідношенні 1 : 1 та 1 : 0,5. Компости були завантажені в контейнери і доведені до оптимальної вологості водою (контроль) та розчинами мікробіологічних препаратів типу ЕМ – «Байкал ЭМ-1», «Сияние-1», «Сияние-2», «ЭМ-А». Концентрація розчинів відповідно до інструкції виробників 1 : 100. В половину контейнерів була додана аміачна селітра у співвідношенні 10 г селітри на 75 г суміші. Маса зразка компосту 1 : 1 – 660 г; 1 : 0,5 – 800 г. Повторність у дослідах – чотирикратна. З контейнерів відбиралися зразки компосту на дослідження вмісту мікроелементів через 7, 14, 21, 35, 56 днів. Вологість компостів підтримувалась періодичним доливанням води і розчинів. Був зроблений агрохімічний аналіз чистого ґрунту і внесеної соломи. Вміст міді, цинку, кобальту, свинцю і кадмію визначався в ацетатно-амонійній витяжці з рН 4,8 на атомно-абсорбційному спектрографі С-115: цинк – за Крупським і Александровою, мідь і кобальт – за Пеліве і Рінькісом.

Аналіз вмісту мікроелементів у чистому ґрунті і соломі (табл. 5.4) показав низьку концентрацію цинку, міді і кобальту в ґрунті. Одночасно в соломі дуже висока концентрація цинку, є мідь і кобальт: треба прискорити їх перехід у рухомі форми в ґрунт.

*Таблиця 5.4*

**Концентрація мікроелементів у сухому ґрунті і соломі  
до початку досліду**

Мікроелемент	Концентрація мг/кг		Оптимальний вміст у ґрунті мг/кг
	ґрунт	солома	
Цинк	0,38	3,87	1,5
Мідь	0,35	0,45	2,0...2,5
Кобальт	0,46	0,08	1,7

**Примітка.** Джерело: [14].

У цілому спостерігається збільшення вмісту рухомого цинку в компостах при співвідношенні соломи і ґрунту (1 : 1) (Додаток Б, рис. Б5). Діапазони коливань з 0,48 мг/кг на 7-й день збільшилися до 1,34 мг/кг на 56-й день, що дозволяє зробити висновок про вплив препаратів на процес розкладання соломи. Найбільший вплив здійснюють препарати «Сияние-1» (порівняно з контролем збільшення в середньому на 1,2 мг/кг) та «Байкал-ЭМ1». Вплив «ЭМ-А» майже відсутній, оскільки динаміка цинку компосту з цим препаратом майже повторює контрольний варіант. У всіх варіантах спостерігаються періодичні коливання концентрації, які обумовлені багатьма факторами, що потребує подальших досліджень [14].

Аналогічні результати отримані при співвідношенні 1 : 0,5 (Додаток Б, рис. Б6), хоча деякі відміни спостерігаються. В цих варіантах значення вмісту цинку наближені до контролю, тобто зменшення соломи у суміші зменшує її залучення у біохімічні реакції і цинк вивільнюється в основному з ґрунту, а найбільш ефективними препаратами зі збільшення цинку знову стали «Байкал ЭМ-1» і «Сияние-1» [14].

Додавання аміачної селітри призвело до збільшення вмісту рухомого цинку в ґрунті, але зростання інтенсивності біохімічної реакції на фоні мінерального добрива послабило виявлення дії мікробіологічних препаратів. У комплексі з аміачною селітрою найбільший вплив на вивільнення рухомого цинку здійснює «Сияние-2» (Додаток, Б рис. Б7, Б8).

Вивільнення міді відбувається більш стабільно, і у всіх варіантах вміст її рухомої форми збільшувався в компостах (Додаток Б, рис. Б1, Б2, Б3, Б4). Без аміачної селітри явно виокремлюється препарат «ЭМ-А» (зростання 0,38 мг/кг порівняно з контролем) із селітрою «Сияние-1». Порівняно з контролем у всіх варіантах кількість рухомої міді на 56-й день суттєво вища, порівняно з 7-м днем, і наближається до оптимальної концентрації (табл. 5.4) [14].

Кобальт у цілому повторює динаміку цинку (Додаток Б, рис. Б17, Б18, Б19, Б20). Із препаратів, які найбільш сильно впливають на процес розкладання соломи і переведення кобальту в рухомі доступні форми, можливо виокремити «Байкал ЭМ-1» (приріст 0,42 мг/кг), а у варіантах з аміачною селітрою найбільш ефективним виявився препарат «Сияние-2» (приріст 0,3 мг/кг) при співвідношенні 1 : 0,5 [14].

Крім цинку, міді і кобальту, в ґрунті є й інші метали, які належать до важких і є більш небезпечними. Забруднення ґрунтів важкими металами є одним із найнебезпечніших видів забруднення. Основними джерелами надходження важких металів у ґрунт є пилогазові викиди гірничорудної, металургійної та хімічної промисловості. Забруднення ґрунтового покриву дуже тісно пов'язане з роботою електростанцій, автомобільного і залізничного транспорту. Зростання вмісту важких металів у ґрунті може бути наслідком застосування в сільськогосподарському виробництві меліорантів, добрив та пестицидів, а також використання для зрошення забруднених побутових і промислових стічних вод.

Ґрунт – це специфічний елемент біосфери, він не тільки акумулює важкі метали, але й виступає як природний буфер. Ґрунт здатний трансформувати сполуки металів, зв'язувати їх у менш доступні форми, тим самим знижуючи їх надходження до рослин [26]. Він

має здатність до самоочищення. Саме у цьому полягає бар'єрна функція ґрунтів як елементу ландшафту [4].

Збільшення вмісту важких металів у ґрунті веде до зростання їх концентрації в сільськогосподарських культурах. І цей процес має декілька аспектів. З одного боку, рослинна продукція є незамінною у раціоні харчування людини, і разом з нею небезпечні хімічні речовини потрапляють до організму людини, викликаючи небезпечні захворювання. З іншого боку, нетоварна частина продукції сільськогосподарських культур (солома, рештки стебла, бодилля та інше) використовуються як органічні добрива, і важкі метали повертаються в ґрунт. Але використання рослинних решток для відновлення природних властивостей ґрунту – дуже актуальна проблема.

Ринкові перетворення в аграрному секторі України за останні два десятиріччя супроводжуються різким зменшенням унесення органічних і мінеральних добрив. Водночас за середніх урожаїв зернових приорування стерні і частини решток соломи на один гектар посівів у ґрунт повертає 15-20 кг азоту, 8-10 кг фосфору, 30-40 кг калію, 27-30 кг органічної речовини, а також низку мікроелементів [11].

Таким чином, ефективним і економічно обґрунтованим джерелом відновлення органічної речовини, поживних речовин ґрунту є нетоварна частина продукції сільськогосподарських культур, зокрема солома.

В роботі [12] представлені результати досліджень на підставі лабораторного модельного експерименту щодо визначення впливу мікробіологічних препаратів «Байкал ЭМ-1», «ЭМ-А» на процес розкладання соломи в ґрунті і відновлення в ньому елементів живлення рослин і органічної речовини. Найбільш інтенсивно розкладає солому препарат «Байкал ЭМ-1». Виходячи із отриманих результатів, представляє науково-практичний інтерес дослідження впливу цих же препаратів на вміст важких металів у ґрунті при розкладанні рослинних решток зернових культур.

Аналіз вмісту рухомих форм важких металів у чистому ґрунті і соломі (табл. 5.5) показав, що найбільш небезпечним елементом є свинець, оскільки його концентрація перевищує ГДК. Це пояснюється наближенням місця відбору ґрунту до автомобільного та залізничного шляхів. Кадмій і мідь знаходяться в допустимих межах. У соломі максимальний вміст свинцю.

Треба відзначити, що концентрація всіх важких металів збільшувалась у компості, що свідчить про процес розкладання соломи як при обробці водою, так і розчинами мікробіологічних препаратів.

Таблиця 5.5

**Концентрація рухомих форм важких металів у чистому ґрунті  
і соломі до початку дослідів**

Елемент	Концентрація, мг/кг		ГДК рухомих форм важких металів у ґрунті, мг/кг
	Ґрунт	Солома	
Свинець	3,02	1,52	2
Кадмій	0,143	0,098	0,7
Мідь	0,35	0,455	3

Примітка. Джерело: [13].

Свинець – один із найнебезпечніших забруднювачів ґрунту. На 56-ту добу найменший уміст має зразок, оброблений препаратом «Байкал ЭМ-1» – зменшення 0,93 мг/кг, порівняно з контролем (Додаток Б, рис. Б14). У варіанті з селітрою найбільший вплив здійснив препарат «Сияние-1» (Додаток Б, рис. Б15, Б16) [13].

Динаміка кадмію не виявляє суттєвої різниці у зразках, оброблених водою і препаратами, хоча незначний ефект спостерігається з препаратом «ЭМ-А» (зменшення 0,035 мг/кг, порівняно з контролем на 56-ту добу (Додаток Б, рис. Б10)). У варіантах з аміачною селітрою – аналогічний процес (Додаток Б, рис. Б11, Б12).

Вивільнення міді відбувається більш стабільно, і у всіх варіантах уміст її рухомих форм збільшується у суміші. Враховуючи те, що вміст міді в ґрунті значно менше ГДК і вона є мікроелементом, необхідним рослинам, збільшення її концентрації можна вважати позитивним фактом [13].

У цілому можна відзначити наявність впливу мікробіологічних препаратів як на процес розкладання соломи в ґрунті, так і на вміст важких металів. Враховуючи високу екологічність використання мікробіологічних препаратів, доцільно продовжити дослідження як на мікроелементному, так і на мікроелементному рівнях.

Проведемо еколого-економічну оцінку дослідження впливу мікробіологічних препаратів на процес розкладання соломи в ґрунті.

З метою дослідження впливу мікробіологічних препаратів «Байкал ЭМ-1», «ЭМ-А» на процеси повернення поживних елементів рослин з рештками соломи озимої пшениці в ґрунт, ученими Миколаївського проектно-технологічного центру «Облдержродючість» сумісно з ЧДУ ім. Петра Могили було проведено модельний лабораторний експеримент, описаний вище. Зміна вмісту рухомого фосфору, обмінного калію і органічної речовини в компостах характеризується періодичними коливаннями, які мають загальну тенденцію до збільшення. В цілому процеси в компостах, оброблених

водою і мікробіологічними препаратами, мають однакові тенденції і відрізняються лише кількістю вмісту елементів [12].

Динаміка вмісту рухомого фосфору свідчить про його активну участь в агрохімічних процесах розкладання соломи. Найбільша його кількість спостерігалась на початку досліду (7-й день), на 21-й день вона знизилася до кількості в чистому ґрунті, і в подальшому її коливання не перевищувало цієї концентрації.

Вміст обмінного калію характеризується його значним різким збільшенням на 7-й день і подальшим незначним коливанням навколо середнього рівня. Тому для обмінного калію взяте його середньоарифметичне значення.

Органічна речовина ґрунту зросла на початку досліду і протягом 3,5 місяців його проведення повільно зростала. Для цієї речовини теж було взяте середньоарифметичне значення.

Треба відзначити, що для більш чіткого визначення залежності кількість унесеної соломи в компости була збільшена в умовах експерименту, порівняно з реально можливою кількістю. Отримані результати були перераховані за масштабом унесеної соломи на реальний можливий обсяг 2,0 т/га соломи [18].

За результатами проведеного дослідження і розрахунків визначено вплив на вміст у ґрунті рухомого фосфору, обмінного калію, органічної речовини, внесення соломи, зволоженої водою (контроль) і мікробіологічними препаратами «Байкал ЭМ-1» та «ЭМ-А» (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

**Вміст поживних речовин в ґрунті при внесенні соломи, обробленої водою і мікробіологічними препаратами**

Елементи живлення	Чистий ґрунт	Контроль	Байкал ЭМ-1	ЭМ-А
Рухомий фосфор (7-й день), кг/га	286,0	287,0	287,36	287,10
Обмінний калій (середнє значення), кг/га	390,0	394,34	394,36	394,84
Органічна речовина (середнє значення), т/га	40,00	40,30	40,32	40,35

Примітка. Джерело: [18].

Як видно з таблиці, просте внесення в ґрунт соломи, зволоженої водою, в розрахунку 2 т на гектар дає збільшення рухомого фосфору – на 1 кг/га, обмінного калію – на 4,3 кг/га, органічної речовини ґрунту – на 0,3 т/га. Обробка компостів розчинами мікробіологічних препаратів ще більше інтенсифікує ці процеси порівняно з контролем.

Так, по рухомому фосфору найбільшу прибавку дає препарат «Байкал ЭМ-1» – 0,36 кг/га, або 36 %. Обмінний калій і органічна речовина ґрунту максимально зросли в компостах, оброблених «ЭМ-А», відповідно 0,5 кг/га (11,5 %) і 0,05 т/га (16,7 %).

Для внесення еквівалентної величини цих речовин за допомогою мінеральних і органічних добрив треба забезпечити їх кількість, представлену в табл. 5.7.

Таблиця 5.7

**Кількість мінеральних і органічних добрив, еквівалентних унесенню 2 т/га соломи в ґрунт**

Мінеральні і органічні добрива	Контроль	Байкал ЭМ-1	ЭМ-А	Вартість добрив для контролю, грн/га	Вартість максимальної прибавки добрив при використанні мікробіологічних препаратів порівняно з контролем, грн/га
Суперфосфат, кг/га	5,0	6,8	5,5	10,0	3,6
Калій хлористий, кг/га	7,2	7,3	8,1	24,5	3,1
Напівперепрілий гній, кг/га	810	864	945	405	67,5
Зелене добриво, кг/га	2 190	2 336	2 555	1 752	292

Примітка. Джерело: [18].

Як видно з таблиці, внесення соломи в ґрунт дає економію фосфорних добрив 10 грн/га, калійних – 24,5 грн/га, напівперепрілого гною – 405 грн/га, зелених добрив – 1 752 грн/га. Причому треба відзначити, що використання гною в промислових масштабах пов'язано зі значними труднощами пошуку і доставки, а використання зелених добрив дуже коштовне. Обробка соломи мікробіологічними препаратами ще економить у середньому 3,5 грн/га на мінеральних добривах, 67,5 грн/га на вартості напівперепрілого гною і 292 грн/га на зелених добривах.