

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ТОНХА О.Л.
БАЛАСВ А.Д.
ВІТВИЦЬКИЙ С.В.**

**БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ І ГУМУСНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМІВ
ЛІСОСТЕПУ І СТЕПУ УКРАЇНИ**

Монографія

Київ – 2017

УДК 631.111.3(072)

ББК 40.3

Т 90

Затверджено до друку Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України, протокол № від листопада 2017 року

Р е ц е н з е н т и :

ТАРАРІКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України, завідувач агроресурсів і використання меліорованих земель («Інститут водних проблем і меліорації НААН України»)

ТКАЧЕНКО М.А. – доктор сільськогосподарських наук, завідувач відділу агрогрунтознавства (ННЦ «Інститут землеробства НААН України»)

Тонха О.Л., Балаєв А.Д., Вітвіцький С.В.

Т 90 Біологічна активність і гумусний стан чорноземів Лісостепу і Степу України . Монографія . К.: Видавництво, 2017.- 355 с.

ISBN _____

Монографія присвячена системному вивченню та оцінці мікробіому та гумусного стану цілинних чорноземів за різної інтенсивності їх використання; вивченню характеру мікробної трансформації органічної речовини цілинних і розораних чорноземів, встановленню механізмів втрат і відновлення в них гумусу; встановленню різноманіття метагеному прокаріотів цілинних і розораних чорноземів природного заповідника «Михайлівська цілина» за допомогою молекулярно-біологічних методів

Для використання у навчальному процесі фахівців спеціальності «Агрономія».

УДК 631.111.3(072)

ББК 40.3

ISBN _____

© Тонха О.Л.,
Балаєв А.Д.,
Вітвіцький С.В., 2017
© НУБіП України, 2017

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1_БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ І РЕГУЛЮВАННЯ ГУМУСНОГО СТАНУ ЧОРНОЗЕМІВ_(Стан проблеми).....	11
1.1. Біологічна складова як основа біохімічних процесів в цілинних і агрогенних чорноземах	13
1.2. Гумусний стан цілинних і освоєних чорноземів	17
1.3. Наукові основи збереження та відтворення мікробного біорізноманіття і гумусного стану чорноземів	21
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ, УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
2.1. Характеристика об'єктів дослідження	35
2.2. Матеріали та методи досліджень.....	54
2.3. Агрометеорологічні умови в період проведення досліджень	56
РОЗДІЛ 3_ЗМІНИ ЯКІСНОГО СКЛАДУ МІКРОБНИХ КОМПЛЕКСІВ ЧОРНОЗЕМІВ ЛІСОСТЕПУ І СТЕПУ УКРАЇНИ ЗА РІЗНОГО ЇХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ	64
3.1. Зміна біогенності чорноземів за антропогенного навантаження	66
3.2. Вплив різного використання чорноземів на чисельність мікроорганізмів, що трансформують сполуки азоту.....	71
3.3. Показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини	81
3.4. Оцінка кількості мікроорганізмів, що беруть участь у розкладі і синтезі органічних речовин у чорноземах за різного використання.....	83
3.5. Ферментативна активність чорноземів	99
3.6. Оцінка прокаріотного комплексу чорноземів молекулярно- біологічними методами.....	105
РОЗДІЛ 4_ТРАНСФОРМАЦІЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЦІЛИННИХ І ОСВОЄНИХ ЧОРНОЗЕМІВ	120

4.1. Органічна речовина цілинних чорноземів та її зміни за антропогенного використання	121
4.2. Вміст рухомих органічних речовин	126
4.3. Водорозчинні органічні речовини	130
4.4. Груповий і фракційний склад гумусу і термічні перетворення чорнозему за різного використання	137
4.5. Математичне моделювання гумусного стану цілинних і освоєних чорноземів	157
РОЗДІЛ 5 БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМІВ І СПРЯМОВАНІСТЬ МІКРОБНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ОБРОБІТКІВ ТА УДОБРЕННЯ.....	169
5.1. Біогенність чорноземів за різних способів обробіток ґрунту	171
5.2. Вплив різних обробіток ґрунту й удобрення на кількість мікроорганізмів циклу азоту.....	177
5.3. Вплив застосування різних систем обробіток на спрямованість мікробних процесів в агроценозах	185
5.4. Вплив різних обробіток ґрунту на чисельність мікроорганізмів, які трансформують сполуки карбону.....	190
5.5. Зміна активності поліфенолоксидази і пероксидази за різних обробіток і удобрення чорноземів.....	202
РОЗДІЛ 6 МОЛЕКУЛЯРНО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОКАРІОТНОГО КОМПЛЕКСУ ЧОРНОЗЕМІВ	207
6.1. Оцінка прокаріотного комплексу чорноземів та його зміни за застосування різних обробіток і удобрення.....	208
6.2. Метагеном прокаріотного комплексу чорнозему типового	216
РОЗДІЛ 7 СПРЯМОВАНІСТЬ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГУМУСУ ЧОРНОЗЕМІВ ЗА ҐРУНТОЗАХИСНИХ ОБРОБІТКІВ.....	232
7.1. Вміст і запаси гумусу в чорноземах	232
7.2. Лабільні органічні речовини	241
7.3. Групово-фракційний склад гумусу.....	246

РОЗДІЛ 8 ШЛЯХИ ВІДТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ТА ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМІВ ЗА ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	257
8.1. Вплив різних способів обробітку, удобрення на гумусовий стан і біологічні показники чорнозему типового	260
8.2. Моделювання відтворення родючості чорноземів Лісостепу і Степу України у агроценозах	264
РОЗДІЛ 9 ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦІЛИННИХ І ОСВОЄНИХ ЧОРНОЗЕМІВ	272
9.1. Продуктивність ценозів цілинних чорноземів.....	272
9.2. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від технології виращування.....	280
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	294

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Б – біогенність

ВОР – водорозчинна органічна речовина

ГА – голодний агар

ГК – гумінові кислоти

ГрА – ґрунтовий агар

КАА – крохмало-аміачний агар

Км.і. – коефіцієнт мінералізації – іммобілізації

Ко. – коефіцієнт оліготрофності

Кп. – коефіцієнт педотрофності

КУО – колонієутворююча одиниця

мг/кг – міліграм/кілограм

млн – мільйон (мільйони)

МПА – м'ясо-пептонний агар

НІР – найменша істотна різниця

П – загальна продуктивність

ПДРФ (T-RFLP) – термінальний поліморфізм довжин рестрикційних фрагментів

ПЛР – полімеразна ланцюгова реакція

ПМТОР – показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини

$C_{г.к.}$ – вуглець гумінових кислот

$C_{ф.к.}$ – вуглець фульвокислот

$C_{негідр.}$ – вуглець негідролізованого залишку

тис. – тисяча (тисячі)

N – азот

K – калій

P – фосфор

ФК – фульвокислоти

ВСТУП

Природа сформувала в Україні унікальні ґрунти – чорноземи, головною властивістю яких є родючість і завдяки їй ґрунти є основним засобом виробництва в сільському та лісовому господарствах, головним джерелом сільськогосподарських продуктів та інших рослинних ресурсів, основою забезпечення добробуту населення [73]. Дослідженнями Д.Г. Звягінцева [181, - 183], І.П. Баб'єва, Г.М. Зенова [23] доведено, що три джерела родючості пов'язані із діяльністю мікроорганізмів: 1) мінералізація органічних решток; 2) залучення до біологічного кругообігу хімічних елементів із мінералів; 3) біологічна фіксація азоту. Жива частина ґрунту, або «жива речовина» (за В.І. Вернадським [76]) є основним чинником у формуванні, еволюції та функціонуванні ґрунту. Значення ґрунтових організмів проявляється не тільки у деструкції органічної маси рослин і тварин, забезпеченні рослин такими елементами живлення як фосфор, калій, залізо, кальцій, магній і мікроелементи, але також у контролі газового складу атмосфери, хімічного складу ґрунтових вод і перетворенні літосфери, яка межує з ґрунтом. Завдяки живій фазі ґрунту у біосинтетичні процеси долучаються різноманітні елементи, які піддаються постійним перетворенням. Внаслідок нього у ґрунтовому шарі відбувається взаємодія Малого біологічного колообігу з Великим геологічним за рахунок включення процесів обміну між ґрунтом, літосферою і атмосферою [97]. Потужність цього процесу забезпечується колосальними витратами енергії на біологічну складову і вони становлять 30% загальних енергетичних витрат на ґрунтоутворення [23].

Природні системи характеризуються стійкістю, яка виражається у здатності підтримувати гомеостаз, а саме підтримувати на постійному, характерному для даного типу ґрунту рівні запаси органічної речовини, ферментативну активність, вміст рухомих форм азоту, фосфору, швидкість руйнування мінералів та ін. [23]. Ґрунтова мікрофлора забезпечує колообіг речовин і енергії та нескінченно тривале існування біогеоценозу за умов

обмеженості природних ресурсів [97]. Функціонування мікробозеносу є принципом безвідходної енергозберігаючої системи переробки органічної біомаси для формування нових органічних та органо-мінеральних комплексів [100]. Наявність у ґрунтових екосистемах найрізноманітніших груп мікроорганізмів, які відрізняються за біологічною та біохімічною специфічністю дозволяє підтримувати складну систему саморегуляції ґрунту, як природного тіла. Для цілинних систем характерно постійне переважаєння процесів іммобілізації мінеральних речовин над мінералізацією. Тісна спряженість мінералізаційно-іммобілізаційних процесів у природних системах забезпечує його динамічну рівновагу [97].

Зміна природної рослинності в агроекосистемах роблять їх на відміну від природних максимально відкритими для потоків речовин і енергії. Розорювання цілинних чорноземів істотно впливає на мікробіологічний комплекс ґрунту, відбуваються якісні і кількісні зміни структури та біорізноманіття різних еколого-трофічних груп. Стратегії розвитку екосистем відрізняються від напрямку сільськогосподарського виробництва. Внаслідок цього відбувається зниження вмісту і запасів органічної речовини. Збереження і відтворення родючості ґрунту поряд з використанням екологічнобезпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур є актуальним завданням сучасного землеробства.

Питання поліпшення властивостей чорноземів типових і звичайних Лісостепу України та підвищення їх продуктивності під впливом антропогенного фактору набуває особливого значення на сучасному етапі інтенсифікації землеробства. Останнім часом у науковій літературі з'явилося ряд публікацій, які висвітлюють зміни властивостей ґрунтів під впливом трав'янистої та деревної рослинності, в тому числі процеси їх деградації, але трактування їх неоднозначне. У центрі уваги повинна бути доля чорнозему – «царя ґрунтів» [160], тому що найбільш поширеними ґрунтами України є чорноземи звичайні, чорноземи типові та опідзолені, які складають 67,4% площі ріллі, а вони піддаються деградаційним процесам [2, 28].

В наших дослідженнях проблема вирішується завдяки системному підходу, який передбачає використання ґрунтозахисних технологій, різних видів органічних і мінеральних добрив, супутньої продукції і сидерації. За рахунок комплексу таких чинників відтворення родючості і забезпечення бездефіцитного балансу гумусу чорноземів стане доступним для господарств, так як воно досягається при менших матеріальних витратах. Впровадження їх в виробництво разом з контурно-меліоративною організацією території, меліоративними, гідротехнічними і лісомеліоративними заходами дозволить зупинити процеси деградації ґрунтів і добитись розширеного відтворення їх родючості в сівозмінах Лісостепу і Степу України.

Ґрунтовий покрив України здатний підтримувати високий потенціал продуктивності сільськогосподарських культур, особливо це стосується чорноземів. Водночас посилення антропогенного навантаження на них обумовлює зниження чисельності й збіднення видового різноманіття та структурної організації, збільшення кількості гуматрозкладаючих мікроорганізмів за відсутності органічних добрив і, як наслідок, деградації їх гумусного стану. Біота є індикатором змін, що відбуваються в ґрунтах і показником здатності їх до самовідновлення та реабілітації. Таким чином, дослідження мікробного біому, вивчення біорізноманіття і просторово-функціональної структури мікробного комплексу може бути основою удосконалення вискоєфективних систем землеробства й управління мікробними процесами в чорноземах за різного їх антропогенного використання.

Фундаментальні дослідження, які провели В. В. Докучаєв [160], В. І. Вернадський [76], М. С. Гіляров [106, 107], М. А. Красильников [211, 212], Є. М. Мішустин [256-260], Д. Г. Звягінцев [157,181,182], О. Е. Городецька [117], Г. В. Добровольський [158, 159], Г. М. Зенова [23, 185, 186], К. З. Теппер [355], О. В. Благодатська [55], Д. І. Нікітін [159], Е. І. Андреюк [11, 12], Н. Е. Елланська [165], В. П. Патика [303, 305], М. А. Голубець [111, 112], В. І. Канівець [195], В. В. Волкогон [88, 303, 305],

Г. О. Іутинська [190], Д. Г. Тихоненко [92, 358- 360], В. Т. Ємцев [166-168, 258], В. О. Єщенко [171], К. Б. Новосад [276], М. В. Патика [304] та ін., стали основою для сучасного уявлення про живу речовину ґрунту, її природу й властивості. Ці роботи продовжуються й зараз і дають змогу стверджувати, що склад природних ценозів різних ґрунтів завжди є специфічним та змінюється досить прогнозовано за різного використання. Водночас недостатньо вивчено питання мікробної трансформації органічних речовин у процесі інтенсивного використання ґрунтів, закономірності та зв'язки між структурою мікробних угруповань і кількісними та якісними показниками гумусового стану, формування метагеному та філотипової структури прокаріотних комплексів чорноземів природних ценозів і сільськогосподарського використання. Системне й комплексне вивчення мікробної трансформації органічної речовини ґрунту є основою наших досліджень і дає можливість вирішити важливу наукову проблему відновлення біологічної активності й гумусного стану чорноземів за використання ґрунтозахисних технологій, органічних і мінеральних добрив, супутньої продукції і сидератів.

РОЗДІЛ 1
БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ І РЕГУЛЮВАННЯ ГУМУСНОГО
СТАНУ ЧОРНОЗЕМІВ
(СТАН ПРОБЛЕМИ)

Ґрунт як природне тіло характеризується родючістю, яка визначається комплексом його взаємозв'язаних механічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей, що обумовлюють життєдіяльність рослинних організмів. Ґрунтовий мікробоценоз бере участь у формуванні всіх важливих властивостей ґрунту, які визначають його таксономічні характеристики: спрямованість, інтенсивність і тип процесів ґрунтоутворення, біодинамічну врівноваженість процесів синтезу і розкладу органічної речовини та доступності поживних речовин рослинам [11, 15, 17, 366].

Мікроорганізми відіграють важливу роль в ґрунтоутворенні і еволюції ґрунтів, формуванні їх родючості, самоочищенні від хімічних забруднень, патогенів і токсикантів. Вони виконують функції, що забезпечують існування ґрунту як складної саморегулюючої системи. Глобальною є роль мікроорганізмів у поповненні біосфери, в тому числі ґрунтів, азотом, мобілізації фосфору з органічних та важкорозчинних неорганічних сполук. Найважливішими з них є участь в гумусоутворенні і трансформації свіжої органічної речовини, колообігу карбону, азоту та інших елементів [17, 330, 331].

Доведено, що з допомогою мікрофлори здійснюється біологічний кругообіг речовин і енергії в ґрунті, мікроорганізми формують його родючість, утилізують рослинні рештки та інші біологічні субстанції техногенного походження, перетворюючи їх на поживні речовини, без яких неможливі ріст і розвиток рослин. Мікроорганізми беруть активну участь в саморегуляції природних екосистем, в малому кругообігу речовин. Мікроби

розкладають рештки флори і фауни, які потрапляють в ґрунт і вивільняють елементи, які стають поживним середовищем для росту і розвитку наступних поколінь флори. Засвоюють недоступні рослинам елементи, а при відмиранні ці елементи споживаються рослинами. Біота виконує в ґрунті ряд важливих функцій: трансформацію органічної речовини, обумовлює біологічну вбирну здатність, доступність елементів живлення рослинам, забезпечує ферментативну активність. На думку М.К. Шикули, О.Л. Тонха [368, 369], ґрунтові мікроорганізми відіграють важливу роль на всіх етапах процесу гумусотворення, починаючи з розкладу свіжого рослинного матеріалу до утворення гумусових сполук, і їх поступового розкладання. Встановлено прямопропорційну залежність синтезу гумусових речовин від активності целюлозорозкладаючих та інших мікроорганізмів. Біота і ферменти, які продукуються мікроорганізмами, беруть участь у перетвореннях майже всіх макро- і мікроелементів [87, 91, 92, 106, 108, 131, 159, 192], органічної речовини в ґрунті.

На сьогодні можна знайти цілу низьку статей та проведених дослідів, якими доведено, що склад і чисельність ґрунтової біоти може служити інформативним індикатором екологічного стану біоценозу [23]. За висловлюваннями В.І. Вернадського, ґрунт із фауною і флорою, що його населяють є єдиною живою плівкою суші Землі, що володіє найвищою геохімічною енергією живої речовини [76]. Інший вчений В.М. Сукачов розвинув вчення про елементарні біологічні одиниці, що здійснюють кругообіг речовин на поверхні суші; чітко охарактеризованих і названих терміном “біогеоценоз”. Детальну програму досліджень в області ґрунтової мікробіології склав Є.М. Мішустін і розробив модифіковані аплікаційні методи визначення інтегральної біологічної активності ґрунтів і з успіхом застосовав їх при вивченні ґрунтів від автоморфних до гідроморфних [258]. Дослідженнями [372] доведено, що чисельність і активність мікроорганізмів має важливе значення для розуміння трансформації і руху органічних сполук.

Кількість бактерій з глибиною в ґрунті зменшується і має тісний позитивний кореляційний зв'язок ($R > 0,90$) з активністю ферментів і вмістом органічної речовини. Численними дослідженнями доведено, що встановлення напряму ґрунтоутворення та вивчення біологічних і хімічних властивостей ґрунтів допоможе пояснити суть процесів і розробити заходи проти деградації ґрунтового покриву під впливом антропогенних чинників [165].

Дослідженнями М.А. Голубець [112] показано, що ґрунт потрібно розглядати не інакше, як функціональне поєднання усіх чотирьох його фаз – твердої, рідкої, газоподібної та біотичної. До компонентів біотичної фази відносять всі трофічні групи організмів – автотрофи (живі корені рослин), фітофаги, біотрофи, сапротрофи та інші, функціонування яких у ґрунтовій ланці біотичного колообігу забезпечує деструкцію й ресинтез органічної речовини й трофічну базу для живлення рослин і нового біогеохімічного циклу. Завдяки функціонуванню біотичного блоку (живої речовини) і його рівню організації ґрунт зароджується, формується, існує й еволюціонує, стає родючим і може забезпечувати зелені рослини поживними речовинами й вологою [112].

Ці роботи продовжуються і в теперішній час та дозволяють стверджувати, що склад природних ценозів різних ґрунтів завжди специфічний і змінюється під впливом антропогенних чинників. Це дозволяє використовувати мікробіологічну діагностику для аналізу як ґрунтового різновиду, так і стану ґрунту, що особливо важливо при визначенні його показників родючості [165].

1.1. Біологічна складова як основа біохімічних процесів в цілих і агрогенних чорноземах

Мікробні ценози цілих ґрунтів – це динамічна, добре узгоджена система зі складною просторовою й трофічною організацією, яка є обов'язковим компонентом наземних екосистем і виконує найрізноманітніші функції. Динамічність мікробного ценозу забезпечує йому стійкість та

надійність функціонування в умовах зміни абіотичних факторів [258]. Основна діяльність – деструкція рослинних решток [203], але поліфункціональність мікроорганізмів дозволяє їм брати участь і в реакціях протилежного напрямку, що лежать в основі збереження метаболічної рівноваги у природі. Щорічно до ґрунту у цілинних ценозах надходить значна кількість рослинної біомаси, що й створює високу біогенність [254]. Продукти мікробіологічного синтезу - складні органічні сполуки, що відіграють важливу роль в утворенні гумусу [17, 175]. Завдяки цьому забезпечується ґрунтова родючість, існують біологічні структури, контролюється склад атмосфери й гідросфери [170, 265]. У рамках біосфери ґрунтові мікроорганізми важливі для здійснення біогеохімічних циклів елементів [74]. За визначенням З.Г. Гамкало [97] від синхронності і потужності процесів мінералізації і іммобілізації залежить енергетичний потенціал ґрунту. Основну частину енергії і речовин, отриманих в процесах мінералізації, мікроорганізми використовують у процесах іммобілізації. Тісна спряженість цих процесів у ґрунті природних екосистем забезпечує його тривалий збалансований розвиток у межах ландшафту. При цьому, для захисту органічної і мінеральної частин від подальшої трофічної деструкції в ґрунті існує активна фаза органічної речовини – продукти метаболізму кореневої системи рослин і ґрунтових мікроорганізмів, відмерлі рештки біоти ґрунту і кореневої системи, інші негуміфіковані речовини. У деяких наукових працях [254, 287] організація функціональної структури мікробного ценозу цілинних чорноземів основана на агентах мінералізації. Первинний аналіз починається із двох основних еколого-трофічних угруповань - педотрофної і евтрофної. Дослідження мікробних ценозів «Хомутовської цілини» під різними рослинними асоціаціями показало значне переважання педотрофних мікроорганізмів над евтрофними [12]. Серед целюлозоруйнівальних мікроорганізмів цілинних чорноземів за дослідженнями К.І. Андреюк, Е.В. Валагурової [12] переважали бактерії, стрептоміцети і гриби. Бактерії були представлені родами *Cytophaga*,

Sporocytophaga, *Vibrio*, *Sorangium* та ін., стрептоміцети відповідно *S. albus*, *S. griseus*, *S. fradiae*, *S. violaceus* та у значно менших кількостях гриби - *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium* та ін. Характер розвитку мікроорганізмів обумовлений гідротермічними умовами території та фізико-хімічними властивостями ґрунтів [162]. Так, цілиним чорноземам зони Степу [212] властиві закономірності контрастного зменшення чисельності і складу мікробіоти від верхніх до нижніх горизонтів ґрунтового профілю та сезонні коливання. При цьому, найбільш різноманітним мікробний ценоз стає восени, що пов'язано із надходженням до ґрунту «свіжого» рослинного матеріалу та достатньою вологістю і відсутністю високих температур. У літку основними факторами, які лімітують розвиток мікроорганізмів є високі температури верхнього шару ґрунту і низький рівень у ньому вологи. У степових мікробіоценозах бактерії були значно менші за розмірами та переважно зібрані в мікроколонії, ніж у байрачних лісах.

Біота ґрунту – чутливий індикатор впливу різних антропогенних факторів [17]. Зі зміною типу рослинності і вирощуванням продуктивніших видів сільськогосподарських культур у рослин виникає додаткова потреба у поживних речовинах. Унаслідок цього в ґрунтах посилюється кислотний гідроліз мінералів, деструкція органічної речовини і рослинних решток ґрунтовою біотою. Також для біому ґрунту основними енергопластичними субстратами є лабільна частина гумусу, прижиттєві кореневі виділення і мортмаса коріння. Усі ці фактори, а також зміни ряду фізико-хімічних параметрів (водного режиму, газового й хімічного складу, кислотності і ін.) призводять до перебудови мікробного комплексу, його структури і видового складу мікроорганізмів. При цьому набувають поширення одні види й витісняються інші, відбувається домінування та зсув аеробно-анаеробної рівноваги мікробіоценозів, що призводить до зміни спрямованості ґрунтових процесів. Дослідженнями К.І. Андрук, Е.В. Валагурової [12] доведено, що в окультурених ґрунтах змінюється функціональна структура мікробного ценозу у бік педотрофності, що пов'язано із втратою ними органічної

речовини і азоту у порівнянні із цілиними. Наслідком активного землекористування й трансформації структури ґрунтового мікробного комплексу у ґрунтах стають процеси дегуміфікації, зменшення вмісту поживних речовин, прискорення колообігу біогенних елементів, збільшення ґрунтовтоми, розвиток оглеення й т.п. [308].

Дослідженнями [327, 330] доведено, що при розорюванні цілиних земель відбувається суцесійна перебудова природних біогеоценозів, що приводить до значної трансформації ґрунтів і їх мікробних ценозів. Зміни у землекористуванні призводить до зменшення ґрунтового біорізноманіття та втрати карбону [412]. Кудеяровим В.Н. [219] доведено, що формування врожаїв переважної більшості сільськогосподарських культур здійснюється за рахунок мінералізації ґрунтової органічної речовини. Так, у перший період після розорювання чорноземів підсилюється біогенна активність і мінералізація органічної речовини і внаслідок цього швидше вивільнюються мінеральні форми азоту. Далі, через декілька років, через дефіцит зв'язаного азоту змінюється структура мікробного ценозу і посилюється аеробна фіксація азоту, відмічається активна колонізація нижніх шарів ґрунту і нагромадження патогенних для культурних рослин мікроорганізмів [176]. Внесення органічних добрив за агротехнологій частково зменшує деградаційні процеси в ґрунті [197].

Зміна природного фітоценозу на агроценози з однією сільськогосподарською культурою, їх чергування в сівозміні, застосування різних обробітків ґрунту і добрив здійснюють регулюючу дію на розвиток мікроорганізмів, їх таксономічну структуру і фізіолого-біохімічну діяльність. Дослідження мікробних угруповань Н.Ю. Пуховою [327] у орному шарі чорнозему вилугуваного за різного антропогенного навантаження (рілля, переліг, цілина) показало, що найбільша загальна чисельність і різноманітність видів визначена в цілиних зразках. Разом з тим під впливом кліматичних факторів склалися екосистеми з певними закономірностями їх функціонування. Сільськогосподарське використання чорноземів призвело

до зменшення загальної чисельності мікроорганізмів, актиноміцетів, анаеробних бактерій і збільшення розвитку аеробів. Чисельність копіотрофних бактерій у мікробному комплексі досліджуваних зразків чорнозему не залежала від антропогенного навантаження (рілля, переліг, цілина) і були отримані близькі значення [99, 248, 251, 305, 327].

Використання земель під сінокоси і пасовища призводить до розвитку потужної кореневої системи, яка сприяє накопиченню нерозкладених і напіврозкладених рослинних решток. За таких умов ґрунтові мікроорганізми відчувають дефіцит енергії. Тобто, мікрофлора виконує функцію регулятора інтенсивності природних коливань біохімічних процесів у ґрунті залежно від його енергоплазматичних і кліматичних ресурсів [92, 166, 276, 358].

Отже, мікроорганізми біогеозенону виконують основну функціональну роль у колообізі речовин і енергії і є дієвим чинником трансформації органічних решток з наступною мінералізацією або іммобілізацією. Процес синтезу і накопичення органічної речовини в агроценозах також залежить від структури, різноманіття і активності мікробіоти. Тому, дослідження ґрунтових мікроорганізмів є науковою основою для розробки заходів з відтворення родючості чорноземів.

1.2. Гумусний стан цілинних і освоєних чорноземів

Вивченню гумусного стану цілинних і освоєних ґрунтів та його регулюванню присвячена численна кількість наукових робіт О.М. Грінченко [125], Г.Я. Чесняка [125, 134, 334], М.І. Лактіонова [93, 149], А.Д. Балаєва [30-32], В.В. Дегтярьова [146-148], С.Ю. Булигіна [63], О.І. Моргунова [261, 262] та інших вчених, у переважній більшості яких показано, що розорювання цілинних ґрунтів і їх сільськогосподарське використання призводить до зниження вмісту загального гумусу. Значні втрати органічної речовини ґрунту відмічаються в перші роки після розорювання і вони припадають на верхній орний шар [30, 31, 141, 146, 261, 262, 400, 402]. Розмір втрат залежить від тривалості і інтенсивності сільськогосподарського

використання чорнозему. За даними О.М. Гринченка [119, 120], А. Д. Балаєва [31], В.В. Дегтярьова [146], Д.Г. Тихоненко [92, 359] в перший період розорювання і сільськогосподарського використання внаслідок ущільнення ґрунту і інтенсивної мінералізації решток рослин йде навіть деяке збільшення запасів загального гумусу. У подальшому відбувається інтенсивна мінералізація гумусу, темпи якої у перші 25-27 років становили у середньому 0,47 т/га на рік, а надалі (30-45 рр.) набувають максимальних значень до 1,15 т/га на рік. Після цього періоду мінералізація зменшуються і показники становлять 0,14-0,11 т/га на рік [30]. Більш тривале використання чорноземів із застосуванням органо-мінеральної системи удобрення сприяє збалансуванню процесів мінералізації і гумусонакопичення [400]. За збільшення періоду сільськогосподарського використання ґрунту відбувається зменшення вмісту гумусу в усьому профілі чорнозему. В подальшому вміст і запаси гумусу стабілізуються на більш низькому рівні, який відповідає новим умовам гумусоутворення. У багатьох наукових публікаціях доведено, що розорювання цілинних земель впливає на співвідношення процесів мінералізації і гуміфікації органічної речовини ґрунту та усі показники гумусного стану чорноземів [30, 144, 261, 491, 497]. Груповий і фракційний склад гумусу досить стабільний показник й змінюється тільки при значних перемінах в умовах гумусоутворення [33, 142, 143, 159, 223, 229, 233, 244, 273, 363].

Розпушення орного шару ґрунту сприяє вільному доступу кисню до глибших шарів ґрунту і активізує мікробіологічну діяльність, що призводить до посиленої мінералізації рослинних решток і гумусу. За результатами наших попередніх досліджень і за результатами М.П. Малярчук [246] доведено, що різко збільшується число мікроорганізмів, які приймають участь в мінералізації органічної речовини та активізують гідролітичні і окисно-відновні ферменти [176, 244]. Значна кількість вчених [64, 65, 66, 67, 68] основними причинами втрат гумусу при освоєнні ґрунтів вважають зменшення кількості рослинних решток і лабільних гумусових речовин,

збільшення біогенності порівняно з природним ценозом що у подальшому призводить до порушення структури поверхневого шару, зміни водного режиму і посилення мінералізації гумусу за впливу інтенсивного обробітку ґрунту й аерації, розкладу та біодеградації органічної речовини внаслідок дії фізіологічно кислих добрив і активізації мікробіологічної діяльності, виносу основних елементів живлення з урожаєм сільськогосподарських культур.

Розорювання чорноземів і їх тривале сільськогосподарське використання, особливо при низькому рівні агротехніки, веде не тільки до зниження запасів органічної речовини в ґрунті, але й змінює склад гумусу [6, 9, 21, 33, 363]. При цьому зменшується кількість органічної речовини та її якісний склад, інтенсивність і спрямованість процесів гуміфікації [23]. Зміни відбуваються у лабільній складовій органічної речовини розораних ґрунтів.

Отже, з наведених літературних джерел видно, що при сільськогосподарському освоєнні чорноземів в них зменшується вміст і запаси гумусу, збільшується активна його частина, зростає співвідношення $S_{гк} : S_{фк}$. Відновлення запасів гумусу та забезпечення значного вмісту лабільних гумусових речовин в чорноземах можливе лише за рахунок високої культури землеробства.

На вміст гумусу і його динаміку впливають як системи землеробства так і природні фактори. Природні чинники регулюють в основному абсолютні величини гумусонакопичення у ґрунтах, а антропогенний чинник (системи землеробства) – відносні. При цьому у одних наукових роботах [30, 37, 48] доведено, що кращою для створення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунтах є застосування інтенсивної системи землеробства. Інші вважають, що збереження гумусу забезпечується за біологічної та ґрунтозахисної систем землеробства [30, 56, 341]. Дослідження різних обробітків ґрунту зі збагачення органічної речовини азотом доведено ефективність комбінованого обробітку порівняно із мілким обробітком. За мілкого безполицевого обробітку підвищується вміст лабільного гумусу у шарі 0-20 см [372].

Органічні добрива тваринного походження (гній, курячий послід) мають значний вплив на гумусонакопичення, а при їх дефіциті врівноваженого балансу гумусу можна досягти застосовуючи усю побічну продукцію сільськогосподарських культур та рослинні рештки у поєднанні із сидерацією та внесення мінеральних добрив. Тривале застосування [331] органічної і органо-мінеральної систем удобрення на чорноземі типовому важкосуглинковому зумовило підвищення рівня гумусованості, ступеня гуміфікації органічної речовини ґрунту і зміну її складу.

Використання лише мінеральних добрив підвищує рухомість гумусових речовин, зменшує вміст фракцій міцнозв'язаних із мінеральною частиною. Використання сірих лісових ґрунтів Лісостепу без удобрення призводить до посилення процесів мінералізації гумусу. Напрямок і швидкість трансформації органічної речовини залежать від агрохімічного навантаження на ґрунт. Ефективним прийомом підвищення вмісту гумусу в ґрунті та поліпшення його групового складу є поєднання вапнування дозою 1,0 Нг і удобрення гноєм (10 т/га) та NPK (164 кг д.р. кг/га). За цих умов у ґрунті спостерігатиметься проростання гумусу вже протягом першої ротації сівозміни і підтримуватиметься його вміст з вираженою тенденцією до позитивного балансу на кінець другої ротації сівозміни [364].

Виведення ґрунтів з обробітку позитивно впливає на вміст органічної речовини ґрунту. Під час залуження відбувається поступова природна зміна одних видів трав'янистих формацій на інші, які мають різну продуктивність і вплив на ґрунтові режими. Так, вже через 10 років вміст гумусу та органічної речовини на перелозі стає більший за орні ґрунти [30]. Інтенсивність процесів гумусонакопичення під час залуження зростає від степової рослинності до лучно-степової й досягає максимуму під лучними степами.

Особливий вплив на процеси ґрунтоутворення здійснює деревна рослинність. Максимальна продуктивність листя широколистяних лісів спостерігається вже в 25–30 років. Значна маса опадів, відмирання раз на два роки всисних корінців і стійкий водний режим сприяють кращому

накопиченню гумусу під наметом лісу, ніж на перелогах. У природних умовах на це йде приблизно 80 років і лише приблизно через 100 років вміст гумусу на абсолютній цілині стає вищим, ніж на заліснених ділянках.

Отже, з наведених даних видно, що при сільськогосподарському освоєнні чорноземів в них зменшується вміст і запаси гумусу, збільшується активна його частина, зростає співвідношення Сгк : Сфк. Відновлення запасів гумусу та забезпечення значного вмісту лабільних гумусових речовин в чорноземах можливе лише за рахунок високої культури землеробства.

1.3. Наукові основи збереження та відтворення мікробного біорізноманіття і гумусного стану чорноземів

У сучасних умовах ведення сільського господарства при переході на ринкові засади виробництва спостерігається різке зниження родючості ґрунту, що зумовлено порушенням ведення сівозмін, а також недостатнім застосуванням добрив та збільшенням кількості просапних культур. Це призводить до зниження вмісту гумусу, рухомих фосфатів, обмінного калію та зростання кислотності. Вміст гумусу в чорноземних ґрунтах, як інтегрального показника родючості, залежить від концентрації просапних і зернових культур у сівозміні, наявності багаторічних трав, системи удобрення і протікання ерозійних процесів [240]. Відтворення родючості ґрунтів орних земель за визначенням Г.А. Мазура [240 – 242] здійснюється в системі землеробства, однак роль її підсистем (блоків) у цьому процесі нерівнозначна. Можна виявити позитивний ефект (прямий чи опосередкований) від кожної підсистеми: сівозміни, обробітку ґрунту, захисту рослин, сортооновлення, насінництва та інші. Термін «відтворення» значно краще відбиває суть зміни родючості, ніж терміни «підвищення», «окультурення» та ін., бо зумовлює певні межі процесу. Основою відтворення родючості ґрунтів за численними дослідженнями є забезпечення в них бездефіцитного балансу гумусу і елементів живлення, що дає можливість підтримувати певний рівень їх потенційної і ефективної

родючості. Гумус у ґрунті виконує функції системного координатора процесів і режимів, забезпечує життєдіяльність мікрофлори, створює сприятливі умови і підвищує доступність елементів живлення рослинам, впливає на енергетичний рівень процесів у ґрунті і рослині [3]. Результати тривалих дослідів свідчать про тісну кореляційну залежність між умістом гумусу та урожайністю сільськогосподарських культур [240].

Значна роль у гумусоутворенні належить *ґрунтовій фауні*, яку за розмірами поділяють на чотири групи: мікро-, мезо-, макро-, мегафауну. Причому переважно мікро- і мезофауна приймає активну участь у перетворенні рослинних рештків у гумусові речовини. При цьому, загальна біомаса мікроорганізмів у метровому шарі ґрунту складає до 10 т/га (приблизно 0,5–2,5 % від маси гумусу), їх суха речовина становлять біля третини усіх органічних решток. Біомаса водоростей – 0,5–1 т/га, а безхребетних – 12,5–15 т/га (більша частина її формується черв'яками). Гнатенко О.Ф. [110], С.Ю. Булигін [63], вказують, що зниження вмісту гумусу викликано інтенсивним характером використання ґрунтів і недостатнім надходженням в них гумусоутворювачів. Інтенсивне використання ґрунтів впливає на його властивості і змінює хімічний склад, фізико-хімічну структуру, вміст та склад гумусу. Цим зумовлені значні порушення функціонування ґрунту як природного тіла, формування його живої фази і, передусім, мікрофлори [52]. Склад мікробного ценозу агроєкосистем і вміст у ньому як корисної, так і фітопатогенної мікрофлори залежить від ряду факторів: виду вирощуваної культурної рослини, обробітку ґрунту, фізико-хімічних його властивостей і тому, важливо дослідити еколого-трофічні групи цілинних ґрунтів та їх зміни під впливом залуження, заліснення і сільськогосподарського використання [46]. Така постановка питання підвищення продуктивності землі відповідає основним принципам геніального передбачення В. В. Докучаєва [160] про те, що тільки розумне співвідношення ріллі, луків, лісу, водних територій обумовлює раціональне використання землі та її максимальні репродуктивні можливості. В зв'язку з

цим, дуже важливим є питання напрямків сучасного (антропогенного) ґрунтоутворення під різними фітоценозами (культурний степ, природний степ і переліг, лісокультурні насадження). Це особливо важливо тепер, коли ґрунтовий покрив в Україні зазнає деградацій і відмічається велика кількість середньо- та сильнозмитих земель, постійно зменшується вміст і запаси органічної речовини в ґрунтах [161].

Досвід сільськогосподарського виробництва показує, що при розорюванні цілинних земель значно інтенсифікується колообіг біогенних елементів та посилюються процеси розкладу органічних речовин і тому, збільшення загальної біологічної активності ґрунтів, що використовуються як рілля не завжди є позитивним явищем [97]. Гомеостаз у ґрунті підтримується за допомогою механізмів, оснований на регулюванні мікробного пулу, який в розрахунку на одиницю мікробної біомаси являє собою середовище слабо забезпечене доступними органічними речовинами. Розвиток мікробіології і особливо застосування молекулярних методів розширило можливості досліджень і дало змогу встановити значення збереження біогенності і біорізноманіття ґрунтів. Інтенсивне сільськогосподарське використання ґрунтів призводить до суттєвої перебудови структури мікробоценозу та погіршення мікробіологічних показників. Один із шляхів розв'язання цієї проблеми – детальне та комплексне дослідження генетичних ресурсів і структури мікробного різноманіття, яке формується під час сільськогосподарського використання чорноземів [190].

Однією з головних проблем сучасного землеробства є відтворення родючості чорноземів і в першу чергу забезпечення в них бездефіцитного балансу гумусу. Без цього неможливо підвищити і стабілізувати продуктивність сільського господарства, зробити його ефективним і екологічно безпечним [131, 237, 240].

Ця проблема комплексна, бо процес гумусоутворення залежить від багатьох природних і виробничих факторів. Для її вирішення потрібно

встановити закономірності і механізми мікробної трансформації гумусових речовин, віднайти ресурси свіжої органічної речовини, розробити агроприйоми і технології, які б дозволили забезпечити відтворення родючості чорноземів. Використання органічних і комплексу органо-мінеральних добрив за дослідженнями Л.Ю. Симочко позитивно впливає на процеси гумусоутворення і сприяє активізації стійкості та інтегрованості мікробного угруповання ризосфери озимої пшениці. Беззмінне вирощування озимої пшениці навіть за внесення органічних добрив у дозі 30 т/га значно порушує стійкість мікробного ценозу ризосфери порівняно із сівозміною. Найстійкіша структура мікробного ценозу в монокультурі спостерігалась при внесенні гною 60 т/га. Застосування подвійних доз мінеральних добрив як у сівозміні, так і при беззмінному культивуванні озимої пшениці порушує стійкість ризосферного мікробценозу і вказує на активізацію деградаційних процесів у ґрунті, зокрема розклад гумусових речовин [345].

Нестачу органічних добрив можна компенсувати залученням для цієї цілі соломи зернових, супутньої продукції інших культур та використанням зеленого добрива [243, 244]. Крім цього великий резерв криється в зменшенні надмірної мінералізації гумусу інтенсивним обробітком і підвищенні коефіцієнта гуміфікації свіжої органічної речовини, чого можна досягти розробляючи і впроваджуючи відповідні технології вирощування культур. Це можуть бути ґрунтозахисні технології з мінімізацією обробітку ґрунту, які забезпечують його захист від факторів деградації і підвищують врожайність сільськогосподарських культур [248].

У розораних чорноземах за відчуження більшої частини врожаю польових культур, основним і постійним джерелом надходження свіжої органічної речовини є надземні і кореневі рослинні рештки та внесені органічні добрива. Деяке нагромадження органічної речовини в ґрунті відбувається уже під час вегетації рослин за рахунок корневих виділень та діяльності мікроорганізмів. Отже, сільськогосподарські культури, як і взагалі

рослини, є не лише «споживачами», а й активними «творцями» ґрунтової родючості.

Багатьма дослідженнями [251, 252] доведено, що добрива (органічні, мінеральні) і обробіток ґрунту впливають на чисельність і співвідношення різних фізіологічних груп ґрунтових мікроорганізмів. Дія мінеральних добрив на ґрунтову біоту є мало специфічною і залежить від хімічної природи та від дози внесення [218]. Так, у роботах [251, 252] показано, що внесення значної кількості мінеральних добрив призводить до якісних і кількісних змін мікробного комплексу чорнозему типового, що супроводжується спрощенням трофічних зв'язків та зниженням біорізноманіття. Внесення органічних добрив на фоні доз помірних мінеральних за екологічної і біологічної систем землеробства приведе до зростання чисельності відповідно на 7 і 23% мікроорганізмів, які засвоюють органічний азот і зменшення в біологічній системі до 36% тих груп, які засвоюють мінеральний [334, 335]. За цих систем відбуваються зміни мікробіоценозу у бік зменшення оліготрофності за рахунок формування у ґрунті меншої кількості речовин, які властиві останнім стадіям мінералізації органічної речовини і збільшення педотрофів, які утилізують водорозчинні фракції органічної речовини.

Дослідженнями А. М. Гродзинского доведено, що на початкових етапах розкладання соломи в ґрунті утворюються речовини фенольної природи, токсичні для сільськогосподарських культур. Їх накопичення залежить від температури, вологості, аерації ґрунту і наявності мінерального азоту. Для зменшення їх кількості рекомендується, окрім різноглибинного закладення соломи і подовження терміну компостування при підвищеній вологості ґрунту за збільшення розміру її часток [126].

При насиченні сівозміни зерновими культурами від 60 до 83% без застосування поживних сидератів погіршуються біологічні показники родючості дерново-підзолистого ґрунту, в 1,5 рази знижується чисельність

сапротрофних мікроорганізмів, збільшується кількість бактерій, що мають фітотоксичні властивості, таких як *Pseudomonas flourescens* у складі грибів переважають представники *pp. Penicillium, Fusarium*. Позитивний вплив соломи на чисельність і активність азотфіксуючих бактерій зростає при щорічному її застосуванні у порівнянні з одноразовим внесенням, причому, чим вище доза внесення, тим вищий рівень накопичення азоту в ґрунтовому повітрі [260]. Дослідженнями З.Г. Гамкало [97] доведено, що застосування лише NPK на фоні сидерату і соломи не сприяло розмноженню мікрофлори. Редька олійна, як сидерат, різко інгібує ріст олігонітрофілів і посилює розвиток клостридій. Збагачення ґрунту зеленою масою сидератів унеможливує проходження першої ланки сапрофітного блоку – аеробних целюлозолітиків. Тому, застосування різних форм і норм органічних та мінеральних добрив має значний вплив на живу речовину ґрунту і будь-який мікробіологічний процес у ґрунті потрібно розглядати як механізм оптимізації їх існування і створення екологічних ніш.

Питання впливу глибини і способів основного обробітку ґрунту на активність корисних мікроорганізмів в оброблюваному шарі ґрунту на сьогодні залишається дискусійним. Ще на початку ХХ ст. В.Р. Вільямс [79] обґрунтував з позицій мікробіології застосування оранки для обробітку ґрунту. Збільшення біологічної активності при застосуванні оранки порівняно із безполицевим обробітком показано у значній кількості досліджень: відповідно на 8,2 і 9,4 % швидкість продукування вуглекислого газу ґрунтом Ф.С. Галиш [95], розкладу целюлози на 8,6; 14,0; 29,9 і 32,4% в дослідях О.С. Скалиги [347], В.В. Перчука [307], С.В. Пилипенка [306] і В.Д. Синявина [306]. За дослідженнями М.П. Малярчук [246] кількість амоніфікуючих і нітрифікуючих бактерій зростала на 15,9 і 10,4%, а загальна чисельність мікроорганізмів на 56,5% [60, 157].

У роботі М.К. Шичули, А.Д. Балаєва, О.Л. Тонха [397, 400] показана несумісність глибокої оранки до природи ґрунту, коли при оберненні скиби ґрунту створюється шоковий стан для ґрунтової біоти. При цьому, за

безполицевого обробітку підвищується інтенсивність виділення CO₂ ґрунтом на 10–11% М.Я. Бомба [60] та на 17,1–32,0%, залежно від вирощуваної культури, В.О. Єщенко та ін. [171].

У дослідженнях на чорноземі типовому показана перевага за кількістю мікроорганізмів при полицево-безполицевому обробітку до 9, мікроміцетів 9,6, педотрофних 13,8, амоніфікаторів 23,3% порівняно з безполицевим, диференційованим, поверхневим обробітками [335]. У працях Ю.П. Москалевської, М.В. Патики доведено, що використання різних систем обробітку ґрунту сприяє диференціації чисельності і перерозподілу функціональної активності мікробної складової ґрунту і структури мікробної біомаси, зміни інтенсивності емісії CO₂, чисельності мікроорганізмів, спрямованості мікробних метаболічних процесів перетворення сполук карбону. Встановлено, що використання поверхневого обробітку чорнозему типового сприяє підвищенню чисельності бактерій у 1,7, мікроміцетів у 2,3, функціональних груп мікроорганізмів 2,8, а також сумарної мікробної біомаси у 1,6 рази [263- 265].

Дослідженнями С.В. Яценко доведено, що чисельність мікроорганізмів у ґрунті та їх активність знаходилась у прямій залежності від розміщення кореневих і післяжнивних рештків за ґрунтовим профілем. Сумарна чисельність мікроорганізмів за безполицевого обробітку була у 1,1-1,6 рази вищою за оранку [432]. Найкращі умови для розвитку мікробного угруповання відмічені за безполицевого обробітку та внесення розрахункової дози добрив. Також за мінімалізації обробітку відмічено позитивний вплив на гумусний стан чорноземів [39, 87]. Дослідженнями доведено, що тривале застосування оранки на 20-22 см істотно зменшило запаси гумусу і азоту в шарі ґрунту 0-40 см, тоді як за безполицевого обробітку запаси залишались незмінними, а поверхневий обробіток сприяв збільшенню їх кількості.

При порівняльному вивченні способів основного обробітку ґрунту залежно від адекватної мінливості біологічної активності ґрунту і врожайності культур показана принципова можливість мінімізації обробітку [260]. Переважна більшість авторів [335, 412, 251] вважає, що тільки сумісне застосування органічних і збалансованих мінеральних добрив та ґрунтозахисних обробітків сприяє компенсації основних біогенних елементів, зумовлює активізацію мікробіологічної діяльності ґрунту за рахунок збільшення чисельності і біорізноманіття мікробіоти, розширення трофічних зв'язків мікробного ценозу та, в кінцевому результаті, формування гомеостатичних мікробних біомів ґрунтових екосистем. Одним із шляхів вирішення проблеми охорони і відтворення мікробного біорізноманіття та гумусного стану ґрунтів Лісостепу є впровадження технологій вирощування культур з мінімізацією обробітку ґрунту і елементами біологізації землеробства. Такі технології базуються на безполицевих обробітках і, завдяки зниженню інтенсивності механічного впливу на ґрунт і збільшенню надходження свіжої органічної речовини, сприяють відновленню запасів гумусу, саморегуляції процесів і режимів ґрунту, а також відтворюють його родючість [4, 5]. Кількість органічних добрив необхідних для забезпечення в ґрунті бездефіцитного балансу гумусу залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Застосування помірних норм органічних і мінеральних добрив (гній 40-80 т + $N_{150}P_{210}K_{150}$ за 8 років) в умовах чорноземів звичайних веде до поліпшення їх фізичних, хімічних і біологічних властивостей та є дієвим заходом підвищення родючості ґрунту.

В умовах органічного землеробства за дослідженнями М. А. Ткаченко [245, 363, 364] доведено, що багаторічне застосування (8-10 років) побічної продукції зменшує темпи мінералізації гумусу у сірому лісовому ґрунті. Ряд дослідників вважають, що в умовах дефіциту традиційних органічних добрив і в зв'язку з розширенням посівів зернових культур, безпідстилковим утриманням худоби, великою затратністю внесення гною на віддалені поля все більш актуальним стає використання соломи як

органічного добрива. При внесенні якої скорочуються виробничі витрати на її збирання, вивіз і зберігання та відпадає необхідність вивезення гною на віддаленні поля [26, 27, 35, 87]. На відміну від органічних решток бобових культур, де співвідношення C:N вузьке, в соломі злаків воно досить широке (60-100). Щоб уникнути зниження урожайності культур через іммобілізацію азоту, ґрунту мікроорганізмами, які беруть участь в розкладанні соломи, необхідно вносити азотні добрива [23].

За відсутності рослинних рештків, що є наслідком спалювання стерні і соломи, біота ґрунтів живиться безпосередньо стратегічним запасом ґрунтів – гумусом, що, поступово мінералізуючись, перетворюється на доступні для рослин запаси елементів живлення. У перший тиждень після спалювання зменшується чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, ферментативна активність у шарі ґрунту 0 – 2 см. Через три тижні чисельність мікроорганізмів у шарі ґрунту 0 – 5 см в усіх варіантах досліджу зростає й перевищує первинний рівень, але зменшення вмісту органічної речовини не відбувалося [94]. За таких умов слід застосовувати мінеральні добрива, які прискорюють процеси розпаду складних сполук гумусу до простих, і протягом певного часу зростання врожаю.

Не менш важливим джерелом накопичення органічної речовини і азоту є зелені добрива (сидерати), які поповнюють ґрунт доступними поживними речовинами і відіграють значну фітосанітарну роль. Дослідженнями [34] показано зменшення площ заорювання та обсягів внесення зеленої маси сидератів у всіх ґрунтово-кліматичних зонах з 2004 до 2010 рр. З поукісними посівами сидератів в ґрунт надходить 40-50 ц/га сухої органічної речовини [87]. Так, у 2004-му сільгоспвиробники приорали сидератів на 262,7 тис. га, 2005 – на 215,8, 2007 – на 197,4, а в 2010 році – на 292,4 тис. гектарів.

У повідомленні А.В. Куракова зазначено, що заорювання сидератів за ефективністю дії на вміст і запаси гумусу не поступається внесенню гною. Заробляння одного лише люпину підвищує вміст гумусу в верхньому 0-20 см шарі ґрунту на 0,16%, у 20-40 см – 0,05%, у 40-60см – 0,09%, а при внесенні

ще й повного мінерального удобрення (NPK) відповідно за шарами на 0,16; 0,16; 0,14% [225].

Аналогічні результати отримали вчені, які досліджували вплив заробки різних видів органічних добрив на вміст гумусу в чорноземі звичайному різного ступеня еродованості. Сидерати, як і гній, підвищували родючість ґрунту, сприяли накопиченню корневих решток і збільшенню надземної маси культур, що в свою чергу привело до підвищення вмісту гумусу в поверхневому шарі ґрунту на 0,25% [218, 222, 242].

На сірому лісовому ґрунті ефективність сидератів була нижчою, в порівнянні з гноем, однак його гумусний стан був кращим, ніж у варіанті з мінеральними добривами. При доповненні сидерації внесенням помірних норм мінеральних добрив показники вмісту гумусу, глибини гуміфікації, якісного складу гумінових кислот погіршувалися і залишалися, практично на вихідному рівні. На ділянках з використанням поукісного сидерату відмічено тенденцію короткочасного збільшення кількості гумусу. Водорозчинна частина в загальному його прирості від зеленого добрива складала 58-73% [351].

Розміщення органічних добрив і рослинних решток у верхньому шарі ґрунту при безполицевих обробтках сприяє гумусоутворенню. У верхньому шарі ґрунту більше накопичувалось органічних решток і інтенсивніше йшли процеси їх гуміфікації при застосуванні безполицевих обробток на різну глибину, ніж при оранці. Коефіцієнти гуміфікації рослинних решток на поверхневому та нульовому обробтках складали 0,20 і 0,32, а на оранці – 0,13 [243].

Органо-мінеральна система удобрення сприятливо впливає на перебіг мікробіологічних процесів у ґрунтах різних генетичних типів, але найбільші зміни притаманні бідному на органічну речовину дерново-підзолистому ґрунту. Водночас, на чорноземах спостерігається збільшення чисельності оліготрофної мікрофлори. Тривале застосування мінеральної системи удобрення не призводить до збільшення кількості органотрофів, а збільшення

доз добрив навіть зменшує їхню чисельність, як і асоціативних азотфіксаторів.

Кількісний склад і співвідношення окремих представників у мікробному ценозі ґрунту значною мірою залежить від способу обробітку ґрунту [8, 95, 198, 245, 388], надходження в ґрунт рослинних решток, які в першу чергу трансформуються під впливом неспоривих бактерій і мікроскопічних грибів, а на пізніших стадіях цього процесу – бацил та актиноміцетів [55,174]. На гірші умови для гумусоутворення при безполицевому обробітку в порівнянні з оранкою вказують О.О. Бацула, Т.Ф. Кравець [41]. Рівень гумусонакопичення значною мірою визначається інтенсивністю мікробіологічних процесів, які мають місце при застосуванні тієї чи іншої системи обробітку ґрунту. За даними В.Д. Мухи, Л.Л. Васильєвої доступ кисню до більш глибоких шарів ґрунту за оранки різко збільшує число мікроорганізмів, які приймають участь в мінералізації органічної речовини [119].

За безполицевого обробітку в оброблювальному шарі ґрунту створюється кращі умови для розвитку мікроорганізмів, які забезпечують посилення процесу гуміфікації і гальмування процесів мінералізації органічної речовини [158]. При такому обробітку ґрунту пожнивні залишки зосередженні в шарі ґрунту 0-15 см. Сукцесія мікроорганізмів, що розкладають рослинні залишки, стає подібною до комплексу мікроорганізмів в цілинному ґрунті.

При заробці рослинних решток у верхню частину оброблюваного шару різко збільшується кількість мікроорганізмів і підвищується ферментативна активність ґрунту [159]. Це прискорює процеси трансформації і гуміфікації, оскільки вони, за висновком Л. Ніце [503], в основному зумовлюються такими факторами як кількість і якість органічних добрив, ступенем генерації і активністю ферментативних систем. В дослідженнях [142] застосування різноглибинного і мілкового безполицевих обробітків ґрунту сприяло значному

підвищенню чисельності бактерій в шарі 0-15 см. Найбільш інтенсивно процеси мінералізації відбувались при полицевій оранці.

Збільшення кількості мікроорганізмів при ґрунтозахисному обробітку порівняно з показниками на оранці відмічено в дослідженнях на чорноземі типовому [161]. Мінімальний обробіток ґрунту дещо стримує мобілізаційні процеси, про що свідчить зниження коефіцієнтів мінералізації: в шарі ґрунту 0-15см співвідношення КАА/МПА в 1,09-1,18, а в 15-30 см у 1,1-1,2 раза нижче у порівнянні з цим показником на систематичній оранці.

Курдиш І. К. [336] у проведених дослідженнях впливу обробітку ґрунту на мікробіологічні процеси гуміфікації рослинних рештків доведено, що в дерново-підзолистому ґрунті коефіцієнти гуміфікації в шарі 0-30см були найвищими при безполицевому розпушуванні на глибину 22–27 см і мінімальному обробітку ґрунту на 10 –12 см, де вони становили відповідно 14,6 і 13, а при оранці відповідну глибину – 11,6 та 11,9 [81, 83, 86]. Ресурсозберігаючі технології з мінімізацією обробітку й біологізацією землеробства збільшують потенційну здатність до гумусоутворення, сприяють відновленню гумусу та інтенсифікації біологічних процесів, відновлюють родючість ґрунту і підвищують агроекономічну та енергетичну ефективність [83].

Вибір ефективної системи обробітку ґрунту в сівозміні конкретної ґрунтово-кліматичної зони передбачає, перш за все, створення оптимальних умов для функціонування ґрунтової біоти, що робить ґрунт живим організмом, здатним забезпечити ріст і розвиток рослин та їх високу продуктивність [327].

Останнім часом у наукових виданнях з'являється думка про необхідність забезпечення відтворення продуктивності ріллі її ресурсному потенціалу [304, 335]. Крім статистичного показника HP_{05} критерієм оцінки явищ у землеробстві є коефіцієнт адекватності. Доцільно в господарському, енергетичному та економічному відношенні вважати ту технологію ефективною, яка формує фактичну урожайність на рівні ресурсного її

забезпечення. Дослідженнями О.А. Цюка доведено, що за промислової та екологічної моделей землеробства відтворення продуктивності ріллі сівозміни відповідає її ресурсному забезпеченню [309]. В літературі є й інші, протилежні думки щодо впливу безполицевого обробітку на гумусний стан чорноземів, суть яких зводиться до того, що локалізація органічної речовини в поверхневому шарі, який постійно перебуває під інтенсивним впливом атмосферних і техногенних факторів, не сприяє її ефективній гуміфікації. В такому випадку просторово не співпадає зона надходження гумусоутворювачів з зоною їх найкращої гуміфікації. Залишені післяжнивні залишки на чорноземі типовому дали можливість за дві ротації короткоротаційних сівозмін підвищити вміст гумусу в оброблюваному шарі на 0,03–0,13% і повернути в ґрунт значну частину рухомих елементів живлення за використання полицевої оранки [27]. На думку деяких дослідників наявність в сівозміні культур з різним біологічними особливостями і необхідність ефективного використання внесених добрив вимагає поєднання різних способів та глибин обробітку [17]. Це дозволить найбільш повно задовольнити потреби рослин і одночасно відновити мікробне біорізноманіття і гумусний стан ґрунтів.

Підсумовуючи розглянуті в огляді літератури матеріали можливо зробити наступні висновки:

- трансформація органічної речовини в ґрунті відбувається під впливом ґрунтової біоти і ферментів, які вони виробляють;
- сільськогосподарська діяльність впливає на чисельність, видовий склад мікроорганізмів і ферментів. Встановлення основних причин зменшення запасів гумусу в освоєних чорноземах у порівнянні з цілинними дає можливість віднайти підходи для створення механізмів відтворення гумусного стану;
- посилення розкладання гумусу в чорноземах при їх використанні за різних систем землеробства пов'язано із збільшенням у польових сівозмінах

частки просапних культур і зменшенням кількості органічних добрив та рослинних рештків для створення бездефіцитного балансу гумусу;

- недостатньо вивчено вплив агротехнічних заходів на біологічну активність і гумусний стан ґрунту як показник відтворення родючості чорноземів.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Процеси мікробіологічної трансформації органічної речовини і шляхи відтворення родючості чорноземів у короткоротаційних сівозмінах вивчалися на стаціонарних дослідах і в умовах природних заповідників впродовж 2000-2016 років. Лабораторні дослідження виконували на кафедрі ґрунтознавства і охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикули НУБіП України.

2.1. Характеристика об'єктів дослідження

Об'єктами досліджень були обрані чорноземи типові середньосуглинкові на лесі Українського природного степового заповідника «Михайлівська цілина», чорноземи звичайні важкосуглинкові на лесовидних суглинках Українського природного степового заповідника «Хомутовський степ», також чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові на лесі стаціонарного досліду Черкаської ДС ННЦ «Інститут землеробства НААН» (40 років використання технологій), чорноземи типові малогумусні крупнопилувато-середньосуглинкові ВП НУБіП України «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області (15 років). Схема і об'єкти дослідження наведені на рис.2.1.

Зразки чорноземів, які досліджувались в лабораторних умовах, відбирались, у межах гумусового горизонту з глибин 0-5, 5-20 і 20-40 см та по всьому профілю усіх досліджуваних ґрунтів. Враховуючи літературні джерела [5, 20, 22, 51], які широко висвітлюють питання характеристики природних умов і ґрунтів обраних об'єктів досліджень, ми зупинимося лише на характеристиці морфологічних ознак досліджуваних ґрунтів.

Чорноземи типові природного степового заповідника «Михайлівська цілина». Відділення заповідника знаходиться у зоні Лісостепу в межах північно-західної підпровінції лівобережної високої

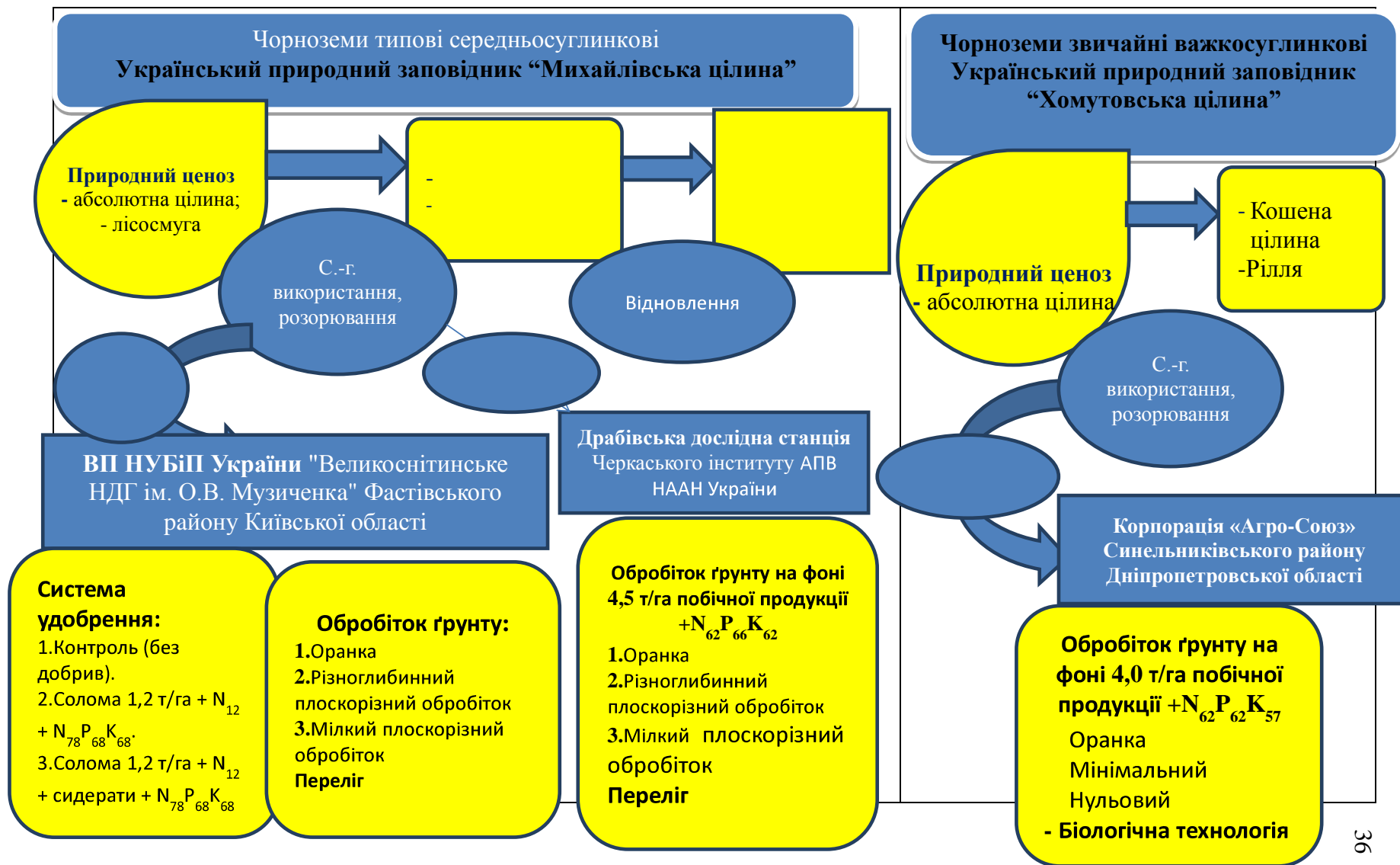


Рис.2.1. Схема і об'єкти дослідження

провінції [50]. Ґрунтовий покрив заповідника представлений чорноземами типовими середньосуглинковими на карбонатному лесі. Рослинний покрив представлено кореневищно-злаковими ценозами.

Зразки ґрунтів для досліджень були відібрані з різних досліджуваних ділянок - цілинної ділянки заповідника (абсолютна цілина), періодично кошеної (1 раз на 2 роки) ділянки цілинного степу (кошена цілина), переліг з 1965 року, ділянки лісосмуги (лісосмуга), насадженої кленом у 1952–1956 р.р., а також у полі № 4 польової сівозміни (рілля з 1936 року) КСП «Червона Зірка» Лебединського району Сумської області.

Чорнозем типовий середньосуглинковий абсолютно цілинної ділянки степу характеризується наступною морфологічною будовою ґрунтового профілю:

Нд – дернина, представлена корінням трав'янистих рослин, рослинні
0-4 см рештки;

Н(к) – гумусовий, дернина до 17 см, темно-сірий, свіжий,
4-41 см середньосуглинковий, грудкувато-зернистий з чітко виявленою зернистістю, наявність карбонатів з 31 см, густо пронизаний коренями трав'янистої рослинності, перехід поступовий.

Нрк – перехідний, сірий, нерівномірний за забарвленням, свіжий,
41-82 см середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, з 61 см часті кротовини і «псевдоміцелій», перехід поступовий.

НРк – перехідний, світло-сірий, свіжий, середньосуглинковий,
82-129 см грудкувато-комкуватий з нечітко виявленою зернистістю, дещо ущільнений, густо пронизаний ходами землеріїв, кротовини, наявність карбонатів у формі «псевдоміцелію», перехід поступовий.

Рhk – перехідний, світло-сірий, свіжий, середньосуглинковий, слабо
129-160 см ущільнений, нерівномірно гумусований, кротовини, які заповне палевим лесом, «псевдоміцелій», перехід ясний.

Рк – материнська порода, палевий, карбонатний, середньосуглинковий
160 см та карбонатний лес.
глибше

Чорнозем типовий середньосуглинковий кошеної цілинної ділянки степу характеризується наступною морфологічною будовою профілю:

Н(к) – гумусово-аккумулятивний, задернований, темно-сірий, свіжий,
0-36 см середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, ущільнений, наявні карбонати з 31 см, рівномірно гумусований, перехід поступовий.

Нрк – перехідний, темно-сірий, свіжий, середньосуглинковий,
36-77 см грудкувато-зернистий, пухкий, карбонатний, «кипіння» помірне. мілкі ходи землеріїв, кротовини заповнені слабогумусованим матеріалом, перехід поступовий.

Нрк – перехідний, сірий з буризною, свіжий, добре гумусований,
77-117 см пухкий, зернисто-грудкуватий, середньосуглинковий, крупні ходи землеріїв, кротовини, які заповнені гумусованим матеріалом, інтенсивно вскипає, перехід ясний;

Рhk – перехідний, брудно палевий, нерівномірно гумусований,
117-156 см грудкуватий, середньосуглинковий, густий псевдоміцелій, багато кротовин, перехід ясний;

Рк – материнська порода, палевий, карбонатний,
156 см та середньосуглинковий лес.
глибше

Чорнозем типовий середньосуглинковий кошеного перелогу, має таку будову ґрунтового профілю:

Нd – дернина, представлена корінням трав'янистих рослин, рослинні
0-4 см рештки;

Нd(к) – гумусово-аккумулятивний, темно-сірий, свіжий,
4-42 см середньосуглинковий, 0-14 см задернований, грудкувато-дрібнозернистий, пухкий, карбонати з 23 см у вигляді плісняви, добре гумусований, коріння трав'янистих рослин, перехід

- поступовий;
- Нрк – перехідний, темно-сірий з буруватим відтінком, свіжий, 42-83 см середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, пухкий, карбонатна пліснява, добре гумусований, кротовини, ходи землеріїв, перехід поступовий;
- НРк – перехідний, сірий з буризною, середньосуглинковий, свіжий, 83-129 см грудкувато-комкуватий, карбонатна пліснява, кипіння бурхливе, переритий землеріями, кротовини зі слабогумусованим матеріалом, перехід ясний;
- Рнк – перехідний, сірий з буризною, свіжий, середньосуглинковий, 129-165 см пухкий, слабо і нерівномірно гумусований, багато «псевдоміцелію», кипіння бурхливе, перехід ясний;
- Рк – материнська порода, палевий карбонатний 165 см та середньосуглинковий лес глибше
- Чорнозем типовий середньосуглинковий ділянки під лісосмугою характеризується наступною морфологічною будовою профілю:
- Н₀ – лісова підстилка, яка складається з листяного опаду і решток 0-4 см майже не розкладеної злакової рослинності;
- Нк – гумусово-аккумулятивний, добре задернований, темно-сірий, 4-36 см добре гумусований, грудкувато-зернистий, середньосуглинковий, наявність карбонатів з 29 см, густо пронизаний корінням дерев і трав, перехід ясний;
- Нрк – перехідний, темно-сірий зі слабким коричневим відтінком, 36-77 см свіжий, середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, добре гумусований, карбонати у вигляді «псевдоміцелію», ходи землеріїв, корені деревної рослинності, перехід поступовий;
- НРк – перехідний, коричнево-сірий, неоднорідний за забарвленням, 77-120 см свіжий, середньосуглинковий, грудкувато-горіхуватий,

ущільнений, густо пронизаний ходами землеріїв, які заповнені гумусованим матеріалом, “псевдоміцелій” карбонатів, окремі корені дерев’янистих рослин, перехід ясний;

Р_{hk} – перехідний, темно-бурий, середньосуглинковий, грудкувато-120-166 см горіхуватий, слабо ущільнений, слабо і нерівномірно гумусований, по усьому горизонту зустрічаються кротовини, які заповнені гумусованим матеріалом, карбонати у вигляді «псевдоміцелію», “плісняви”, окреме коріння дерев’янистої рослинності, перехід ясний;

Р_k – материнська порода, палевий карбонатний, 166 см та середньосуглинковий лес. глибше

Розріз було закладено у 10- ти пільній польовій сівозміні з наступним чергуванням культур: кукурудза на зерно- горох- пшениця озима- кукурудза на силос- пшениця озима – кукурудза на зерно- ячмінь – кукурудза на силос – пшениця озима, у полі № 4 (рілля з 1936 року) КСП "Червона Зірка" Лебединського району Сумської області.

Чорнозем типовий середньосуглинковий польової сівозміни, який розорано з 1936 року (рілля 77 років), має таку будову ґрунтового профілю:

Н – гумусово-аккумулятивний, темно-сірий, свіжий, 0-39 см середньосуглинковий, 0-27 см орний, грудкувато-порохуватий, ущільнений, безкарбонатний, 27-39 см підорний, ущільнений, грудкувато-зернистий, добре гумусований, коріння трав’янистих рослин, перехід поступовий;

Н_{рк} – перехідний, темно-сірий з буруватим відтінком, свіжий, 39-78 см середньосуглинковий, грудкувато-дрібнозернистий, не щільний, карбонатна пліснява, добре гумусований, кротовини, ходи землеріїв, перехід поступовий;

Н_{Рк} – перехідний, сірий з буризною, середньосуглинковий, свіжий,

78-121 см грудкувато-призматичний, карбонатна пліснява, кипіння бурхливе, переритий землеріями, кротовини зі слабогумусованим матеріалом, перехід ясний;

Р_{hk} – перехідний, світло-сірий з буризою, свіжий, 121-160 см середньосуглинковий, пухкий, слабо і нерівномірно гумусований, багато «псевдоміцелію», «кипить» від НСІ бурхливо, перехід різкий;

Р_k – материнська порода, палевий карбонатний 160 та середньосуглинковий лес глибше

Досліджувані чорноземи типові середньосуглинкові утворилися під впливом дернового процесу ґрунтоутворення на карбонатному лесі і характеризуються близькою будовою і потужністю генетичних горизонтів (табл.2.1).

Характеризуючи табл. 2.1 необхідно зазначити, що абсолютна цілина лісосмуга і переліг мають шар дернини на відміну від тих ділянок де або проводиться обробіток, або викошується цілина, що в подальшому буде впливати на біомасу рослинних решток, пул мікроорганізмів і гумусонакопичення.

Таблиця 2.1

Потужність генетичних горизонтів чорноземів дослідних ділянок в залежності від варіантів їх використання

Генетичний горизонт	Абсолютна цілина	Кошена цілина	Лісосмуга	Переліг з 1965 року	Рілля з 1936 року
Н _d	4	–	4	4	–
Н(к)	37	36	32	38	39
Н _{рк}	41	41	41	41	39
Н _{Рк}	47	40	43	46	43
Р _{hk}	31	39	46	36	39

Чорноземи звичайні природного степового заповідника “Хомутовський степ”. Територія заповідника знаходиться у Придонецькому ґрунтовому районі, Волновахсько-Ждановського агроґрунтового району Новоазовського підрайону. Для досліджень нами були відібрані зразки ґрунтів на абсолютно цілинній ділянці заповідного степу (абсолютна цілина), на періодично (1 раз на 2 роки) кошеній ділянці цілинного степу (кошена цілина), а також на ділянках поля №3 польової сівозміни сільськогосподарського підприємства «Маяк» Новоазовського району Донецької області. За період 2005-2014 рр. у ґрунт ділянки поля №3 внесено в середньому на рік 40,6 кг д.р. азотних, 11,0 кг д.р. фосфорних, 3,8 т гною на 1 га сівозмінної площі, обробіток ґрунту – полицева оранка.

Чорнозем звичайний важкосуглинковий абсолютно цілинної ділянки заповідного степу має таку морфологічну будову профілю:

- Nd – степова повста, яка представлена кореневою системою і 0-3 см рослинними рештками трав;
- HD(к) – гумусово-аккумулятивний, темно-сірий, задернований до 15 см 3-41 см важкосуглинковий, свіжий, грудкувато-зернистий, ущільнений, «кипить» лише в окремих кротовинах, густо насичений коренями трав'янистої рослинності, перехід ясний;
- Hp(к) – перехідний, сірий з буруватим відтінком, важкосуглинковий, 41-65 см свіжий, грудкувато- крупнозернистий, досить часто зустрічаються горіховидні окремість, ущільнений, корені трав'янистої рослинності, часті черворієни, рідше кротовини, перехід ясний;
- Phk – перехідний, коричневий з буризною, важкосуглинковий, свіжий, 65-78 см ущільнений, горіхувато-призмovidний, нерівномірно гумусований, черворієни, ходи коренів, карбонатна білозірка, перехід різкий;
- Rк – материнська порода, лесовидний суглинок, палево-бурий, 78 см та глибше важкосуглинковий, карбонати у вигляді «білозірки».

Чорнозем звичайний важкосуглинковий кошеної цілинної ділянки заповідного степу має таку морфологічну будову профілю:

- Н(d) – гумусово-аккумулятивний, темно-сірий, грудкувато-зернистий, 0-43 см важкосуглинковий, ущільнений, свіжий, кротовини, які заповнені менш гумусованим матеріалом, густо пронизаний коренями трав'яних рослин, перехід ясний;
- Нр – перехідний, сірий з буруватим відтінком, важкосуглинковий, 43-61 см зернисто-грудкуватий, по горизонту досить часто зустрічаються горіховидні окремісті, помітно ущільнений, пронизаний коренями трав'янистої рослинності, часті черворієни, рідше кротовини, перехід ясний;
- Рhk – перехідний, коричневий з буризною, важкосуглинковий, свіжий, 61-73 см ущільнений, горіхувато-призмевидний, нерівномірно гумусований, черворієни і ходи коренів, карбонати у вигляді «білозірки», перехід ясний;
- Рк – материнська порода, коричнево-палевий лесовидний суглинок, 73 см та глибше важко суглинковий, карбонатний, вкраплення карбонатів у формі «білозірки».

Розріз було закладено на ділянці №3, яку в 1928-1930 рр. відокремили від заповідника і розорали (варіант -рілля 80 років) з наступним чергуванням культур у 5-ти пільній польовій сівозміні: кукурудза на зерно–ячмінь–соя–соняшник–пшениця озима. Ґрунтовий профіль характеризувався такою морфологічною будовою:

- Н – гумусово-аккумулятивний, темно-сірий, важкосуглинковий, 0-36 см свіжий, 0-26 см орний, дрібнозернисто-грудкуватий, пухкий, пронизаний коренями культурних рослин, різко за структурою і щільністю переходить в підорний, ущільнений, слабо пронизаний коренями рослин, грудкувато-зернистий, перехід ясний;

Нрк – перехідний, темно-сірий з бурим відтінком, свіжий, щільний, 36-61 см зернисто-грудкуватий, рідко пронизаний коренями рослин, добре прогумусований, окремі карбонати у вигляді «білозірки», багато червоний, перехід поступовий;

Рhk – перехідний, темно-бурий, свіжий, важкосуглинковий, зернисто- 61-73 см призмovidний, ущільнений, по колишнім ходам розкладених коренів рослин спостерігається добра гумусованість, карбонати у вигляді «білозірки», слабо і нерівномірно гумусований, багато червоний, перехід ясний;

Рк – материнська порода, важкосуглинковий лесовидний суглинок, 73 см та щільний.
глибше

Отже, досліджувані чорноземи звичайні вилугувані важкосуглинкові на лесовидних суглинках Хомутовського степу різних варіантів використання є ґрунтами одного і того ж генезису і мають близькі морфолого-генетичні характеристики (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Потужність генетичних горизонтів залежно від використання чорнозему звичайного важкосуглинкового на лесовидному суглинку

Генетичний горизонт	Абсолютна цілина	Кошена цілина	Рілля з 1930 року
Нd	3	-	-
Н	38	43	36
Нрк	24	18	27
Рhk	13	12	12

Характеризуючи табл. 2.2 необхідно зазначити, що варіант абсолютна цілина має шар дернини на відміну кошеної цілини і ріллі, що продукує більшу біомасу рослинних решток і в подальшому вплине на гумусонакопичення.

Чорноземи типові малогумусні пилувато-середньосуглинкові науково-дослідному господарстві «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області.

Дослідження проводили у стаціонарному досліді кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. М.К.Шикучи, який закладено у науково-дослідному господарстві (НДГ) «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області. В геоморфологічному відношенні це Придніпровська височина, що входить до північної частини Правобережного Лісостепу, Правобережної центральної високої провінції північної підпровінції. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим крупнопилувато–середньосуглинковим на лесі. Нижче наводиться морфологічний опис даного ґрунту:

- $H \frac{0-62}{62}$ см – гумусо-аккумулятивний горизонт, темно-сірий, свіжий, пухкий, середньосуглинковий, зернисто-пилувато-грудкуватої структури, зустрічаються черворієни та, копроліти, карбонати закипають з 40 см, пронизаний коріннями рослин, перехід поступовий за кольором та наявністю карбонатів;
- $H_{pk} \frac{62-105}{43}$ см – верхній перехідний горизонт, темно-сірий, свіжий, слабо ущільнений, середньосуглинковий, зернисто-грудкуватий, карбонати у вигляді «цвілі» з’являються з середини горизонту в ходах черворієн, перехід поступовий за кольором;
- $H_{pk} \frac{105-175}{70}$ см – нижній перехідний горизонт, брудно-палевий, нерівномірно гумусований, злегка ущільнений, неміцногрудкуватої структури, переритий кротовинами і черворієнами, містить копроліти, тонкі корені трав’янистих рослин, карбонати у вигляді «цвілі», перехід до породи поступовий за кольором;
- H_{pk} 175 см і нижче – ґрунтоутворююча порода, жовтувато-палевий карбонатний, крупнопилувато-середньосуглинковий лес.

Тобто, досліджувані ґрунти близькі за генезою і характеристиками до чорноземів типових заповідника «Михайлівська цілина». Верхній генетичний горизонт досліджуваного ґрунту складений на 51,2–65,4% крупним пилом, 16,8–16,7% – мулом та містить 30,8–32,2% фізичної глини. Таке співвідношення фізичної глини та крупного пилу в даному ґрунті не сприяє утворенню водостійких макроагрегатів, що може спричинити агрофізичну деградацію при інтенсивному технологічному навантаженні на ґрунт.

Фізико-хімічні та агрохімічні показники чорнозему типового дослідної ділянки наведені в таблиці 2.3. Загалом, ґрунт характеризується сприятливими для росту сільськогосподарських культур показниками фізико-хімічних та агрохімічних властивостей.

Гумусовий горизонт має близьку до нейтральної реакцію ґрунтового середовища, середню забезпеченість азотом легкогідролізованих сполук (метод Тюріна і Кононової) та рухомими формами фосфору і обмінним калієм (метод Чирікова) у шарі 0–30 см і 30–50 см.

Таблиця 2.3

Фізико-хімічні та агрохімічні показники чорнозему типового середньосуглинкового на лесі

Показники	Верхній гумусовий горизонт, см	
	0–30	30–50
pH водної витяжки	6,7 ± 0,15	6,9 ± 0,15
pH сольової витяжки	6,3 ± 0,15	6,7 ± 0,15
Гідролітична кислотність, мг-екв /100 г ґрунту	0,91 ± 0,09	0,52 ± 0,05
Сума увібраних основ, мг-екв /100 г ґрунту	28,0 ± 2,8	24,5 ± 2,4
Вміст загального гумусу, %	3,57 ± 0,06	3,46 ± 0,08
Азот легкогідролізованих сполук за Тюріним і Кононою, мг /кг ґрунту	49,6 ± 10,41	44,2 ± 9,28
P ₂ O ₅ за Чиріковим, мг /кг ґрунту	59,8 ± 8,97	51,3 ± 7,70
K ₂ O за Чиріковим, мг /кг ґрунту	58,2 ± 8,73	48,8 ± 7,32

Дослід розміщено на 3х полях у просторі і на 4х полях у часі. До 2009 року чергування культур у сівозміні і система удобрення наведено у табл. 2.4, а з 2010 року – у короткоротаційній сівозміні (табл. 2.5):

1. Соя.
2. Озима пшениця.
3. Кукурудза на зерно.
4. Ячмінь.

Обробіток ґрунту представлений наступними варіантами:

1. Традиційний, що базується на оранці під різні культури на глибину 22–27 см, варіант «оранка»;
2. Ґрунтозахисний, який базується на різноглибинному безполицевому обробітку під різні культури на глибину 22–27 см, варіант «різноглибинний безполицевий обробіток»;
3. Ґрунтозахисний, що базується на мілкому безполицевому обробітку на 10-12 см, варіант «мілкий безполицевий обробіток».

При плануванні системи удобрення акцент ставився на використання місцевих ресурсів – соломи і вирощування сидератів. Досліджується дія трьох варіантів систем удобрення:

1. Контроль (без добрив).
2. Солома 1,2 т/га + $N_{12} + N_{78}P_{68}K_{68}$.
3. Солома 1,2 т/га + N_{12} + сидерати + $N_{78}P_{68}K_{68}$.

При цьому, внесення соломи і висівання сидератів проводиться у полі з пшениці озимої, а саме, після її збирання. Система захисту рослин загальноприйнята та однакова на всіх варіантах дослідів. Розміщення варіантів проводилось методом розщеплених ділянок. Розмір посівної ділянки $6 \times 30 = 180 \text{ м}^2$, облікової ділянки – 100 м^2 .

Основний обробіток ґрунту виконували серійними ґрунтообробними машинами: оранку – ПЛН-6-35, різноглибинний безполицевий –

Таблиця 2.4.

Чергування сільськогосподарських культур в сівозміні і норми внесення мінеральних добрив на стаціонарному досліді «Великоснігинське НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області до 2009 року

№	Культура	Основне удобрення			Припосівне удобрення			Підживлення		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Багаторічні трави	-							30	30
2	Озима пшениця	20	40	40				30		
3	Цукрові буряки	110	80	90						
4	Горох	-	-	-		15				
5	Озима пшениця	30	40	40				30		
6	Кукурудза на зерно	80	60	60						
7	Кукурудза на силос	80	50	60						
8	Озима пшениця	30	40	40				30		
9	Цукрові буряки	110	80	90						
10	Ячмінь + б/т	-				15				

культиватором КНК-4, мілкий безполицевий – КШН-3. В досліді використовували аміачну селітру з вмістом азоту 34,5%, суперфосфат гранульований із вмістом P_2O_5 – 19,5% і калійну сіль – 60% K_2O . Мінеральні добрива і солому вносили по поверхні з наступним проведенням зароблянням у ґрунт. Сидеральну культуру (гірчицю білу) висівали після збирання пшениці озимої (20-20 липня) з подальшою заробкою восени перед основним обробітком дисковою бороною БДВП -6,3 у два сліди. Середня урожайність гірчиці білої становила 18,5-20,7 т/га.

Таблиця 2.5.

Система удобрення сільськогосподарських культур в короткоротаційній сівозміні на стаціонарному досліді кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів науково-дослідного господарства «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району, Київської області 2010-2014 р.р.

№	Культура	Органічні добрива/ солома, т/га	Основне удобрення			Підживлення		
			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1	Соя		60	68	68			
2	Пшениця озима		40	68	68	50		
3	Кукурудза на зерно	4,8	120	90	90			
4	Ячмінь		45	45	45			
за сівозміну		4,8	265	271	271	50	0	0
на 1 га сівозмінної площі		1,2	78	68	68			

Облік врожаю здійснювали шляхом прямого комбайнування. Статистичний обробіток даних виконувався на персональному комп'ютері за допомогою програми «Excel».

Чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові стаціонарного досліді Дравівського дослідного поля Черкаської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН»

Дослідження проводилися в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України в довгостроковому (понад 40 років) стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» (Драбівська дослідна станція). Агрогрунтовий район займає південну частину древніх терас Середнього Дніпра, включаючи лівобережні райони Черкаської та терасі райони Полтавської областей. Характерною особливістю мікрорельєфу є наявність густої сітки западин круглої форми, глибина яких коливається від кількох сантиметрів до 1 і більше метрів. Їх площа 15-18 %.

Чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові – є основною різновидністю ґрунтів. На глибині 2,3-3,8 м залягає крупнопилуватий, легкосуглинковий добре окарбоначений лес жовто-палевого кольору (фото додаток А6).

Досліди проводилися в багатофакторному стаціонарному досліді Черкаської державної дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН», закладеному у 1976 році із змінами системи удобрення у 1995 році. Загальна площа під дослідом 12,4 га, розмір посівної ділянки – 162 м², облікової – 100 м², повторність триразова, кількість елементарних ділянок 504.

Дослідження проводили у сівозміні: горох – озима пшениця – цукрові буряки – кукурудза на зерно – кукурудза на зерно (5-типільна сівозміна – зернові - 60%, технічні – 20%; зернобобові – 20%).

Система основного обробітку представлена наступними варіантами:

- Звичайна різноглибинна оранка на 22-27 см під всі культури;
- Безполицевий обробіток на 22-27 см під всі культури;
- Поверхневий обробіток на 8-10 см, під буряки оранка на 25-27 см;
- Поверхневий обробіток на 8-10 см під всі культури;
- Безполицевий обробіток на 22-27 см під буряки оранка на 25-27 см.

Послідовність виконання різних способів обробітку ґрунту та системи обробітку в короткоротаційних сівозмінах представлено в таблиці 2.6.

Система удобрення складалася із таких варіантів (розрахунок на 1 га сівозмінної площі):

1. Без добрив (контроль);
2. 4 т/га побічної продукції + $N_{31}P_{33}K_{41}$;
3. 4,5 т/га побічної продукції + $N_{62}P_{66}K_{82}$.

Таблиця 2.6

Послідовність виконання різних способів обробітку ґрунту в польовому стаціонарному досліді Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції «ННЦ Інститут землеробства»

№	Сівозміна В: зернові – до 60%; технічні – до 20 %; кормові – до 20%				
	Багаторічні трави	Озима пшениця	Буряк цукровий	Кукурудза на зерно	Ячмінь + трави
1	Оранка на 20-22 см	Оранка на 20-22 см	Оранка на 25-27 см	Оранка на 25-27 см	Оранка на 25-27 см
2	Безполицевий обробіток на 20-22 см		Безполицевий обробіток на 25-27 см		
3	Поверхневий на 8-10 см		Оранка на 25-27 см	Поверхневий на 8-10 см	
4	Безполицевий обробіток на 20-22 см			Безполицевий обробіток на 20-22 см	
5	Поверхневий на 8-10 см				

В якості органічних добрив використовується вся побічна продукція, яка залишається після збирання урожаю (табл. 2.7).

Чорноземи звичайні важкосуглинкові АТЗТ «Агро-Союз» Синельниківського району Дніпропетровської області

Дослід закладений в 1999 році в АТЗТ «Агро-Союз» Синельниківського району Дніпропетровської області на ділянки крутизною менше 1°, що є типовим для даного рельєфу, який представлений широкохвилястою рівниною.

Таблиця 2.7

**Система удобрення культур в зерно-просапних 5-типільних сівозмінах польового стаціонарного дослідіу
Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН»**

Чергування культур у сівозміні	Без внесення мінеральних добрив (контроль)	Одинарна доза добрив		Подвійна доза добрив	
		Побічної продукції, т/га	Мінеральних добрив, кг. д. р. NPK	Побічної продукції, т/га	Мінеральних добрив, кг. д. р. NPK
Сівозміна В: зернові – до 60%; технічні – до 20 %; кормові – до 20%					
Багаторічні трави	1,5	2,5	P ₃₀ K ₄₀	3,5	P ₆₀ K ₈₀
Озима пшениця	3,5	4,0	N ₃₀ P ₄₀ K ₅₀	4,5	N ₆₀ P ₈₀ K ₁₀₀
Цукрові буряки	4,0	4,5	N ₅₅ P ₄₀ K ₅₀	5,0	N ₁₁₀ P ₈₀ K ₁₀₀
Кукурудза на зерно	3,5	4,0	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	5,0	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀
Ячмінь + багаторічні трави	2,5	3,0	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,5	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀
На 1 га с. з. площі	3,5	4,0	N ₃₁ P ₃₃ K ₄₁	4,5	N ₆₂ P ₆₆ K ₈₂
Співвідношення кг д. р. NPK до побічної продукції (т)	-	ΣNPK ₍₁₀₅₎ : 4,0т 26 кг д. р. на 1 т	ΣNPK ₍₂₃₃₎ : 4,5т 52 кг д. р. на 1 т		

Морфологічний опис профілю ґрунту дослідної ділянки:

$H_{0-34\text{см}}$ – гумусовий, темно-сірий, свіжий, глибисто-зернистий, ущільнений, важкосуглинковий, пронизаний коренями рослин, помітні кротовини, капроліти, перехід поступовий

$H_{pk\ 35-68\text{ см}}$ – перехідний, темно-сірий з буризною, свіжий, ущільнений, грудкувато-зернистий, важкосуглинковий, зустрічаються окремі корені, кротовини, червороїни, з глибини 58 см карбонатний, карбонати у вигляді карбонатної цвілі, перехід помітний

$H_{pk\ 69-92\text{ см}}$ – перехідний, сіро-бурий, помітні затьоки гумусу, свіжий, легкоглинистий, щільний, кубовидно-горіхуватий, карбонати у вигляді білозірки, зустрічаються окремі кротовини, включення карбонатів у вигляді білозірки, перехід поступовий

$R_{k\ 92\text{ см і більше}}$ – лес карбонатний, палевий, свіжий, легкоглинистий, щільний, кротовини, заповнені гумусовим матеріалом, у верхній частині помітна слабка гумусованість, добре виділяються карбонати у вигляді білозірки

Чорнозем звичайний потужний середньогумусний важкосуглинковий на лесі

Вміст гумусу в орному шарі склав 4,6%, а в підорному – 3,4%. Чорнозем звичайний характеризується нейтральною реакцією ґрунтового розчину. У верхньому шарі рН сольовий становить 6,5, гідролітична кислотність – 0,93 мг-екв/100г ґрунту, а сума ввібраних основ – 23,08 мг-екв/100г ґрунту, ступінь насиченості основами 97%.

Дослід має три варіанти технологій вирощування культур:

- традиційна, яка базується на полицевому основному обробітку ґрунту на 25-30 см.
- ґрунтозахисна, яка базується на мінімальному обробітку ґрунту на 10-12 см.

- технологія фірми «Монсанто», яка базується на нульовому обробітку ґрунту з використанням сівалок прямого висіву.

Із наведеного можна зробити висновок, що ґрунтові умови досліджуваних ділянок сприятливі для більшості сільськогосподарських культур Лісостепової і Степової зони, а розміщення дослідів надасть можливості встановити загальні закономірності мікробної трансформації органічної речовини, зміни гумусного складу і біологічної активності чорноземів за впливу різних технологій вирощування сільськогосподарських культур і встановити шляхи відтворення їх родючості.

2.2. Матеріали та методи досліджень

Для дослідження фізико-хімічних і агрохімічних показників змішані зразки ґрунту (12–14 індивідуальних проб) відбирали тростинним буром з глибини 0–5, 5–20, 20–40 см із подальшою підготовкою до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464–2001.

У лабораторних умовах ґрунтові проби досліджувались в триразовій повторності. У зразках ґрунту визначали вміст гумусу за І. В. Тюріним у модифікації В. М. Сімакова (ДСТУ 4289:2004); груповий і фракційний склад гумусу за В. В. Пономарьовою, Т. А. Плотніковою (МВВ 31-497058-008-2002) [139]; лабільну органічну речовину (ДСТУ 4732:2007); водорозчинну органічну речовину за І.В. Тюріна в модифікації Б.А. Нікітіна (ДСТУ 4731:2007); загальний азот – за методом К'ельдаля (ДСТУ ISO 11261:2001); активність поліфенолоксидази та пероксидази за методом К. А. Козлова. Кількість рослинних решток визначали за методикою Станкова після збирання врожаю. Потім рослинні рештки висушували у затінених місцях, досушуючи в сушильній шафі.

Ґрунтово-біологічні дослідження проводились у період активної вегетації рослин (травень) у 0–5, 5–20, 20–40 – сантиметровому шарі. Відбір, підготовка та зберігання зразків ґрунту для дослідження аеробної мікробіоти в лабораторних умовах проводили згідно з ДСТУ ISO 10381 – 6-2001.

Визначення чисельності різних груп ґрунтових мікроорганізмів проводилось згідно з методикою Д.Г. Звягінцева [173] посівом ґрунтової суспензії на тверді поживні середовища. На м'ясо-пептонному агарі (МПА) вивчалась загальна чисельність мікроорганізмів, що розкладають органічні сполуки, які містять азот. На крохмало-аміачному середовищі (КАА) вивчалися мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту. Підрахунок, виділення бактерій і актиноміцетів проводили шляхом поверхневого посіву 0,05 мл ґрунтової суспензії з четвертого розведення на середовище Звягінцева. Кількість мікроорганізмів, що руйнують целюлозу рахувалась на середовищі Гетчинсона з клітковиною, синтезують полісахариди – на середовищі Мартіна, синтезують меланіни – на середовищі Чапека при рН = 5,0, розкладають гумати – на середовищі з гуматом натрію, педотрофів – на ґрунтовому агарі [186]. Спрямованість мікробних процесів у ґрунті визначено за допомогою коефіцієнтів мінералізації-іммобілізації азоту, оліготрофності, педотрофності, трансформації органічної речовини ґрунту [356].

Термогравіметричний аналіз зразків проводився на дериватографі Perkin Elmer TGA-6 в температурному інтервалі 20–700 °С при швидкості нагріву 0,167 °С/с (10 °С/хв.) в атмосфері кисню. Маса зразків була 20–30 мг. Дослідження методом ТПД МС проводилось на монопольному мас-спектрометрі MX-7304A з іонізацією електронами, переобладнаному для проведення термодесорбційних вимірювань [13, 14].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за загальноприйнятим у ґрунтовій мікробіології методиками [156, 157] з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel 2007.

Збір показників погодних умов проводили впродовж вегетаційного сезону – за даними метеослужби. Типовість погодних умов визначали за методикою, описаною Ю.П. Манько [247], за показниками коефіцієнта істотності відхилень K_i . $K_i = x - x/s$, де: x – дані дослідного р.; x – багаторічна норма; s – середнє квадратичне відхилення у варіаційних рядах

метеорологічних показників. Таксономічну структуру прокаріотів визначено за методом піросеквенування [304].

Рис. 2.2 наведено електрофореграму загальної ґрунтової ДНК досліджуваних варіантів.

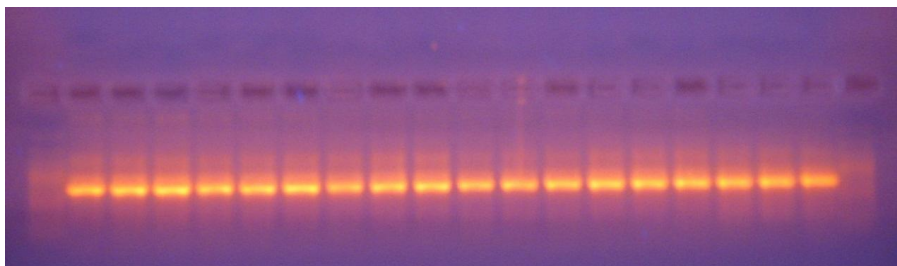


Рис. 2.2. Електрофореграма загальної ґрунтової ДНК.

Комп'ютерне опрацювання отриманих даних здійснено за допомогою програмного забезпечення QIIME версії 1.7.0 (Kuczynski J., 2012). На рис. 2.2. представлена електрофореграма загальної ґрунтової ДНК, отриманої після електрофоретичного розділення в 1% агарозному гелі і очищеної від домішок гумінових кислот.

Маркер молекулярних мас (1500 bp) 1-15 варіанти досліджу. Використання методу полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) при аналізі нуклеїнових кислот ґрунтових мікроорганізмів.

2.3. Агрометеорологічні умови в період проведення досліджень

Фастівський район характеризується помірно-континентальним кліматом з помірно-вологим літом і короткою, з частими відлигами зимою. Середньорічна температура повітря за даними Фастівського метеопоста становить 6,5-7,0°C. Максимальна температура повітря влітку досягає 36–37°C, а абсолютний мінімум – мінус 34–35°C. Січень є найхолоднішим місяцем року, середня температура знаходиться в межах (–6,2) – (–6,9) °C. Лютий буває значно холодніший за січень. Порівняно з лютим, у березні температурний режим в середньому підвищується на 4-5°C. Приблизно такий же ріст температури і від березня до квітня. Інтенсивніше підвищення температури

відбувається в травні. Самий теплий місяць року – липень, його середня температура становить 18,2 - 18,7°C.

Середня тривалість безморозного періоду в повітрі складає від 120 до 207 діб. На тривалість періоду вегетації сільськогосподарських культур істотно впливають приморозки. Останні весняні приморозки в середньому закінчуються в третій декаді квітня, а восени починаються в кінці вересня – першій декаді жовтня. Приморозки на поверхні ґрунту весною закінчуються в першій декаді травня, а восени починаються в другій декаді вересня. Сніговий покрив нестійкий. Його середня потужність не перевищує 20 см. Середня багаторічна глибина промерзання ґрунту становить 41 см. Залежно від цього, тривалість безморозного періоду відповідно збільшується, або зменшується.

Перехід середньої добової температури повітря через 0 °С у бік потепління прийнято вважати за початок весни, а перехід її восени в бік похолодання – за початок зими. Таким чином, в зоні Лісостепу теплий період триває з 5–27 березня по 11 листопада – 4 грудня. Вегетаційний період більшості сільськогосподарських культур обмежується переходами весною і восени середньої добової температури повітря через плюс 5°C.

Умови зволоження території достатньо сприятливі. Річна сума опадів складає в середньому 480–600 мм. Протягом року опади розподіляються нерівномірно. Біля 70% їх кількості випадає в теплий сезон і лише 30% в холодні місяці. Максимальна їх кількість припадає на червень, липень, мінімальна – на січень, лютий. Максимальні запаси продуктивної вологи у кореневмісному шарі спостерігаються навесні після сніготанення. За багаторічними даними для формування врожаю зернових та просапних культур умови вологозабезпечення сприятливі, однак в окремі роки

Таблиця 2.8.

Середньорічна кількість опадів за період 2005–2014 рр., мм (метеорологічні дані метеопоста м. Фастів)

Роки	Місяць												За рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2005	36,0	90,0	17,0	19,0	33,0	13,0	43,0	16,0	88,0	35,0	69,0	69,0	528,0
2006	61,6	38,1	81,0	34,6	43,1	91,0	13,7	53,3	41,0	8,9	43,1	20,9	530,3
2007	42,3	54,0	20,1	46,5	65,2	56,6	96	69	33,1	37,6	60,7	58,5	639,6
2008	34,0	13,0	36,0	65,0	54,0	54,0	104,0	38,0	79,0	20,0	48,0	70,0	615,0
2009	36,0	48,0	49,0	14,0	24,0	129,0	82,0	21,0	18,0	47,0	51,0	99,0	618,0
2010	47,8	57,0	16,6	46,5	66,6	56,6	157,0	18,8	33,1	37,6	60,7	58,5	656,8
2011	24,7	27,7	8,8	30,1	58,2	139,6	90,4	35	20,9	60,4	4,2	29,1	529,1
2012	48,2	39,3	39,4	88,9	11,1	85,4	34,4	89,0	38,6	71,2	42,9	148,3	736,7
2013	42,0	52,0	30,0	24,0	35,0	29,0	45,0	34,0	41,0	35,0	42,0	69,0	478,0
2014	40,0	51,0	32,0	42,5	42,0	56,5	50,5	42,5	38,4	37,5	41,5	60,0	534,4
Середня багаторічна	41,3	47,0	33,0	41,1	43,2	71,1	71,6	41,7	43,1	39,0	46,3	68,2	586,6

спостерігаються періоди нестачі вологи. Метеорологічні дані метеопоста м. Фастів, за період досліджень свідчать, що погодні умови під час вегетації досліджуваних культур відрізнялись від середньобогаторічних досліджень характером розподілу (табл. 2.8, 2.9).

Враховуючи пріоритетний вплив на результати агрономічних досліджуваних погодних умов, рівень значимості визначеного критерію розраховано критерій адекватності за Ю.П. Манько [247].

Таблиця 2.9

Оцінка типовості за кількістю опадів за період 2005–2014 рр.

(НДГ «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області)

Роки	Величина відхилення	Критерій адекватності, К
2005	-62	-0,9 неістотно знижений
2006	-60	-0,8 неістотно знижений
2007	50	0,7 неістотно завищений
2008	25	0,3 оптимальний
2009	28	0,4 неістотно завищений
2010	67	0,9 неістотно завищений
2011	-61	-0,8 неістотно знижений
2012	147	2,0 істотно завищений
2013	-112	-1,6 істотно знижений
2014	-52,2	-0,7 неістотно знижений

Тобто, за критерієм адекватності за кількістю опадів тільки 2008 рік характеризується як оптимальний, 2012-2013 рр. істотно завищені та знижені, а решта років неістотно завищені або знижені, що вплинуло на продуктивність

Таблиця 2.10

Середньомісячна температура повітря за період 2005–2014 рр., мм (метеорологічні дані метеопоста м. Фастів)

Роки	Місяць												За рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2005	-7,1	-1,6	10,3	14,4	17,3	21,4	20	14,3	9,0	2,2	-1,0	-7,5	7,6
2006	-7,5	-6,1	0,2	9,7	14,4	18,4	20,9	19,9	15,5	9,7	3,4	-2,4	8,0
2007	2,1	-4,2	6,3	9,0	18,4	20,4	21,3	21,5	14,8	9,4	0,6	-1,9	9,8
2008	-3,0	0,6	4,6	10,7	14,3	18,8	20,8	21,6	13,5	10,7	3,5	-0,6	9,6
2009	-3,3	-1,7	2,3	11,1	15,1	20,4	21,7	19,2	17,3	9,1	4,7	-3,2	9,4
2010	-8,8	-3,2	1,4	10,3	17,3	22	24,4	24,6	14,9	6,3	8	-4,2	9,4
2011	-2,4	-6,1	1,5	10,2	16,7	21,1	21,7	19,3	15,8	7,7	2,4	-6,2	8,5
2012	-4,0	-10,0	2,5	11,8	18,1	20,0	23,6	20,4	16,2	10,1	4,6	-5,0	9,0
2013	-4,3	-0,6	-1,7	10,3	18,9	21,6	20,8	19,9	12,4	9,7	6,4	-5,2	9,0
2014	-4	-5,2	-2,0	7,5	15,0	19,4	24,4	22,2	14,5	8,5	5,6	-2	8,7
Се- редня бага- торіч- на	-4,2	-3,8	2,5	10,5	16,6	20,4	22,0	20,3	14,4	8,3	3,8	-3,8	8,9

сільськогосподарських культур у роки дослідження. Оцінка типовості за температурою повітря за період дослідження у НДГ «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області наведено у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

**Оцінка типовості за температурою повітря за період 2005–2014 рр.
НДГ «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району
Київської області**

Роки	Величина відхилення	Критерій адекватності, К
2005	-0,1	0,0 оптимальний
2006	0,3	0,1 оптимальний
2007	2,1	0,7 неістотно завищений
2008	1,9	0,7 неістотно завищений
2009	1,7	0,6 неістотно завищений
2010	1,7	0,6 неістотно завищений
2011	0,8	0,3 оптимальний
2012	1,3	0,5 неістотно завищений
2013	1,3	0,5 неістотно завищений
2014	1,0	0,4 неістотно завищений

За критерієм адекватності за температурою повітря 2005, 2006 і 2011 рр. характеризується як оптимальні, решта років неістотно завищені.

Кліматичні умови території АТЗТ «Агро-Союз» Синельниківського району Дніпропетровської області наведені у додатках В1, В2. Оцінка

типовості за кількістю опадів і температурою повітря за період 2000-2007 рр. наведені у табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Оцінка типовості за температурою повітря і кількістю опадів за період 2000–2007 рр. (АТЗТ «Агро- Союз» Синельниківського району Дніпропетровської області)

Роки	Кількість опадів		Температура повітря	
	Величина відхилення	Критерій адекватності, К	Величина відхилення	Критерій адекватності, К
2000	-25,3	-1,0 істотно знижений	2,1	1,6 істотно завищений
2001	-7,8	-0,3 оптимальний	-2,0	-1,5 істотно знижений
2002	5,2	0,2 оптимальний	-1,1	-0,8 неістотно знижений
2003	-22,8	-0,9 неістотно знижений	0,6	0,5 неістотно завищений
2004	-10,8	-0,4 неістотно знижений	1,0	0,8 неістотно завищений
2005	90,2	3,5 істотно завищений	1,2	0,9 неістотно завищений
2006	-24,2	-0,9 неістотно знижений	0,5	0,4 неістотно завищений
2007	-21,8	0,8 неістотно знижений	-1,9	-1,5 істотно занижений

За кількістю опадів тільки 2001-2002 рр. характеризувалися як оптимальні, 2000 рік істотно знижений, а 2005 рік завищений, решта змін неістотні. За температурою повітря ні один досліджуваний рік не мав оптимальних критеріїв, 2000, 2001 і 2007 були або істотно завищені, або знижені, решта років відхилення були неістотні. Найгірші кліматичні умови склалися у 2000 році.

Тобто, в умовах Фастівського агрогрунтового району відбувається збільшення температури повітря району дослідження, хоча й характеризується сприятливими умовами для отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур, відповідно підсилюється посушливість клімату і в Синельниківському районі.

Висновки до розділу 2

Для дослідження було обрано широкий спектр чорноземів типових і звичайних під різними варіантами використання, які характеризуються генетичною спорідненістю, великим набором показників і широким ареалом їх поширення, зволоження і температури, що надасть можливість виявити загальні для усіх чорноземів закономірності зміни біологічної активності і гумусного стану.

При проведенні досліджень використовувались стандартизовані методи, що прийняті у ґрунтознавстві. Результати досліджень по даному розділу опубліковані [365-371].

РОЗДІЛ 3

ЗМІНИ ЯКІСНОГО СКЛАДУ МІКРОБНИХ КОМПЛЕКСІВ ЧОРНОЗЕМІВ ЛІСОСТЕПУ І СТЕПУ УКРАЇНИ ЗА РІЗНОГО ЇХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Проблема відтворення органічної речовини чорноземів за інтенсивного їх використання є найбільш актуальною в сучасних умовах ведення землеробства. Важливим показником і критерієм оцінки ефективності технологічних заходів є вміст у ґрунті органічних речовин, кількісний і видовий склад мікроорганізмів.

Ґрунтові мікроорганізми відіграють важливу роль на всіх етапах гумусоутворення, починаючи з розкладання свіжого рослинного матеріалу і закінчуючи новоутворенням простих гумусових сполук, їх поступовим ускладненням, а також в процесах деструкції або фрагментарного оновлення гумусу в ґрунті. Мікробні метаболіти можуть бути структурними «блоками» в процесах часткової фрагментарної добудови й оновлення вже існуючих гумусових сполук. Зокрема, в дослідженнях К.І. Андреюк [11], Г.О. Іутинської [190], А.Ф. Антипчук [11] було показано, що позаклітинні мікробні полісахариди активно взаємодіють з гуміновими кислотами, при цьому в складі останніх збільшується частка аліфатичних компонентів вуглеводної природи. За такої взаємодії екзополісахариди (ЕПС) проявляють протекторні властивості, захищаючи гумусові сполуки від мікробних атак [217]. Одночасно із синтезом в ґрунті відбувається і протилежний процес – деструкція гумусу. Відомо, що гумусові сполуки більш стійкі до мікробної деструкції порівняно з рослинними рештками. Саме завдяки цьому вони виконують функцію резервування поживних речовин і енергії в ґрунті. Проте деякі ґрунтові мікроорганізми здатні розкладати гумусові сполуки, зокрема це бактерії родів *Nocardia*, *Seliberia*, *Arthrobacter*, *Clostridium* [160, 175, 223]. Деякі мікроміцети

родів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* також здатні здійснювати деструкцію гумусових сполук [306].

Загальновідомо, що біологічні властивості ґрунтів безпосередньо залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів та функціонування різних еколого-трофічних груп [17]. Біологічна активність ґрунту визначає його родючість, екологічний та фітосанітарний стан. Окрім того мікроорганізми можуть проявляти себе як індикатори стану ґрунтів. Це дає можливість визначити наявність компонентів мікробної систематики, які впливають на показники біологічної активності, зокрема інтенсивність виділення діоксиду карбону з ґрунту [293]. Визначення біологічної активності ґрунту – важливий показник у процесі ведення моніторингу інтенсивності розкладання органічної речовини, що дає змогу оцінити дію органічних і мінеральних добрив та ефективність впровадження нових технологій вирощування. Крім того, визначення цього показника може бути використано для оптимізації поживного режиму ґрунту та збереження його родючості [187, 188, 195].

Біологічна активність ґрунту визначається системою показників, серед яких є активність ферментів, темпи розкладу клітковини, інтенсивність процесів нітрифікації і амоніфікації, кількість мікроорганізмів в ґрунті і швидкість емісії діоксиду карбону. Численними дослідженнями К.І. Андреюк [11], Н. Ю. Пухової [327], Л. М. Полянської [317], Є. М. Мишустин [258] Д. Г. Звягинцева [330] доведено, що між біологічною активністю ґрунту, кількістю і якістю органічної речовини (гумусу), а також факторами середовища (волога, температура, світло) існує тісна залежність. Ґрунт є місцезнаходженням численних та різноманітних мікробіоценозів. Видовий склад мікро- та мікробіоти наряду з фізичними, фізико-хімічними і агрохімічними властивостями – важливий показник якості ґрунту. У зв'язку зі змінами навколишнього середовища набуває актуальності вивчення еколого-трофічних груп мікроорганізмів на заповідних територіях. На даний час більша частина територій степів знаходиться під дією антропогенних факторів,

а саме у сфері інтенсивного землеробства (вирощування культурних рослин, випасання худоби, сіножаті тощо). Внаслідок чого відбуваються втрати органічної речовини і природного біорізноманіття. Тому заповідні території із абсолютно цілиними землями та ділянки у межах сільськогосподарських земель, можуть слугувати чистим екологічним контролем для природних і окультурених ґрунтів у відповідних ґрунтово-кліматичних зонах і є дуже важливими з точки зору теорії та практики збереження біорізноманіття, відтворення та управління природними ресурсами [160, 402, 413].

Незважаючи на досить глибоке вивчення рослин, лишайників, водоростей та грибів заповідника «Михайлівська цілина», на сьогодні недостатньо детально представлені результати дослідження ґрунтових мікробоценозів щодо закономірностей змін їх складу залежно від умов довкілля. Однак відомо, що за дії на мікробний ценоз стресового фактору, який спричиняє вплив на окремі еколого-трофічні групи мікроорганізмів, спостерігається найбільш помітний розвиток певних груп бактерій і збіднення видового різноманіття угруповання. Так, дослідженнями Н.Е. Елланської [165] було доведено, що в умовах антропогенного втручання (різні режими викошування) у Михайлівській цілині відмічене різке зниження кількості неспорівих та спороутворювальних бактерій; збільшується чисельність ґрунтових мікроміцетів і відбувається їх перерозподіл на видовому рівні. Відповідно змінюються і показники біологічної активності чорноземного ґрунту – зростає його фітотоксичність, інтенсивність «дихання», знижується кількість азотфіксувального виду *Azotobacter chroococcum* [165].

Отже, одним з головних напрямків, що стосуються відтворення родючості ґрунту в землеробстві є дослідження показників біологічної активності цілиних і антропогенно змінених чорноземів Лісостепу і Степу.

3.1. Зміна біогенності чорноземів за антропогенного навантаження

Оцінка і прогнозування біологічного стану ґрунту являє одну з провідних і складних частин проблеми родючості. Біологічний аспект оцінки

Примечание [N1]: У межах пункту автореферату такі заголовки повинні відповідати назвам пунктів відповідних розділів дисертації. Теж перевірте, будь-ласка. Якщо є розбіжності, уніфікуйте

середовища на думку І.Д. Свістова [344], представлений складною системою показників, які характеризують склад, структуру, функціонування і зміну біологічних систем. До них відноситься: здатність екосистеми ґрунту адаптуватися до умов навколишнього середовища, швидкість відновлення порушених екосистем, мінімальні і максимальні рівні чисельності видів, віддаленні біологічні наслідки порушення середовища, екологічне прогнозування, індикація видів, біологічні ресурси відносно до відтворення родючості ґрунтів. Головними показниками оцінки загальної біологічної активності ґрунту є – його «дихання», що зумовлено продукуванням вуглекислоти коренями рослин та мікроорганізмів [148]; енергія нітрифікації та амоніфікації [203]; інтенсивність азотфіксації [242]; швидкість розкладання целюлози [291, 323]; вміст вільних амінокислот [114]; активність ферментів, кількість мікроорганізмів у ґрунті та інші. Але, як вказують М.С. Гіляров [106, 107], А.М. Гродзинський [126, 127], В.О. Єщенко [171], Д.Г. Звягінський [173], Г.О. Іутинська [190] та значна частина інших дослідників вважають, що при аналізі загальної біологічної активності ґрунтів необхідно використовувати різні показники.

Дослідженнями Д.А. Криволуцького встановлено, що сумарна біологічна активність часто використовується як критерій оцінки мінералізації органічної речовини ґрунту [214]. Хоча, В.О. Єщенко [171] вказує, що цей показник слід використовувати лише при дослідженні різних обробітків ґрунту для оцінки біологічної активності ґрунтового середовища. Важливішим на його думку, є загальна кількість мікроорганізмів у ґрунтовому середовищі, а потенційна активність за сприятливих умов середовища буде високою, за несприятливих – низькою.

Чисельність мікроорганізмів (показник біогенності ґрунту) істотно змінюється за впливу навколишнього середовища протягом незначних проміжків часу залежно від температури, вологості, стану рослинного покриву тощо. Склад і кількість мікроорганізмів тісно пов'язані із середовищем їх існування та глибиною досліджуваного шару ґрунту [11, 259, 335, 337, 339].

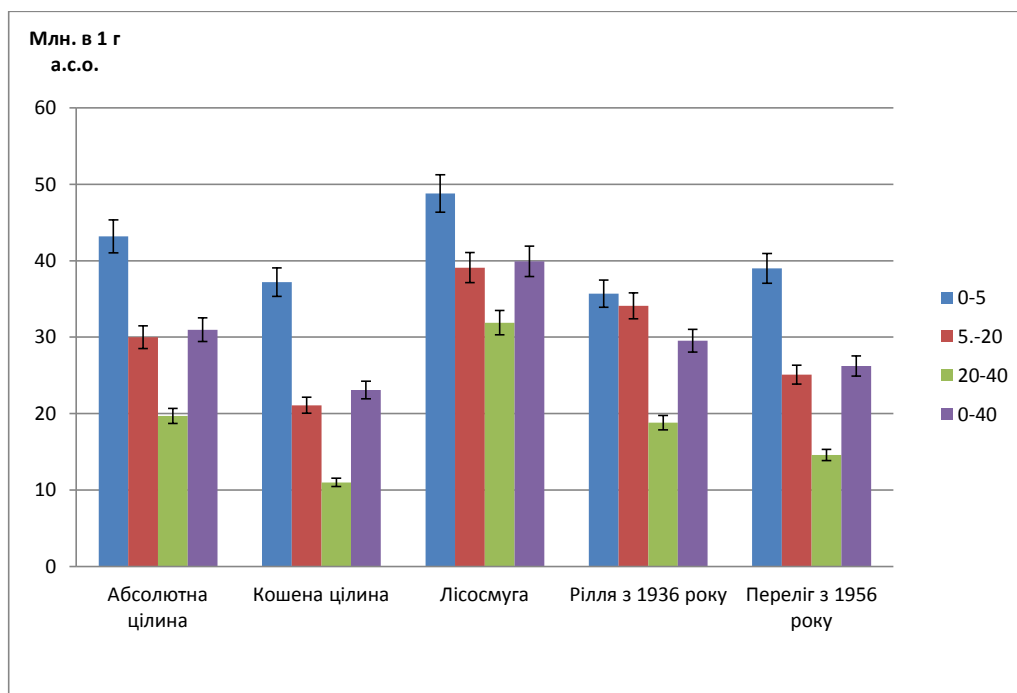


Рис. 3.1. Біогенність чорноземів типових середньосуглинкових Михайлівської цілини за різних фіто- і агроценозів, млн. в 1 г а.с.о.

У середньому, за нашими дослідженнями (рис. 3.1) різні фітоценози змінювали показник біогенності чорнозему типового Михайлівської цілини, що менше проявлялося у кореневмісному 0–5 і 5–20 см шарах ґрунту і були більше вираженими у 20–40 см шарі. Біогенність чорнозему типового в межах кореневмісного 0–5 см шару в 1,6–3,6 разів вища, ніж у 0–40 см шарі ґрунту і характеризується найменшими показниками на ріллі, а найбільшими – у лісосмузі і перелозі. Очевидно, це пов'язано із активізацією ґрунтових процесів внаслідок залуження і наявності значної біомаси рослинних рештків у лісосмузі. За зменшенням показника біогенності мікрофлори чорнозему типового в 0–5 см шарі варіанти можна розмістити в наступній послідовності: лісосмуга → абсолютна цілина → переліг → цілина кошена → рілля і це зумовлюється значним надходженням у ґрунт рослинних решток у природних

ценозах та їх вилученням у агроценозах. У 5–20 см шарі на збільшення чисельності ґрунтової мікрофлори впливали, окрім надходження рослинної біомаси, водно–повітряний і тепловий режими. Тому, у вищезазначеній послідовності біогенної активності ґрунтової мікрофлори варіант досліду «рілля» займає місце після варіанту «цілина кошена». Біогенність шару 20–40 см була меншою порівняно з 5–20 см у 1,5–2,0 за виключенням варіанту лісосмуги, де різниця становила 1,3 рази.

У середньому в 0–40 см шарі ґрунту найвищою біогенністю характеризувався варіант лісосмуги, де показник досягав 39,9 млн./г і далі у порядку зменшення абсолютна цілина (31,0) – рілля (29,5) – переліг (26,2) – кошена цілина (23,1 млн./г). Отже, розорювання цілинних земель і при цьому додаткове надходження кисню призводить до активізації біогенності, а без достатньої кількості органіки у вигляді рослинних рештків і добрив – поживи і середовища для мікроорганізмів – розкладу ґрунтового гумусу.

Вивчення кількості мікроорганізмів у чорноземах звичайних Хомутовського степу (рис. 3.2) показало, що найбільша їх кількість виявлена у ріллі, як у верхньому, так і у нижньому шарах ґрунту. Аналізуючи досліджувані шари ґрунту за чисельністю мікроорганізмів в усіх фіто– і агроценозах необхідно зазначити, що найвищі показники мали верхні шари (0–5 см), найнижчі відмічалися в 20–40 см. Причому, якщо на варіантах абсолютна і кошена цілина отримали найменші показники біогенності в прошарку 20–40 см, то на варіанті рілля значення були у 2,4 рази більшими порівняно із цілинними. Це пов'язано із доступом повітря при обробітку ґрунту в більш глибокі шари та їх зволоженням. Так, нашими дослідженнями показано значення польової вологоємності для біогенності в найпосушливіший період року за вегетацію. Показано, що мінімізація обробітку ґрунту до 5–12 см створює оптимальніші умови для підтримки життєдіяльності ґрунтової мікрофлори [133, 151]. Завдяки оптимізації режиму зволоження, період біологічної активності (ПБА) у ґрунтовій товщі чорнозему в умовах мінімального обробітку подовжується на 20–25 днів у порівнянні з

систематичним виконанням оранки. У зазначений період ґрунтова волога не втрачає рухомості і знаходиться в середній і верхній межі зволоженості у легкорухомому стані.

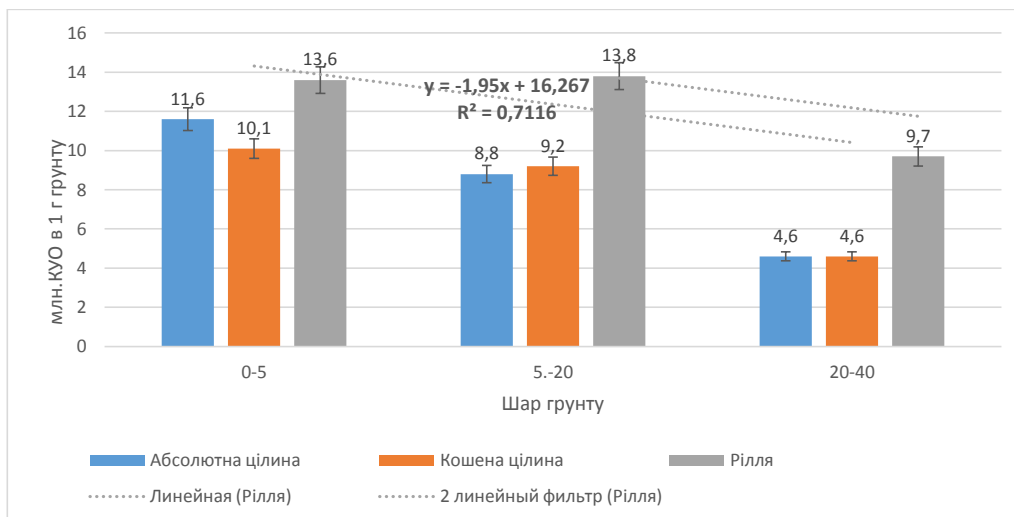


Рис. 3.2 Вплив різних видів сільськогосподарського використання на біогенність чорноземів звичайних важкосуглинкових Хомутовського степу, млн. в 1 г а.с.о.

Особливої уваги заслуговує варіант цілинного степу, який скошується. Дані досліджень показують, що у ґрунті цієї ділянки чисельність мікроорганізмів була на рівні абсолютної цілини. Це, як відмічалось вище, ймовірно викликано зміною водно-повітряного і теплового режимів ґрунту після відведення цілини під сінокіс. Стає зрозумілим, чому, незважаючи на збільшення надходження в ґрунт цілини, яка скошується, рослинних решток за рахунок більшого розвитку кореневої системи, тут не відбувається збільшення вмісту гумусу.

Мікрофлора ґрунту дуже різноманітна і залежить від його структури, хімічного складу, аерації, освітлення, наявності вологи, поживних речовин тощо. На склад мікрофлори ґрунту мають вплив кліматичні фактори, пори року, характер рослинного покриву, способи обробітку ґрунту та його

глибина. Найбільше бактерій знаходиться у верхньому шарі ґрунту на глибині 5 – 15 см. На глибині 25 см їх кількість у 10–20 разів менша. У глибших шарах (2,0–3,0 м) зустрічається незначна їх кількість [174, 217].

Так, ступінь збагаченості чорноземів звичайних Хомутовської цілини за показником біогенності у посушливих умовах степу в шарі 0–40 см був майже у п'ять разів меншим порівняно із чорноземами типовими Михайлівської цілини – зони достатнього зволоження і характеризувався як дуже бідний на усіх варіантах дослідження.

Обробіток ґрунту і при цьому додаткове надходження кисню призводить до активізації біогенності, а без достатньої кількості органіки у вигляді рослинних решток і добрив – поживи і середовища для мікроорганізмів – розкладу ґрунтового гумусу.

3.2. Вплив різного використання чорноземів на чисельність мікроорганізмів, що трансформують сполуки азоту

Родючість ґрунту формується за впливу складної системи екологічних факторів, серед яких провідна роль належить біохімічній діяльності мікроорганізмів, яка забезпечує кругообіг і трансформацію речовини та енергії педосфери. Ґрунтовий мікробоценоз бере участь у формуванні властивостей ґрунту, які визначають його таксономічні характеристики: спрямованість, інтенсивність і тип процесів ґрунтоутворення, забезпечує його функціонування як біохімічного фільтра, сприяє біодинамічній врівноваженості процесів синтезу і руйнації органічної речовини та доступності поживних речовин рослинам [280].

Важлива роль ґрунтових мікроорганізмів зумовлена їх участю у формуванні родючості ґрунту і, зокрема, трансформації в ґрунті елементів живлення (в першу чергу азоту і карбону). Колообіг азоту складається з процесу мікробної його фіксації з атмосфери і включення зв'язаного азоту у малий біологічний колообіг, у якому виділяють деструкцію азотовмісних органічних сполук до аміаку (амоніфікація), окиснення аміаку до нітратів

(нітрифікація), наступного відновлення до вільного азоту (денітрифікація), який знову надходить в атмосферу. Саме мікроорганізмам належить основна роль у трансформації азоту в ґрунті [229].

Розорювання цілинних чорноземів за результатами багатьох досліджень призводить до зміни кількості амоніфікувальних мікроорганізмів і тих, що асимілюють мінеральні форми азоту. Так, дослідженнями Н. Е. Елланської, Е. А. Головка, В. А. Дерев'янка встановлено, що у чорноземах звичайних природного заповідника «Хомутовський степ» більше гетеротрофів, які споживають органічні сполуки азоту та асимілюють мінеральні у ґрунтах ріллі у порівнянні із абсолютною цілиною [165]. Іншими дослідженнями К. Б. Новосада, Д. В. Гавви, А. В. Ревтьє, М. М. Фісюнова показано, що чисельність копіотрофів, тобто мікроорганізмів, які здатні рости при високому вмісту органічної речовини (на середовищі МПА) знижується у ряду цілина – переліг – рілля [275].

Кононова М.М. стверджує, що при розорюванні цілини створюються специфічні умови для діяльності мікрофлори, збільшується кількість мікроорганізмів, які беруть участь у мінералізації органічної речовини [206]. За даними Г. Я. Чесняка та ін., у чорноземі типовому ріллі чисельність амоніфікаторів була більша в 2, а нітрифікаторів – в 5 разів порівняно із цілинними землями [134].

В наших дослідженнях на чорноземі типовому природного заповідника «Михайлівська цілина» кількість амоніфікаторів залежала від фітоценозу і змінювалась з глибиною. Так, найбільша кількість мікроорганізмів, що розкладають органічні форми азоту (табл. 3.1, додаток В) на усіх варіантах дослідження у кореневмісному шарі 0–5 см далі по профілю відбувається зменшення на 17–85% у шарі 5–20 см і в 0,62–3,1 рази у 20–40 см шарі. Характеризуючи шар 0–5 см необхідно зазначити, що кількість вищезазначених мікроорганізмів зменшувалася у ряду: абсолютна цілина – лісосмуга – переліг – кошена цілина – рілля. Збільшення амоніфікуючих мікроорганізмів у варіантах абсолютної цілини, лісосмуги і перелігу

спостерігалось за рахунок надходження у ґрунт рослинних решток, збагачених органічним азотом. На варіанті ріллі спостерігалася найменша кількість органогетеротрофів по всіх глибинах дослідження, що пов'язано з відчуженням рослинної біомаси в агроценозах. Оцінюючи ступінь збагачення за кількістю амоніфікаторів за методикою Д. Г. Звягінцева слід зазначити, що 0–5 см шар ґрунту усіх варіантів досліджень за виключенням ріллі, характеризується як дуже багатий [181].

Таблиця 3.1.

**Кількість мікроорганізмів, що розкладають органічні форми азоту у чорноземі типовому під різними фітоценозами в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина»,
(млн. КУО/г ґрунту)**

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см			
	0–5	5–20	20–40	0–40
Абсолютна цілина	16,6±0,5	10,0±0,5	8,2±0,2	11,6±0,5
Кошена цілина	10,7±0,2	9,2±0,3	5,0±0,6	8,2±0,2
Лісосмуга	16,5±0,4	11,5±0,4	10,6±0,4	12,9±0,4
Рілля з 1936 року	9,1±0,2	6,8±0,4	3,4±0,1	6,4±0,2
Переліг з 1956 року	15,7±0,2	8,5±0,4	5,1±0,2	9,7±0,3

У шарі 5–20 см кількість амоніфікувальних мікроорганізмів зменшувалася у ряду: лісосмуга – абсолютна цілина – кошена цілина – переліг – рілля. Найбільша чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів в 0–40 см шарі ґрунту виявлена на варіанті лісосмуги, що пояснюється потужнішим проникненням кореневої системи дерев. Характеризуючи прошарок ґрунту 0–40 см за кількістю вищенаведених мікроорганізмів можливо сформуванати наступний ряд: лісосмуга–абсолютна цілина–переліг–кошена цілина–рілля. Ступінь забезпеченості чорнозему типового за кількістю мікроорганізмів на

МПА шару 0–40 см на варіантах абсолютна цілина і лісосмуга оцінюється, як дуже багатий, решта – багатий.

Таким чином, за інтенсивнішого антропогенного впливу (варіанта ріллі) кількість органогетеротрофних мікроорганізмів у чорноземі типовому зменшується на 47-141, викошування 8,6-60, переліг (56 років використання) – 5,7-61% порівняно з варіантом абсолютної цілини. На варіанті лісосмуга чисельність вищезазначених мікроорганізмів збільшується на 15-29% порівняно з абсолютною цілиною. Кількість мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту чорнозему типового природного заповідника «Михайлівська цілина» також залежала від фітоценозу і глибини досліджуваного шару (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Кількість мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту у чорноземі типовому під різними фітоценозами в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина», млн. КУО/г ґрунту

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см			
	0–5	5–20	20–40	0–40
Абсолютна цілина	22,8±0,9	15,0±0,7	11,0±0,6	16,3±0,7
Кошена цілина	24,0±2,0	15,9±0,6	9,3±0,7	16,3±0,6
Лісосмуга	24,2±0,4	24,1±0,9	19,4±0,7	22,6±0,8
Рілля з 1936 року	19,0±0,2	18,9±0,2	9,5±0,2	15,8±0,2
Переліг з 1956 року	19,1±0,4	14,6±0,8	7,3±0,7	14,0±0,7

Найбільша кількість мікроорганізмів також відмічалася у 0–5 см шарі ґрунту, далі вниз по профілю відмічається їх зменшення. Ступінь збагачення кореневмісного шару ґрунту усіх варіантів дослідження характеризується як дуже багатий за виключенням ріллі –багатий. Така висока кількість цієї групи

мікроорганізмів вказує на активні мінералізаційні процеси у задернованому шарі. Найбільшими значеннями в усіх шарах ґрунту характеризувалися чорноземи типові лісосмуги, де перевищення порівняно із іншими варіантами в шарі 0-40 см становило 39-61%, і це пов'язано із потужною кореневою системою деревних рослин і значною кількістю рослинного опаду, який піддається мінералізації. Слід зазначити, що у варіанті ріллі у шарі 5– 20 см спостерігався високий вміст мікроорганізмів цієї еколого-трофічної групи, який був вищим на 26,0 порівняно з варіантом абсолютної цілини, на 21,2 – кошеної цілини і 28,7% – перелогу. Це вказує на інтенсивність проходження процесів мінералізації в цьому шарі чорнозему типового.

Різні фітоценози впливали на кількість вищезазначених мікроорганізмів і їх чисельність в шарі 0–40 см, яка характеризувалася наступним рядом варіантів у порядку зменшення: лісосмуга –кошена цілина і абсолютна цілина (різниця між ними несуттєва) – рілля – переліг. Ступінь забезпечення мікроорганізмами на КАА у шарі 0–40 см оцінювався як дуже багатий на варіанті лісосмуги, решта фітоценозів як багатий.

Дослідники намагаються охарактеризувати іммобілізацію азоту різними способами За Є.М. Мишустиним співвідношення між чисельністю мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту до тих, що розкладають органічні форми азоту – називається коефіцієнтом мінералізації – іммобілізації [244]. Науковцями К. І. Андреюк, Е. В. Валагуровою, І. П. Баб'євою, Г. М. Зеновою показано, що у південних ґрунтах підсилюються мінералізаційні процеси і підвищується титр мікроорганізмів, які засвоюють неорганічні форми азоту [11, 23]. В північних, де менш сприятливі екологічні умови, процеси мінералізації затримуються і переважає мікрофлора, яка використовує органічний азот. Тому, на думку Є.М. Мишустина цей показник може опосередковано показувати на підсилення мобілізаційних процесів і пов'язаних з ними мінералізації органічної речовини [244]. Чим більші значення, тим інтенсивніше проходять трансформації органічної речовини.

Коефіцієнт іммобілізації – мінералізації у чорноземі типовому під різними фітоценозами в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина» наведено на рис. 3.3.

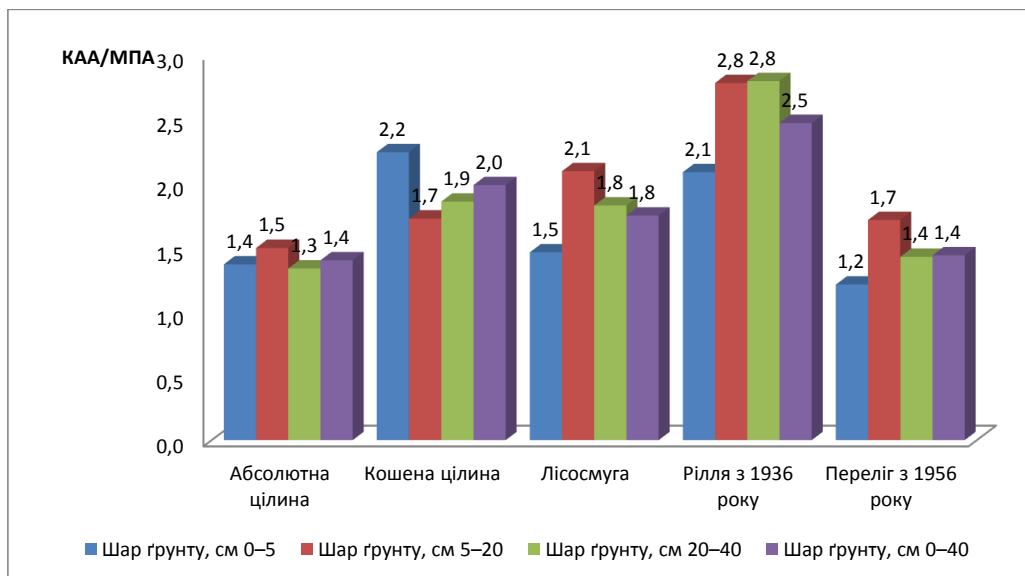


Рис. 3.3. Коефіцієнт мінералізації – іммобілізації у чорноземі типовому під різними фітоценозами в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина».

Аналізуючи значення необхідно зазначити, що найвищий показник у шарі 5–20 см на варіанті ріллі, далі у порядку зменшення за варіантами: лісосмуга – кошена цілина і переліг – абсолютна цілина. За коефіцієнтом мінералізації – іммобілізації сприятливіші умови накопичення органічної речовини складаються на варіанті абсолютної цілини (Км.-і.=1,37-1,50) і перелозі (Км.-і.=1,22-1,72). Порівняно з ними під лісосмугою менший коефіцієнт на 29, кошеною цілиною – 43%. Сільськогосподарське використання чорноземів типових, а саме варіант рілля (Км.-і.=2,09-2,78) і сінокосіння (Км.-і.=1,73-2,24) призводить до інтенсивної трансформації органічної речовини. Якщо порівняти найбільш антропогенно навантажені варіанти – рілля і кошена цілина з оптимальними значеннями (1,0), то

отримано відповідно у 2,5 і 2,0 рази більші показники на чорноземах типових, а на ріллі чорнозему звичайного у 2,0 рази менші значення, що пов'язано із не оптимальним співвідношенням C:N в ґрунті і недостатнім забезпеченням рослин азотом.

Аналізуючи зміни азоту сполук, які легкогідролізуються під різними фітоценозами (рис. 3.4) необхідно зазначити, що найвищі показники на варіанті абсолютної цілини і перелогу.

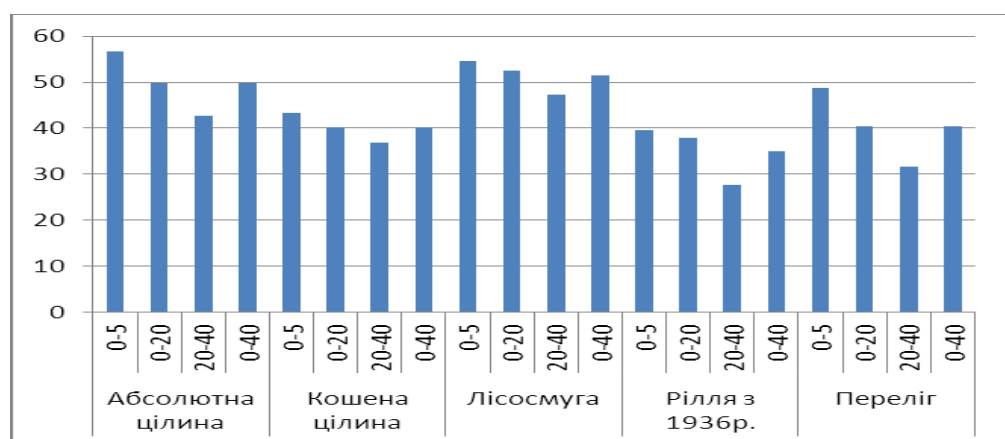


Рис. 3.4. Вміст сполук азоту, які легкогідролізуються (мг/кг) у чорноземі типовому під різними фітоценозами в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина».

Це пов'язано з надходженням до ґрунту азотистих сполук при мінералізації рослинних решток. Найменший показник отримано на ріллі. При цьому отримано тісний кореляційний зв'язок між легкогідролізованим азотом і коефіцієнтом іммобілізації – мінералізації ($r=0,87\pm 0,11$) в чорноземі типовому під різними фітоценозами.

Ступінь збагачення чорнозему звичайного природного заповідника «Хомутовська цілина» за кількістю амоніфікаторів під різними фітоценозами і в різних шарах ґрунту характеризувався як середній, за виключенням шару 20-40 см варіантів абсолютної і кошеної цілини, де він – бідний, а на ріллі 20-40 см – багатий (рис. 3.5).

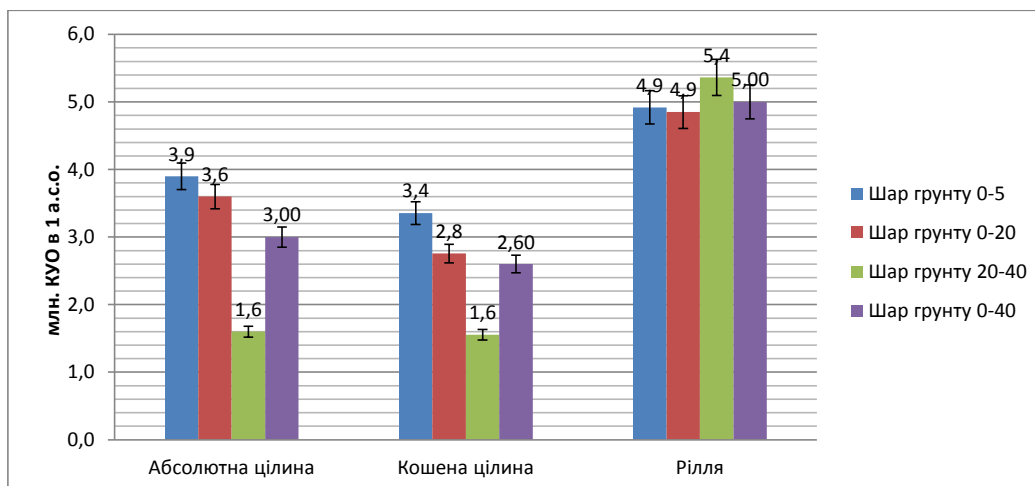


Рис. 3.5. Вплив різного антропогенного навантаження на кількість мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту в чорноземі звичайному природного заповідника «Хомутовська цілина», млн. в 1 а.с.о.

На варіантах абсолютна і кошена цілина чорнозему звичайного отримано в усіх шарах меншу кількість вищезазначених мікроорганізмів на 23–228% порівняно з ріллею. Це пов'язано із доступом повітря при обробітку ґрунту в глибші шари і більшою їх зволоженістю.

Порівняння чисельності копіотрофів у чорноземах звичайних природного заповідника «Хомутовська цілина» з чорноземами типовими природного заповідника «Михайлівська цілина» показало більші значення в останніх у 3,7 рази на варіанті абсолютна цілина, 3,3 – кошена цілина, 1,2 – рілля.

Отже, різні умови і фактори ґрунтоутворення, а саме сухіший клімат і гідротермічні умови призвели до зменшення кількості вищезазначених мікроорганізмів у чорноземах звичайних як на цілинних, так і оброблюваних ділянках. При цьому, на варіанті абсолютної цілини чорнозему типового були отримані високі значення кількості амоніфікаторів порівняно з ріллею, а чорноземи звичайні характеризувалися зворотною закономірністю.

Кількість мікроорганізмів, які культивуються на КАА найбільша на варіанті ріллі – 3,63 млн. в 1 г а.с.о. у 5 – 20 – сантиметровому шарі (рис. 3.6), що свідчить про інтенсивність мінералізації органічних речовин. У кореневмісному шарі 0–5 см варіанту абсолютної цілини також отримані високі значення мікроорганізмів, що пов'язано з значною біомасою рослинних решток, їх високою зольністю і внаслідок цього більшою мінералізаційною здатністю досліджуваного шару чорнозему звичайного.

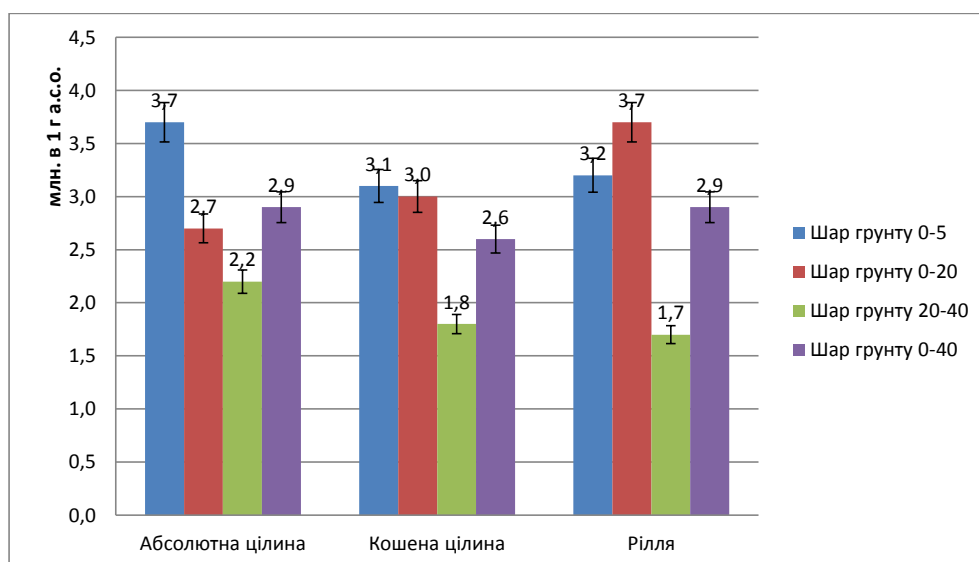


Рис. 3.6. Кількість мікроорганізмів, що асимілюють мінеральні форми азоту у чорноземі звичайному природного заповідника «Хомутовська цілина» (КАА), млн. в 1 г а.с.о.

Різниця кількості мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту у 0–40 сантиметровому шарі чорнозему звичайного під різними фітоценозами не перевищувала 5%. Це пов'язано з нестачею вологи в умовах Степу. Ступінь збагачення чорнозему звичайного за кількістю мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту характеризується за Д.Г. Звягінцевим, як бідний на усіх варіантах за виключенням шару 20–40 см ріллі і кошеній цілині – дуже бідний [181].

Коефіцієнт мінералізації – іммобілізації – показник мінералізації органічної речовини і чим він більший, тим інтенсивніше проходять ці процеси. Оптимальне значення вважається до одиниці. Аналізуючи його необхідно зазначити (рис. 3.7), що фітоценози і глибина досліджуваного шару впливали на цей показник. У чорноземі звичайному на ріллі отримано коефіцієнт мінералізації–іммобілізації (Км.-і.) 0,31–0,76, що свідчить про переважання синтезу органічної речовини над деструкцією.

Але, у агроценозі отримано найменші значення коефіцієнту, що особливо проявилось у шарі 20–40 см (0,3). Під степовою рослинністю і кошеною цілиною в шарі 0–40 см отримано значення коефіцієнту 1,01 і 1,03, що вказує на оптимізацію процесів мінералізації – іммобілізації у чорноземі звичайному і забезпечення рослин елементами живлення для створення високої продуктивності.

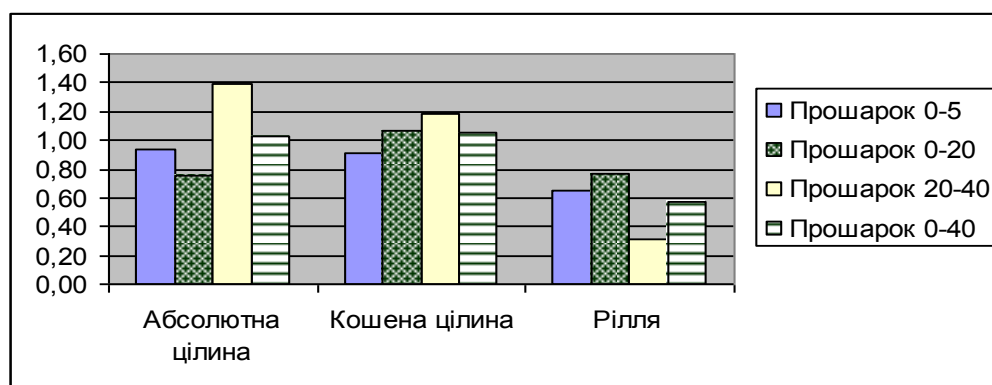


Рис. 3.7. Коефіцієнт мінералізації–іммобілізації у чорноземі звичайному за різного використання у природному заповіднику «Хомутовська цілина», КАА/МПА

За результатами дослідження кількості мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту, асимілюють мінеральні форми, розрахунку показника мінералізації–іммобілізації за різного антропогенного навантаження на ґрунти можна зробити висновок, що їх значно більше у чорноземі типовому у

порівнянні із звичайним. Кількість мікроорганізмів, які розкладають органічні азотомісні сполуки у чорноземах типових природного заповідника «Михайлівська цілина» більша у 3,7 рази на варіанті абсолютна цілина, 3,3 – кошена цілина, 1,2 – рілля порівняно з чорноземами звичайними природного заповідника «Хомутовська цілина». Накопичення органічної речовини в шарі 0–40 см природного заповідника «Михайлівська цілина» найбільше на варіанті абсолютної цілини і перелогу, що вказує на інтенсивне гумусоутворення на цих варіантах, а інтенсивніші мікробіологічні процеси проходять на ріллі, кошеній цілині, лісосмузі.

3.3. Показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини

Дослідженнями А.В. Куракова [225], В.С. Костіна, В.С. Єгорова [222], Е.М. Мішустина, В.Т. Ємцева [166-168], доведено, що зміни факторів ґрунтоутворення (клімат, рослинність, рельєф, антропогенні чинники) відображаються на чисельності і складі мікробних ценозів. Зокрема, це стосується і таких важливих передумов родючості, як спрямованість мікробіологічних процесів перетворення азоту та вуглецево-азотний баланс загалом. Встановлено, що залежно від напрямку використання ґрунтів, обсягів надходження органічної речовини і умов її мінералізації/гуміфікації напруженість вуглецевого балансу коливається від щорічних втрат $0,5 \text{ кг С/м}^2$ до акумуляції $0,1 \text{ кг С/м}^2$ за рік [225]. Відповідно до напруженості балансу джерелом карбону для розвитку ґрунтової мікробіоти слугують органічні сполуки різного ступеню гуміфікованості.

Нашими дослідженнями доведено, що показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини природного заповідника «Михайлівська цілина» змінюється під різними фіто- і агроценозами та за глибиною шарів (рис. 3.8.).

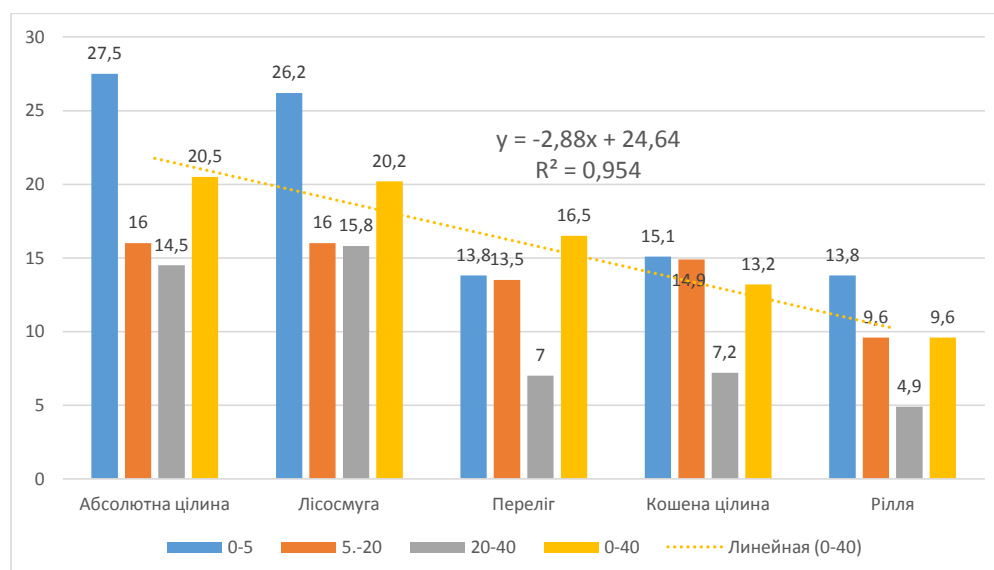


Рис. 3.8. Вплив різного використання чорноземів на показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина».

Найбільше значення показника під усіма фіто- і агроценозами у 0–5 см шарі, найменше у шарі 20–40 см. Характеризуючи 0–40 сантиметровий шар за цим показником у порядку зменшення варіанти розміщуються у наступний ряд: лісосмуга – абсолютна цілина – переліг – кошена цілина – рілля. Тобто, незначна кількість рослинних решток у варіанті ріллі (агроценозу) і кошеної цілини призводить до зменшення цих показників. Залуження і заліснення підвищує мікробну трансформацію ґрунтової органічної речовини до рівня природних ценозів. При цьому в Лісостепу найвищими показниками характеризувався варіант абсолютної цілини (14–28), далі у порядку зменшення кошена цілина (7–15) і рілля (5–14).

Географічна зональність і посушливість клімату в умовах Степу впливають на показник мікробної трансформації органічної речовини природного заповіднику «Хомутовська цілина» на чорноземі звичайному в усіх шарах ґрунту наступним чином: найвищі показники отримано на варіанті рілля, що порівняно з абсолютною цілиною більше в 1,4–1,6, кошеною цілиною до 6,4 разів (рис. 3.9). Тобто, обробіток ґрунту за рахунок

надходження повітря активізує мікробіологічні процеси порівняно з цілиними ділянками майже вдвічі.

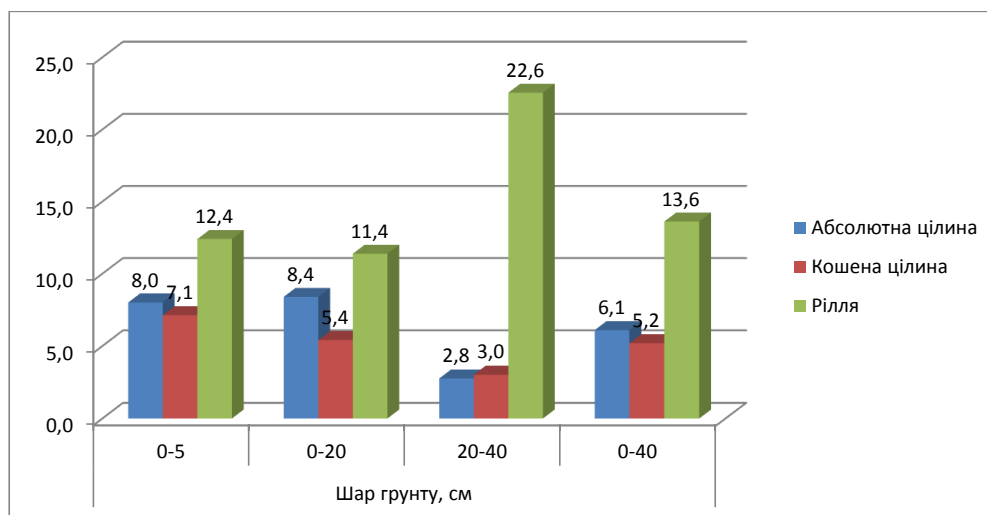


Рис. 3.9. Показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини за різного використання чорнозему звичайного в умовах природного заповіднику «Хомутовський степ».

Отже, показник мікробної трансформації органічної речовини без аналізу маси рослинних рештків, які надійшли до ґрунту, не дає можливість оцінювати напрямок процесів перетворення речовин. Під природними фітоценозами Лісостепу (абсолютна цілина) мікробіологічна активність і можливо інтенсивність Малего біологічного кругообігу майже у 5 разів вища порівняно із ґрунтово-кліматичною зоною Степу.

3.4. Оцінка кількості мікроорганізмів, що беруть участь у розкладі і синтезі органічних речовин у чорноземах за різного використання

Живі організми – обов'язковий компонент ґрунту і їх кількість їх може досягати декілька мільярдів в 1 грамі ґрунту. Ґрунтові мікроорганізми руйнують відмерлі рештки рослин та тварин до проміжних речовин, при цьому частина продуктів мінералізації засвоюється рослинами, а інша переходить в форму гумусових речовин. Для збалансованого функціонування ґрунтових

організмів необхідні перш за все енергія та поживні речовини. Якщо для вищих рослин єдиним джерелом енергії є сонячна енергія, то для більшості мікроорганізмів ґрунту таке джерело енергії – органічні речовини ґрунту. Активність ґрунтової мікрофлори в першу чергу залежить від надходження чи наявності у ґрунті органічних рештків [174, 182]. На думку багатьох дослідників К. І. Андреюк, О. В. Валагурової [12], Т. В. Арістовської [17], І. П. Баб'євої, Г. М. Зенової [23], А. А. Титлянової, С. Я. Кудряшова [52], М. А. Голубець [112], Г. О. Іутинської [190] процеси мінералізації гумусових речовин обумовлюються біохімічною діяльністю специфічної мікрофлори. В цю групу вони включають мікроорганізми, які володіють здатністю використовувати вуглець стійких до розкладу циклічних та гетероциклічних зв'язків. Інші дослідники Д. Г. Звягінцев [183] заперечують спеціалізацію мікроорганізмів у розкладанні гумусу та пов'язують ці процеси з діяльністю всіх мікроорганізмів ґрунту.

Мишустін Є. М. зазначав, що за ступенем розвитку окремих груп мікроорганізмів є можливість встановити на якій стадії мінералізації знаходяться органічні рештки в ґрунті [244]. Стрептоміцети домінують за умов, що сприяють використанню елементів живлення з важкодоступних субстратів і беруть участь в мінералізації напіврозкладених рослинних залишків – детриту.

Кількість колонієутворювальних одиниць стрептоміцетів наводиться у табл. 3.3. Найбільша їх чисельність спостерігається в 0–5 та 5–20 см шарі ґрунту на варіанті абсолютної цілини, що пов'язано з надходженням значної кількості рослинної біомаси, до складу якої входить целюлоза і біополімери, мінералізація яких формує детрит.

Таблиця 3.3.

**Кількість стрептоміцетів у чорноземі типовому природного заповідника
«Михайлівська цілина» під різними фітоценозами, млн. КУО/г ґрунту**

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см		
	0–5	5–20	20–40
Абсолютна цілина	8,44±0,40	2,32±0,18	1,48±0,24
Кошена цілина	1,09±0,12	1,24±0,05	0,78±0,30
Лісосмуга	1,25±0,18	0,84±0,12	0,90±0,06
Рілля з 1936 року	0,98±0,11	0,62±0,07	0,25±0,08
Переліг з 1956 року	1,50±0,20	1,15±0,06	0,37±0,09

Сільськогосподарське використання призводить до зменшення вмісту детриту і відповідно чисельності стрептоміцетів. У 0–5 см шарі ґрунту ріллі кількість колонієутворювальних одиниць стрептоміцетів у 8,4 рази менша порівняно з абсолютною цілиною і відповідно 1,5 із перелогом, а на варіантах кошеної цілини і лісосмуги різниця з ріллею була не значною. Зниження надходження в ґрунт біомаси рослинних залишків у варіанті кошеної цілини призводить до зменшення кількості детриту і відповідно у 8 разів чисельності стрептоміцетів. У прошарку 5–20 см усі варіанти досліджень за кількістю стрептоміцетів можна розмістити у наступній послідовності: абсолютна цілина – кошена цілина – переліг – лісосмуга – рілля.

Мишустин Є. М. відмічає, що розкладення органічних рештків в ґрунті відбувається певними групами мікроорганізмів, які постійно змінюють один одного [244]. На початкових стадіях мінералізації відбувається інтенсивний розвиток сапрофітної мікрофлори, в тому числі і пліснявих грибів, які використовують найбільш доступні органічні речовини. Далі з'являються спорові бактерії, які використовують більш складні сполуки, органіно-мінеральні комплекси. Актиноміцети розвиваються на кінцевій стадії гуміфікації та використовують для своєї життєдіяльності стійкіші компоненти рослинних решток. Тому за ступенем розвитку визначених груп

мікроорганізмів, на думку Є.М. Мишустина, можна орієнтовно встановити, на якому етапі мінералізації знаходяться органічні рештки ґрунту [244].

За даними К.І. Андріюк в розкладі гумусу беруть участь зимогенні мікроорганізми, які розкладають периферичні ланцюги гумусових молекул і автохтонні, що здійснюють глибоку їх деструкцію [12]. Тому, для встановлення спрямованості процесів гумусоутворення досліджували склад і динаміку мікробіоценозів і особливо тих, що пов'язані з гуміфікацією та розкладанням гумусових речовин з метою розробити заходи з відтворення родючості ґрунтів. Чисельність педотрофів, що утилізують водорозчинні фракції органічної речовини і мікроорганізмів, які здійснюють глибоку деструкцію ядерних ароматичних компонентів гумусу наведена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

Кількість педотрофних і гуматрозкладаючих мікроорганізмів, вміст загального гумусу під різними фітоценозами чорноземів типових природного заповідника «Михайлівська цілина», млн. КУО/г ґрунту

Варіант використання	Шар ґрунту, см	Вміст загального гумусу, %	Педотрофні мікроорганізми, млн. КУО/г	Гуматрозкладаючі мікроорганізми, млн. КУО/г
1	2	3	4	5
Абсолютна цілина	0–5	10,11±0,05	13,00±0,36	1,50±0,09
	5–20	8,80±0,04	14,10±0,18	1,25±0,06
	20–40	6,25±0,06	14,34±0,30	1,39±0,42
	0–40	7,52±0,05	13,8±0,28	1,38±0,19
Кошена цілина	0–5	9,86±0,05	13,73±0,06	2,72±0,42
	5–20	7,80±0,05	6,25±0,36	1,30±0,24
	20–40	5,33±0,06	5,58±0,30	1,44±0,12
	0–40	6,56±0,06	8,52±0,24	1,82±0,26

Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Лісосмуга	0–5	9,42±0,06	15,77±0,30	3,09±0,06
	5–20	8,40±0,04	13,08±0,48	1,62±0,09
	20–40	6,48±0,06	10,68±0,36	0,78±0,08
	0–40	7,40±0,05	13,2±0,38	1,83±0,08
Рілля з 1936р.	0–5	5,99±0,05	11,90±0,18	2,38±0,25
	5–20	5,91±0,04	11,50±0,18	1,78±0,18
	20–40	5,40±0,05	9,32±0,42	0,63±0,08
	0–40	5,51±0,05	10,9±0,26	1,60±0,17
Переліг	0–5	8,68±0,05	13,50±0,30	1,44±0,12
	5–20	7,30±0,03	11,50±0,28	0,67±0,18
	20–40	5,79±0,04	5,72±0,09	0,80±0,05
	0–40	6,54±0,04	10,2±0,22	0,97±0,12

Результати досліджень показують, що розорювання чорноземів призводить до зниження вмісту загального гумусу. За 80 років сільськогосподарського використання ґрунтів уміст загального гумусу в чорноземі ріллі знижується на 34% по відношенню до абсолютної цілини і абсолютний вміст становить 5,95% у 0–20 - сантиметровому шарі.

Найвищим вмістом загального гумусу характеризується варіант абсолютної цілини, у якому він становить 8,81% з глибиною знижується і у шарі 20–40 см складає всього 6,23%, а у середньому у шарі 0–40 см – 7,53%. Відбувається істотна диференціація вмісту гумусу за шарами, що можна пояснити розміщенням основної частини кореневої системи рослин у верхніх шарах і накопиченням на поверхні ґрунту рослинних решток, продукти розкладання яких, у тому числі і новоутворені гумусові речовини, надходять у верхню частину ґрунту, збагачуючи її на гумус. Різниця в кількості педотрофних і гуматрозкладаючих мікроорганізмів між шарами 5–20 і 20–40 см була в межах помилки дослідів. Тобто, не лише педотрофні мікроорганізми

впливають на утворення рухомих гумусових речовин (див. табл. 5.3). Чорноземи типові кошеної цілини характеризуються дещо нижчим вмістом загального гумусу у верхньому шарі ґрунту (7,79%), а кількість колоніутворювальних зародків педотрофних мікроорганізмів і рухомих гумусових речовин (див. табл. 5.3) у 2 рази менша за варіант абсолютної цілини. З глибиною (20–40 см) уміст гумусу складає 5,32%, що на 17% менше, ніж на варіанті абсолютної цілини, а кількість педотрофних мікроорганізмів тут в 2,5 рази менша. Майже не змінюється кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів порівняно із аналогічним шаром ґрунту абсолютної цілини. У середньому, в шарі 0–40 см вміст гумусу зменшується на 16%, кількість педотрофних мікроорганізмів на 62%, а гуматрозкладаючих збільшується на 32% порівняно з варіантом абсолютної цілини.

Перелоговий режим впливає на біоту ґрунту і відповідно на показники гумусного стану. У верхній частині досліджуваної товщі ґрунту на перелозі (5–20 см), у порівнянні з ріллею, відбулося істотне накопичення гумусових речовин. При цьому вміст загального гумусу зростає на 19% і кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів зменшується відповідно на 35 і 166% та не змінюється кількість педотрофних мікроорганізмів. За 64 роки перелогового режиму не відбулося відновлення гумусу до показників чорноземів абсолютно цілинного степу.

Багаторічна деревна рослинність впливала на біоту і гумусовий режим ґрунту. Так, у 0–20 см шарі чорнозему під лісосмугою вміст загального гумусу становить 8,60%, а у 0–40 см – 7,50%. У цілому під лісосмугою складаються добрі умови для гумусоутворення і гуміфікації порівняно з ріллею. Під дерев'яною рослинністю більша кількість педотрофних мікроорганізмів на 21% і гуматрозкладаючих на 14%, ніж на варіанті абсолютної цілини. Кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів найвища на варіанті лісосмуги в прошарку 0–5 см.

На варіанті ріллі в шарі 0–40 см порівняно з цілиними ґрунтами відмічено значно менший вміст педотрофних мікроорганізмів, які розкладають

рухомі гумусові речовини, але на 14% більше тих, які розкладають ядерну частину гумусових речовин. Отже можна зробити висновок, що до ґрунту надходить недостатня кількість рослинних решток і енергетичного матеріалу, що є джерелом живлення для мікроорганізмів й тому вони мінералізують гумус ґрунту.

Усі варіанти дослідження можна розмістити в наступний ряд із зменшенням кількості гуматрозкладаючих мікроорганізмів у прошарку 0–40 см: лісосмуга – кошена цілина – рілля – абсолютна цілина – переліг. Прямого зв'язку між вмістом загального гумусу і мікроорганізмів, які здійснюють глибоку деструкцію гумусових речовин не спостерігалось, але під трав'янистою рослинністю на варіанті абсолютної цілини і перелозі спостерігалася найменша кількість вищенаведених мікроорганізмів і найбільший вміст гумусу.

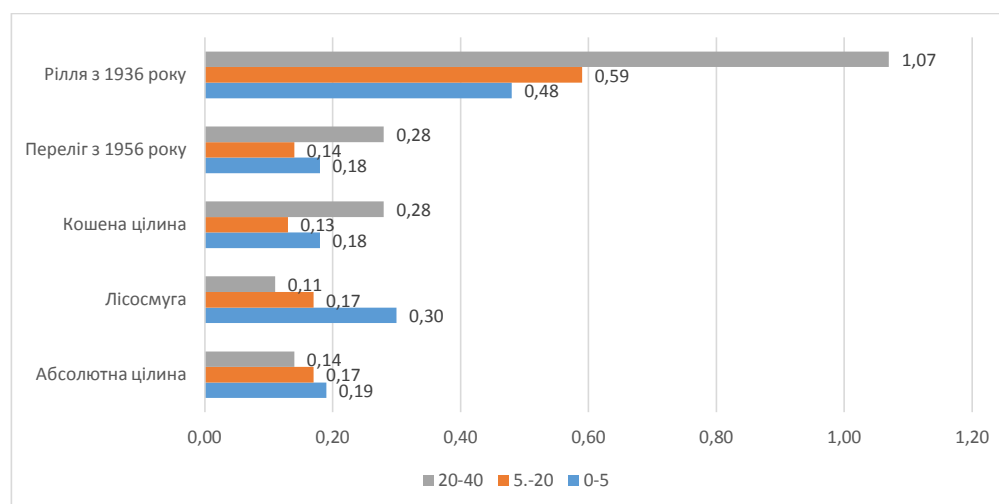


Рис. 3.10. Показник оліготрофності у чорноземі типовому в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина».

Показник оліготрофності у чорноземі типовому в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина» наведено на рис. 3.10. Коефіцієнт оліготрофності на абсолютній цілині ($K_o = 0,14-0,19$), лісосмузі ($K_o = 0,11-$

0,30), кошеній цілині (Ко. = 0,13-0,28) і перелозі (Ко. = 0,14-0,28) вказує на забезпечення ґрунтової біоти легкодоступними поживними речовинами. Збільшення оліготрофності на ріллі свідчить на посилення конкуренції за доступний азот між мікроорганізмами і рослинами і призводить до втрат органічної речовини.

На чорноземах звичайних високі значення (рис. 3.11) отримані на ріллі (0,38-0,76) і кошеной цілині (Ко.=0,33-0,76), що вказує на напруженість на цих варіантах забезпечення рослин азотом. Варіант абсолютної цілини мав нижчі значення показника оліготрофності (Ко.=0,11-0,54).

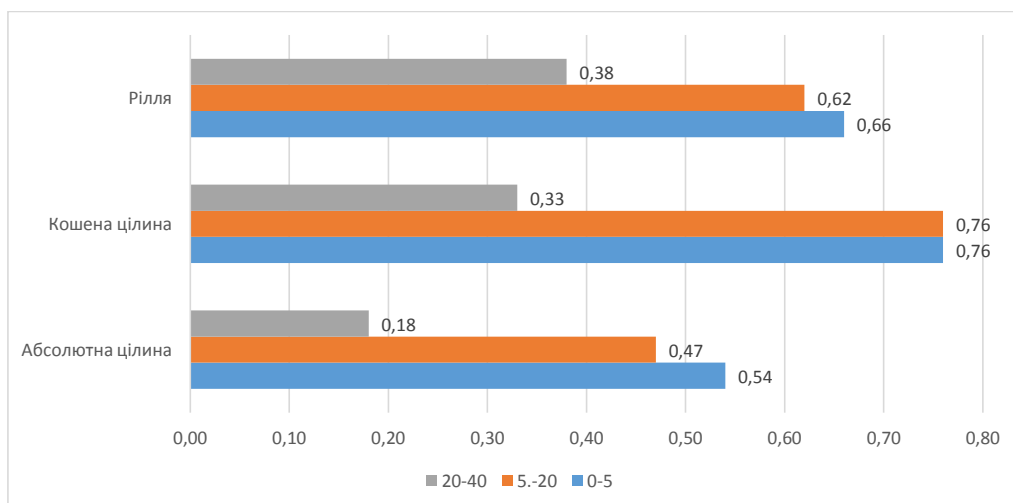


Рис. 3.11. Показник оліготрофності за різного використання чорноземів звичайних в умовах природного заповідника «Хомутовський степ».

За сільськогосподарського використання чорноземів збільшується кількість актиноміцетів (рис. 3.12), які викликають інтенсивну мінералізацію напіврозкладених рослинних решток – детриту. У ґрунті та пов'язаних з ним рослинних субстратах актиноміцети широко розповсюджені [433]. Актиноміцети є невід'ємною частиною мікробної системи ґрунту. Оскільки більшість із них – гідролітики, що приймають активну участь у розкладанні важкодоступних речовин, з їх ферментативною діяльністю пов'язана

локалізація цих організмів у нижніх шарах підстилки і в кишковому тракті ґрунтових безхребетних тварин. У ґрунті, де зосереджена основна маса стрептоміцетів, прокаріоти розкладають не тільки рослинні субстрати, але й гумусові сполуки завдяки їх здатності до утворення гідролітичних ферментів, вони реутилізують мікробну біомасу, перш за все грибну, ростуть на копролітах безхребетних тварин, беруть участь в деструкції ґрунтових мінералів, наприклад, карбонатів. У ґрунті і підстилці актиноміцети вступають у взаємозв'язки із тваринами і рослинами, в тому числі з водоростями, беручи участь в формуванні трофічних ланцюгів біогеоценозів і симбіотичних асоціацій.

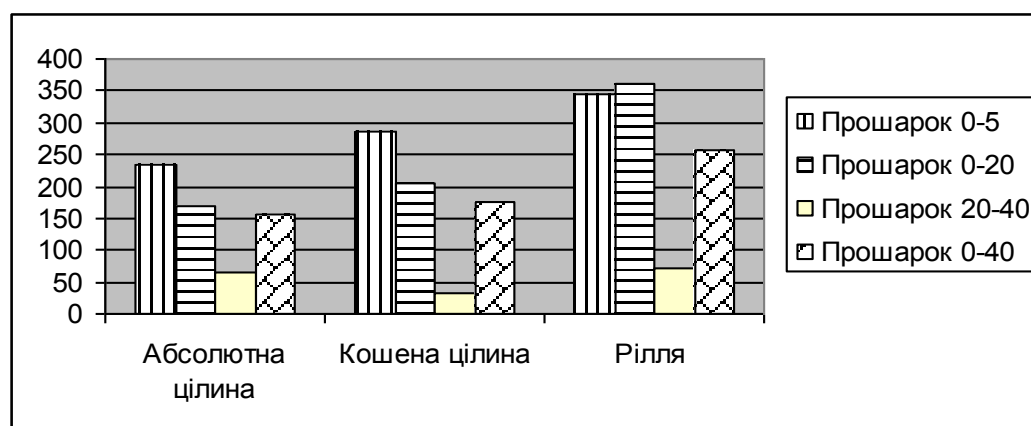


Рис 3.12. Вплив різного використання чорнозему звичайного на чисельність актиноміцетів у природному заповіднику «Хомутовська цілина», тис. в 1 г а.с.о.

Неодноразово відмічалось, що досить важлива участь актиноміцетів у розкладанні і синтезі гумусових речовин і також визнавалась їх роль в процесі ґрунтоутворення і створенні родючого шару [26]. Актиноміцети використовують поліфеноли гумінових кислот за присутності доступних джерел карбону. Представники родів *Nocardia* і *Micromonospora* здатні змінювати ступінь окислення гуматів, беручи участь у мінералізації гумусових

речовин у ґрунті. Актиноміцети утворюють темнозабарвлені пігменти – меланіни, які є попередниками гумусових речовин у ґрунті.

Існує припущення, що трансформація у гумусові речовини відбувається шляхом відщеплення амінокислотних залишків і зміною рівня окисленості пігмента. Меланіни актиноміцетів, подібно до меланінів інших мікроорганізмів (бактерій, грибів), утворені азотвмісними ароматичними сполуками - меланопротеїдами [10, 23]. Кислотний гідроліз меланінових пігментів актиноміцетів дозволив виявити – лізин, гістидин, аргінін, треонін, аспарагінова кислота, пролін, серин, глутамінова кислота, гліцин, аланін, валін, метіонін, ізолейцин, лейцин, тирозин, феніланін, норлейцин і не знайдені цистеїн і цистин [264]. Положення про участь актиноміцетів у процесі гумусоутворення в ґрунті підтверджуються експериментально за порівняння властивостей меланінів актиноміцетів і гумінових кислот. Розчинність, спектри поглинання, електронно-мікроскопічна характеристика, елементний склад наявність однакових функціональних груп – це все підтверджує подібність меланінових пігментів актиноміцетів до гумінових кислот ґрунту [6].

Так, у варіанті рілля в шарі 0-40 см чисельність актиноміцетів була більша за аналогічний показник на абсолютній цілині на 67% і порівняно з кошеною цілиною на 46%. Можливо це пов'язано з додатковим надходженням повітря внаслідок обробітку. Потрібно відмітити, що в орному шарі розорюваних ґрунтів висока кількість олігонітрофілів (рис.3.13), які можуть існувати при низьких концентраціях зв'язаного азоту у середовищі, деякі з них мають фермент нітрогеназу і можуть фіксувати атмосферний азот. Навпаки, нижній підорний шар чорнозему звичайного природного заповідника «Хомутовська цілина» збіднений цією групою мікроорганізмів.

Чисельність педотрофів, що утилізують водорозчинні фракції органічної речовини і мікроорганізмів, які здійснюють глибоку деструкцію ядерних ароматичних компонентів гумусу наведена в табл. 3.5.

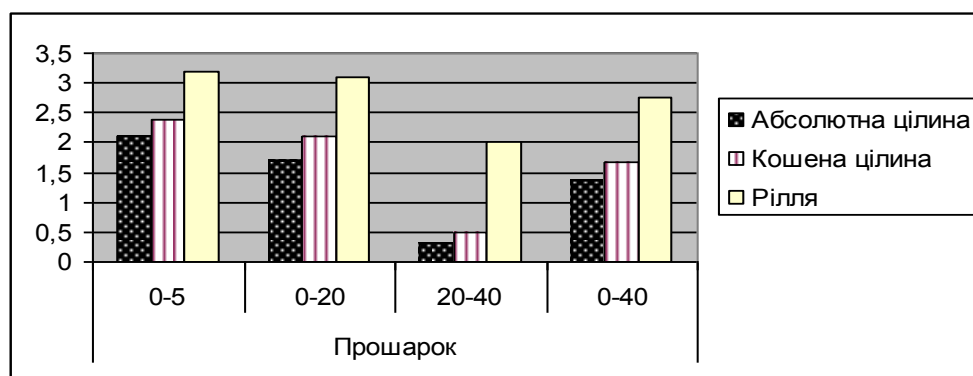


Рис 3.13. Кількість олігонітрофілів у чорноземі звичайному природного заповідника «Хомутовська цілина» за різного використання, тис. в 1 г а.с.о.

Результати досліджень (табл. 3.5) показують, що розорювання чорноземів призводить до зниження вмісту загального гумусу. За 80 років сільськогосподарського використання ґрунтів уміст загального гумусу в чорноземі ріллі знижується на 32% порівняно з абсолютною цілиною і становить 4,75% у 0–40 см шарі.

Найвищим вмістом загального гумусу (7,33%) характеризувався варіант абсолютної цілини 0–5см шар ґрунту. З глибиною вміст загального гумусу знижується і у шарі 20–40 см складає всього 5,39 %, а в середньому у прошарку 0–40 см – 6,27 %. Така істотна диференціація вмісту гумусу пояснюється розміщенням основної частини кореневої системи рослин у прошарку 0–20 см і залишанням на поверхні ґрунту рослинних решток. Продукти розкладання рештків, у тому числі і новоутворені гумусові речовини, надходять у верхню частину ґрунту, збагачуючи її на гумус.

У верхньому 5–20 см шарі кількість педотрофних мікроорганізмів була вища ніж у 20–40 см, різниця в чисельності гуматрозкладальних мікроорганізмів між шарами ґрунту була неістотна. Індекс педотрофності, що характеризує ступінь освоєння органічної речовини ґрунту мікрофлорою, вищий на варіанті абсолютної і кошеної цілини у шарі 20–40 см.

Таблиця 3.5.

Кількість педотрофних і гуматрозкладальних мікроорганізмів, загального гумусу у чорноземі звичайному природного заповідника «Хомутовська цілина» залежно від використання

Варіант використання	Шар ґрунту, см	Гумат-розкладаючі мікроорганізми, млн. КУО/г	Педотрофні мікроорганізми, млн. КУО/г	Індекс педотрофності	Вміст загального гумусу, %
Абсолютна цілина	0–5	0,72±0,12	9,60±0,15	2,46	7,33±0,11
	5–20	0,60±0,09	8,30±0,18	2,31	6,09±0,08
	20–40	0,53±0,09	7,12±0,23	4,45	5,39±0,09
	0–40	0,62±0,10	8,34±0,19	2,75	6,27±0,09
Кошена цілина	0–5	2,02±0,16	7,40±0,10	2,20	6,62±0,12
	5–20	1,48±0,11	6,61±0,18	2,39	5,53±0,11
	20–40	0,68±0,11	6,68±0,16	4,28	4,59±0,10
	0–40	1,39±0,13	6,90±0,15	2,70	5,58±0,11
Рілля	0–5	2,60±0,25	9,90±0,15	2,01	5,29±0,08
	5–20	3,11±0,18	9,50±0,13	1,96	4,97±0,08
	20–40	2,11±0,17	7,11±0,15	1,32	3,98±0,09
	0–40	2,61±0,20	8,50±0,14	1,68	4,75±0,09

Визначення вмісту загального гумусу в чорноземах звичайних Хомутовського степу показує (табл. 3.5), що в умовах степової зони викошування рослинності на цілині викликає істотніші зміни у верхньому 0–40 см шарі, ніж спостерігались в чорноземах типових Михайлівської цілини Лісостепової зони.

Чорноземи звичайні важкосуглинкові кошеної цілини характеризуються дещо нижчим вмістом загального гумусу у верхньому шарі ґрунту (6,62%) і

кількість педотрофних мікроорганізмів тут на 29% менша у порівнянні з варіантом абсолютної цілини, що пов'язано з надходженням до ґрунту меншої кількості рослинних решток. Чисельність гуматрозкладальних мікроорганізмів на цьому варіанті навпаки у 2,9 рази більша, ніж на варіанті абсолютної цілини. З глибиною (20–40 см) уміст гумусу зменшується на 17% і кількість педотрофних мікроорганізмів на 6,5%, а кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів збільшується на 28% порівняно із аналогічним шаром ґрунту абсолютної цілини. В середньому, в шарі 0–40 см вміст загального гумусу менше на 12%, кількість педотрофних мікроорганізмів 21%, а гуматрозкладаючих більша в 2,24 рази, відповідно до аналогічного варіанту абсолютної цілини. Індекс педотрофності між варіантами кошеної і абсолютної цілини не відрізнявся.

Варіант ріллі порівняно з цілинним ґрунтом, характеризується значно меншим вмістом гумусу в усіх шарах ґрунту. Вміст педотрофних мікроорганізмів, які розкладають рухомі гумусові речовини істотно не відрізнявся від варіанту абсолютної цілини в шарах 0–5 і 5–20 см, але це на 34–43% більше, ніж на варіанті кошеної цілини. Така ж тенденція за кількістю педотрофів спостерігалася в шарі 0–40 см: незначна різниця між варіантом абсолютної цілини і на 23 % більше порівняно із кошеною цілиною. Кількість мікроорганізмів, які розкладають ядерну частину гумусових речовин – гуматрозкладаючих на варіанті ріллі в прошарку 0–40 см більша порівняно з абсолютною в 4 рази і 1,8 рази з кошеною цілиною. Ці дані свідчать, що до ґрунту надходить недостатня кількість рослинних решток і енергетичного матеріалу як джерела живлення мікроорганізмів. Усі варіанти дослідження можна розмістити в наступний ряд із зменшенням кількості гуматрозкладаючих мікроорганізмів у прошарку 0–40 см: рілля – кошена цілина – абсолютна цілина.

Індекс педотрофності (відношення кількості педотрофних мікроорганізмів до розкладальних органічних форми азоту) найменший на варіанті ріллі. Разом з тим значення цього показника майже не відрізнялося на

варіантах з абсолютною і кошеною цілинами. Між кількістю гуматрозкладальних мікроорганізмів і індексом педотрофності коефіцієнт кореляції становив $r = -0,685 \pm 0,09$.

Отже, при розорюванні цілинних чорноземів як Лісостепу, так і Степу України виникають зміни біомаси рослинності, кількості, складу еколого-трофічних груп мікроорганізмів і в кінцевому результаті це призводить до зниження вмісту загального гумусу. Викошування цілинної рослинності зменшує уміст загального гумусу як у верхньому шарі, так і в більш глибоких шарах ґрунту порівняно з цілиною. До ґрунту у варіанті ріллі в шар 0–40 см надходить недостатня кількість рослинних решток і енергетичного матеріалу, що є джерелом живлення для мікроорганізмів і це призводить до збільшення кількості гуматрозкладальних мікроорганізмів у 4 рази порівняно з абсолютною і 1,8 рази з кошеною цілиною. Коефіцієнт кореляції між кількістю гуматрозкладальних мікроорганізмів і індексом педотрофності становив $r = -0,685 \pm 0,09$. Тобто, розорювання цілинних земель, викошування рослинності як у зоні Степу, так і Лісостепу України призводить до руйнування як периферичної, так і ядерної частини гумусових речовин.

Різне використання чорноземів типових природного заповідника «Михайлівська цілина» і чорноземів звичайних «Хомутовської цілини» призвело до зміни спрямованості мікробної трансформації органічної речовини. При розорюванні цілинних земель збільшується кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів в 4 рази («Хомутовська цілина») і на 14% («Михайлівська цілина») у порівнянні з абсолютною цілиною. У ґрунт ріллі надходить недостатня кількість рослинних залишків і енергетичного матеріалу, що приводить до мінералізації гумусу. Викошування цілинної рослинності зменшує в 1,1 – 1,2 вміст загального гумусу, педотрофних мікроорганізмів – 1,2-1,6 і в той же час підвищує в 2,2 рази («Хомутовська цілина») та 1,3 («Михайлівська цілина») кількість гуматрозкладальних порівняно з абсолютною цілиною.

Багаторічна деревна рослинність збільшувала кількість педотрофних мікроорганізмів на 17–21% і гуматрозкладаючих на 12–14% у порівнянні з абсолютною цілиною.

Аналіз чисельності мікроорганізмів, які беруть участь у розкладенні гумусових речовин дає можливість зробити висновок, що антропогенне навантаження на чорноземи не забезпечує збереження органічної речовини як у зоні Степу, так і Лісостепу України, а призводить до її руйнування.

Грунтові мікроміцети і водорості є невід'ємною складовою частиною наземних екосистем; вони беруть активну участь у процесах гумусоутворення, оструктурення ґрунту і становлять значну частину біорізноманіття будь-яких біогеоценозів. Вивчення складу представників цих груп організмів є важливим елементом інвентаризації і контролю ґрунтових процесів природних і агроценозів.

Роботами багатьох дослідників доведена провідна роль ґрунтових мікроорганізмів у синтезі гумусових сполук. Відомо, що темні пігменти (меланопротеїди) мікроскопічних грибів за своїм складом і хімічною будовою подібні гуміновим кислотам [37, 72, 75, 106]. Після відмирання міцелію ці пігменти можуть стати матричною основою для синтезу гумінових кислот. За даними С.А. Благодатської в різних типах ґрунтів виявлена висока чисельність мікроміцетів, здатних синтезувати меланінові пігменти [56]. Можна припустити, що їх внесок в синтез гумусових сполук є суттєвим. Крім мікроміцетів гумусоподібні сполуки можуть синтезувати і стрептоміцети [12].

Чисельність мікроміцетів під різними фітоценозами чорнозему типового природного заповіднику «Михайлівська цілина» наведена на рис. 3.14.

Найбільша кількість мікроміцетів спостерігалася в шарі 0–5 см під деревною рослинністю (рис. 3.14), далі усі варіанти можна розмістити в наступний за їх чисельністю ряд: кошена цілина – абсолютна цілина – рілля–переліг. Така сама послідовність спостерігалася в шарі 0–40 см. Кількість мікроміцетів в усіх варіантах використання чорнозему типового мала тісний зв'язок із кількістю педотрофних мікроорганізмів ($r=0,59\pm 0,06$).

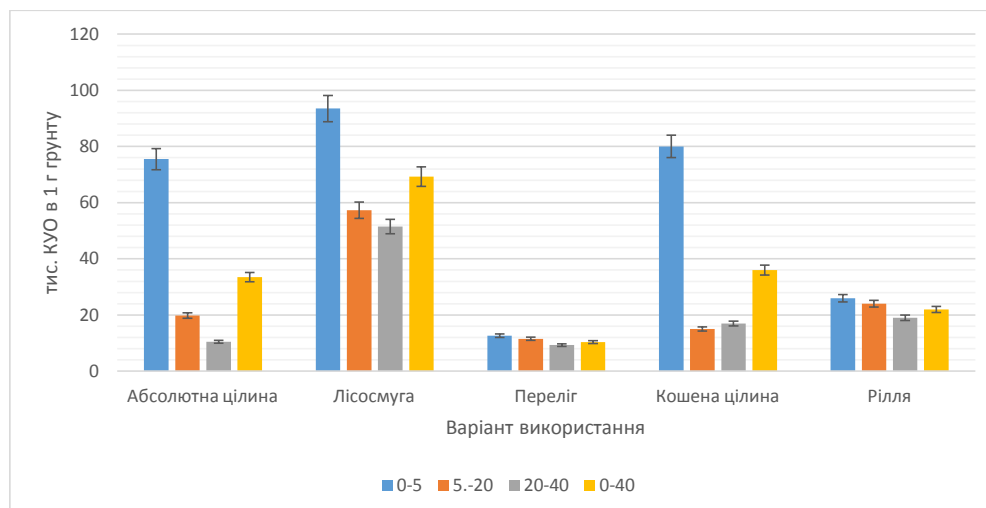


Рис. 3. 14. Кількість мікроміцетів у чорноземі типовому залежно від його використання у природному заповіднику «Михайлівська цілина», тис. КУО а.с.г.

Тобто, в чорноземах типових лісосмуги, абсолютної і кошеної цілини складаються добрі умови для формування периферійної частини гумусових речовин. Розорювання цілинних чорноземів зменшує чисельність мікроміцетів і відповідно вміст загального гумусу. На перелозі спостерігалася незначна кількість як гуматрозкладальних мікроорганізмів, так і гуматсинтезувальних грибів.

Дослідженнями M.R. Carballas доказано, що при переміщенні на південь в ґрунтах зменшується кількість мікроміцетів порівняно з центральними районами. У ґрунтах північних регіонів, де повільно відбуваються процеси мінералізації, найбільш широко представлені гриби роду *Penicillium*. При просуванні на південь спостерігається підвищення вмісту представників роду *Aspergillus*. Гриби цих двох родів складають понад 70 % різновидів мікроміцетів у більшості типів ґрунтів. Циклічні молекули меланінів, які синтезують мікроміцети, можуть служити базисом для добудови периферійних компонентів гумусових сполук [457].

Чисельність мікроміцетів в чорноземі звичайному залежно від його використання в природному заповіднику «Хомутовська цілина» наведена на рис. 3.15.

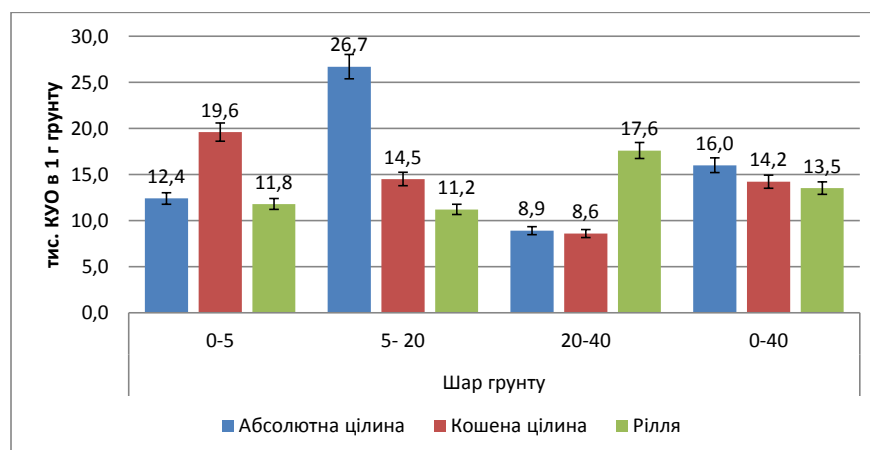


Рис. 3.15. Кількість мікроміцетів в чорноземі звичайному залежно від його використання в природному заповіднику «Хомутовська цілина», тис. КУО а.с.г.

Найбільша кількість мікроміцетів спостерігалася в шарі 5–20 см на абсолютній цілині (рис. 3.15). Тобто, в чорноземах звичайних абсолютної і кошеної цілини складаються добрі умови для відновлення гумусових сполук і гумусонакопичення у цілому. Сільськогосподарське використання чорноземів зменшує чисельність мікроміцетів і відповідно вміст загального гумусу.

3.5. Ферментативна активність чорноземів

Ферменти – біологічні каталізатори, що прискорюють у сотні і тисячі разів біохімічні реакції в живих організмах. Різноманітні екзо– і ендоферменти ґрунтових мікроорганізмів, фауни і рослин потрапляють до ґрунту. У результаті іммобілізації ферменти в ґрунті стабілізуються і тривалий час зберігають свою активність [153, 174].

Ферментативна активність ґрунтів (ФА) – це єдність екологічно обумовлених процесів надходження, стабілізації та прояву активності

ферментів у ґрунті. Всі три ланки, які її визначають, розглядаються як блоки продукування, іммобілізації і дії ферментів функціонування яких взаємозв'язане і обумовлене коливаннями екологічних параметрів [155]. У ґрунтах природних екосистем, де екологічні параметри у стані динамічної рівноваги, динаміка ФА ґрунту зумовлена сезонними, природними коливаннями гідротермічного режиму, мікробіологічної активності ґрунту, розвитком рослин.

Одним з широко розповсюджених методів вимірювання інтенсивності ґрунтово-біологічних процесів є визначення ферментативної активності. Ферментативна активність ґрунту залежить від її фізичних та хімічних особливостей, вмісту поживних речовин, рівня кислотності, вмісту солей тощо. Частина ґрунтових ферментів синтезується і виділяється через кореневу систему вищих рослин. Інші ферменти ґрунту мають мікробне походження та є продуктами метаболічних процесів ґрунтових мікроорганізмів [235].

У процесі життєдіяльності мікроорганізми виділяють у навколишнє середовище велику кількість різних ферментів. Установлено, що кореневі системи рослин також здатні виділяти в ґрунт різноманітні ферменти, які певний час зберігають свою активність. Не виключена можливість виділення ферментів і різноманітними ґрунтовими тваринами. Таким чином, прийнято вважати, що крім мікроорганізмів, у ґрунтових процесах велике значення відіграють ферменти [174, 191].

Ферментативна активність відображує ті внутрішні зсуви еволюції ґрунтів, які зумовлені освоєнням та окультуренням їх, тому вона може характеризувати біологічну активність ґрунту. Єщенко В.О. відмічає, що для більш гумусованих ґрунтів характерне підсилення адсорбції ферментів [171]. Одночасно з нею зменшується активність ферментів, а тому часто малогумусовані ґрунти показують вищу активність ферментів порівняно з гумусованими ґрунтами. Автор вказує, що застосування гною призводить до підвищення активності гідролітичних ферментів, а також каталази,

дегідрогенази і поліфенолоксидази. Чергування культур також позитивно впливає на активність ферментів.

Ферменти, віднесені до класу оксидоредуктаз, каталізують окислювально-відновні реакції, що відіграють провідну роль у біохімічних процесах у клітинах живих організмів ґрунту. Поліфенолоксидази приймають участь у перетворенні органічних сполук ароматичного ряду у компоненти гумусу. Каталітичне окислення фенолів до хінонів здійснюється у присутності кисню повітря, тому й активно відбувається в верхній частині орного шару. Утворені хінони, при конденсації із амінокислотами і пептидами утворюють первинну молекули гумінової кислоти [174]. Александрова Л.М. [9] зазначає, що створення гумусових речовин є конденсаційним процесом ароматичних сполук фенольного типу із амінокислотами і білками. При формуванні перегнійних сполук важливу роль відіграють також окислювальні процеси із утворення продуктів ароматичної природи, як представлені фенолом.

Як зазначає Ю.Г. Гельцер на динаміку поліфенолоксидазної активності впливає гідротермічні умови і екологічні фактори. Ферментативна активність суттєво змінюється під дією сільськогосподарського використання і окультурення ґрунтів, відображає природні особливості і характер використання ґрунту [100].

Фермент поліфенолоксидази бере участь в гумусоутворенні, а пероксидази у розкладенні органічних речовин ґрунту. Тому швидкість нагромадження гумусу в ґрунті визначається як співвідношення активностей поліфенолоксидази до пероксидази. Вплив різних видів використання на активність поліфенолоксидази у чорноземі типовому в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина» наведена на рис. 3.16.

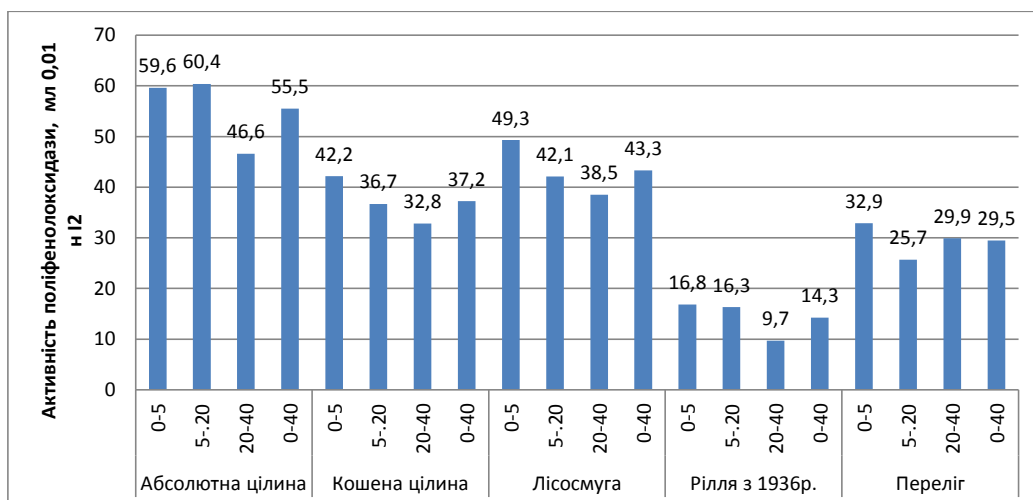


Рис. 3.16. – Вплив різних видів використання на активність поліфенолоксидази у чорноземі типовому в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина», мл 0,01 н I₂.

Найвища активність поліфенолоксидази у чорноземі типовому отримана на варіанті абсолютної цілини, а на ріллі були у 4 рази менші показники. Ґрунт на варіанті під лісосмугою також характеризувався високими показниками, але в 1,3 рази меншими порівняно цілинним варіантом. Виведення ґрунтів з обробітку і створення перелогу підвищує до двох разів активність поліфенолоксидази порівняно із ріллею.

Пероксидази здійснюють окислення органічних речовин ґрунту (фенолів, амінів, деяких гетероциклічних зв'язків) за рахунок кисню, перекису водню та інших органічних перекисів, що утворюються в ґрунті внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів та дії деяких оксидаз (наприклад, уратоксидаза). Ці ферменти відіграють важливу роль у процесі утворення гумусу.

Життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів істотно позначається на якісному складі ферментів, які вони продукують, інтенсивності та направленості мінералізаційних процесів. На думку Ю. П. Москалевської [263], дослідження в цьому напрямку відкривають широкі перспективи для

розробляння заходів управління біологічними процесами гумусоутворення. Різні види антропогенного впливу на ґрунт можуть змінювати умови існування ґрунтових мікроорганізмів, порушувати нормальне протікання в ґрунтах процесів мікробної трансформації, а, отже, і процесів трансформації речовин у біосфері.

За результатами дослідження О.Л. Макарчук (О.Л. Тонха) показано, що динаміка цього показника багато в чому залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду, розвитку та діяльності кореневої системи рослини [244]. Так, мінімальна активність пероксидази спостерігалась у весняний період, коли температура ґрунту не перевищувала 5–7 °С, а життєдіяльність мікроорганізмів пригнічена, коренева система рослин ще відсутня (за виключенням озимої пшениці та деяких ярих культур) чи слабо розвинута. До початку вегетаційного періоду в ґрунті підсилюються мікробіологічні процеси. Максимальне значення активності пероксидази спостерігається в літні місяці, коли ґрунт прогрівається до 15–20 °С і містить достатню кількість вологи. Ці умови є сприятливими для розвитку ґрунтової біоти, для живлення якої потрібна свіжа органічна речовина.

Найвища активність пероксидази у шарі 0–40 см у чорноземі типовому отримана на варіанті абсолютної цілини, а на ріллі були у 2 рази менші показники. Різниця між варіантом лісосмуги, кошеної і абсолютної цілини не перевищувала 5 % і характеризувалися також високими показниками. Активність пероксидази і коефіцієнт накопичення гумусу у чорноземі типовому під різними фіто- і агроценозами наведені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6.

Активність пероксидази і коефіцієнт накопичення гумусу в чорноземі типовому залежно від використання в умовах природного заповідника «Михайлівська цілина», мл 0,01 н I₂.

Варіант використання	Шар ґрунту, см	Активність пероксидази, мл 0,01 н I ₂	Коефіцієнт накопичення гумусу, %
Абсолютна цілина	0–5	71,2	83,7
	5–20	65,8	91,8
	20–40	55,5	84,0
	0–40	64,2	86,5
Кошена цілина	0–5	56,1	75,2
	5–20	63,3	58,0
	20–40	64,7	50,7
	0–40	61,4	60,7
Лісосмуга	0–5	69,6	70,8
	5–20	60,1	70,0
	20–40	63,4	60,7
	0–40	64,4	67,3
Рілля з 1936р.	0–5	34,5	48,7
	5–20	35,6	45,8
	20–40	32,1	30,2
	0–40	34,1	41,9
Переліг	0–5	43,6	75,5
	5–20	40,8	63,0
	20–40	39,2	76,3
	0–40	41,2	71,6

Характеризуючи коефіцієнт накопичення гумусу у чорноземі типовому у шарі 0–40 см необхідно зазначити, що найбільші значення отримані на варіантах абсолютної цілини і перелозі. Найменші значення отримані на

варіанті рілля, де у 1,9 рази менші показники у порівнянні з абсолютною цілиною.

3.6. Оцінка прокаріотного комплексу чорноземів молекулярно-біологічними методами

Ґрунтові мікроорганізми виконують найважливіші функції трансформації речовин і енергії, формують його родючість, утилізують рослинні рештки та інші біологічні субстанції техногенного походження, перетворюючи їх на поживні речовини, без яких неможливі ріст і розвиток рослин [282]. Мікробні угруповання в ґрунті представлені складним комплексом різних морфотипов і фізіологічних груп. Загальноприйнята ґрунтова мікробіологія досліджує мікроорганізми, які культивуються на поживних середовищах. Для кількісної оцінки біологічної активності ґрунтів, як правило, використовуються такі показники як мікробна біомаса, кількість виділеного вуглекислого газу (дихання ґрунту), целюлозолітична активність, нітрифікаційна здатність та ін. Разом з тим, науковими дослідженнями зарубіжних вчених V Torsvik, D.H. Buckley [496], M. В. Патики [207], доказано, що ці методи інформаційно обмежені щодо структури мікробних угруповань і за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) з відповідними праймерами (16S рРНК, 18S рРНК і ін.) є можливість дослідження мікробних ценозів [282]. Слід зазначити, що порівняльний аналіз цілинних мікробних ценозів і ріллі сприяє вивченню їх структурно-функціональних особливостей та специфічності мікроорганізмів в певних умовах [439, 452].

Застосування молекулярно-біологічних методів дало змогу встановити, що мікробним системам належить первинна роль у ґрунотворенні та забезпеченні рослин елементами живлення. Але сільськогосподарське використання призводить до погіршення мікробіологічних показників ґрунту. Один із шляхів розв'язання цієї проблеми – детальне та комплексне дослідження структури мікробного різноманіття цілинних земель і його зміни

під час сільськогосподарського використання для розробки заходів з відновлення біологічної активності ґрунтів.

Ґрунтові мікроорганізми у природніх цілинних ценозах підтримують на постійному, характерному для даного типу ґрунту рівні органічну речовину, вміст рухомих форм елементів живлення, інтенсивність процесів окислення - відновлення, гуміфікації - мінералізації та ін. Господарська діяльність людини призводить до інтенсифікації процесів, які проходять з участю ґрунтових мікроорганізмів [258].

Результати аналізу кількості загальної бактеріальної ДНК ґрунтових організмів у цілому співпадають з уявленнями, отриманими традиційними методами при аналізі ґрунтової мікрофлори. На рис. 3.17 наведено електрофореграму ампліфікатів 16S рРНК бактерій у варіантах абсолютної цілини і оранки.

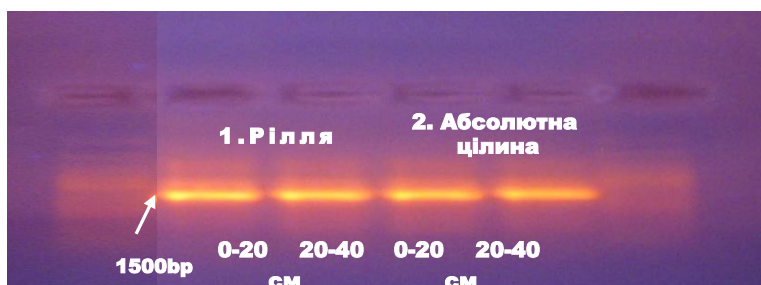


Рис. 3.17. Електрофореграма продуктів ампліфікації фрагменту гену 16S рРНК ґрунтових мікроорганізмів з флуоресцентно міченим праймером (природний заповідник «Михайлівська цілина»). Маркер молекулярних мас – 1500 bp; варіанти досліду: 1. Рілля, 2. Абсолютна цілина.

Кількість загальної ДНК ґрунтових організмів у чорноземах на варіанті абсолютної цілини (рис. 3.18) природного заповідника «Михайлівська цілина» була високою як у верхньому кореневмісному шарі (0-20 см), так і на глибині 0-40 см, що свідчить про більш різноманітні і складні трофічні взаємозв'язки та значну кількість біомаси ґрунтових організмів у цілинному ґрунті.

Сільськогосподарське використання, а саме варіант рілля призводить до зміни фізичних, фізико-хімічних показників та кількості надходження свіжої органічної речовини у верхньому 0-20 см шарі чорноземів типових Михайлівської цілини, що збіднює біорізноманіття ґрунтових організмів. Разом з тим, у шарі 20-40 см на оранці отримані вищі показники кількості тотальної ґрунтової ДНК, що пов'язано із обертанням скиби та надходженням в нижній шар рослинних решток і добрив. У середньому, в шарі 0-40 см розорювання цілинних ґрунтів призвело до зменшення кількості загальної ґрунтової ДНК.

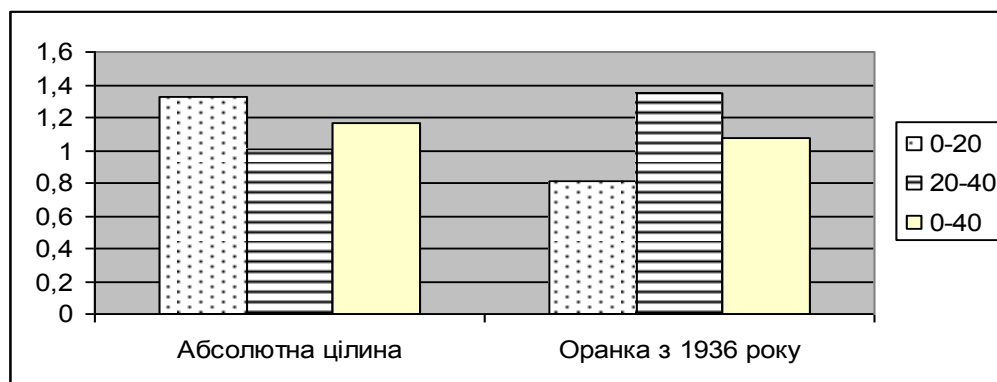
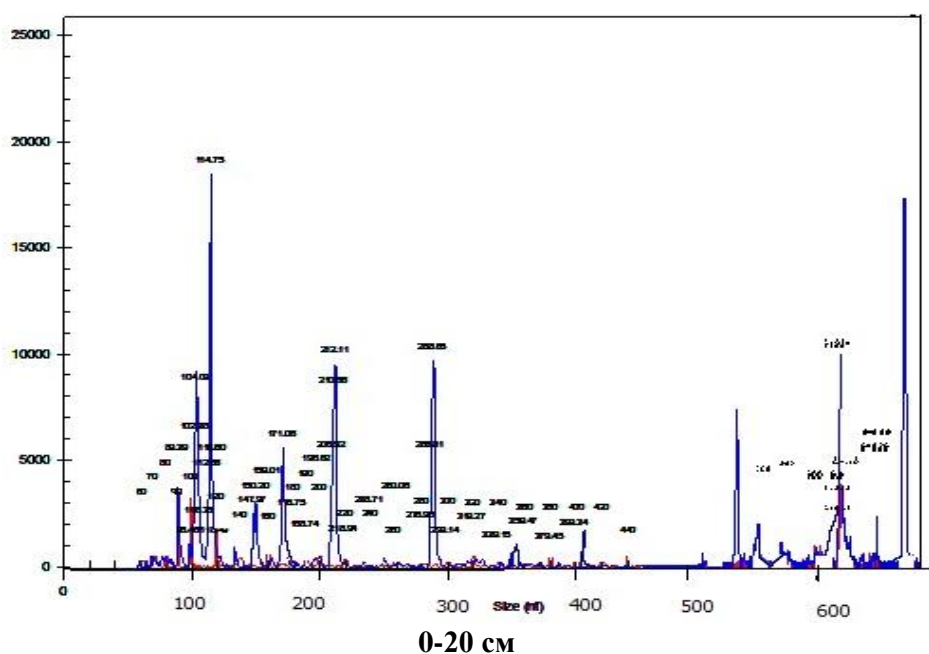


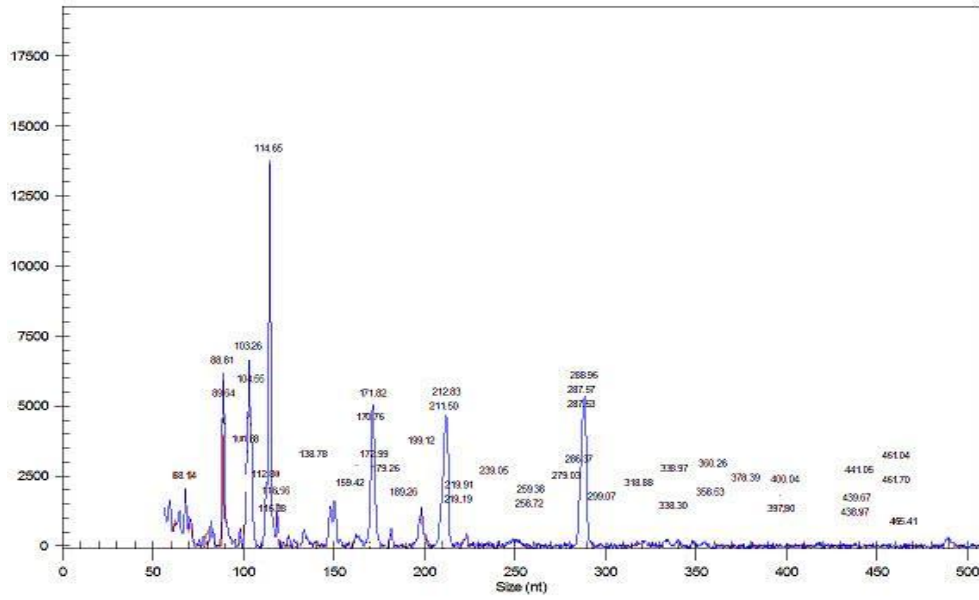
Рис. 3.18. Кількість загальної ДНК ґрунтових мікроорганізмів у чорноземі типовому природного заповідника «Михайлівська цілина», ng.

Природні системи характеризуються своїм оптимумом мікробіологічної активності і вихід за його межі змінює напрямок процесів ґрунтоутворення. Однак в агроценозах інтенсифікація процесів спрямована на отримання більшої кількості продукції. При цьому підвищення біологічної активності при розкладанні рослинних решток і органічних добрив – явище необхідне і позитивне, але в певних межах [148]. Основним інструментом аналізу філогенезу є порівняння близьких за структурою або функціями генів, білків, і перш за все, порівняння їх первинних послідовностей. Аналізуючи профілі

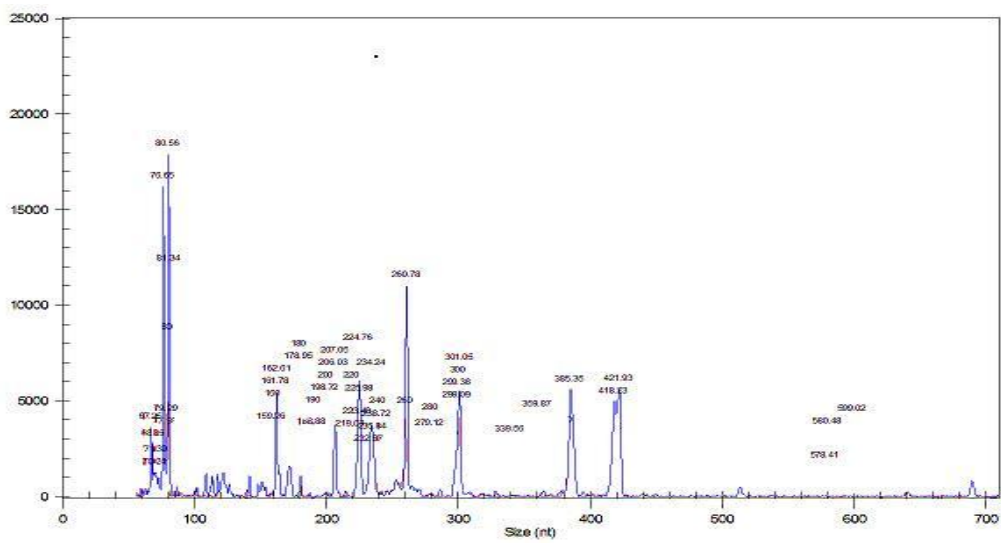
рестрикції ми виходили з того положення, що інтенсивність флуоресценції кожного піка прямопорційна кількості ДНК для кожної одиниці у зразку.

Аналіз поліморфізму прокариотного комплексу чорноземів природного заповідника «Михайлівська цілина» (рис. 3.19) профілів отриманих за допомогою методу tRFLP, виявив зменшення біорізноманіття бактеріального комплексу ґрунту за його використання в ріллі. На варіанті абсолютної цілини у шарі 0-20 см формуються більш концентровані високомолекулярні фрагменти від 450 до 700 nt пар нуклеотидів, порівняно з оранкою 70-400 nt.

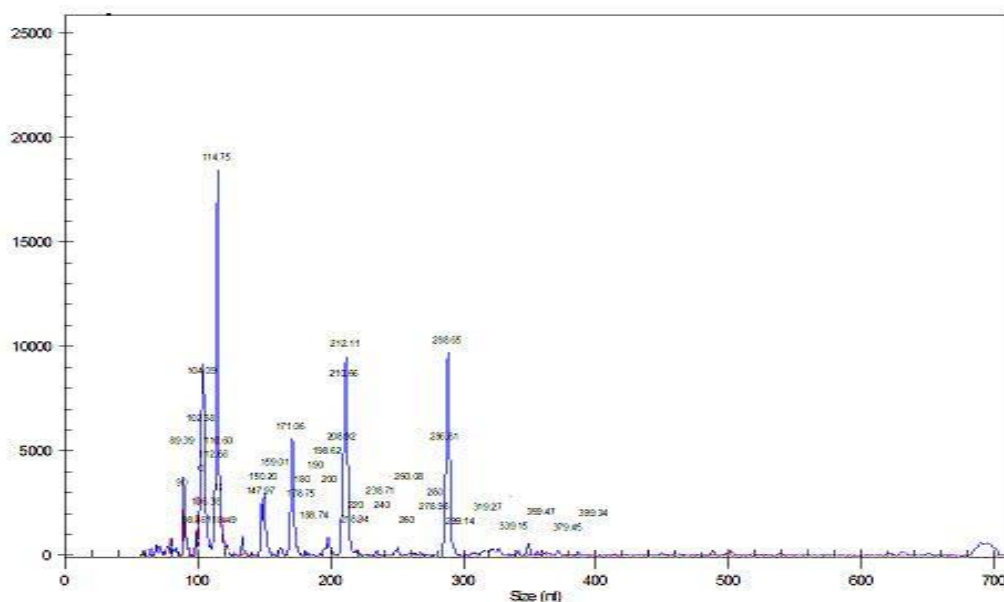




20-40 см
Абсолютна цілина



0-20 см



20-40 см

Оброблювана ділянка з 1936 року

Рис. 3.19. Генетичне різноманіття прокаріотів в чорноземах типових природного заповідника «Михайлівська цілина» (профіль tRFLP рестриктаза *NotI*, на осі ординат розмір термінальних фрагментів в діапазоні 60-700 nt (пар нуклеотидів), на осі абсцис інтенсивність флуоресценції).

Прокаріотний комплекс ґрунту на абсолютній цілині в шарі 0-20 см характеризувався наявністю фрагментів від 4000 до 19000 при дуже широкій інтенсивності флуоресценції від 70 до 700 nt. При тому, що тільки у цьому варіанті показники інтенсивності були високими як при 100 nt, так й 700 nt. Аналогічні показники отримані і в шарі 20–40 см цього ж варіанту з розміром фрагментів від 2000 до 30000 при інтенсивності флуоресценції від 60 до 700 nt.

Шар 0–20 см ґрунту на ріллі характеризувався розмірами фрагментів до 18000 і інтенсивністю флуоресценції від 50 до 700 пар нуклеотидів, шар 020–40 см характеризувався меншими розмірами фрагментів (до 13000) і інтенсивністю флуоресценції (від 60 до 500 пар нуклеотидів).

Топологія розподілу прокариотних генотипів ґрунтового мікробного комплексу у варіанті абсолютної цілини на дендрограмі (рис. 3.20) свідчить про наявність 13 основних кластерів, які відповідають домінуючим генотипам що відносяться до представників 44 родів, 68% некультивованих. У варіанті рілля дендрограма (рис. 3.21) складається із восьми основних кластерів 52 родів, 17% некультивованих.

Як на абсолютній цілині, так і на оранці були наявні роди мікроорганізмів, що приймають участь у колообізі основних елементів живлення (нітрогену, фосфору, калію, сульфору, карбону та ін.): *Pseudomonas*, *Acetobacter*, *Halomonas*, *Shewanella*, *Azospirillum*, *Thalassospira*, *Ochrobactrum*, *Desulfovibrio*, *Ralmella*, *Nitrosomonas*, *Beggiatoa*, *Streptotomyces*, *Allorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Alkalimonas*, *Actinobaculum*, *Citrobacter*, *Verrucomicrobium*, *Pantoea*, *Rhizobium*.

Крім того абсолютна цілина характеризувалася наявністю родів, яких не було виявлено на оранці: *Ralstonia*, *Burkholderia*, *Bordetella*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Candidatus Hepatoplasma*, *Psychrobacter*, *Chromohalobacter*, *Candiobacterium*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Exiguobacterium*, *Zoogloea*, *Mycoplasma*, *Rhodospirillum*, *Rhodospira*, *Desulfospira*, *Borrelia*, *Bacteriovorax*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Thermodesulfovibrio*, *Mesorhizobium*, *Thiomonas*.

На ріллі були наявні інші роди: *Leptospira*, *Riemerella*, *Bacteriovorax*, *Coprothermobacter*, *Thermodesulfovibrio*, *Syntrophobacter*, *Hyphomicrobium*, *Prostheco bacterium*, *Erythrobacter*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Methanolacinis*, *Lactobacillus*, *Azoarcus*, *Lamprocystis*, *Nitrosococcus*, *Thiohalomonas*, *Chromohalobacter*, *Pseudoalteromonas*, *Sphingomonas*, *Moraxella*, *Methylophaga*, *Legionella*, *Pseudoalteromonas*, *Serratia*, *Salmonella*, *Ewingella*, *Vibrio*; *Photobacterium*, *Colwellia*.

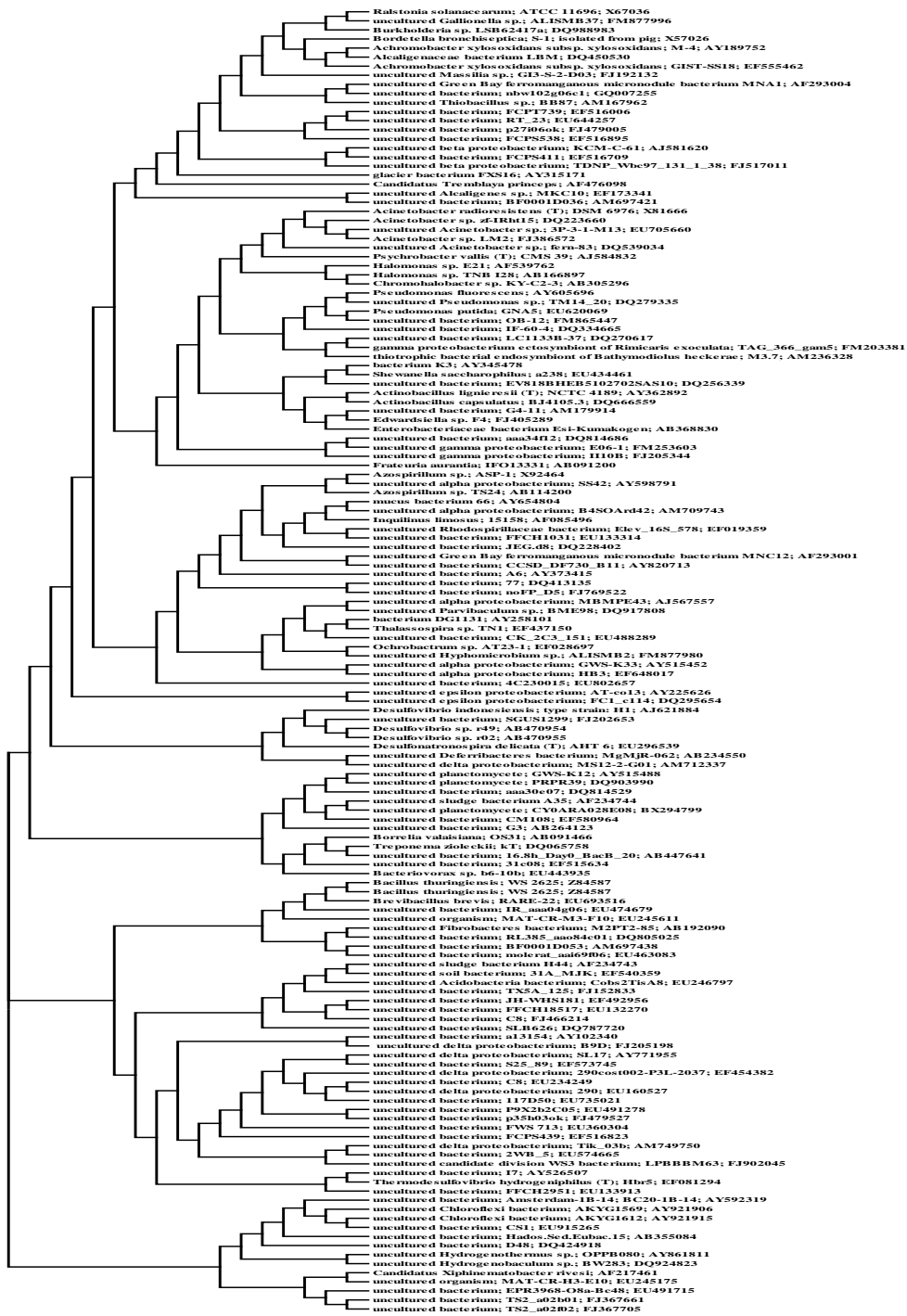


Рис. 3.20. Молекулярно-біологічна різноманітність прокаріотних генотипів в чорноземах типових на абсолютній цілині

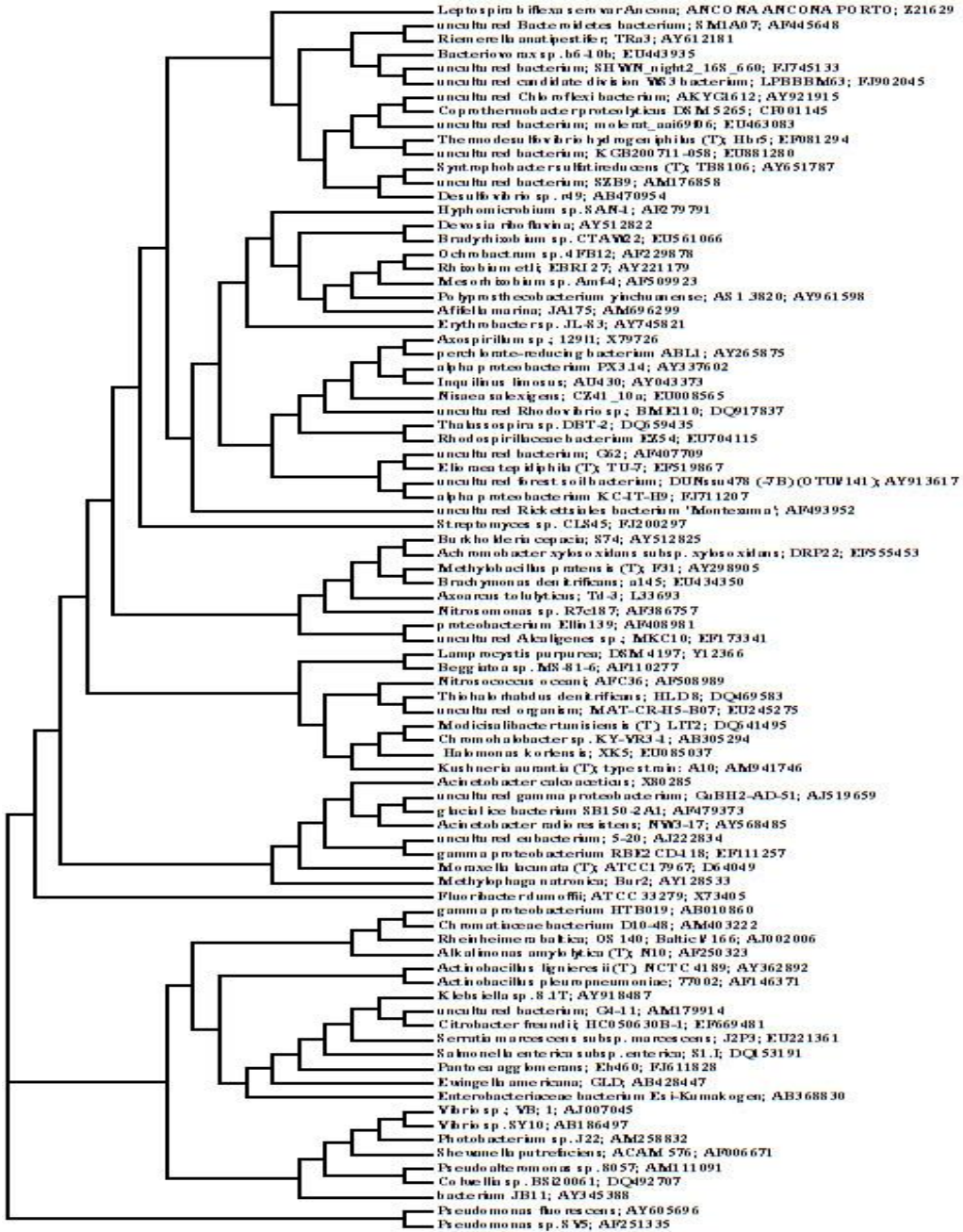


Рис. 3.21. Молекулярно-біологічна різноманітність філотипів прокаріот в чорноземах типових на оброблювальній ділянці (рілля з 1932 року).

Молекулярно-генетичний аналіз складу мікробних ценозів чорноземів Михайлівської цілини виявив численне домінування некультивованих на селективних середовищах видів бактерій у варіанті абсолютна цілина (до 68%), у порівнянні з ріллею (до 17%). Тобто, значна кількість бактерій на варіанті абсолютної цілини не висівається на селективних середовищах, а відповідно ми не знаємо їх функцій і призначення в ґрунті, можливо це «запасний» пул мікробів.

У чорноземах типових Михайлівської цілини як на варіанті абсолютної цілини, так і ріллі сформувалися мікробценози, домінуюче положення в яких зайняли різні види бактерій. Антропогенний вплив на чорноземи, а саме варіант рілля є причиною збіднення генетичних ресурсів мікрофлори ґрунтів (145 видів на варіанті абсолютної цілини, 86 – на оранці) і корінній зміні її якісного складу. На варіанті абсолютної цілини наявні 13 основних кластерів, які відповідають домінуючим генотипам, що відносяться до представників 44 родів. На оброблювальній ділянці мікробний комплекс складається із восьми кластерів та 52 родів, домінуючими представниками яких є види, що відповідають за відновлення родючості при несприятливих умовах.

Дослідженнями встановлено, що як на абсолютній цілині, так і варіанті оранки сформувалися мікробценози, домінуюче положення в яких зайняли різні види бактерій (табл. 3.6). Молекулярно-генетичний аналіз складу цих угруповань у варіанті абсолютна цілина виявив численне домінування представників філогенетичних груп *Pseudomonas*, *Desulfovibrio*, *Bacterium*, *Achromobacter*, *Acetobacter*, *Halomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Actinobaculum*. Відсоток зустрічаємості *Pseudomonas* та *Bacillus* склав від 2 до 3,4%, проте некультивовані види бактерій становили 68%. На оброблюваній ділянці домінували представники *Actinobacteria*, *Vibrio*, *Actinobaculum*, *Proteobacterium*, *Achromobacter* – 7 %, а некультивовані види бактерій склали 17%. Саме цей список домінантів є одним з репрезентативних показників таксономічної структури мікробних

комплексів агроєкосистем, що свідчить про функціональну спрямованість формування ґрунту і процесів, що в ньому відбуваються.

Таблиця 3.6.

Вплив сільськогосподарського використання на склад домінуючих родів бактерій в чорноземі типовому природного заповідника «Михайлівська цілина», % трапляння бактерій

Рід бактерій	Абсолютна цілина	Розорана ділянка (варіант «оранка з 1932 року»)
<i>Pseudomonas</i>	3,4	2,3
<i>Acetobacter</i>	4,1	2,3
<i>Proteobacterium</i>	3,4	7,0
<i>Desulfovibrio</i>	3,4	1,2
<i>Achromobacter</i>	1,3	1,2
<i>Halomonas</i>	-	1,2
<i>Bacillus</i>	2,0	-
<i>Azospirillum</i>	2,0	1,2
<i>Actinobacillum</i>	2,0	10,4
<i>Vibrio</i>	-	3,4
<i>Inuii</i>	10,4	47,2
<i>Uncultured bacterium</i>	68	17

Бактерії роду *Pseudomonas* являють собою велику гетерогенну групу мікроорганізмів, широко розповсюджених в біосфері, загальнобіологічна роль яких реалізується перш за все в процесах мінералізації органічних сполук. Більша кількість бактерій роду *Pseudomonas* отримана на варіанті абсолютної цілини порівняно з оранкою, що пов'язано із більшою біомасою рослинних решток, яка надходить до ґрунту. Крім того, мікроорганізми можуть бути

джерелом накопичення у ґрунті токсичних речовин. Провідна роль у цьому належить представникам родів *Bacillus* і *Pseudomonas*. Найбільш помітний фітотоксичний вплив спричиняли *B. amilosina*, *B. brevis* і *Pseudomonas fluorescens* та деякі інші [13].

На оранці порівняно з абсолютною цілиною були зафіксовані види, які мають можливість синтезу фітотоксичних речовин. Абсолютна цілина у зв'язку з біорізноманіттям рослинних асоціацій характеризувалася наявністю видів бактерій деструкторів рослинних решток та відсутністю представників, що здійснюють фітотоксичний вплив.

Багато представників з роду *Achromobacter* утворюють колоїдні слизи та здатні цементувати ґрунтові агрегати. Їх структура недовговічна й відносно легко розпадається. Кількість бактерій цього роду була вищою в 4 рази на варіанті абсолютної цілини. Також на цьому варіанті переважали бактерії класу *Alfaproteobacteria* (роди *Azospirillum*, *Acetobacter*), які відіграють важливу роль у колообізі азоту в природі, зв'язуючи недоступний рослинам атмосферний азот і виділяючи зв'язаний у вигляді іонів амонію у ґрунт.

Наявність однієї сільськогосподарської культури порушує функціонування природних мікробоценозів у ґрунті та відновлення процесів саморегуляції, збереження метаболічної активності в несприятливих умовах навколишньої середовища. Вищенаведеною властивістю наділяють ґрунт бактерії *Actinobacillum*, *Vibrio* кількість яких також переважала на оранці.

Отже, за чисельністю інших бактерій і некультивованих на селективних середовищах варіанти абсолютної цілини і оброблюваної ділянки були близькі між собою і відповідно нараховували 78,4 та 69,8%, що свідчить про зменшення мікробного біорізноманіття при розорюванні цілини та його перебудову відповідно до умов середовища. Варіант абсолютної цілини порівняно з оброблюваною ділянкою меншевивчено і з метою розробки заходів з відтворення родючості чорноземів потрібні зусилля мікробіологів для дослідження некультивованих видів.

Оцінка екологічних параметрів прокариотного ґрунтового комплексу з врахуванням екологічних індексів домінування та різноманіття наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Екологічна оцінка чорнозему типового за індексами домінування і мікробного біорізноманіття «Михайлівської цілини»

Варіант	Шар ґрунту, см	Екологічні індекси	
		домінування	різноманіття
Рілля з 1936 року	0-20	0,1978	0,7409
	20-40	0,0589	1,3250
Абсолютна цілина	0-20	0,2177	1,3516
	20-40	0,0625	0,8064

Різниця за індексом домінування у варіантах абсолютна цілина і оброблювана ділянка не перевищувала 5 %, а за показником біорізноманіття (до 37%) вищі показники отримані на цілинній ділянці. Разом з тим за індексом різноманіття на оброблюваній ділянці більші показники спостерігалися в шарі 20–40 см, а на варіанті «абсолютна цілина» в шарі 0-20 см.

Висновки до розділу 3

Дослідження біогенності та різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, активності окисно-відновних ферментів цілинних і освоєних чорноземів дає можливість зробити висновки:

1. Показник біогенності можливо використовувати для діагностики різновидів чорноземів, а саме у чорноземах типових нараховують від 10 до 45 млн. КУО в 1 г а.с.о., звичайних – 3,5–10 млн. в 1 г а.с.о.

2. Ступінь збагаченості мікробними ценозами чорноземів звичайних Хомутовської цілини (зони Степу) у шарі 0–40 см був у п'ять разів менший порівняно з чорноземами типовими Михайлівської (ґрунтово–кліматична зона

Лісостепу) і характеризувався як дуже дуже бідний на всіх варіантах дослідження. Відповідно кількість мікроорганізмів, які розкладають органічні азотовмісні сполуки в чорноземах типових природного заповідника «Михайлівська цілина» більша в 3,7 рази на варіанті абсолютна цілина, 3,3 – кошена цілина, 1,2 – рілля порівняно з чорноземами звичайними природного заповідника «Хомутовська цілина».

3. Викошування цілинної рослинності призводить до зменшення в шарі 0–40 см показника біогенності 1,1–1,4 разів, кількість гетеротрофів на МПА на 25,5–41,5%, показника мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини до 1,5–1,8 разів, стрептоміцетів – 4,5 разів, педотрофних мікроорганізмів – 1,7 разів і збільшенні гуматрозкладальних мікроорганізмів майже у 4 рази порівняно з абсолютною цілиною.

4. Розорювання цілинних ґрунтів і їх сільськогосподарське використання не призводить до істотно зменшення біогенності і кількості мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту, але зменшує кількість гетеротрофів на МПА на 45–81%, чисельності стрептоміцетів у 8 разів, чисельність мікроміцетів, які приймають участь у синтезі периферичної частини гумусових кислот до 1,6 разів і підвищення коефіцієнту мінералізації – іммобілізації азоту до 1,8 разів, чисельності мікроорганізмів, які розкладають ядерну частину гумусових речовин – гуматрозкладаючих – на 14%.

5. У чорноземах типових Михайлівської цілини як на варіанті абсолютної цілини, так і ріллі сформувалися мікробоценози, домінуюче положення в яких зайняли різні види бактерій. Розорювання цілинних чорноземів сприяє збідненню генетичних ресурсів мікрофлори ґрунтів (145 видів на варіанті абсолютної цілини, 86 – на оранці) і корінній зміні її якісного складу. На варіанті абсолютної цілини наявні 13 основних кластерів, які відповідають домінуючим генотипам, що відносяться до представників 44 родів. На оброблювальній ділянці мікробний комплекс складається із восьми кластерів та 52 родів, домінуючими представниками яких є види, що відповідають за відновлення родючості при несприятливих умовах.

6. Розорювання цілинних чорноземів майже у 2 рази збіднює генетичні ресурси мікрофлори ґрунтів з 145 до 86 видів та докорінно змінює їх якісний склад. За індексом домінування різниця не перевищувала 5 %, а за показником біорізноманіття (до 37 %) вище показники отримані на цілинній ділянці.

7. Прокаріотний комплекс ґрунту на варіанті абсолютної цілини в шарі 0-20 см характеризувався наявністю фрагментів від 4000 до 19000 при дуже широкій інтенсивності флуоресценції від 70 до 700 nt.

8. Результати досліджень по даному розділу опубліковані [370, 371].

РОЗДІЛ 4

ТРАНСФОРМАЦІЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЦІЛИННИХ І ОСВОЄНИХ ЧОРНОЗЕМІВ

Найважливішою складовою ґрунту і показником його родючості є органічна речовина, яка на 85-90% представлена гумусом. Вона обумовлює майже на всі інші показники і проходить складний шлях перетворень в ґрунті на етапі малого біологічного кругообігу, що в основному визначається поняттям гумусовий стан [320]. Гумус ґрунту являє собою комплекс органічно-мінеральних сполук, які за своєю природою і функціональними особливостями також можна віднести до стабільних або лабільних, розглядаючи їх разом як систему. Чорноземи утворились внаслідок розвитку дернового процесу ґрунтоутворення, який відбувався під покривом лучно-степової рослинності [308]. На поверхню та в метрову товщу ґрунту надходила значна кількість органічних решток та зольних речовин. Їх розкладання відбувалося за участю мікроорганізмів, мікро- і мезофауни. Наявність карбонату кальцію сприяє нейтралізації продуктів розкладання органічних речовин та закріпленню гумусових речовин [293]. Одночасно з розкладанням органічних речовин в ґрунті синтезуються гумусні речовини, відбувається гумусоутворення. Швидкість і спрямованість гуміфікації залежать від багатьох факторів. Основними серед них є кількість і хімічний склад рослинних решток, водний і повітряний режими, склад ґрунтових мікроорганізмів, реакція ґрунтового розчину, гранулометричний склад ґрунту тощо [286].

Гумусовий стан цілинних чорноземів залежить від біомаси рослинності, її хімічного складу [280]. Ґрунтова біота перетворює рослинні рештки у детрит і гумусові речовини, сприяє прискоренню кругообігу речовин і енергії в системі «ґрунт–рослина», а також за рахунок розкладання гумусу задовольняються потреби рослин в елементах живлення [293]. На певному етапі розвитку рослинного ценозу швидкість надходження рослинних решток

перевищує розкладання, яке виконує ґрунтова біота. Тому на поверхні ґрунту накопичується топужна дернина, яка разом з кореневою системою рослин (кореневі виділення і відмираючі корені) є головним джерелом поповнення ґрунту на свіжу органічну речовину. Причому майже вся вона надходить до верхнього найбільш біологічно активного шару ґрунту [318]. Співпадання зон надходження надземної і кореневої біомаси та найвищої біологічної активності є основою збереження гумусу ґрунту при одночасному інтенсивному кругообігу речовин і енергії. При цьому, запаси гумусу знаходяться на певному стабільному рівні та поповнюються шляхом гуміфікації рослинних решток [319].

У процесі сільськогосподарського використання до ґрунту надходить недостатня кількість рослинних решток, а у перші роки після розорювання значно підвищується біологічна активність, що змінює будову мікробоценозів і, як наслідок, кількісний і якісний склад органічної речовини. Виходячи із вищенаведеного, цілинні ґрунти є цінним об'єктом для вивчення природних процесів мікробної трансформації органічної речовини, їх взаємодії та відтворення органічної речовини. Такі дослідження дають можливість вивчити механізми мікробної трансформації органічної речовини і встановити найбільш критичні місця у системі гумусонакопичення та запобігти деградації ґрунту від антропогенного навантаження [318].

4.1. Органічна речовина цілинних чорноземів та її зміни за антропогенного використання

Цілинні ґрунти являють собою урівноважені системи, в яких кількість речовин, що виноситься з ґрунту приблизно дорівнює кількості тих, що надходять. Маса, склад рослинних решток, процеси гуміфікації і мінералізації органічної речовини також врівноважені і забезпечують стабільність системи [36, 64, 141, 169]. Дослідженню органічної речовини у цілинних ґрунтах та за сільськогосподарського використання приділено багато уваги А. Д. Балаєва [29-33], О. М. Грінченко [125], М. І. Лактіонова [93, 149], Г. Я. Чесняка [278,

334, 383, 384], В. В. Дегтярєва [63, 93, 146-149], Д. Г. Тихоненко [92, 358], А. А. Титлянової [52], С. В. Крохіна [63, 216-217], Ю.Л. Цапко [414], які довели, що сільськогосподарська діяльність людини призводить до зменшення вмісту загального гумусу порівняно з цілинними аналогами. Мінералізація гумусу особливо велика в перші роки після розорювання, а з часом темпи втрат знижуються і вміст гумусу в ґрунті стабілізується вже на нижчому рівні. Цей рівень найбільше залежить від кількості свіжої органічної речовини, яка надходить в ґрунт та прийнятих в сівозміні систем обробітку й удобрення [36, 64, 141, 169].

Потрібно врахувати те, що в Україні на сьогоднішній день площа орних земель становить 32,531 млн. га [501], тобто близько 50% території розорано і знаходиться в обробітку і тому процеси дегуміфікації набули катастрофічного рівня. За даними ФАО деградація земель є надзвичайно актуальною проблемою для України, оскільки вона безпосередньо впливає на родючість ґрунту та якість сільськогосподарської продукції і це може призвести до значних економічних втрат (понад 6 мільярдів доларів США в рік). Одним із основних видів деградацій ґрунтів в Україні є дегуміфікація, тому питання гумусного стану цілинних ґрунтів та їх зміни під впливом сільськогосподарського використання є актуальним за сучасного стану і специфіки розвитку аграрної галузі [440, 453].

Різне використання цілинних земель (лісосмуга, переліг, сіножаті і рілля) призводить до мінералізації органічної речовини ґрунту порівняно із цілинним аналогом на 3,2–27,9% (табл. 4.1). Найбільші зміни за виключенням лісосмуги відбуваються у біогенноактивному шарі 0-5 см, який характеризувався вищими показниками вмісту гумусу порівняно з іншими шарами. Це зумовлено тим, що в умовах абсолютної цілини рослини після відмирання залишаються на поверхні ґрунту і продукти розкладу рослинних решток, у тому числі і новоутворені гумусові речовини збагачують на гумус саме верхню частину ґрунту. Це зумовлює найвищий вміст загального гумусу з поверхні, а з

глибиною показники поступово знижуються і вже у шарі 20-40 см складають 6,25%.

У шарі 0-5 см на варіанті кошеної цілини відбувається незначне зменшення вмісту загального гумусу порівняно з абсолютною цілиною і з глибиною воно посилюється. У верхньому шарі ґрунту 5-20 см вміст гумусу становить 7,78%, що становить 88,6% порівняно з абсолютною цілиною, а в шарі 20-40 см показники становлять відповідно 5,33%. Таким чином, викошування цілинних земель, зменшує на відносних 13% вміст загального гумусу у шарі 0-40 см порівняно з абсолютною цілиною.

Таблиця 4.1.

Вміст загального гумусу у чорноземах типових за різного використання в умовах заповідника «Михайлівська цілина»

Глибина, см	Вміст загального гумусу, %				
	лісосмуга	абсолютна цілина	переліг з 1956 року	кошена цілина	рілля з 1936 року
0-5	<u>9,42*</u>	<u>10,11</u>	<u>8,68</u>	<u>9,86</u>	<u>5,99</u>
	93,2	100	85,8	97,5	59,2
5-20	<u>8,40</u>	<u>8,80</u>	<u>7,30</u>	<u>7,80</u>	<u>5,91</u>
	95,5	100	83,0	88,6	67,2
20-40	<u>6,48</u>	<u>6,25</u>	<u>5,79</u>	<u>5,33</u>	<u>5,40</u>
	103,7	100	92,6	85,2	86,4
0-40	<u>7,40</u>	<u>7,52</u>	<u>6,54</u>	<u>6,56</u>	<u>5,51</u>
	98,8	100	87,0	87,3	73,1

$HP_{0,5}=0,06; Sx=2,23$

*– у чисельнику абсолютні значення, знаменнику – % до абсолютної цілини.

Багаторічна деревна рослинність позитивно впливає на гумусовий режим чорнозему типового. Так, у шарі 5-20 см під лісосмугою вміст загального гумусу становить 8,40%, а у 20-40 см – 6,48%. Отже, під лісосмугою інтенсивніші процеси гумусонакопичення відбуваються в шарі 20-40 см у

порівнянні з абсолютною цілиною. Це підтверджується і дослідженнями В.В. Дегтярьова, К.Б. Новосада [92, 275], в яких під деревною рослинністю дещо інтенсивніше проходить накопичення власне гумусових речовин, а також уповільнюються темпи мінералізації детриту, особливо у нижніх шарах ґрунту.

Інтенсивне використання ріллі протягом 80 років призвело до зниження вмісту гумусу, яке найбільше проявлялося у шарі 0-5 см, де вміст становив 4,12%, тобто на 40,8% менше порівняно з абсолютною цілиною. З глибиною різниця зменшується і відповідно становить у шарі 5-20 см – 2,89% (32,8%), 20-40 см – 0,85% (13,6%) і у середньому в шарі 0-40 см – 2,01% (26,9%). Отже, найбільші зміни за інтенсивного землеробства відбуваються у шарі 0-5 см, що пояснюється доступом повітря, високою біогенністю та надходженням меншої кількості рослинних решток і це призводить до прискорення біологічного колообігу речовин і інтенсивної мінералізації органічної речовини. Саме тому, застосування різних технологій повинно бути спрямовано на збагачення верхнього кореневмісного шару рослинними рештками й органічними добривами, які є джерелами утворення гумусу.

Уведення перелогового режиму призводить до відновлення гумусу порівняно з ріллею і чим триваліше використання такого режиму, тим більше відбувається накопичення маси коренів у ґрунті [27, 141]. У наших дослідженнях повного відновлення вмісту гумусу у ґрунті за 56 років не відбувається. Так, різниця порівняно з абсолютно цілинними ділянками становила: у шарі 0-5 см 1,43%, що менше на 14,3 відсотних відсотка і відповідно у шарах 5-20 см 1,50% (17,0%), 20-40 см – 0,46% (7,4%) і в середньому у шарі 0-40 см 0,98% (13,0%).

Тобто, відновлення гумусу, це довготривалий процес й тому, усі технології вирощування повинні бути спрямовані на збереження гумусу особливо у верхніх шарах ґрунту, де проявляються значні його втрати за розорювання цілинних земель.

Інтенсивне використання ґрунтових ресурсів степової зони України супроводжувалось зростанням деградаційних процесів, що зумовило зниження потенційної родючості та погіршення агрофізичних показників ґрунту. Фактичний вміст гумусу в чорноземах Степу становить 3,5% при оптимумі 4,3%, а еталонном для чорнозему звичайного є рівень 4,5% [189]. Критичним же для даного типу ґрунту вважається його вміст в межах 3,0–3,5% [221]. Тобто за вмістом гумусу основний ґрунтовий покрив зони наблизився до екологічно небезпечного стану, що ставить під загрозу виконання ним основних функцій (забезпечення постійної взаємодії великого геологічного та малого біологічного кругообігу, регулювання хімічного складу атмосфери і гідросфери, кругообіг води на земній кулі, регулювання біосферних процесів, акумуляція органічної речовини й пов'язаної з нею хімічної енергії на земній поверхні). Для забезпечення екологічної рівноваги агроценозів, сучасний рівень родючості зональних ґрунтів потребує всебічної уваги і невідкладної реалізації заходів її стабілізації. Ці питання можна вирішувати на основі оцінки і прогнозу можливих змін гумусного стану цілинних ґрунтів і тих, які знаходяться у сільськогосподарському використанні.

Визначення вмісту загального гумусу в чорноземах звичайних Хомутовського степу показує (табл. 4.2), що в умовах степової зони у верхньому 0–5 см шарі викошування рослинності на цілині викликає істотні зміни, ніж в чорноземах типових Михайлівської цілини Лісостепової зони.

У середньому, в шарі 0–40 см вміст у чорноземі звичайному загального гумусу менше на 0,69%, або на 10% відповідно до аналогічного варіанту абсолютної цілини. Причому, як у чорноземах типових Лісостепу, так й чорноземах звичайних Степу найбільші зміни відбулися у шарі 20–40 см – 0,8% (14,8%).

Рілля порівняно з цілинними ґрунтами характеризується значно меншим вмістом гумусу в усіх шарах ґрунту, що пов'язано з недостатньою кількістю рослинних рештків і енергетичного матеріалу, які є джерелом живлення для мікроорганізмів і утворення органічних речовин ґрунту. Разом з тим, у

чорноземах звичайних зони Степу в шарі 0-40 см відбуваються зменшення вмісту гумусу на 13-15% порівняно з чорноземами типовими Лісостепу, що пов'язано з меншою врожайністю культур та кількістю рослинних рештків.

Таблиця 4.2

**Вміст загального гумусу за різного використання чорнозему
звичайного важкосуглинковому природного заповіднику
«Хомутовська цілина», %**

Глибина, см	Вміст загального гумусу, %		
	абсолютна цілина	кошена цілина	рілля 67 років
0-5	<u>7,33*</u>	<u>6,62</u>	<u>4,29</u>
	100	90,3	58,5
5-20	<u>6,09</u>	<u>5,53</u>	<u>3,97</u>
	100	90,8	65,1
20-40	<u>5,39</u>	<u>4,59</u>	<u>3,28</u>
	100	85,2	60,9
0-40	<u>6,27</u>	<u>5,58</u>	<u>3,85</u>
	100	90,0	61,4

$HP_{0,5}=0,07; S_x=2,20$

*– у чисельнику абсолютні значення, знаменнику – % до абсолютної цілини.

Отже, сільськогосподарське використання цілинних чорноземів як Лісостепу, так і Степу України призводить до зміни біомаси рослинності, кількості, складу еколого-трофічних груп мікроорганізмів і в кінцевому результаті до зниження вмісту загального гумусу, що особливо проявляється у найбільш коренемісному 0-5 см шарі.

4.2. Вміст рухомих органічних речовин

Гумінові кислоти за дослідженнями Д.С. Орлова [285-293] це високомолекулярні структури, які характеризуються перемінним складом, будовою і властивостями. У роботах Н.Н. Нікітаєва [270], І.Д. Комісарова, Д.С. Орлова [285] доведено, що гумінові кислоти складаються із ядра і периферичної частини, яка являє собою лабільні гумусові речовини.

Ядерна частина (стабільний гумус) представлена ароматичними шестичленими кільцями, які міцно закріплені мінеральними сполуками (гумін, гумати кальцію, гуміново-глинисті комплекси). Це стійка слабо мінералізована частина гумусу, час її повного відновлення сотні і тисячі років. Стабільний гумус – потенційний резерв багатьох елементів живлення, проте найбільше його агрономічне значення у формуванні сприятливих фізичних, водно-фізичних, фізико-механічних та інших властивостей, протиерозійній здатності ґрунтів.

Лабільні гумусові речовини складаються з рослинних решток різного ступеня розкладання, передгумусової фракції (детрит) та рухомих форм гумусових речовин (водорозчинна та слабо закріплена мінеральними сполуками частина гумусу). Це найефективніше джерело елементів живлення для рослин, оскільки найбільш збалансоване за мікро- і макроелементами.

Нестача лабільних форм сприяє більшому розкладанню стійкого гумусу, тобто дегуміфікації, тому систематичне поповнення ґрунту свіжою органічною речовиною, підвищення обсягів та швидкості її колообігу сприяє збереженню основної частини гумусу. Проте, надмірне надходження органіки бідної азотом, може викликати його біологічну мобілізацію за рахунок підвищення мінералізації гумусу ґрунту. Крім цього рухомі органічні речовини (РОР) – біохімічно активний фонд органічної частини ґрунту, який здійснює суттєвий вплив на процеси структуроутворення і акумуляції енергії. Ці сполуки характеризується підвищеною гідрофільністю і вмістом функціональних груп азоту, невисоким вмістом карбону, карбоксильних та фенольних груп, низькою оптичною щільністю. Вміст амонійного азоту, який вивільняється зі складу лабільних гумусових сполук у гумінових кислотах становить 9,7-13,8 % [197].

Дослідженнями М.А. Єгорова [164, 225], А.Д. Балаєва [29-31, 35, 37, 254, 296, 400, 403, 406, 431] встановлено, що рухомість органічної речовини цілинного ґрунту і оброблюваних ділянок одного і того ж генетичного типу різна і залежить від загального вмісту гумусу у ґрунті. При вмісті гумусу

менше 5% рухомих органічних речовин більше на ріллі, ніж у цілині чи перелозі. А при загальному вмісті гумусу більше 5%, рухомих органічних речовин, навпаки, більше на перелозі. Дегтярьовим В.В. [93, 146] доведено, що вміст рухомих гумусових речовин залежить від маси рослинних решток, характеру водного і повітряного режимів ґрунту.

Таблиця 4.3.

Вміст рухомих органічних речовин за різного використання чорноземів типових природного заповідника «Михайлівська цілина», %

Угіддя	Глибина, см		
	0-20	20-40	0-40
Абсолютна цілина	$\frac{0,83^*}{9,4}$	$\frac{0,31}{5,0}$	$\frac{0,57}{7,2}$
Кошена цілина	$\frac{0,51}{6,5}$	$\frac{0,21}{3,9}$	$\frac{0,36}{5,2}$
Переліг 42 роки	$\frac{0,33}{4,5}$	$\frac{0,20}{3,4}$	$\frac{0,17}{4,0}$
Лісосмуга 42 роки	$\frac{0,42}{5,0}$	$\frac{0,23}{3,5}$	$\frac{0,33}{4,3}$
Рілля 80 років	$\frac{0,11}{1,9}$	$\frac{0,06}{1,1}$	$\frac{0,09}{1,5}$

*у чисельнику – абсолютні значення рухомих органічних речовин, знаменнику – частка по відношенню до загального вмісту гумусу.

$$HP_{0,5}=0,03; Sx=2,23$$

Отже, дослідження вмісту рухомих гумусових речовин цілинних ґрунтів, їх трансформації при сільськогосподарському використанні дасть можливість контролювати зміни найбільш динамічної частини гумусу і його якості внаслідок впливу господарської діяльності людини.

У наших дослідженнях вміст POP у чорноземах типових природного заповідника «Михайлівська цілина» залежав від способу використання і зменшувався від верхніх до нижніх (20-40 см) шарів ґрунту (табл. 4.3) і це

пояснюється посиленням розвитком гетеротрофної мікрофлори (див. рис. 3.2), яка використовує вуглець гумусових речовин, особливо його рухомих форм. У результаті цього в ґрунті створюються умови, коли процес мінералізації переважає над процесом гуміфікації.

Найвищий вміст рухомих гумусових речовин отримано в 0-20 см шарі ґрунту на варіанті абсолютної цілини, що становить 9,4% по відношенню до загального вмісту гумусу. Розорювання цілини зменшує вміст рухомих гумусових речовин у 0 -20 см шарі у 4,9 рази, в шарі 20-40 см відповідно – 4,5 разів. При цьому на ріллі не спостерігається різкої диференціації за вмістом РОР на відміну від абсолютної цілини.

Викошування рослинності призводить до зменшення по відношенню до абсолютної цілини на 0,32% РОР або 63% у шарі 0-20 см і в 1,5 рази у шарі 20-40 см. Така ж тенденція відбувалася на перелозі, але по відношенню до ріллі їх вміст збільшується майже у три рази як у верхньому, так й нижньому шарах. У шарі 0-40 вміст РОР можна розмістити у наступний ряд: абсолютна цілина – кошена цілина – лісосмуга – переліг – рілля.

Таким чином, сільськогосподарське використання чорноземів типових із вмістом загального гумусу більше 5,0% зменшує вміст РОР у 5 разів, що, на нашу думку, й призводить до мінералізації органічної речовини ґрунту. Вміст РОР у чорноземах звичайних Хомутовського степу (табл. 4.4) менше за значення на Михайлівській цілині в 1,3 рази на варіанті абсолютного степу і до 3 разів – кошена цілина. Різниця між ріллею чорноземів звичайних і типових не перевищувала 5 %. Найбільші значення РОР отримано у шарі 0-5 см абсолютної цілини, викошування рослинності зменшувало показники вмісту РОР майже у 3 рази, а варіант рілля відповідно – 5,6 разів. У шарі 5-20 см спостерігалися такі ж самі тенденції, найбільші значення встановлено на абсолютній цілині (0,35%), що становить 5,7% від загального вмісту гумусу, а на кошеній цілині і ріллі частка від загального гумусу становила 2,5%. У шарі 20-40 см на абсолютній цілині отримали у 2,2 рази менший вміст РОР

порівняно з шаром 5-20 см, відповідна різниця на варіантах кошеної цілини і ріллі не перевищувала 5%.

Таблиця 4.4

**Вміст рухомих гумусових речовин у чорноземі звичайному
важкосуглинковому Хомутовського степу, %**

Глибина, см	Вміст рухомих гумусових речовин, %		
	абсолютна цілина	кошена цілина	рілля 67 років
0-5	<u>0,60*</u>	<u>0,21</u>	<u>0,11</u>
	8,2	3,2	2,6
5-20	<u>0,35</u>	<u>0,14</u>	<u>0,10</u>
	5,7	2,5	2,5
20-40	<u>0,15</u>	<u>0,13</u>	<u>0,08</u>
	2,8	2,6	2,4
0-40	<u>0,36</u>	<u>0,16</u>	<u>0,10</u>
	5,7	2,9	2,5

$HP_{0,5}=0,02; S_x=2,10$

*у чисельнику – абсолютні значення рухомих органічних речовин, знаменнику – частка по відношенню до загального вмісту гумусу.

Сільськогосподарське використання чорноземів звичайних Хомутовського степу у якості ріллі викликає інтенсивне зниження вмісту POP у шарі 0-40 см більше ніж у 3,5 рази, що пов'язано із підвищенням біогенності чорнозему звичайного на варіанті ріллі в 1,4 разів, порівняно з абсолютною цілиною.

4.3. Водорозчинні органічні речовини

Серед широкого різноманіття органічних речовин (ОР) у ґрунтах домінуюче місце займають сполуки гумусової природи, що формують систему генетично схожих комплексів під спільною назвою гумус. Узагальнюючи визначення гумусу, зроблені відомими дослідниками [270–275], можна сказати, що він є сумішшю світло- чи темнозбарвлених високомолекулярних речовин природного походження, які утворюються внаслідок стохастичних процесів гуміфікації органічних решток за участі мікроорганізмів. У результаті

дії складних біохімічних перетворень у ґрунтовому комплексі накопичуються термодинамічно найстійкіші структури із загальним принципом будови. Характерною особливістю всієї системи гумусових речовин (ГР) є її гетерогенність, наслідком чого є варіювання фізико-хімічних властивостей [275.].

Дослідженнями В.В. Агеєва [1] доведено, що оптимальний вміст лабільної органічної речовини спостерігається в ґрунтах, у яких середньорічне надходження післязбиральних рослинних і органічних залишків у сухій речовині 4-6 т/га. При достатньому надходженні до ґрунту біологічної маси трав'янистої рослинності процеси її перетворення трохи загальмовані, відбувається консервація напіврозкладених залишків у вигляді детриту або за І.В. Тюріним [374] «ліногуматів», що втратили морфологічну будову відмерлі рослинні рештки. У чорноземах, що окультурюються, у порівнянні із цілинними, порушується взаємна компенсація умов перетворення органічних залишків і утворення гумусу, що приводить не тільки до кількісних, але й до якісних змін [220, 221].

При розробці підходів до оптимізації режиму гумусового стану як найважливішої умови збереження й підвищення родючості чорноземів необхідно враховувати, що органічна речовина – це багатокомпонентна система. В ґрунті одночасно можуть бути присутніми групи речовин, що мають різний період мінералізації від днів і місяців до сотень років. Природно, що забезпечення рослин елементами живлення пов'язане в першу чергу з найбільш трансформаційною, лабільною фракцією органічної речовини [87, 89].

Важливим чинником утворення ГР є умови зовнішнього середовища, передусім термічний режим та вологість [199]. Метеорологічні та гідрологічні чинники визначають не тільки напрями та специфіку формування гумусу, а й сприяють його трансформації та розподілу за глибиною ґрунтового профілю [234].

Водорозчинні органічні речовини, як і рухомі форми гумусу відіграють важливу роль в ґрунтоутворенні і родючості ґрунту, так як приймають активну участь у багатьох ґрунтових процесах. Найперше вони є вихідним матеріалом для утворення всіх груп стабільних гумусових речовин [197] активізують мобілізацію поживних речовин і підсилюють їх міграційну здатність [225]. Як вважає Л. Н. Александрова, до їх складу входять високомолекулярні й низькомолекулярні органічні речовини: амінокислоти, органічні кислоти, вуглеводи, фенольні речовини, фульвокислоти [9]. За даними А. І. Жукова, Л. В. Сорокіна, В. В. Мосальова, у лізіметричних водах і ґрунтових розчинах практично відсутні гумінові кислоти й лише в невеликих кількостях виявляються їхні попередники [173]. Поглинаючи хімічні елементи, кореневі системи виділяють в еквівалентній кількості такі іони, як OH^- , H^+ , HCO_3^- , а також органічні сполуки типу кислот, які за певних умов багато в чому сприяють руйнуванню мінералів у ґрунті. У природніх спільнотах корневих виділень у декілька разів більше, оскільки корененасичення цілинно-степового чорнозему значно вище, чим того ж чорнозему під сільськогосподарськими культурами [175].

Водорозчинні органічні сполуки безпосередньо впливають на мобілізацію поживних речовин і родючість ґрунту. Установлено, що кількісний вміст водорозчинних органічних речовин перебуває в тісній кореляції із урожайністю культур і може служити досить надійним показником ступеня окультурення чорноземних ґрунтів як на богарі, так і в умовах зрошення [261]. У той же час, як відзначають Ф.Я. Багаутдинов, Ф.Х. Хазиев [25] найбільш істотна відмінність між ґрунтовими розчинами цілинних і орних чорноземів полягає насамперед у вмісті органічного карбону. Найбільша кількість водорозчинних органічних речовин за даними Г. А. Заварзіна міститься у цілинному чорноземі (0,30-0,36%). Контрольний й фоновий варіанти характеризувалися меншими значеннями до 0,10-0,18% [175].

У зв'язку з цим, важливо було встановити, особливості гуміфікації рослинних рештків, утворення водорозчинних органічних речовин і їх частку у

загальному гумусі цілинних ґрунтів. Вміст водорозчинної органічної речовини у різних фітоценозах природного заповідника «Михайлівська цілина» наведено у табл. 4.5.

Найбільші значення водорозчинної органічної речовини отримано у шарі 0–20 см на абсолютній цілині, що пов'язано із високою корененасиченістю цілинно-степового чорнозему, значною кількістю кореневих виділень. Також, високі значення (91,3% від абсолютної цілини) отримано на варіанті лісосмуга. Коренева система рослин найчастіше виділяє в ґрунтовий розчин такі органічні кислоти, як яблучна, винна, мурашина, щавлева. До складу кореневих виділень, за даними В.В. Пономарьової і Т.А. Плотнікової [320], входять органічні кислоти, амінокислоти, цукри, ферменти й вітаміни, загальна кількість яких під культурними рослинами досягає 10% їх маси.

Таблиця 4.5.

**Вміст водорозчинної органічної речовини за різного використання у
цілинних чорноземах природного заповідника «Михайлівська цілина»,
мг/100 г ґрунту**

Угіддя	Глибина, см		
	0-20	20-40	0-40
Абсолютна цілина	$\frac{545^*}{100}$	$\frac{446}{100}$	$\frac{496}{100}$
Кошена цілина	$\frac{397}{72,8}$	$\frac{325}{72,8}$	$\frac{361}{72,8}$
Переліг 42 роки	$\frac{267}{49,0}$	$\frac{209}{47,0}$	$\frac{238}{48,0}$
Лісосмуга 42 роки	$\frac{495}{91,0}$	$\frac{411}{92,2}$	$\frac{453}{91,3}$
Рілля 80 років	$\frac{181}{33,2}$	$\frac{159}{35,7}$	$\frac{170}{34,2}$

$HP_{0,5}=13; S_x=2,05$

*у чисельнику – абсолютні значення водорозчинної речовини, знаменнику – частка по відношенню до абсолютної цілини.

Косіння цілинної рослинності зменшує до 72,8% вміст водорозчинної органічної речовини, що на нашу думку пов'язано із зміною видового складу цілинних ценозів і кількістю кореневих решток, які вони продукують. Найменші значення в шарі 0-40 см отримано на ріллі, що становить 34,2% від абсолютної цілини.

Багато дослідників оцінці якості сполук органічної речовини ґрунтів пропонують звертати увагу не тільки на фракційно-груповий склад гумусу, але й на співвідношення в органічній речовині групи стійких (консервативних) речовин і групи лабільних сполук [328, 285]. Як показують дослідження ряду авторів А. Д. Балаєва [30], С. В. Крохіна [216], О. М. Грінченка, Р. Г. Дерев'янка, О. О. Бацули [132], В. В. Дегтярева [143, 146] різке зниження вмісту лабільних органічних речовин пов'язане з інтенсивним сільськогосподарським використанням ґрунтів, тому для діагностики ступеня їх деградації доцільно використовувати відношення вмісту водорозчинної органічної речовини і рухомих гумусових речовин до загального вмісту гумусу. Чим менші показники, тим інтенсивніше відбуваються процеси деградації. Уведення перелогового режиму навпаки підвищує до 48-49% вміст водорозчинних органічних речовин, що на 14-16% більше порівняно із ріллею. Тобто, сільськогосподарське використання чорноземів Михайлівської цілини зменшує до 65% вміст водорозчинних органічних речовин [146].

Частку лабільних гумусових речовин по відношенню до загального гумусу наведено на рис. 4.1. Із рисунка видно, що сільськогосподарське використання чорноземів зменшує частку лабільних гумусових речовин по відношенню до загального гумусу на 40% – при викошування цілини, в ріллі – у 5 разів, на перелозі – у 2 рази порівняно з абсолютною цілиною. При цьому на ріллі мінералізація переважає над гуміфікацією, частина новоутворених гумусових речовин мінералізується мікроорганізмами. Активізуються

педотрофні мікроорганізми, які для свого живлення використовують периферійну частину гумінових кислот. Тому кількість гумусових речовин значно зменшується. На варіанті абсолютної цілини за значної кількості рослинних решток переважають процеси синтезу над деструкцією гумусових речовин, тому що рослини містять субстрати, які легко метаболізують і доступні мікроорганізмам (цукри, полісахариди, амінокислоти). Чисельність автохтонних мікроорганізмів значно зростає. Частина продуктів розкладу з'єднується з більш стійкими фракціями гумусових речовин. Відбувається матрична добудова останніх в складніші структури, підвищується вміст периферійної частини гумусної молекули, зростають молекулярні маси [197]. Втрата лабільних фракцій органічної речовини за дослідженнями М. М. Конової супроводжується зростанням гуматності гумусу й ролі інертних компонентів у його формуванні [206].

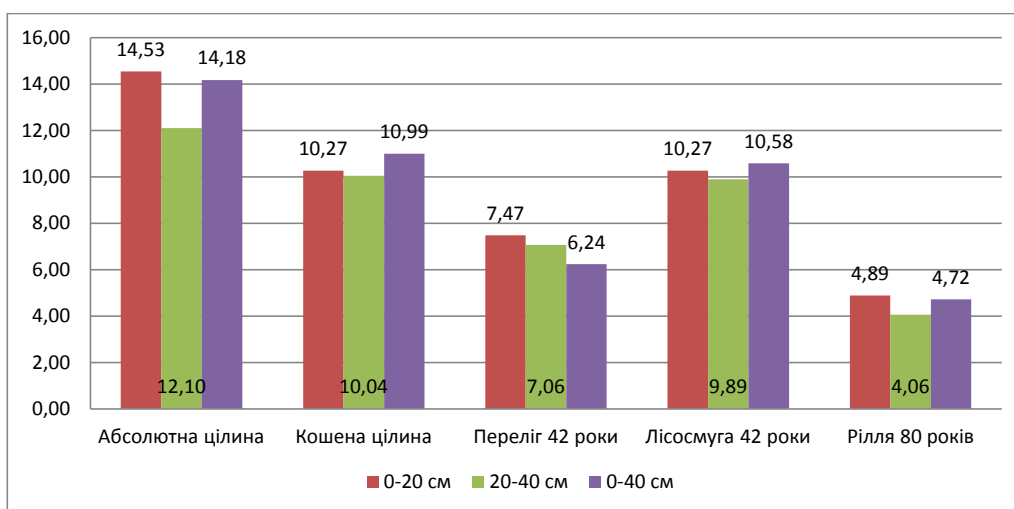


Рис. 4.1. Частка лабільних гумусових речовин по відношенню до загального гумусу за різного використання чорнозему типового природного заповідника «Михайлівська цілина».

У чорноземах степової зони зменшення кількості корневих залишків та низький вміст вологи у ґрунтовому профілі у літній період призводить до

зниження інтенсивності мінералізації рослинних решток, тому показники вмісту водорозчинних органічних речовин менші у чорноземах звичайних у 1,3-1,5 разів порівняно із типовими.

Вміст водорозчинної органічної речовини у різних фітоценозах природного заповідника «Хомутовська цілина» наведено у табл. 4.6. Недостатня кількість вологи, накопичення напіврозкладених рослинних решток на поверхні варіанту «кошена цілина» (див. табл. 4.6) призвело до вищих показників водорозчинної органічної речовини в шарі 20-40 см до 12% порівняно з абсолютною цілиною. Сільськогосподарське використання чорноземів звичайних призвело до зменшення показників у 3,6-3,8 разів порівняно із цілинними варіантами.

Таблиця 4.6

Вміст водорозчинних органічних речовин за різного використання у чорноземі звичайному важкосуглинковому Хомутовського степу, мг/100 г ґрунту

Глибина, см	Варіанти дослідження		
	абсолютна цілина	кошена цілина	рілля 67 років
0-20	<u>415*</u>	<u>405</u>	<u>116</u>
	100	97,5	28,0
20-40	<u>264</u>	<u>297</u>	<u>94</u>
	100	113	35,6
0-40	<u>340</u>	<u>351</u>	<u>105</u>
	100	103	30,9

$HP_{0,5}=9$; $Sx=2,10$; *у чисельнику – абсолютні значення водорозчинної речовини, знаменнику – частка по відношенню до абсолютної цілини, %.

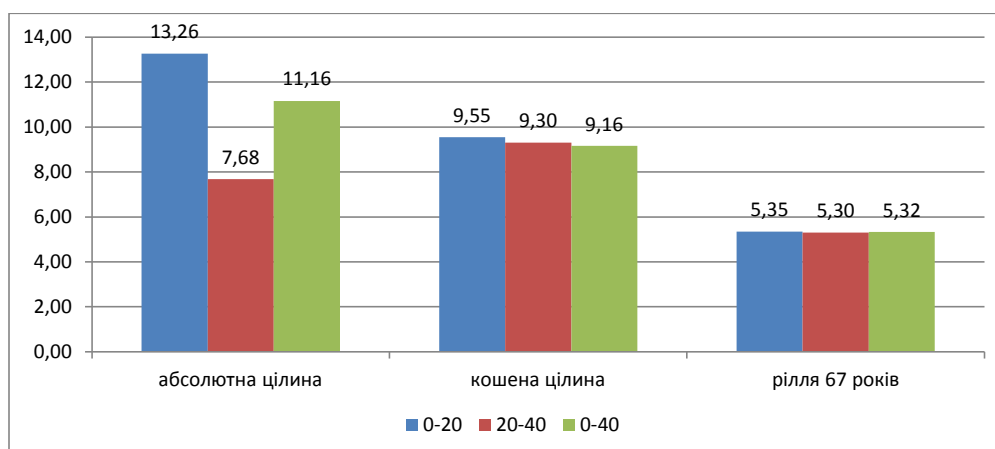


Рис. 4.2. Частка лабільних гумусових речовин по відношенню до загального гумусу чорнозему звичайного природного заповідника «Хомутовська цілина»

Частку лабільних гумусових речовин по відношенню до загального гумусу у чорноземі звичайному наведено на рис. 4.2. Розорювання цілинних земель і їх викошування призвело до зниження частки лабільних гумусових речовин відповідно до 1,5–2,4 і 1,2–1,3 разів.

4.4. Груповий і фракційний склад гумусу і термічні перетворення чорнозему за різного використання

Вивченню групового і фракційного складу гумусу ґрунтів присвячені роботи багатьох вітчизняних і закордонних учених В.Р. Вільямса [79], М.М. Конової [206], Л.Н. Александрової [9], В.В. Пономарьової [320], Д.С. Орлова [286], А.Д. Фокіна [350], Н.І. Лактіонова [93, 149], Н.А. Тітова [356, 357, 372], О.Ю. Чекар [382], Г.Я. Чесняк [125, 134, 385], І.М. Шапошнікова [387], Л.К. Шевцова [358], А.П. Щербакова [418, 419], А.Д. Балаєва [33-35], В.В. Дегтярьова [146], С.А. Campbell, G.P. Lafond, R.P. Zentner, V.O. Biederberck [470] й інших. До теперішнього часу накопичений величезний фактичний матеріал, що характеризує ці сполуки й властивості органічної речовини ґрунту, їх ролі у родючості, однак, багато

аспектів проблеми трансформації органічної речовини ґрунтів вимагають подальшого розвитку й поглиблення.

Як показують дослідження ряду авторів М.І. Лактіонова [230], Д. С. Орлова [286], В. В. Пономарьової, Т. А. Плотникової [320] групова й фракційна сполука гумусу досить стійка й змінюється тільки при різкій зміні умов гумусоутворення. Це дозволило їм зробити висновок про те, що групова й фракційна частина гумусу, в основному, характеризує генетичні властивості ґрунтів і в значно меншій мірі агрономічні. Група консервативних сполук поєднує ті компоненти органічної речовини ґрунту, які визначають типові показники ґрунтів, що формуються протягом тривалого часу і зберігаються у вікових циклах. Насамперед, це зрілі гумусові кислоти ґрунту, гумати кальцію, інші органо-мінеральні речовини, гіматомеланові кислоти, гумін. Вони існують у ґрунтах сотні й тисячі років, повільно мінералізуються й обумовлюють стійкі властивості і типові ознаки ґрунту. Зі вмістом, формою й властивостями цих речовин пов'язано забарвлення ґрунтів, тепловий режим, водно-фізичні характеристики, ємність поглинання, буферність ґрунтів, потенційні запаси елементів живлення. Тільки незначна частина гумінових кислот, які зв'язані з кальцієм (ГК -2) безпосередньо приймають участь у живленні рослин, але створюють для них сприятливе середовище [54].

На думку М.М. Кононової [206], В.В. Дегтярьова [146-149], А.Д. Баласва [35-37, 210], сільськогосподарське освоєння цілини, призводить до розширення співвідношення гумінових і фульвокислот, особливо у верхніх горизонтах. У складі гумінових кислот збільшується фракція гуматів кальцію. Іншими вченими доведено Г. А. Шевченко, А. П. Щербаковим [391], що при сільськогосподарському використанні цілинних чорноземів зменшується абсолютна кількість гумінових і фульвокислот, що свідчить про їх інтенсивну мінералізацію. В розораному чорноземі зростає частка нерозчинного залишку як найбільш стабільної і стійкої до мікробіологічного розкладання гумусової речовини. Кількість гумінових кислот за сільськогосподарського

використання зменшилась в шарі 0-20 см майже в 2 рази, а фульвокислот в 1,5 рази [33, 48].

Дослідження групового і фракційного складу гумусу чорноземів типових природного заповідника «Михайлівська цілина» наведено у табл. 4.7. Так, на абсолютній цілині частка гумінових кислот (рис. 4.3) була вищою за варіант ріллі на 10,0% і фульвокислот на 5%. Кількість гумінових кислот при сільськогосподарському використанні зменшилась в шарі 0-20 см майже у 1,8 рази, а фульвокислот в 1,9 рази. Зміни в шарі 20-40 см мали той же напрямок, і становили відповідно 1,6 і 1,3 рази. Фракції ГК-2 і ГК-3 переважали фракції ФК-2 і ФК-3, а для перших фракцій гумінових і фульвокислот спостерігалась зворотна закономірність. На орних землях частка нерозчинного залишку в гумусі була вищою у 1,2-1,3 рази, хоча абсолютна його кількість меншою у 1,4 рази порівняно з абсолютною цілиною і це свідчить про менш сприятливі умови гуміфікації і утворення більш хімічно інертних сполук, які збіднені на азот.

Відповідним чином змінилось і відношення карбону гумінових до фульвокислот. Найширше співвідношення на варіанті абсолютної цілини у шарі 20-40 см, де показник становить 2,0, на кошеній цілині – 1,9, перелозі – 1,78 і найменші значення на ріллі – 1,72. Хоча у шарі 0-20 см різниця між абсолютною цілиною і ріллею не перевищувала 5%.

Уведення перелогового режиму на чорноземах типових порівняно із ріллею збільшувало вміст гумінових кислот на 17-31%, незначно вплинуло на частку фульвокислот в яких відбувся лише перерозподіл у фракції у бік збільшення до двох разів вільних наймолодших, пов'язаних з несилікатними формами мінеральних оксидів (ФК-1 і 1а). Відмічене явище ми вважаємо позитивним, підтверджуючи тим самим висновки М.М. Конової [207], підвищення вмісту гумінових кислот пов'язаних з R_2O_3 є показником новоутворення гумусу.

Таблиця 4.7.

**Груповий і фракційний склад гумусу чорнозему типового за різного його використання (природний заповідник
«Михайлівська цілина»)**

Варіант	Шар грун ту , см	С грунту, %	Фракція гумінових кислот (ГК)				Фракція фульвокислот (ФК)					Загальна сума розчи- нних речовин	Негід- ролізо- ваний зали- шок	С _{ГК} / С _{ФК}	
			1	2	3	су ма	1a	1	2	3	су ма				
Абсолютн а цілина	0- 20	5,36			<u>0,6</u>	<u>2,</u>						<u>1,3</u>			
			<u>0,19</u> 3,5	<u>1,49</u> 26, 5	<u>9</u> 12, 9	<u>37</u> 44 ,2	<u>0,1</u> 9 3,5	<u>0,4</u> 8 9,0	<u>0,3</u> 1 5,8	<u>0,3</u> 4 6,3	<u>2</u> 24, 6	<u>3,69</u> 68,8	<u>1,67</u> 31,2	1,80	

	20-40	3,81	$\frac{0,08}{2,1}$	$\frac{1,24}{32,5}$	$\frac{0,4}{2}$ 11,0	$\frac{1,74}{45,7}$	$\frac{0,08}{2,1}$ 2,10	$\frac{0,2}{5,2}$ 5,24	$\frac{0,2}{7,0}$ 7,09	$\frac{0,3}{8,3}$ 8,39	$\frac{0,8}{22,68}$ 22,68	$\frac{2,61}{68,5}$ 68,5	$\frac{1,20}{31,5}$ 31,5	2,00
Кошена цілина	0-20	4,75	$\frac{0,11}{2,3}$	$\frac{1,20}{25,3}$	$\frac{0,54}{11,4}$	$\frac{1,85}{38,9}$	$\frac{0,11}{2,3}$ 2,3	$\frac{0,29}{6,1}$ 6,1	$\frac{0,37}{7,2}$ 7,2	$\frac{0,37}{7,2}$ 7,2	$\frac{1,08}{22,7}$ 22,7	$\frac{2,93}{61,7}$ 61,7	$\frac{1,82}{38,3}$ 38,3	1,71
	20-40	3,25	$\frac{0,06}{1,8}$	$\frac{1,06}{32,6}$	$\frac{0,36}{11,1}$	$\frac{1,48}{45,5}$	$\frac{0,06}{1,8}$ 1,8	$\frac{0,09}{2,8}$ 2,8	$\frac{0,29}{8,9}$ 8,9	$\frac{0,310}{10,5}$ 10,5	$\frac{0,722}{22,8}$ 22,8	$\frac{2,26}{69,5}$ 69,5	$\frac{0,99}{31,5}$ 31,5	1,90

Переліг	0-20	4,45	$\frac{0,11}{2,5}$	$\frac{1,09}{24,5}$	$\frac{0,4}{9}$ 11,0	$\frac{1,69}{38,0}$	$\frac{0,0}{6}$ 1,3	$\frac{0,1}{5}$ 3,4	$\frac{0,3}{3}$ 7,4	$\frac{0,3}{4}$ 7,6	$\frac{0,8}{8}$ 19,8	$\frac{2,57}{57,6}$	$\frac{1,95}{43,8}$	1,92
	20-40	3,53	$\frac{0,06}{1,7}$	$\frac{0,88}{24,9}$	$\frac{0,3}{8}$ 10,8	$\frac{1,32}{37,4}$	$\frac{0,0}{5}$ 1,4	$\frac{0,0}{7}$ 2,0	$\frac{0,3}{1}$ 8,8	$\frac{0,3}{1}$ 8,8	$\frac{0,7}{4}$ 21,0	$\frac{2,06}{58,4}$	$\frac{1,47}{41,6}$	1,78
Рілля, 80 років	0-20	3,60	$\frac{0,05}{1,4}$	$\frac{0,82}{22,8}$	$\frac{0,4}{2}$ 11,7	$\frac{1,29}{35,8}$	$\frac{0,0}{4}$ 1,1	$\frac{0,0}{4}$ 1,1	$\frac{0,2}{7}$ 7,5	$\frac{0,3}{6}$ 10,0	$\frac{0,7}{1}$ 19,7	$\frac{2,00}{55,6}$	$\frac{1,60}{44,4}$	1,82

				<u>0,3</u>	<u>1,</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,2</u>	<u>0,3</u>	<u>0,6</u>				
	20-		<u>0,71</u>	<u>7</u>	<u>12</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>7</u>	<u>0</u>	<u>5</u>	<u>1,77</u>	<u>1,52</u>		
	40	3,29	<u>1,2</u>	21,	11,	34	1,2	1,2	8,2	19,	53,8	46,2	1,72	
				6	2	,0				8				

Примітка: чисельник - вміст С фракції, %; знаменник - % від С ґрунту
 $HP_{0,5}=0,02$; $S_x=2,04$

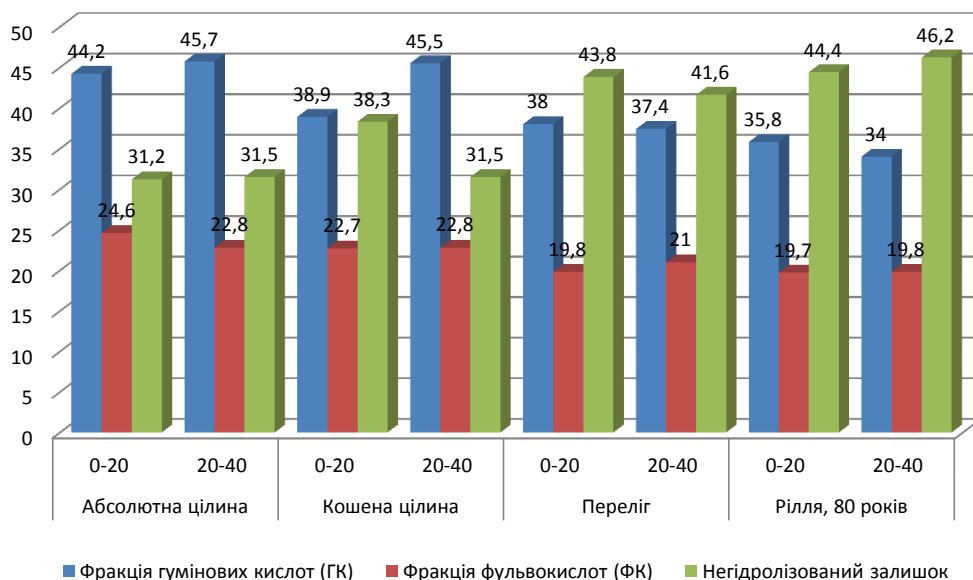


Рис. 4.3. Фракційний склад гумусу за різного використання чорнозему типового природного заповідника «Михайлівська цілина».

Уміст негідролізованого залишку зменшився на 1,4–11,1%, що вказує на формування більш молодих гумусових речовин і відповідно збільшилася загальна сума розчинних речовин. Також на цьому варіанті розширилося співвідношення карбону гумінових до фульвокислот. Найбільш типовою в складі гумінових кислот чорноземних ґрунтів є фракція ГК-2, яка пов'язана з кальцієм. На перелозі частка цієї фракції, порівняно із ріллею збільшилася на 23-33%. Вміст гумінових кислот, пов'язаних з глинистими фракціями та стійкими R_2O_3 (ГК-3) також підвищився на 17%.

Косіння травостою на цілинних землях порівняно з абсолютною цілиною зменшило суму гумінових кислот на 16% в шарі 0-20 см, хоча в нижньому прошарку ґрунту різниця не перевищувала 5%, відповідно фульвокислот 9% і розчинних речовин на 17-38%. Частка негідролізованого залишку по відношенню до загального гумусу підвищилася на 23% у шарі 0-20 см і не змінилася у 20-40 см шарі. Сінокосіння призводить до зменшення біомаси

рослинних решток, яка надходить до ґрунту і відповідно до зміни вмісту фракцій гумусових речовин порівняно із цілиними ґрунтами. Так, зменшився на варіанті кошена цілина вміст фракції ГК -1 і ФК -1а на 72% у шарі 0-20 см, ГК 2 –14-24, ГК 3 –17-27, ФК 1 – 66-122%, а в решті фракцій різниця не перевищувала 5%.

Отже, проведені нами дослідження показують, що сільськогосподарське використання призводить до зміни групового і фракційного складу гумусу порівняно із абсолютною цілиною. Так, зменшується сума гумінових і фульвокислот на варіанті кошеної цілини на 6-16%, на ріллі 22-35% і перелогу 16-22%, що призводить до підвищення вмісту негідролізованого залишку на 23-42%. Втрати органічної речовини чорноземами при різних формах сільськогосподарського використання пов'язані з зменшенням вмісту лабільних фракцій гумусу – вільних і зв'язаних з кальцієм (ГК 1, ФК 1, ФК 1а і ГК 2) і підвищенням частки негідролізованого залишку, що свідчить про «старіння» гумусових речовин.

Співвідношення карбону до азоту (C:N) – важливий показник, який відображає вміст органічної речовини і азоту в гумусі. При значенні 25 і вище процеси мінералізації відбуваються повільніше, і тому продукується невелика кількість мінерального азоту [486]. При звуженні співвідношення швидкість мінералізації збільшується. Для чорноземів оптимальною вважається величина, яка дорівнює 10 - рівноважний показник, характерний для даного типу гумусу. Дослідженнями В.В. Дегтярьова [146-149] показано, що вміст загального азоту в цілиних чорноземах типових при оранці знижується майже наполовину. Перелоговий режим веде до накопичення азоту в порівнянні з ґрунтом ріллі, але навіть за тривалий період залежного режиму його вміст не наблизився до значень, характерних для цілинного чорнозему. В наших дослідженнях (табл. 4.8) сільськогосподарське використання чорноземів типових зменшує вміст загального азоту в ґрунті, а саме: сінокосіння на 13,5, рілля – 43 відносні відсотки. Перелоговий режим сприяв відновленню вмісту азоту, різниця порівняно з ріллею становила 20%.

Таблиця 4.8.

**Уміст органічного карбону і загального азоту у чорноземі типовому за
різного його використання (природний заповідник «Михайлівська
цілина»), %**

Глибина відбору, см	Абсолютна цілина		Переліг		Кошена цілина		Рілля	
	Сорг.	Нзаг.	Сорг.	Нзаг.	Сорг.	Нзаг.	Сорг.	Нзаг.
0-20	5,36	0,42	4,45	0,36	4,75	0,37	3,62	0,30
20-40	3,81	0,31	3,53	0,28	3,25	0,27	3,29	0,27

НІР_{0,05} для загального азоту = 0,02%

Характеризуючи співвідношення С:N необхідно зазначити, що на варіанті рілля підвищувалися мінералізаційні процеси в чорноземах як у шарі 0-20, так й 20-40 см на 0,1-5,8% порівняно з абсолютною цілиною. При сінокосінні зміни відбувалися лише в шарі 0-20 см (рис. 4.4), а на перелозі відновлюється нижній 20-40 см прошарок ґрунту.

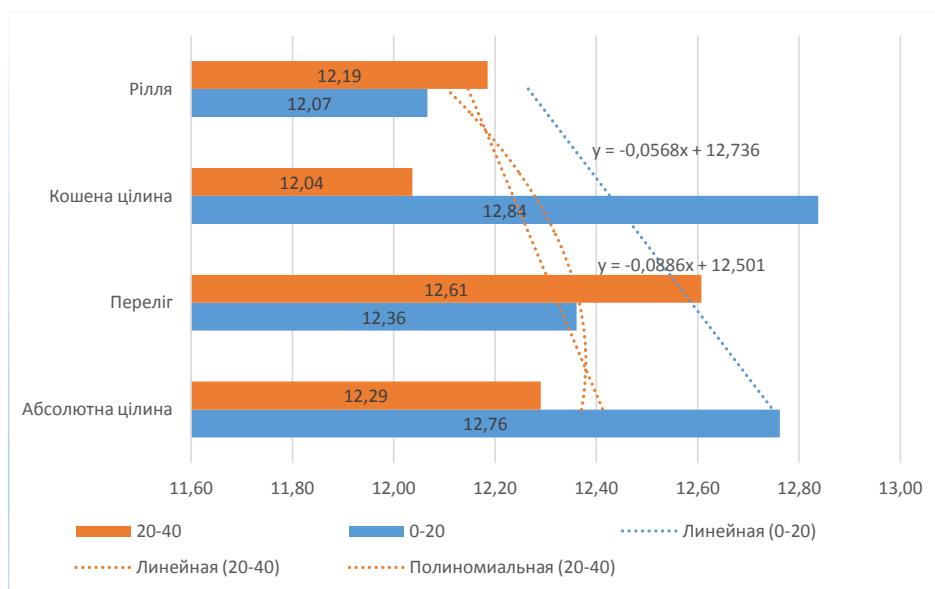


Рис. 4.4. Співвідношення С:N у чорноземах типових за різного їх використання природного заповідника «Михайлівська цілина»

Менший вміст загального гумусу і маси рослинних рештків, які надходять в чорноземи звичайні Хомутовського степу порівняно із типовими Лісостепової зони призвели до зміни їх групового і фракційного складу (табл. 4.9). Зменшився вміст гумінових кислот на абсолютній цілині на 31-45%, кошеній – на 38–59; ріллі – на 65-75%, фульвокислот відповідно на 43–86; 35–86; 87–103% і негідролізованого залишку до 43%. Ці зміни були зумовлені зменшенням майже на третину вільних ГК і зв'язаних з Ca^{2+} . Різниця вмісту ГК, які зв'язані із глинистими мінералами між чорноземами Степу і Лісостепу не перевищувала 5%. Слід зазначити, що зміни $\text{C}_{\text{ГК}}:\text{C}_{\text{ФК}}$ на усіх фіто- і агроценозах відбуваються в межах одного типу гумусоутворення. Сільськогосподарське використання чорноземів Степу мало відрізнялося від впливу який ми спостерігали на ґрунтах Лісостепу. Тут також, порівняно із абсолютною цілиною скошування травостою призводить до зменшення в ґрунті вмісту фракції гумінових на 23–37 %, фульвокислот – 11–22 і підвищення негідролізованого залишку – 10–20%.

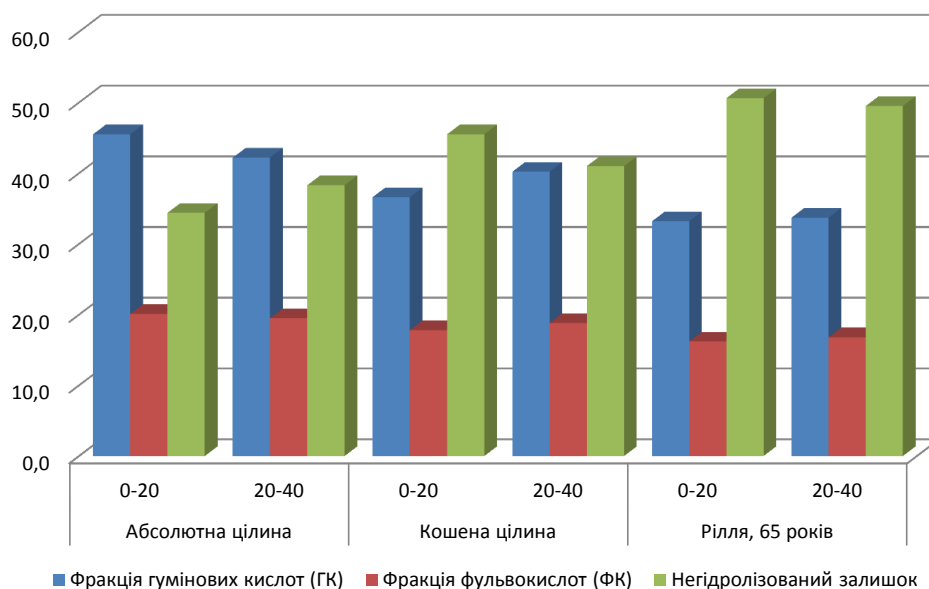


Рис. 4.5. Фракційний склад гумусу чорнозему звичайного під різними фіто- і агроценозами природного заповідника «Хомутовська цілина»

Таблиця 4.9.

**Груповий і фракційний склад гумусу чорнозему звичайного природного заповідника
«Хомутовська цілина» за різного його використання**

Варіант	Шар ґрунту, см	С ґрунту, %	Фракція гумінових кислот (ГК)				Фракція фульвокислот (ФК)					Загальна сума розчинних речовин	Негід-ролізо-ваний залишок	С _{ГК} /С _{ФК}
			1	2	3	сума	1а	1	2	3	сума			
Абсолютна цілина	0-20	3,58	<u>0,2</u> 5,6	<u>0,83</u> 23,2	<u>0,6</u> 16,8	<u>1,63</u> 45,5	<u>0,11</u> 3,1	<u>0,11</u> 3,1	<u>0,25</u> 7,0	<u>0,25</u> 7,0	<u>0,72</u> 20,1	<u>2,35</u> 65,6	<u>1,23</u> 34,4	2,26
	20-40	3,13	<u>0,08</u> 2,6	<u>0,72</u> 23,0	<u>0,52</u> 16,6	<u>1,32</u> 42,2	<u>0,06</u> 1,9	<u>0,04</u> 1,3	<u>0,25</u> 8,0	<u>0,26</u> 8,3	<u>0,61</u> 19,5	<u>1,93</u> 61,7	<u>1,2</u> 38,3	2,16
Кошена цілина	0-20	3,25	<u>0,06</u> 1,8	<u>0,65</u> 20,0	<u>0,48</u> 14,8	<u>1,19</u> 36,6	<u>0,06</u> 1,8	<u>0,04</u> 1,2	<u>0,22</u> 6,8	<u>0,26</u> 8,0	<u>0,58</u> 17,8	<u>1,77</u> 54,5	<u>1,48</u> 45,5	2,05
	20-40	2,66	<u>0,06</u> 2,3	<u>0,59</u> 22,2	<u>0,42</u> 15,8	<u>1,07</u> 40,2	<u>0,04</u> 1,5	<u>0,04</u> 1,5	<u>0,22</u> 8,3	<u>0,2</u> 7,5	<u>0,5</u> 18,8	<u>1,57</u> 59,0	<u>1,09</u> 41,0	2,14
Рілля, 65 років	0-20	2,35	<u>0,04</u> 1,7	<u>0,38</u> 16,2	<u>0,36</u> 15,3	<u>0,78</u> 33,2	<u>0,06</u> 2,6	<u>0,04</u> 1,7	<u>0,16</u> 6,8	<u>0,12</u> 5,1	<u>0,38</u> 16,2	<u>1,16</u> 49,4	<u>1,19</u> 50,6	2,05
	20-40	1,90	<u>0,04</u> 2,1	<u>0,28</u> 14,7	<u>0,32</u> 16,8	<u>0,64</u> 33,7	<u>0,04</u> 2,1	<u>0,04</u> 2,1	<u>0,12</u> 6,3	<u>0,12</u> 6,3	<u>0,32</u> 16,8	<u>0,96</u> 50,5	<u>0,94</u> 49,5	2,00

НІР_{0,5}=0,02; S_x=2,10

Примітка: чисельник - вміст С фракції, %; знаменник - % від С ґрунту.

Це відбувається за рахунок змін у фракціях, кількість яких зменшується при сінокосінні у порівнянні із цілинними ґрунтами: ГК –1 до 2,3 разів; ГК –2 на 10–28%; ГК –3 –23–25; ФК 1а і 1 – 100%, ФК 2 і 3 – різниця не перевищувала 5%. Сільськогосподарське використання земель призводить до зменшення вмісту груп фракції гумінових у 1,1-2,0, фульвокислот – 1,9, суми розчинних речовин –2,0–2,1 разів. Зменшення вмісту окремих фракцій на цьому варіанті становило: ГК –1 до п'яти; ГК –2 – 2,0–2,6; ГК –3 – до 1,6; ФК 1а і 1 – до 2,8, ФК 2 і 3 – двох разів. Характерно, що на ріллі зростає частка негідролізованого залишку (рис. 4.5) до 15% порівняно із абсолютною цілиною і його співвідношення до розчинних речовин становило 1:1. Тобто, співвідношення вмісту розчинних речовин до негідролізованого залишку може бути індикатором деградаційних процесів, які призводять до зменшення загального гумусу і його якісного складу. Оптимальні співвідношення для чорноземів звичайних у шарі 0-20 см повинні становити 1,4–1,9, у шарі 20-40 см – 1,4–1,6, а для типових відповідно 1,5–2,3 і 1,7–2,2.

Різниця між абсолютною і кошеною цілиною за вмістом загального азоту не перевищувала 5%. Рілля порівняно з цілиною знижувала на 56% вищенаведені показники (табл. 4.10.).

Таблиця 4.10

Уміст органічного карбону і загального азоту в чорноземі звичайному за різного його використання (природний заповідник «Хомутовська цілина»), %

Глибина відбору, см	Абсолютна цілина		Кошена цілина		Рілля	
	Сорг.	Нзаг.	Сорг.	Нзаг.	Сорг.	Нзаг.
0-20	3,58	0,28	3,25	0,26	2,35	0,18
20-40	3,13	0,18	2,65	0,19	1,90	0,16

НІР_{0,05} для загального азоту =0,02%

Рілля підвищувала мінералізаційні процеси, що проявлялось у звуженні співвідношення C:N у чорноземах звичайних. При цьому отримано лінію тренду і тісний зв'язок між варіантами дослідження ($R^2 = 0,93-0,96$) (рис.4.6.). Отже, сільськогосподарське використання чорноземів типових і звичайних призводить до зниження на 43-56% вмісту загального азоту, звуження співвідношення C:N і підвищення мінералізаційних процесів.

Основним постачальником органічної речовини в ґрунт для синтезу гумусових кислот є лігнін [21]. У кількісному відношенні лігнін - один з головних компонентів рослинних тканин, який поступається лише целюлозі і присутній в рослинних тканинах нарівні з геміцелюлозами [23, 24]. Вміст лігніну в деревних тканинах становить від 18 до 30% сухої маси. Цей рослинний продукт, що утворюється в досить великих кількостях, найбільш повільно піддається біологічній трансформації. Разом з тим відсутня єдина точка зору на процеси біосинтезу і біодеградації самого лігніну [25-27]. Фенолокіслоти (кумарова, ферулова і синапова) та відповідні їм спирти (кумаровий, коніферилловий і синаповий) є проміжними елементами як синтезу лігніну, так і його біодеградації до гумінових кислот [27].

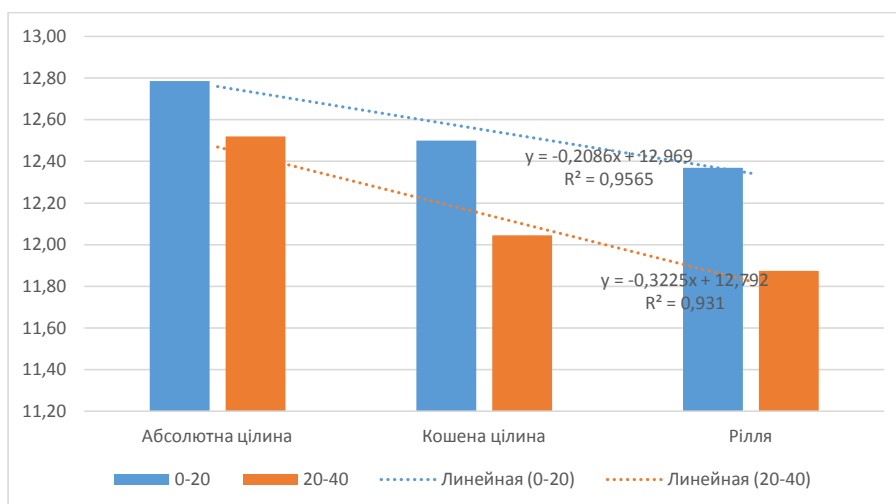


Рис. 4.6. Співвідношення C:N у чорноземах звичайних за різного їх використання у природному заповіднику «Хомутовська цілина».

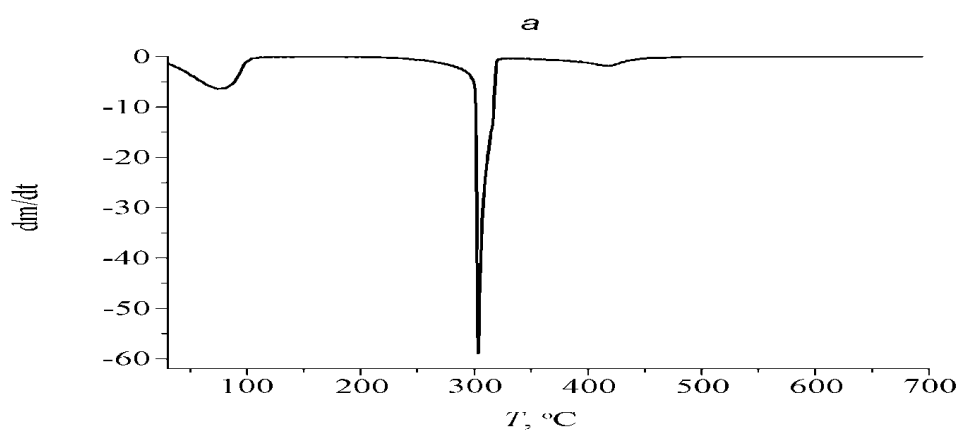
У хімічному відношенні лігнін неоднорідний і являє собою макромолекулу, яка складається з мономерних блоків; похідних фенілпропана, головним чином коніферилового спирту. У рослинах лігнін є інертним кінцевим продуктом і виконує лише механічні функції. Його гідроліз здійснюється бактеріями і грибами [21, 24]. Утворення гумусу з лігніну відбувається під впливом ферментів мікроорганізмів у вологих умовах і при обмеженому доступі кисню, тобто практично в анаеробних умовах. Таким чином, умови проведення нашого експерименту певним чином можуть моделювати процеси мікробної гуміфікації.

У наших дослідженнях [21, 24] встановлені закономірності перетворення лігніну у чорноземі, який відбувається в три основні стадії: I – низькотемпературна $T_{\text{макс}}=80\text{ }^{\circ}\text{C}$, II – $T_{\text{макс}}=300\text{ }^{\circ}\text{C}$, III – $T_{\text{макс}}=420\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 4.7). Стадія I обумовлена десорбцією фізично сорбованої води і втрата маси для цієї стадії становить близько 30%. Стадія II обумовлена окисненням і деструкцією целюлози і основної частини лігніну, втрата маси при цьому становить 60%. Втрата маси стадії III піролізу складає близько 10%.

Термічний розклад лігніну в умовах ТПД МС відбувається у значно ширшому температурному діапазоні, що обумовлено відсутністю кисню і, відповідно, процесів термоокислювальної деструкції. З аналізу кривої залежності летючих продуктів від температури піролізу (P/T) видно, що піроліз відбувається в діапазоні $160\text{-}450\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 4.7).

Виходячи з отриманих результатів можна виділити три основні стадії: при I - $T_{\text{макс}} \approx 230\text{ }^{\circ}\text{C}$, II - $T_{\text{макс}} \approx 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, III - $T_{\text{макс}} \approx 370\text{ }^{\circ}\text{C}$. Відсутність кисню призводить до того, що піроліз відбувається в результаті послідовного розриву найбільш слабких хімічних зв'язків з виділенням в молекулярній формі стабільних сполук. Термічний аналіз зразків показав, що криві залежностей тиску летючих продуктів від температури термолізу (P / T) мають чотири основних максимуму (I - $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, II - $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, III - $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, IV - $550\text{-}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 4.8,4.9), тобто термоліз зразків чорнозему відбувається в чотири основні стадії. Низькотемпературний максимум пов'язаний з десорбцією летючих фізично

сорбованих речовин – переважно води. Стадії II і III стадії погано розділені і дають широкий дифузний максимум. Вони пов'язані з деструкцією гумінових кислот, гумінів і лігніну. Порівняння кривих Р-Т ґрунтів з кривою Р-Т лігніну дозволяє віднести стадію II до термолізу полісахаридних компонентів гумусу, а стадію III - до термолізу бензолоксиполівуглецевого скелета гумусових кислот [298, 299].



б

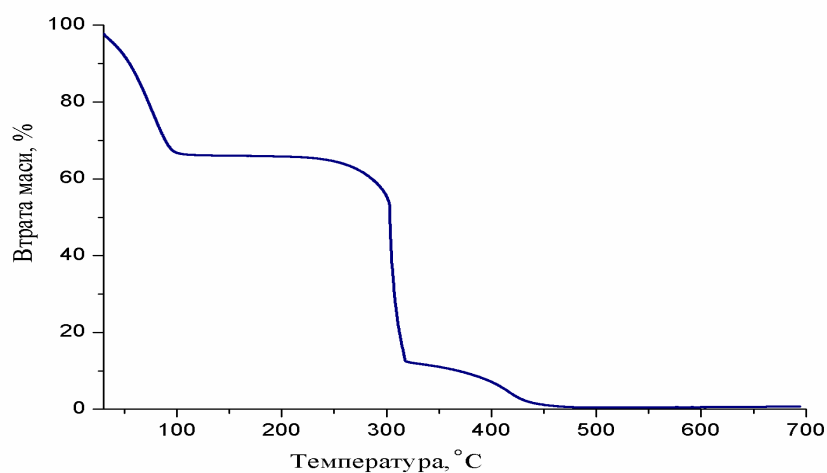


Рис. 4.7. Термоліз в атмосфері кисню лігніну, який виділений із чорнозему звичайного.

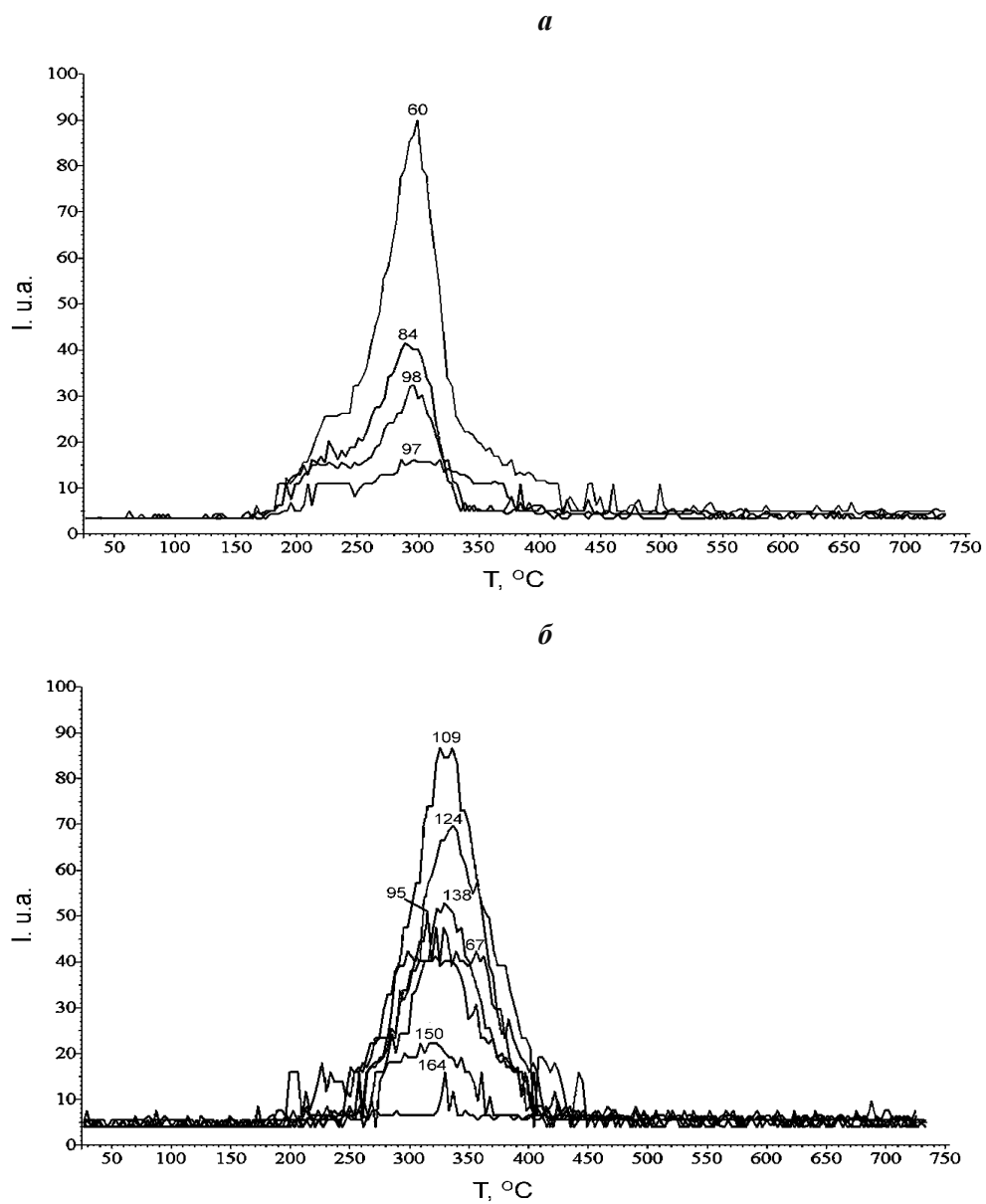
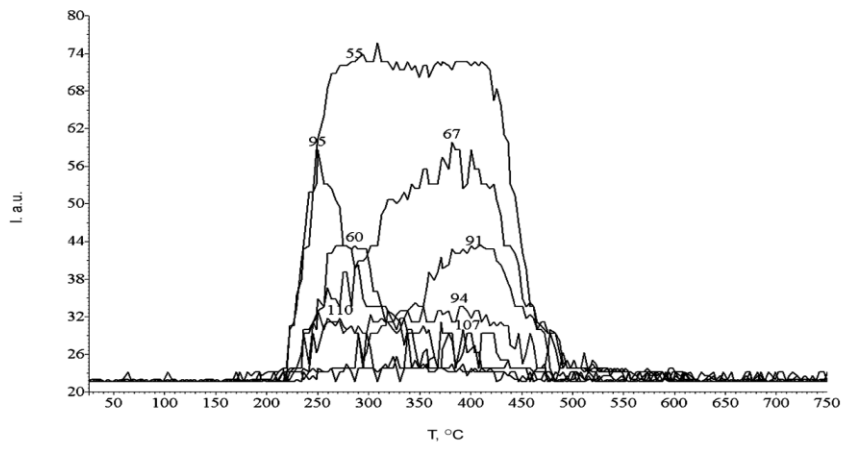
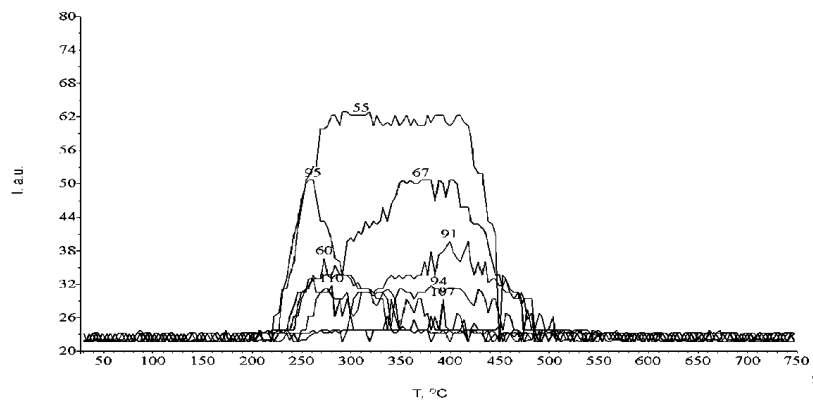


Рис.4.8. Криві термодесорбції, отримані при термолізі зразка лігніна, виділені із чорнозему звичайного, де а – полісахаридні компоненти (I стадія), б – макромолекули лігніну (II стадія).

a



б



B

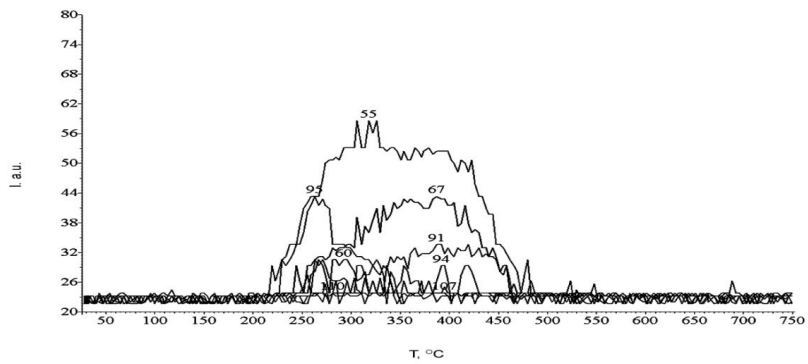


Рис. 4.9. Криві термодесорбції чорнозему звичайного абсолютної цілини (а – шар 0-5 см; б – 0-20 см; в – 20-40 см).

Із збільшенням глибини горизонту, у шарі 20-40 см спостерігається зменшення інтенсивності максимуму при 300°C щодо максимуму при 400°C (рис. 4.10). Верхні шари чорнозему звичайного, які мали більший вміст гумусових речовин характеризувалися максимумом стадії II термолізу ($\approx 300^\circ\text{C}$).

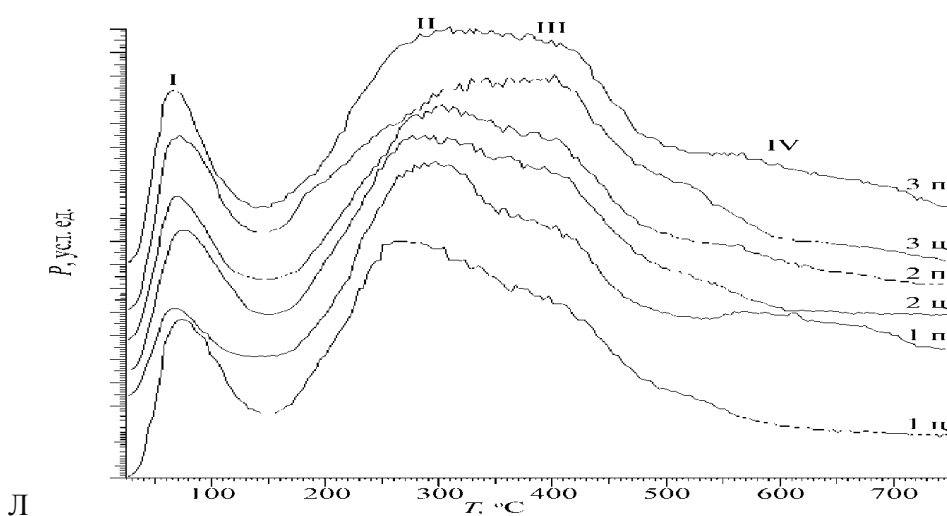


Рис. 4.10. Криві залежностей тиску летких продуктів від температури термолізу чорнозему звичайного звичайного абсолютної цілини і ріллі (1ц – шар 0-5см абсолютної цілини; 2ц – 0-20 см абсолютної цілини; 3ц – 20-40 см абсолютної цілини; рілля: 1п – шар 0-5 см; 2п – 0-20 см; 3п – 20-40 см).

Отже, чим вищий вміст гумусових речовин у ґрунті, тим інтенсивніше стадії II ($\approx 300^\circ\text{C}$) щодо стадії III ($\approx 400^\circ\text{C}$). Максимуми на кривих термодесорбції для m/z 107, 94, 91, 67 обумовлені десорбцією продуктів біотрансформації лігніну і гумусових кислот, що відбувається в ґрунті, а для іона з m/z 67 можуть також відноситися до термолізу азотовмісних складових органічної речовини ґрунту. Вони можуть бути викликані десорбцією в молекулярній формі піролу $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$ ($M_r=67$ Да). Пірол може утворюватися як в результаті деструкції азотовмісних фрагментів гумусових кислот, так і

внаслідок деструкції порфіринового ядра хлорофілу. Тому інтенсивність максимуму на кривій термодесорбції для іона з m/z 67 може бути корисною для оцінки відносного вмісту хлорофілу і продуктів його біотрансформації в ґрунті, оскільки, як відомо [299], він відіграє активну роль у процесах гуміфікації і можуть бути використані для діагностики та оцінки інтенсивності біохімічних процесів, що проходять у ґрунті. Низький вміст хлорофілу спостерігається в ґрунтах з високою біологічною активністю. Вміст хлорофіллоподібних речовин коливається в широких межах від 1 до 200 мг/кг в деяких глинистих відкладеннях [299].

Порівняння кривих Р-Т зразків ґрунту абсолютної цілини із ріллею показало (рис. 4.9), що локалізація ідентична. Криві Р-Т зразків з шару 0-20 см цілини і ріллі були подібні, але відрізнялися від 20-40 см шару, що найбільше проявлялося у високотемпературній області. Зокрема, для ріллі максимум відмічений на 580 °С для усіх шарів, що може бути обумовлено розкладанням компонентів, які у чорноземах з'явилися в результаті використання мінеральних добрив. Із збільшенням вмісту гумусу в зразку в мас-спектрах збільшується інтенсивність ліній, які спостерігаються при температурі термолізу 250-450°С. Як виявилось, найкраще корелює з умістом загальною інтенсивність лінії для іонів з m/z 60 у мас-спектрах при температурі 270-280°С, отриманих при термолізі зразків ґрунтів (рис.4.11).

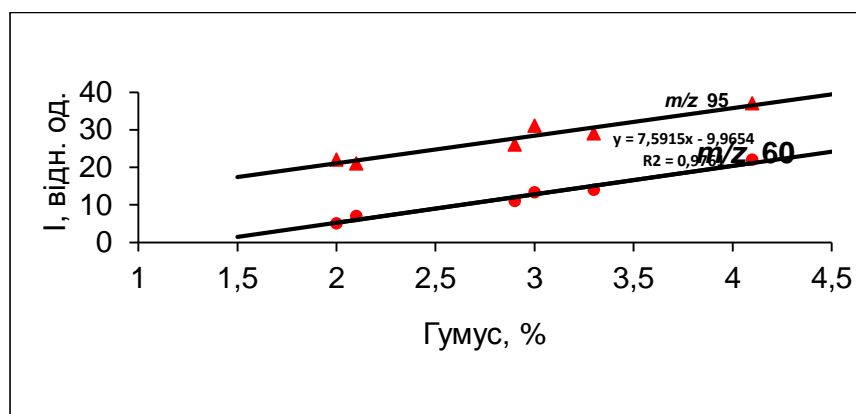


Рис. 4.11. Кореляції між вмістом гумусу в чорноземі звичайному та інтенсивністю іонів з m/z 60 і m/z 95 в мас-спектрах летких продуктів при температурі термолізу 280-300°C.

Піроліз зразків ґрунту в умовах атмосфери кисню також відбувається в декілька стадій: I – низькотемпературна $T_{\text{макс}} \sim 90$ °C, II – $T_{\text{макс}} \sim 330$ °C, III – $T_{\text{макс}} = 430$ °C, IV – $T_{\text{макс}} = 490$ °C, V – $T_{\text{макс}} = 640$ °C. Стадія I обумовлена десорбцією фізично-сорбованої води. Втрата маси для цієї стадії для всіх досліджених зразків становить близько 6-7%. Слід зазначити, що стадії I, II, III, IV і V погано розділені. Це обумовлено перебігом термоокислювальної деструкції різних типів органічних сполук. Основна частина органічної речовини ґрунту згорає під час другої стадії термолізу. Очевидно, зі вмістом гумусу в ґрунті найбільше має корелювати втрата маси для стадії термолізу II. Для стадії II втрата маси лежить в межах 2,78-5,33%. Саме тому метод ТПД МС є перспективним для розробки експрес-методик визначення якості ґрунтів порівняно з термогравіметриєю.

4.5. Математичне моделювання гумусного стану цілинних і освоєних чорноземів

Для сучасних наукових досліджень з обґрунтування агрозаходів характерна загальна тенденція математизації природних процесів у різних ценозах. Якщо раніше їх застосування обмежувалося використанням статистичних методів для обробки експериментальних даних, то зараз все більше уваги приділяється математичному моделюванню. Можливість моделювання складних динамічних систем, до яких відноситься ґрунт, в значній мірі залежить від принципу ієрархічної організації або принципу інтегративних рівнів. Цей принцип стверджує, що для передбачення поведінки складної системи не обов'язково точно знати усі її компоненти. Залежно від характеру спрощення можна отримати кілька різних моделей.

Математичні моделі можуть бути побудовані для різної мети. Математична модель являє собою більш чіткіший опис системи, ніж більшість

словесних моделей. Таким чином, моделювання висвічує прогалини в наших знаннях про досліджувану систему і, отже, моделі можуть відігравати важливу роль у плануванні нових спостережень і експериментів.

Незважаючи на надзвичайну складність ґрунту як об'єкта моделювання останні десятиліття цей напрям в ґрунтознавстві активно розвивається. Безліч відомих у даний час математичних моделей можна розділити на три великі групи: емпіричні, напівемпіричні та теоретичні моделі

При обґрунтуванні доцільності та можливої ефективності впровадження агрозаходів необхідно визначитись перш за все з факторами, які формують природний рівень родючості і продуктивність ценозів в умовах Лісостепу і Степу. При цьому, формування гумусного стану чорноземів у тих чи інших умовах доцільно розглядати на фоні природної забезпеченості іншими екологічними факторами, що дає змогу оцінити їх частку впливу.

Стосовно запасів гумусу в чорноземах, то вони формувались під впливом рослинного покриву і залежали від кількості і якості свіжої органічної речовини, яка надходить в ґрунт, інтенсивності її трансформації, коефіцієнтів гуміфікації рослинних решток і мінералізації гумусу, механічного складу і фізико-хімічних властивостей ґрунту та іншого. Система «гумус ґрунту – рослинний покрив» регулюється позитивним зворотнім зв'язком, особливо на перших стадіях формування біоценозів, коли в процесі свого розвитку вони посилюють один одного.

Кожна екосистема, до якої входить ґрунт, має різну рослинність. Таким чином, і рослинні рештки екосистем Лісостепу і Степу різні. Тип рослинності кожної екосистеми залежить, насамперед, від кліматичних умов тієї географічної зони, в якій вона знаходиться. За сучасними уявленнями система «гумус ґрунту–рослинний покрив» – це складна саморегулююча система із зворотними зв'язками, які сформувалися за її еволюції в цілому, коли склад і властивості гумусу залежали від біоти в тій же мірі, в якій біогеоценоз залежав від особливостей будови гумусового профілю. Зворотні зв'язки – це основний механізм, який відповідає за здатність природних систем до саморегуляції і

підтримання рівноваги і стійкості. Ця апроксиматична залежність якраз і враховує позитивний зворотний зв'язок, тобто обставина, що не тільки кількість рослинних залишків впливає на темпи і рівень гумусонакоплення, але і від вмісту гумусу залежить багато в чому продуктивність фітоценозу.

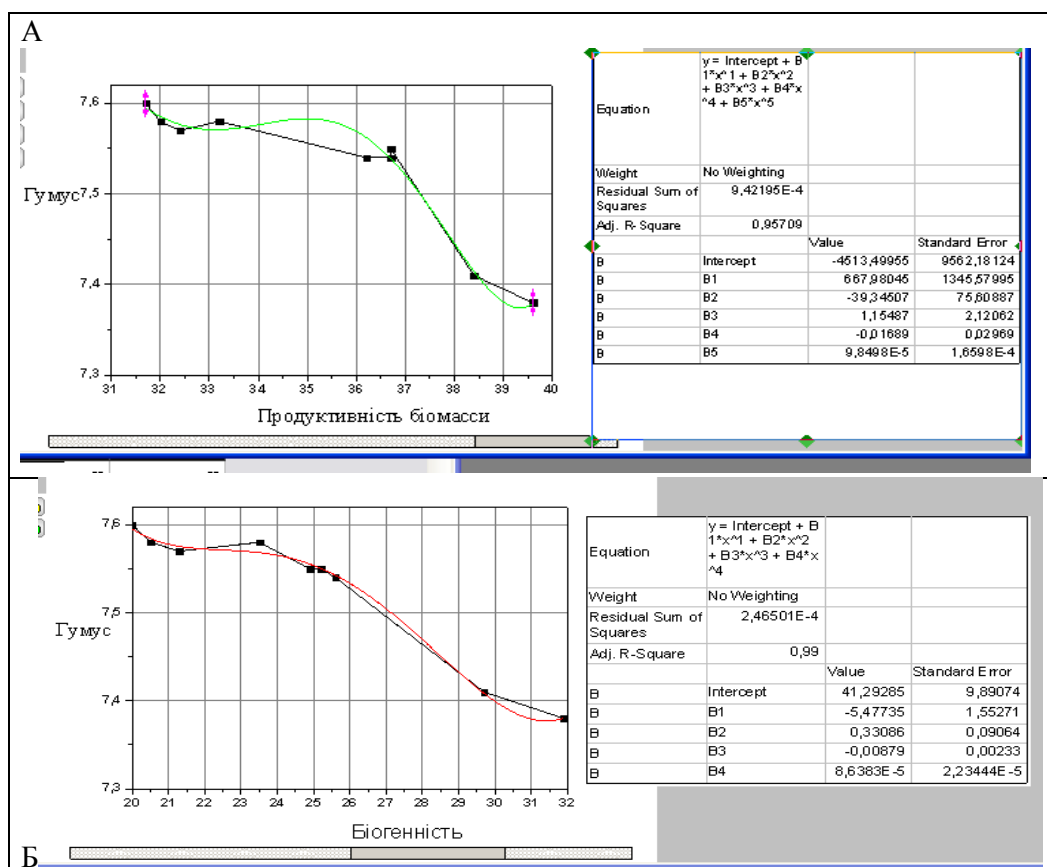


Рис. 4.12. Апроксиматична функція залежності гумусу від продуктивності біомаси (П) і біогенності (Б) варіанту абсолютна цілина.

Для побудови моделі гумусного стану цілинних і освоєних чорноземів та їх перевірки в реальних умовах заповідника «Михайлівська цілина» ми використали підходи, які характеризують апроксиматичні залежності. При цьому були максимально спрощені залежності в системі «грунт–рослина» і

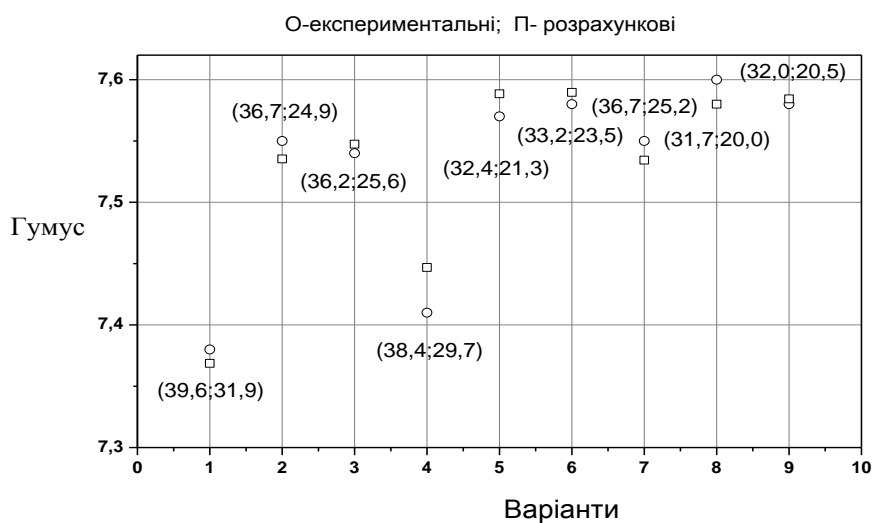
запаси гумусу в цілинних і освоєних чорноземах залежали тільки від кількості свіжої органічної речовини і біогенності. Апроксиматичні залежності у системі «гумус ґрунту–продуктивність» і «гумус – біогенність» у цілинних і освоєних чорноземах наведені на рисунках 4.12 – 4.15 та таблицях 4.11 – 4.14.

Залежність гумусу від біогенності і загальної продуктивності представлена у наступному рівнянні:

$$\Gamma = 7,02724 + 0,05759 \times B - 0,00147 \times B^2 - 0,2 \times 0,93237 + 0,39855 \times P - 0,00596 \times P^2 - 0,8 \quad (4.1)$$

у якому B – біогенність, П – загальна продуктивність, т/га.

Графічно залежність гумусу від двох змінних на варіанті абсолютна цілина наведена на рис. 4.13.



○ – експериментальні, □ – розрахункові

Рис. 4.13. Графічна залежність гумусу продуктивності біомаси і біогенності за експериментальними (О) і розрахунковими (П) даними варіанту абсолютна цілина заповідника «Михайлівська цілина».

Відносна похибка від -0,06 до 0,30% між експериментальними і розрахунковими показниками вказує на можливість використання

апоксиматичної залежності для моделювання вмісту гумусу у природних системах.

Таблиця 4.11.

**Експериментальні і розрахункові показники вмісту гумусу за
апроксиматичною залежністю варіанту абсолютна цілина**

Загальна продуктивність, т/га	Біогенність, млн КУО/г	Вміст гумусу, %		Похибка
		експери- ментальні	розрахункові	
39,6	31,9	7,38	7,369	0,15%
36,7	24,9	7,55	7,535	0,19%
36,2	25,6	7,54	7,547	-0,10%
38,4	29,7	7,41	7,447	-0,30%
32,4	21,3	7,57	7,588	-0,24%
33,2	23,5	7,58	7,590	-0,13%
36,7	25,2	7,55	7,534	0,21%
31,7	20,0	7,60	7,580	0,26%
32,0	20,5	7,58	7,584	-0,06%

Графічні залежності гумусу від продуктивності біомаси і біогенності кошеної цілини наведені у додатку Д. Викошування степових екосистем призвело до зменшення надземної біомаси на 14,5% порівняно з варіантом абсолютної цілини і виражається математичною залежністю (4.2):

$$G = (6,50301 - 0,00493 \times B + 0,000502399 \times B^2)^{0,2} \times (4,98693 + 0,12255 \times P - 0,00238 \times P^2)^{0,8} \quad (4.2),$$

де: G – гумус, B – біогенність, P – поживні і кореневі рештки, т/га.

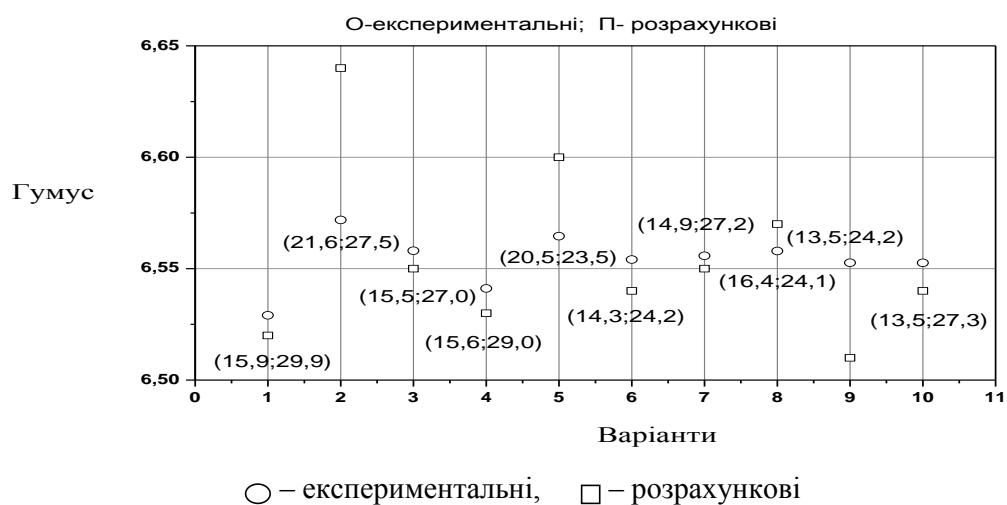


Рис. 4.14. Графічна залежність гумусу продуктивності біомаси і біогенності за експериментальними (О) і розрахунковими (П) даними варіанту кошена цілина

Таблиця 4.12.

**Експериментальні і розрахункові дані вмісту гумусу за
апроксиматичною залежністю варіанту кошена цілина заповідника
«Михайлівська цілина»**

Загальна продуктивність, т/га	Біогенність, млн КУО/г	Вміст гумусу, %		Похибка
		експериментальні	розрахункові	
15,9	29,9	6,52	6,529	-0,14%
21,6	27,5	6,64	6,572	1,03%
15,5	27	6,55	6,558	-0,12%
15,6	29	6,53	6,541	-0,17%
20,5	23,5	6,6	6,565	0,54%
14,3	24,2	6,54	6,554	-0,22%
14,9	27,2	6,55	6,556	-0,09%
16,4	24,1	6,57	6,558	0,18%
13,5	24,2	6,51	6,553	-0,66%
13,5	27,3	6,54	6,553	-0,19%

Заміна природних ценозів на агроценози призводить до збільшення надземної біомаси за рахунок застосування технологічних елементів – добрив, пестицидів, обробітку ґрунту, високопродуктивних сортів і гібридів рослин та ін., але зменшує кількість пожнивних решток до 2,4–3,0 і корневих решток до 6,5–6,8 разів порівняно з цілиними варіантами, що призводить до зменшення біомаси і підвищує біогенність ґрунту.

Математична залежність вмісту гумусу від біогенності кількості пожнивних і корневих решток, які надходять до ґрунту в умовах ріллі наведено у формулі (4.3):

$$\Gamma = (-3.4051 + 0.8272 \times B - 0.02038 \times B^2 - 0.0000548994 \times B^3 + 0.00000487388 \times B^4)^{0.2} \times (6.10458 - 0.48334 \times P + 0.15442 \times P^2 - 0.02046 \times P^3 + 0.000939 \times P^4)^{0.8} \quad (4.3)$$

де Γ – гумус, B – біогенність, P – пожнивні і кореневі рештки, т/га.

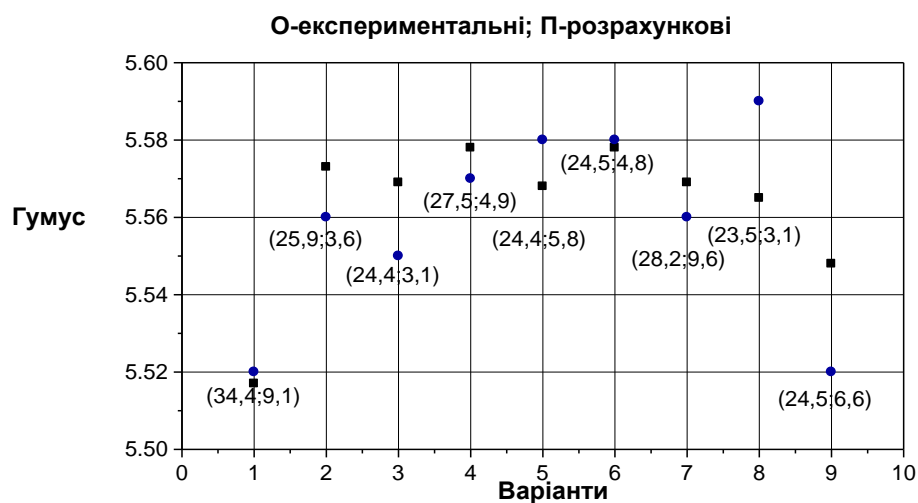


Рис. 4.15. Графічна залежність гумусу від продуктивності біомаси і біогенності за експериментальними (О) і розрахунковими (П) показниками варіанту рілля заповідника «Михайлівська цілина».

Таблиця 4.13.

**Експериментальні і розрахункові показники вмісту гумусу за
апроксиматичною залежністю варіанту оброблювальна ділянка
заповідника «Михайлівська цілина»**

Вміст гумусу, %		Похибка
експериментальні	розрахункові	
5,52	5,517	0,06%
5,56	5,573	-0,23%
5,55	5,569	-0,34%
5,57	5,578	-0,14%
5,58	5,568	0,21%
5,58	5,578	0,04%
5,56	5,569	-0,16%
5,59	5,565	0,46%
5,52	5,548	-0,50%

Кліматичні умови зони Степу призводять до формування меншої біомаси рослинності і зміни біогенності, що відображається в умовах заповідника «Хомутовський степ» графічно (рис. 4.15), апроксиматичною моделлю (4.4):

$$G = 8,22199 - 0,32098 \times B + 0,01093 \times B^2 - 0,15 \times 5,95334 + 0,17721 \times P - 0,00678 \times P^2 - 0,85 \quad (4.4)$$

де: G – гумус, B – біогенність, P – поживні і кореневі рештки, т/га

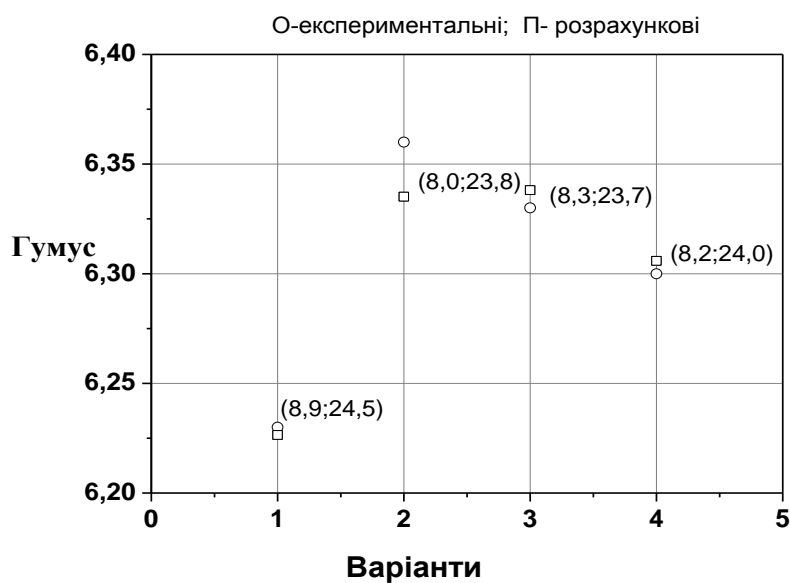


Рис. 4.15. Графічна залежність гумусу від продуктивності біомаси і біогенності за експериментальними (О) і розрахунковими (П) даними варіанту цілинна ділянка заповідника «Хомутовська цілина».

Таблиця 4.14.

**Експериментальні і розрахункові показники вмісту гумусу за
апроксиматичною залежністю варіанту абсолютна цілина**

Експериментальні показники	Розрахункові показники	Похибка
6,23	6,226	0,06%
6,36	6,335	0,39%
6,33	6,338	-0,13%
6,3	6,306	-0,09%

Зменшення надходження рослинних решток на ділянках ріллі до 5 разів порівняно з цілиними ділянками з одночасним підвищенням біологічної активності ґрунту призводить до втрати органічної речовини і виражається наступною апроксиматичною моделлю (5.5):

$$G = -15,008 + 3,19039 \times B - 0,1285 \times B^{2,0,23} \times 2,5235 + 1,4143 \times P - 0,288 \times P^2 + 0,0188 \times P^{3,0,77} \quad (5.5)$$

де: G – гумус, B – біогенність, P – поживні і кореневі рештки, т/га

Отже, запропоновані апроксиматичні залежності відповідають умовам гумусоутворення в цілинному та освоєному чорноземах типових і звичайних Лісостепу і Степу України за якими можна передбачити зміни вмісту гумусу «Михайлівського і Хомутовського стаціонарів». Залежності і підходи використані для створення апроксиматичних залежностей можна застосовувати для розробки узагальненої моделі гумусного стану чорноземів і прогнозування у часі запасів гумусу в них.

Висновки до розділу 4

1. Інтенсивне використання ріллі протягом 80 років призвело до зниження вмісту гумусу порівняно з абсолютною цілиною на 27%, POP до 5 разів. Найбільші зміни за сільськогосподарського використання відбуваються у шарі 0-5 см, що пояснюється більшим насиченням повітрям, біогенністю при меншій кількості рослинних решток, що й призводить до прискорення біологічного колообігу речовин і інтенсивної мінералізації органічної речовини. Тому, застосування різних технологій повинно бути спрямовано на збагачення верхнього кореневмісного шару рослинними рештками й органічними добривами, які є джерелами утворення гумусу.

2. Мінералізація органічної речовини ґрунту відбувається за рахунок зменшення лабільної частини гумусових речовин у 1,5 – 2,4 на чорноземах типових Лісостепу і 1,2–1,3 рази у ґрунтово-кліматичній зоні Степу. Втрата лабільних фракцій органічної речовини супроводжується зростанням гуматності гумусу.

3. Сільськогосподарське використання призводить до зміни групового і фракційного складу гумусу порівняно із абсолютною цілиною, що проявляється у зменшенні суми гумінових на 17–107%, фульвокислот –11–86% і підвищенні вмісту негідролізованого залишку до 23%. Втрати органічної речовини чорноземами при різних формах сільськогосподарського використання пов'язані з зменшенням вмісту лабільних фракцій гумусу – вільних і зв'язаних з кальцієм (ГК 1, ФК 1, ФК 1a і ГК 2), вмісту розчинних речовин і підвищенням частки негідролізованого залишку, що свідчить про «старіння» гумусових речовин.

4. Співвідношення вмісту розчинних речовин до негідролізованого залишку може бути індикатором деградаційних процесів, які призводять до зменшення загального гумусу і зміни його якісного складу. Оптимальні показники для чорноземів звичайних шару 0–20 см повинні становити 1,4–1,9; 1,4–1,6 (20–40 см), типових відповідно 1,5–2,3 і 1,7–2,2.

5. Сільськогосподарське використання чорноземів типових і звичайних призводить до зниження на 43–56% вмісту загального азоту, звуження співвідношення C:N і підвищення мінералізаційних процесів.

6. Термічний гідроліз чорнозему звичайного абсолютної цілини і ріллі мав подібний характер. Верхні шари чорнозему звичайного, які мали більший вміст гумусових речовин характеризувалися максимум стадії II термолізу ($\approx 300^\circ\text{C}$). Біотрансформації лігніну і гумусових кислот відповідали максимумами кривих термодесорбції для m/z 107, 94, 91, 67, а для m/z 67 –азотовмісних складових органічної речовини ґрунту у тому числі у молекулярній формі піролу, що утворюється при розкладанні порфіринового ядра хлорофілу.

7. Запропоновані апроксиматичні залежності вмісту гумусу від кількості рослинних решток і біогенності 0–40 см шару чорноземів, які враховують темпи, рівень гумусонакопичення і позитивну зворотну залежність продуктивності фітоценозу від вмісту гумусу.

8. Результати досліджень по даному розділу опубліковані [176, 253, 254, 298, 299, 300, 301, 365].

РОЗДІЛ 5

БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМІВ І СПРЯМОВАНІСТЬ МІКРОБНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ОБРОБІТКІВ ТА УДОБРЕННЯ

Інтенсивність і напрямок мікробної трансформації гумусу в агроценозах залежить від комплексу природних і антропогенних чинників. Основними напрямками зменшення механічного та хімічного навантаження на чорноземі і забезпечення в них землеробського закону повернення елементів живлення і органічних сполук, використаних на формування врожаю, є мінімізація обробітку ґрунту і біологізація землеробства [365, 366]. Поєднання цих двох напрямів здійснюється за використання ґрунтозахисних ресурсощадних технологій вирощування культур, які базуються на безполіцевих обробітках з використанням в якості органічних добрив соломи, сидератів та побічної продукції.

Відомо, що запаси гумусу за останні роки зменшились і будуть надалі зменшуватись, якщо до ґрунту не буде надходити достатня кількість органічних речовин [375]. Але за традиційної системи землеробства складаються несприятливі умови для збереження і відтворення гумусу. Якщо органічна речовина не надходить у ґрунт, то спостерігається зменшення врожаїв. У цьому контексті особливе місце належить органічним добривам, оскільки вони є необхідним компонентом формування і підтримання потенційної родючості ґрунту – його гумусованості – а також регулятором мікробіологічних процесів. На сьогодні забезпечити посіви сільськогосподарських культур гноєм та різними компостами повною мірою неможливо, отже можна використовувати солому, а також проміжні посіви із заорюванням зеленої маси як сидеральних добрив [376]. Поряд з кореневими та пожнивними рештками рослин внесення у ґрунт соломи і сидератів є основним джерелом новоутворень гумусу та повторного використання біофільних елементів у біологічному колообізі речовин. Тому, проблема

відновлення органічної речовини, збереження й поліпшення родючості ґрунтів набула першочергового значення.

У рослинному світі целюлоза є найбільш поширеним вуглеводом. До її складу входить майже 70 % карбону фітомаси агроценозів. Тобто, целюлоза є одним із важливих субстратів у процесах розкладу рослинного опаду, що надходить у ґрунт. При цьому треба враховувати, що органічна маса різних рослин має різну якість, що значно впливає на діяльність мікроорганізмів. За певних умов у результаті інтенсивного розвитку мікроорганізмів мінеральні форми основних біогенних елементів ґрунту можуть споживатися мікробними клітинами і переходити до їх складу. Подібний процес відбувається у ґрунті після внесення значної кількості соломи [265]. При цьому спостерігається інтенсивний розвиток целюлозоруйнівних мікроорганізмів та представників інших еколого-трофічних груп, що супроводжується зниженням вмісту в ґрунті мінеральних форм азоту і його накопиченням у мікробних клітинах (імобілізація) [96, 260]. За цих умов мікроорганізми можуть бути конкурентами рослин у процесі споживання азоту. Однак, це явище носить тимчасовий характер. Сумісне використання сидератів та соломи сприяє активності основних груп сапрофітних мікроорганізмів ґрунту, збагачуючи орний шар елементами живлення, знижуючи ураженість рослин фітопатогенними організмами. У розкладанні органічної речовини соломи беруть участь гриби. Вони мають потужний ферментативний апарат і в аеробних умовах сприяють перетворенню сполук азоту. При заорюванні соломи гриби, поселяючись на ній, інтенсивно руйнують не тільки солому, але також і гумус ґрунту вивільняючи азот, пригнічуючи діяльність бактерій та не впливаючи на денітрифікацію [260].

Одним із важливих антропогенних чинників, який впливає на інтенсивність перетворення органічної речовини в агроекосистемах, є обробіток ґрунту. Залежно від способу обробітку в ґрунті складається певне співвідношення водних і повітряних фаз, що впливає на рівень біологічної активності. Більшість дослідників вважають, що під час оранки поліпшується

водно-повітряний режим ґрунту, рівномірно розподіляються рослинні залишки, збільшується чисельність мікроорганізмів, їх трофічна структура, зростає біологічна активність тощо [11, 15, 17, 58, 59, 183, 195]. Однак стосовно питання способу обробітку думки дослідників суперечливі. Одні автори дотримуються думки, що найсприятливіший мікробіологічний режим створюється за поверхневого (мінімального) обробітку ґрунту, при цьому підвищується целюлозолітична активність, кількість педотрофів, та мікроорганізмів які синтезують полісахариди, в той же час пригнічується розвиток меланінсинтезуючих мікроорганізмів та нітрифікаційна здатність [146, 147, 169, 234]. Інші пропонують застосовувати полицево-безполицевий обробіток [127, 128, 129].

Тобто, дослідження біологічної активності ґрунтів, мікробного різноманіття і оцінка спрямованості мікробіологічних процесів, особливо тих еколого-трофічних груп, які приймають участь у трансформації вуглевісних сполук – основа для розробки заходів з відтворення родючості чорноземів Лісостепу і Степу.

5.1. Біогенність чорноземів за різних способів обробітків ґрунту

Спосіб обробітку ґрунту визначає характер розташування основної маси органічних рештків у ґрунті, що, в свою чергу, призводить до відмінностей у біогенності окремих його шарів [174, 256]. Виходячи із даного положення, розрізняють потенційну та ефективну біогенність ґрунту [170, 171]. Остання визначається здатністю біологічних компонентів ґрунту мобілізувати наявний енергетичний потенціал для наступного використання його рослинами. Найвища ефективна біогенність ґрунту повинна збігатися з тими періодами онтогенезу культурних рослин, коли їх потреба в доступних поживних речовинах найбільша. Звідси витікає особливе значення і необхідність розробки методів управління потенційною та ефективною біогенністю ґрунту. Дослідники визначають ряд методів управління цим показником у агроценозах: це, по-перше, регуляція вмісту органічної речовини шляхом

максимального надходження в оброблюваний шар ґрунту відповідних доз добрив та рослинних решток, а по-друге, – спосіб обробітку ґрунту, від якого залежить швидкість розпаду органічних речовин та склад і активність ґрунтової мікрофлори. Багаторічні дослідження мікрофлори ґрунту за різних систем його обробітку свідчать про те, що вплив цього фактору має свою специфіку залежно від агротехніки вирощування культури, ґрунтово–кліматичних і метеорологічних умов в роки спостережень та ін. [81]. Специфічність дії різних систем обробітку ґрунту позначається, перш за все, на складі активної мікрофлори ґрунту [96], а також залежить від тривалості застосування [115, 123] тієї чи іншої системи обробітку ґрунту.

Мікроорганізми характеризуються високою чутливістю до навколишнього середовища і активно реагують на зміни, які відбуваються під впливом природних та антропогенних факторів [148, 158]. Чорнозем типовий різноглибинний Драбівської дослідної станції характеризується середньою біогенністю відповідно до шкали Звягінцева Д.Г. [177] за виключенням перелугу, де показник – низький (рис. 5.1).

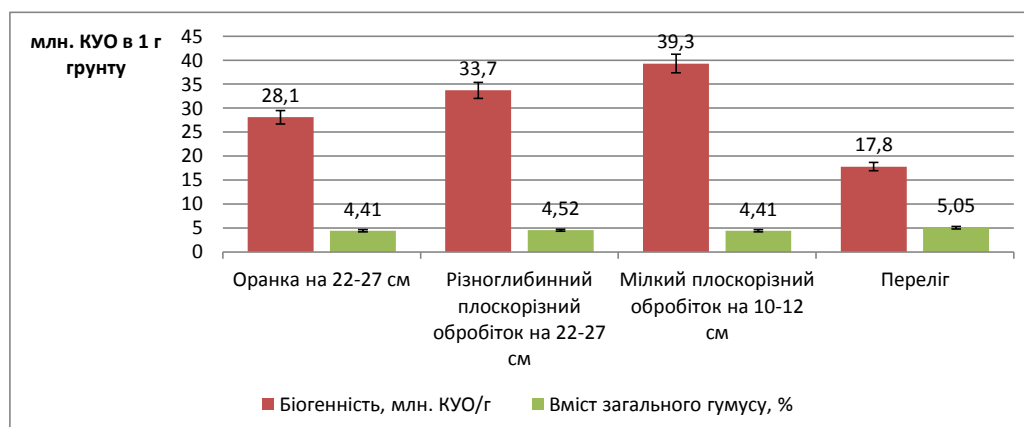


Рис. 5.1. Біогенність і вміст загального гумусу чорнозему типового середньосуглинкового за 40-річного використання різних обробіток ґрунту і залуження (Черкаська ДС ННЦ).

Аналізуючи біогенність чорнозему типового необхідно відмітити, що найвищий її показник був при використанні мілкового безполицевого обробітку, але це не призводить до найбільшого вмісту загального гумусу, який формується на перелозі при найменших значеннях біогенності. Обробіток ґрунту змінює рівень аерації, зволоження, температури, кількості рослинних рештків у зв'язку з чим, біогенність оброблюваного ґрунту була вищою, ніж на перелозі. Так, нашими дослідженнями О.В. Демиденко, О.Л. Тонха [133, 150, 151] показано, що збільшення ґрунтової вологи при безплужному обробітку забезпечує мікроорганізми елементами живлення та киснем порівняно з оранкою. Кількість вологи для мікроорганізмів у поровому просторі чорнозему є питанням визначальним з тієї причини, що розвиток та чисельність мікроорганізмів тісно пов'язано з вологістю у ґрунті. Мікроорганізми функціонують в ґрунтовій волозі і можуть локалізуватися у самих дрібних шпаринах у ґрунті.

Важливим чинником підвищення мікробіологічної активності та структуроутворення чорноземів – є детрит, який, з одного боку, виступає адсорбентом власне гумусових речовин, а з іншого, виконує роль «арматури» при формуванні агрономічно корисних структурних агрегатів. За безполицевого обробітку органічні добрива за рахунок вищих на 15–23 % коефіцієнтів гуміфікації ефективніше трансформувалися у детрит, а в умовах оранки детриту накопичується менше за рахунок посиленої мінералізації. За безполицевого обробітку у товщі ґрунту 0–50 см детриту за сівозміну накопичується більше у 1,35–1,40 рази, а з поверхні (шар ґрунту 0–20 см) – у 1,7–1,9 рази більше, ніж за оранки [150].

Найвищий вміст гумусу за результатами 40-річного використання різних обробітків ґрунту був на глибокому безполицевому обробітку при середньому, у порівнянні з оранкою і мілким безполицевим обробітком, показнику біогенності. Якщо порівняти біогенність чорноземів типових Черкаська ДС ННЦ і Михайлівської цілини, то її показники на різноглибинному

безполицевому обробітку найбільше наближалися до варіанту абсолютної цілини.

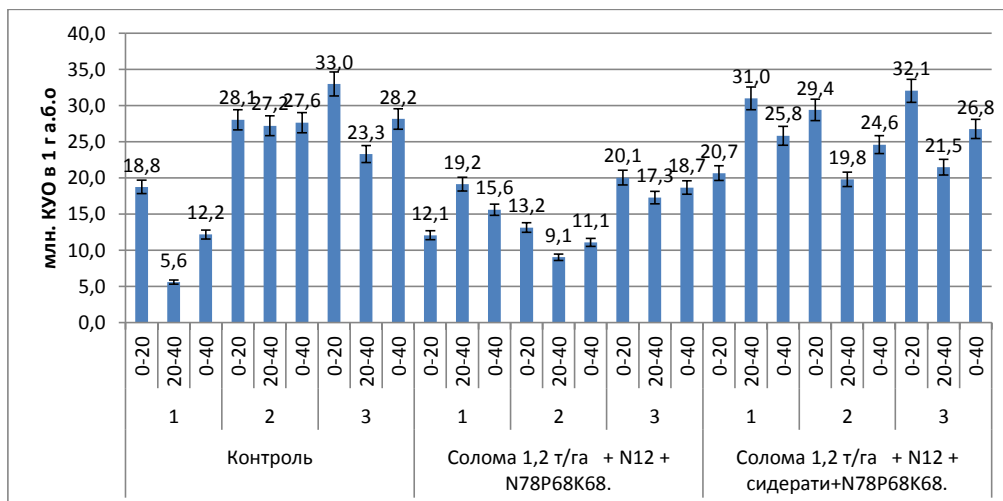
Агротехнічні заходи відіграють важливу роль у формуванні і функціонуванні мікробних угруповань у сучасних агроценозах. За умов сприятливого співвідношення C:N, найбільш позитивно впливають на біологічну активність і родючість ґрунту органічні добрива. Мінеральні добрива, насамперед азотні, різнобічно впливають на мікрофлору ґрунту, здебільшого активізуючи життєдіяльність мікробіоти (бактерій, водоростей, грибів) за їх внесення у екологічно доцільних дозах. Високі дози азотних добрив, як відомо, пригнічують розвиток певних груп мікроорганізмів ґрунту, зокрема азотфіксаторів. Вплив мінеральних добрив на ґрунтову мікробіоту залежить від дози і виду добрив, вирощуваної культури, типу ґрунту, метеорологічних умов тощо [248].

Мікроорганізми чутливо реагують на всі зміни навколишнього середовища (вологість, температура, обробіток, кількість фітомаси, що надходить в ґрунт, якісний склад). Активність їх, у першу чергу, залежить від інтенсивності надходження у ґрунт рослинних решток [20, 24]. За даними, які представлені на рис. 5.2, чорнозем типовий ВП НУБіП України «Великоснітинського НДГ ім. О.В. Музиченка» характеризується низьким ступенем збагачення ґрунту мікроорганізмами відповідно до школи Звягінцева [121, 123].

Біогенність 0–20 см шару чорнозему типового була значно вищою порівняно із 20–40 см на усіх варіантах дослідження за виключенням оранки на фоні органо–мінеральної системи удобрення із соломною. Як на варіанті без добрив, так і при їх застосуванні у шарі 0–20 см на глибокому безполицевому обробітку були отримані вищі показники на 21–71% порівняно з мілким безполицевим і на 26–78% – з оранкою.

У середньому за 16 років використання різних обробітків ґрунту в шарі 0–40 см найбільші показники біогенності отримані за різноглибинного безполицевого обробітку у порівнянні з оранкою і мілким обробітком. При

цьому на варіанті без внесення добрив збільшення становило відповідно 2,3 рази; органо-мінеральна з соломою у 1,3 і 1,8 разів, солома 1,2 т/га+ сидерати + N₇₈P₆₈K₆₈ на 21 і 12%.



- 1- Оранка
- 2- Мілкий безполицевий обробіток
- 3- Різноглибинний безполицевий обробіток

Рис 5.2. Біогенність чорнозему типового малогумусного крупнопилувато-середньосуглинкового та її зміни за різних обробітків та удобрення ґрунту, млн КУО в 1г а.б.о. (ВП НУБіП України «Великоснітинського НДГ ім. О.В. Музиченка»)

Дослідженнями В.Л. Helgason, F.L. Walley, J.J. Germida показано, що застосування технологій нульового обробітку збільшує на 8-20% загальну біомасу мікроорганізмів, бактеріальну відповідно 26-58%, грибну 10-120% порівняно із інтенсивними технологіями [468]. Біогенність у наших дослідженнях у чорноземах звичайних малогумусних корпорації «Агро-Союз» та її зміни під впливом 12-річного застосування різних технологій вирощування сільськогосподарських культур (рис. 5.3) показало, що найвищі їх значення відмічалися у 0–20 см шарі при застосуванні біологічної

технології ($7,7 \cdot 10^6$) і на інших варіантах у порядку зменшення: нульова ($9,0 \cdot 10^6$), мінімальна ($8,2 \cdot 10^6$) і традиційна ($6,9 \cdot 10^6$, на 41 % менше), хоч різниця між ґрунтозахисними технологіями (біологічною і нульовою) не перевищувала 5 %.

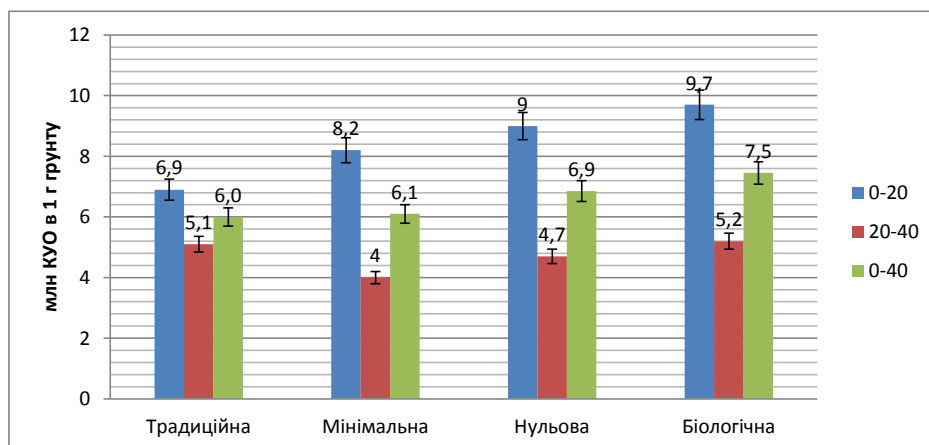


Рис 5.3. Вплив 12– річного використання різних технологій вирощування на біогенність чорнозему звичайного малогумусного, млн КУО в 1г а.б.о. (Корпорація «Агро–Союз»).

У середньому в шарі 0–40 см лише за використання біологічної технології отримано достовірне збільшення показника біогенності, що на 8,7–25,0% більше порівняно з іншими. Застосування нульового і мінімального обробітків порівняно з традиційною оранкою не привело до істотного збільшення біогенності чорнозему звичайного. Шар ґрунту 20–40 см при застосуванні різних технологій вирощування мав менші показники майже у 2,1 рази порівняно з 0–20 см.

Порівняння показника біогенності у 0–20 см шару чорноземів звичайних варіанту абсолютного степу природного заповідника «Хомутовська цілина» (10,3 млн. КУО в 1 г ґрунті) та одержаних при використанні різних технологій вирощування в умовах «Корпорації Агро-Союз» показало зменшення останніх порівняно із цілинними землями за традиційної технології на 49 %, мінімальною 26% і нульовою – на 14%, за біологічної різниця не

перевищувала 5%. При чому на варіанті абсолютної цілини найбільш біогенноактивним був шар 0–5 см. У середньому, біогенність шару 0–40 см біологічної і нульової технологій наближалася до абсолютної цілини.

Розорювання цілинних земель і при цьому додаткове надходження кисню призводить до активізації біогенності, а без достатньої кількості органіки у вигляді рослинних решток і добрив - поживи і середовища для мікроорганізмів – розкладання ґрунтового гумусу.

Спосіб обробітку ґрунту визначає характер розташування основної маси органічних рештків у ґрунті, що, в свою чергу, призводить до відмінностей у біогенності окремих його шарів. Найвищий показник біогенності чорнозему типового був на Черкаській ДС ННЦ за 40 – річного використання мінімального обробітку і 16 – річного застосування різноглибинного безполицевого обробітку в умовах ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка». Показник біогенності шару 0–40 см чорнозему звичайного «Корпорації Агро-Союз» за використання біологічної і нульової технологій наближалася до абсолютної цілини.

5.2. Вплив різних обробітків ґрунту й удобрення на кількість мікроорганізмів циклу азоту

Зростаюче антропогенне навантаження негативно впливає на властивості ґрунтів, погіршуючи їх агрохімічні та біологічні показники. Так, за впливу антропогенних чинників (доз, форм і норм добрив, видів обробітку ґрунту, беззмінного вирощування сільськогосподарських культур та застосування сівозмін, використання засобів захисту рослин, регуляторів росту рослин, пестицидів тощо) змінюється комплекс мікробіологічних показників, відбуваються якісні та кількісні зміни структури і біорізноманіття різних фізіологічних груп мікроорганізмів, які не завжди є позитивними для ґрунту [330, 331].

Дослідженнями Л.Ю. Симочко доведено, що кількісний склад мікроорганізмів, які засвоюють азот органічних сполук в залежності від

системи землеробства варіював від 1,96 до 6,08 млн/г ґрунту. Чисельність нітрифікуючих мікроорганізмів переважала чисельність амоніфікувальних на 42–65% (у варіанті досліджуваної біологічної системи землеробства + поверхневий обробіток ґрунту – на 10%), що вказує на активні мінералізаційні процеси в поверхневому шарі ґрунту. Кількісний склад бактерій, що використовують азот органічних сполук найвищим був у варіанті досліджуваної біологічної системи + поверхневий обробіток (5,38 млн.), що пояснюється вищим вмістом в ньому органічної речовини рослинного походження порівняно з іншими варіантами досліджуваної системи. Досліджувані зразки чорнозему типового також характеризуються низькою протеолітичною активністю мікробіоти, оскільки чисельність мікроорганізмів, які мінералізують азотовмісні органічні сполуки переважає загалом на 33,5 % чисельність нітрифікувальних мікроорганізмів [345].

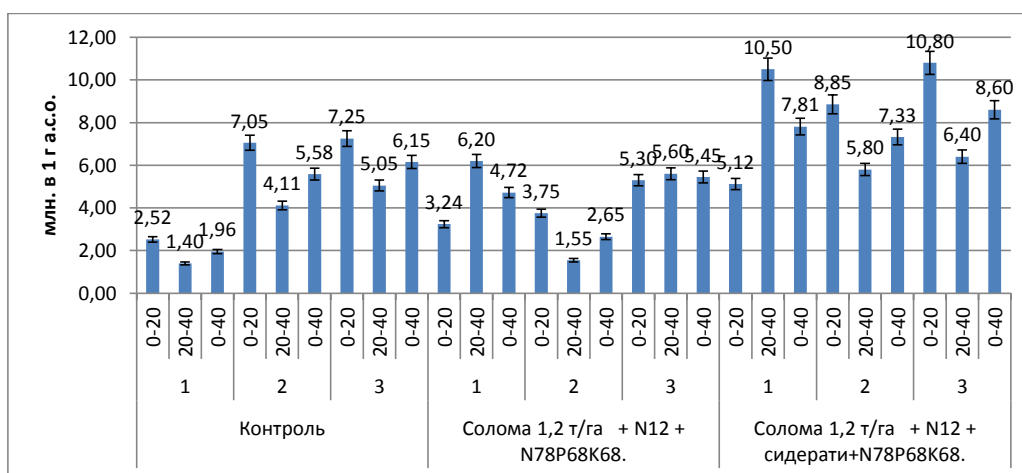
Дослідженнями О.Г. Тараріко встановлено, що мінералізаційні процеси інтенсивніше відбуваються на полицевій оранці, ніж на безполицевому обробітку ґрунту, де коефіцієнт мінералізації на 40% нижчий. В цілому в оброблюваному шарі при безполицевому обробітку створюються кращі умови для розвитку мікроорганізмів, які забезпечують посилення процесу гуміфікації і гальмування процесу мінералізації органічної речовини [250, 354].

У наших дослідженнях встановлено, що впровадження ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур характеризується певними етапами: перший – відповідає періоду відтворення внутрішньогрунтових зв'язків та відновленню механізмів самоорганізації будови ґрунту, другий – до 9 років, коли завершується цей період: третій – 15 років, що відповідає стійкому переходу системи ґрунт – рослина на рівень розширеного відтворення родючості [147, 336, 341]. Часовий фактор за впровадження різних обробітків ґрунту і систем удобрення мав безпосередній вплив на мікробіологічні процеси, чисельність і співвідношення еколого–трофічних груп мікроорганізмів.

Вплив 16-річного використання різних обробітків ґрунту на кількість мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту у чорноземі типовому

середньосуглинковому ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» наведено на рис. 5.4.

Забезпеченість кількістю амоніфікаторів [121,123] чорнозему типового ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» на контролі варіанту оранка та за мілкого безполицевого обробітку з внесенням соломи в шарі 20–40см характеризувалася як бідна, а решта варіантів обробітку і систем удобрення – багата.



1 – оранка;

2 – мілкий безполицевий обробіток;

3 – різноглибинний безполицевий обробіток

Рис. 5.4. Вплив 16-річного використання різних обробітків ґрунту на кількість мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту у чорноземі типовому середньосуглинковому ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка», млн. в 1 г а.с.о.

Чорноземи типові ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» за органо-мінеральної системи удобрення і природного заповідника «Михайлівська цілина» варіанту рілля у шарі 0–40 см характеризувалися кількістю амоніфікаторів 5,7–8,0 млн. в 1 г а.с.о. На контролі відбувається зниження протеолітичної активності ґрунтових

мікроорганізмів та посилюється мінералізація органічних речовин, що особливо проявляється за оранки.

Мілкий безполицевий обробіток у порівнянні з оранкою на контролі підвищував кількість копіотрофів у 2,5 рази, але зменшував їх кількість на орґано–мінеральному варіанті з соломною у 1,8 та з соломною і сидератами – на 1,13 разів.

Використання різноглибинного безполицевого обробітку протягом 14 років підвищувало чисельність амоніфікаторів (6,4-10,8 млн. КУО), що пояснюється вищим вмістом в ньому органічної речовини з іншими варіантами. Порівняно з оранкою різниця становила від 1,2 на орґано–мінеральній системі удобрення з сидератами і соломною до 3 разів на контролі. При цьому шар 0–20 см за кількістю вищенаведених мікроорганізмів наближався до варіанту абсолютна цілина. Тобто, впровадження цього обробітку сприяє зменшенню мінералізаційних процесів у чорноземі типовому.

Кількість мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту, показник мінералізації–іммобілізації при використанні різних обробітків ґрунту і удобрення в умовах ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» наведено у таблиці 5.1.

На контролі за оранки в шарі 0–40 см спостерігалась найменша кількість мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту. Показники на мілкому безполицевому обробітку були більші на 127% порівняно з оранкою і 34,4% різноглибинним безполицевим обробітком. На орґано–мінеральній системі удобрення з соломною перевага була за різноглибинним безполицевим обробітком над оранкою на 45 і мілким безполицевим обробітком на 118%.

Таблиця 5.1.

Кількість мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту, показник мінералізації – іммобілізації у чорноземі типовому в залежності від обробітків і удобрення ґрунту в умовах ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка», млн. КУО/г ґрунту

Система удобрення, на 1 га сівозмінної площі	Варіант обробітку	Глибина, см	Кількість мікроорганізмів, що асимілюють мінеральні форми азоту, млн. КУО/г ґрунту	Показник мінералізації – іммобілізації, КАА/ МПА
Без добрив (контроль)	Оранка	0–20	9,8±0,7	3,9
		20–40	2,3±0,2	1,6
		0–40	6,1±0,2	2,7
	Мілкий безполицевий	0–20	11,4±0,8	1,6
		20–40	14,0±0,9	3,4
		0–40	12,7±0,8	2,5
	Різноглибинний безполицевий обробіток	0–20	8,2±0,6	1,1
		20–40	10,0 ±0,8	2,1
		0–40	9,4±0,7	1,6
Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈ .	Оранка	0–20	5,4±0,4	1,7
		20–40	7,8±0,5	1,3
		0–40	6,6±0,4	1,4
	Мілкий безполицевий	0–20	4,5±0,5	1,2
		20–40	3,0±0,2	1,9
		0–40	3,7±0,4	1,4
	Різноглибинний безполицевий обробіток	0–20	6,4±0,8	1,2
		20–40	7,4±0,5	1,3
		0–40	6,8±0,6	1,3
Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати+N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈ .	Оранка	0–20	9,8±0,6	1,9
		20–40	10,6±0,5	1,0
		0–40	9,4±0,5	1,3
	Мілкий безполицевий	0–20	10,9±0,8	1,2
		20–40	7,6±0,5	1,3
		0–40	9,2±0,8	1,3
	Різноглибинний безполицевий обробіток	0–20	11,5±1,3	1,1
		20–40	8,6±0,5	1,3
		0–40	10,0±0,8	1,2

За показником мінералізації–іммобілізації оцінюється інтенсивність процесів мінералізації органічної речовини і у чорноземі типовому він залежав від обробітку ґрунту і удобрення. Аналізуючи його значення у шарі 0–40 см необхідно зазначити, що на контролі найвищі показники відмічаються за оранки і мілкого безполицевого обробітку, найнижчі – різноглибинному безполицевого (63% менше порівняно з оранкою). Тобто, можливо опосередковано говорити, що використання різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту на контролі створює умови для меншого розкладання органічної речовини.

На удобрених варіантах різні системи обробітку майже не впливали на показник мінералізації–іммобілізації в чорноземі типовому, відбувалася лише диференціація оброблювального шару ґрунту: зі збільшенням показників при оранці на 31–90% у верхньому 0–20 см шарі порівняно із 20–40 см; на мілкому безполицевого залежність була зворотною і перевищення становило до 58%; різноглибинний безполицевий – різниця між показниками шарів не перевищувала 5%. Найменш напружений трофічний режим мікроорганізмів циклу азоту формується за різноглибинного безполицевого обробітку з органо-мінеральною системою удобрення.

Кількість мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту та амілолітичних, вміст амонійного і нітратного азоту в чорноземі типовому Черкаської ДС ННЦ під впливом 40–річного використання різних обробітків ґрунту наведена на рис. 5.5. За 40 років застосування різних обробітків найбільша кількість амоніфікаторів отримана за мілкого безполицевого обробітку (5,3-7,1 млн. КУО), що на 9,2-9,6% більше, ніж на інших варіантах дослідів. Співвідношення кількості мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту і мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту на перелозі становить 1:1, що сприяє формуванню найвищого вмісту амонійного і нітратного азоту.

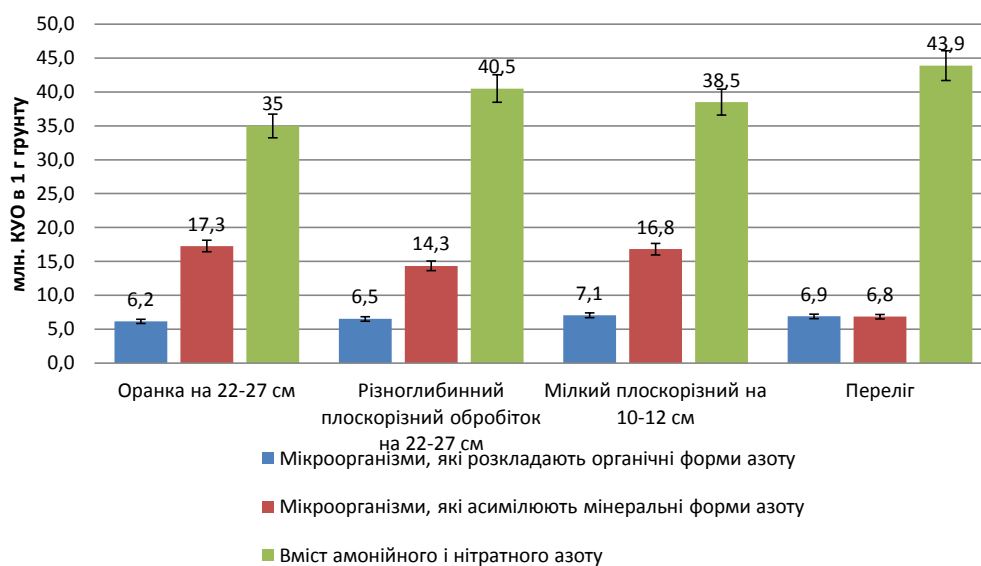


Рис.5.5. Вплив 40-річного використання різних систем обробітку ґрунту і залуження на кількість мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту, асимілюють мінеральні форми азоту, вміст амонійного і нітратного азоту в чорноземі типовому Черкаської ДС ННЦ.

Ці показники на оранці 1:2,2, а глибокому і мілкому безполицевих обробітках – 1:2,8, –1–2,3 відповідно. Найбільша кількість гетеротрофів, що висіваються на МПА на мілкому безполицевому обробітку, а мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту – на різноглибинному безполицевому обробітку.

На перелозі отримано найменший показник мінералізації–імобілізації 1,0, що пов'язано з урівноваженням процесів розкладу і накопичення органічної речовини. Порівняння 40-річного використання різних обробітків ґрунту показало, що більш інтенсивно процеси мінералізації відбуваються за оранки, де цей показник становить 2,8, далі – мілкому безполицевому (2,4) і найменші на різноглибинному безполицевому обробітку – 2,2.

Отже, обробіток ґрунту є вагомим фактором впливу на чисельність еколого–трофічних та таксономічних груп мікроорганізмів. На перелозі

кількість мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту в 2,5 рази менша за показники різних варіантів обробітку ґрунту. Застосування протягом 40 років різноглибинного безполицевого обробітку сприяло зменшенню процесів розкладання органічної речовини, підсиленню гумусонакопичення, покращенню забезпеченості рослин мінеральними сполуками азоту порівняно з оранкою.

Вплив 12-річного використання технологій вирощування сільськогосподарських культур на кількість амоніфікаторів і мікроорганізмів, що асимілюють мінеральні форми азоту, показник мінералізації-іммобілізації у чорноземі звичайному «Корпорації Агро-Союз» наведено на рис. 5.6.

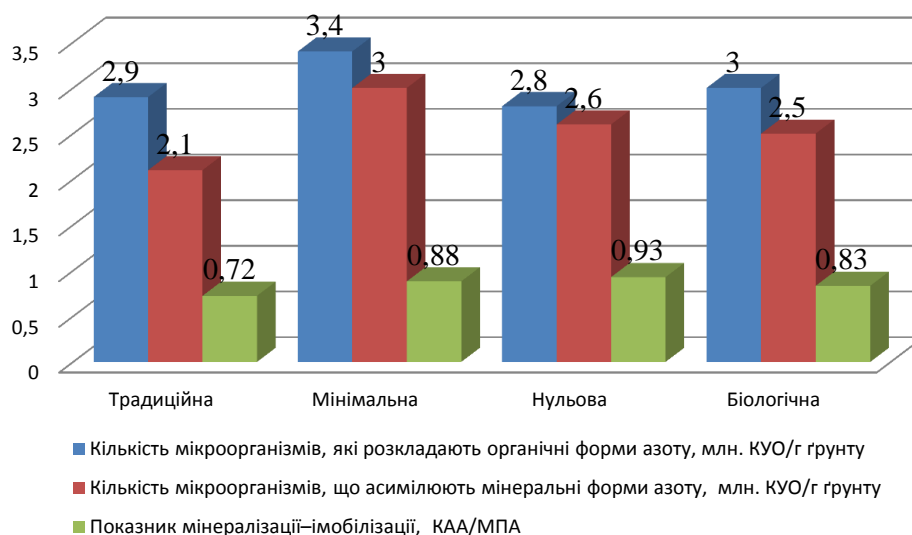


Рис.5.6. Вплив 12-річного використання технологій вирощування сільськогосподарських культур на кількість амоніфікаторів і мікроорганізмів, що асимілюють мінеральні форми азоту, показник мінералізації-іммобілізації у чорноземі звичайному «Корпорації Агро-Союз».

Різниця за кількістю мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту між традиційною, мінімальною і нульовою технологіями вирощування сільськогосподарських культур не перевищувала 5 %. На оранці отримано

найменший показник мінералізації– іммобілізації (0,72), різниця між мінімальною і біологічною не була значною, найбільше до оптимального значення наближалися нульові технології обробітку ґрунту.

За результатами дослідження кількості мікроорганізмів, які розкладають органічні форми азоту, асимілюють мінеральні форми, показника мінералізації–іммобілізації за різних систем обробітку ґрунту і удобрення, залуження зробити висновки, що кількість мікроорганізмів, які розкладають органічні азотовмісні сполуки у чорноземах типових природного заповідника «Михайлівська цілина» більша у 3,7 рази на варіанті абсолютна цілина, 3,3 - кошена цілина, 1,2 – рілля порівняно з чорноземами звичайними природного заповідника «Хомутовська цілина». Накопичення органічної речовини в шарі 0–40 см природного заповідника «Михайлівська цілина» найвище на варіанті абсолютної цілини і перелогу, що вказує на інтенсивне гумусоутворення на цих варіантах, а найбільш інтенсивно мікробіологічні процеси проходять на варіантах рілля, кошена цілина, лісосмуга.

Обробіток ґрунту є вагомим фактором впливу на чисельність еколого – трофічних груп мікроорганізмів. На перелозі кількість мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту в 2,5 рази менша за показники різних варіантів обробітку ґрунту. Застосування протягом 14–ти і 40 років різноглибинного безполицевого обробітку сприяло зменшенню процесів розкладання органічної речовини, підсиленню гумусонакопичення, покращенню забезпеченості рослин мінеральними сполуками азоту.

5.3. Вплив застосування різних систем обробітків на спрямованість мікробних процесів в агроценозах

Основним чинником, який визначає спрямованість та інтенсивність процесів мінералізації органічної речовини і є ефективним засобом регулювання вуглецевого і азотного балансу ґрунтів, а отже і рівня їх потенційної родючості є система удобрення сільськогосподарських культур і обробіток ґрунту. Виходячи з цього, визначення оптимальних співвідношень

між органічними і мінеральними добривами з урахуванням різних типів ґрунтів і його способів обробітку є однією з передумов сталого землеробства [3].

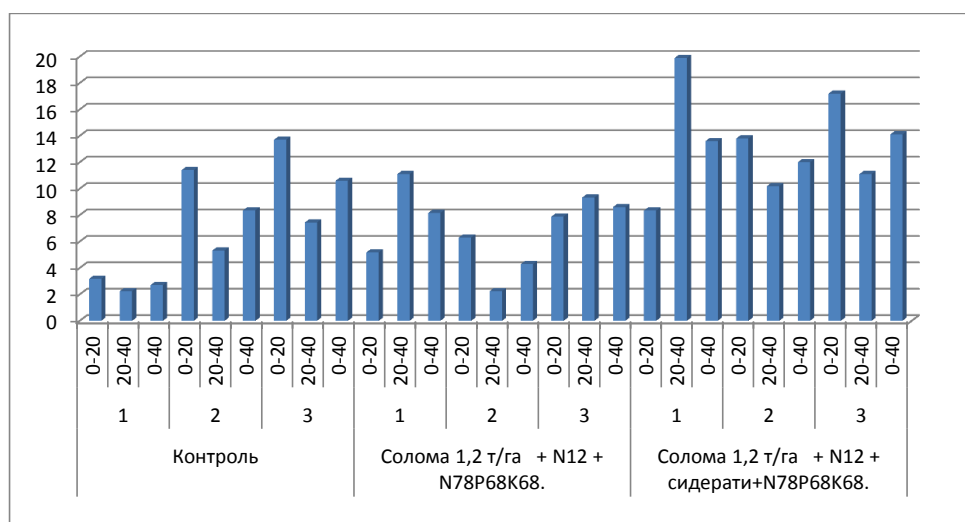
Численними дослідженнями доведено перевагу органо-мінеральних систем удобрення як за впливом на врожайність культур, так і на родючість ґрунтів [234, 235, 237, 244]. Показано, що заорювання сидеральної культури люпину в поєднанні з мінеральними добривами позитивно вплинуло на показник трансформації органічної речовини, який збільшився в 2 рази порівняно з контролем. Мінералізаційні процеси за цих умов посилювалися на усіх варіантах із внесенням добрив, де також зростала і оліготрофність, що свідчить про покращення трофічного режиму. Цю закономірність можна вважати справедливою для усіх досліджуваних ґрунтів, незалежно від їхнього генетичного статусу.

Результати досліджень щодо впливу технологій вирощування сільськогосподарських культур на мікробну трансформацію ґрунтової органічної речовини мали неоднозначний характер. Так, науковці Ю. П. Москалевська, М. В. Патика вказують, що активність перетворення сполук карбону у чорноземі зростала у напрямі: промислова–екологічна–біологічна система землеробства і використання біологічних технологій зменшує інтенсивність перетворення органічної речовини [263].

У наших дослідженнях системи обробітку і удобрення зумовлюють перерозподіл рослинних рештків у верхніх шарах ґрунту, як головного джерела живлення для мікроорганізмів і внаслідок цього змінюється показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини. Вплив 16-річного використання різних систем обробітку і удобрення на показник мікробної трансформації органічної речовини (ПМТОР) у чорноземі типовому середньосуглинковому ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» наведено на рис. 5.7.

Аналіз результатів дослідження представлених на рис. 5.7. свідчить, що найвищі показники у шарі 0–40 см за останні 7 років використання (загальний термін використання технологій 16 років) різних систем обробітку ґрунту і

удобрення отримано за різноглибинного безполицевого обробітку де вони становили 8,6-14,1. При цьому, якщо порівнювати контроль з органо-мінеральним варіантом удобрення з соломою, то останній мав менші значення показника на 23%, що, на нашу думку, пов'язано з участю целюлозоруйнівальних мікроорганізмів у трансформації соломи. Висівання сидератів на фоні органо-мінеральної системи удобрення з соломою 1,2 т/га+N₁₂+N₇₈P₆₈R₆₈ підвищило показник мікробної трансформації органічної речовини порівняно з варіантом без сидератів на 64% і на контролі – 33%.



- 1 – оранка;
 2 – мілкий безполицевий обробіток;
 3 – різноглибинний безполицевий обробіток

Рис. 5.7. Вплив 16-річного використання різних систем обробітку ґрунту і удобрення на ПМТОР у чорноземі типовому середньосуглинковому ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка».

Найвищий ПМТОР чорнозему типового у шарі 0–40 см отримано на варіанті солома 1,2 т/га + N₁₂ + сидерати+ N₇₈P₆₈K₆₈ на різноглибинному безполицевому обробітку (14,1), найменше–на контролі при застосуванні оранки (2,7).

Вплив 40-річного використання різних обробітків ґрунту і перелогу на ПМТОР у чорноземі типовому в умовах Черкаської ДС ННЦ наведено на рис. 5.8. У чорноземі типовому Черкаської ДС ННЦ найвищий показник (13,8) отримано на перелозі, що пов'язано з надходженням до ґрунту свіжої органічної речовини і процесами її перетворення. На 37% менші значення порівняно з перелогом отримані при застосуванні мілкого безполицевого обробітку і далі у порядку зменшення оранка (9,54) та різноглибинний безполицевий обробіток (8,27). Але показник мікробної трансформації органічної речовини без аналізу маси рослинних решток, яка надійшла до ґрунту, не дає можливості аналізувати напрямок процесів.

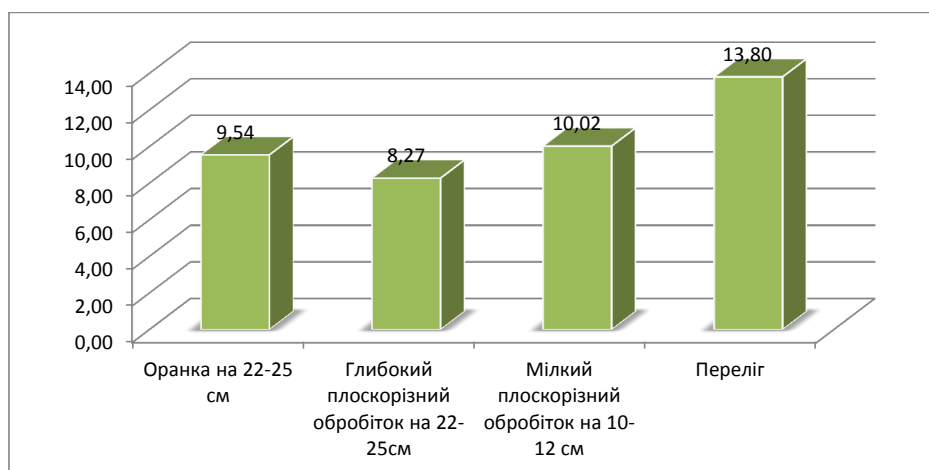


Рис. 5.8. Вплив 40-річного використання різних обробітків ґрунту і варіанту перелогу на показник мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини у чорноземі типовому середньосуглинковому в умовах Драбівської дослідної станції.

Географічна зональність і більша ксерофітність клімату значно не вплинула на рівень ПМТОР, що видно із результатів дослідження одержаних у зоні Степу. Вплив 12-річного використання різних технологій вирощування сільськогосподарських культур на показник мікробної трансформації ґрунтової

органічної речовини у чорноземі звичайному в умовах корпорації «Агро–Союз» наведено на рис. 5.9.

Технології вирощування сільськогосподарських культур впливали на показник мікробної трансформації органічної речовини наступним чином: найвищі значення були отримані при біологічній і нульовій технологіях (9,3) і далі у порядку зменшення мінімальна (7,6) та традиційна (5,5).

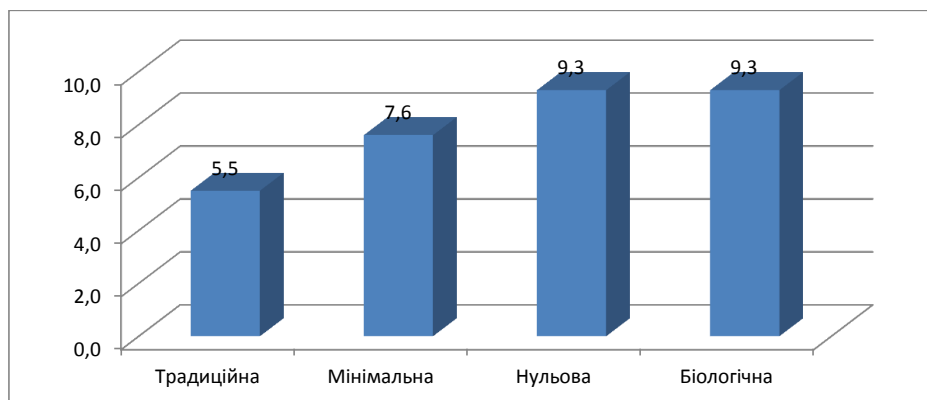


Рис. 5.9. Вплив 12-річного використання різних технологій вирощування сільськогосподарських культур на ПМТОР у чорноземі звичайному (корпорація «Агро–Союз»).

Отже, у зоні Лісостепу на 16 рік використання різних систем обробітку ґрунту найвищі значення показника мікробної трансформації ґрунтової органічної речовини чорнозему типового середньосуглинкового у шарі 0–40см отримано за різноглибинного безполицевого обробітку (14,1), а за 40 років на варіанті мілкового безполицевого обробітку. Застосування сидератів на фоні орґано-мінеральної системи удобрення з соломною збільшує вищенаведений показник на 64%. В умовах Степу найбільші значення цього показника отримано при біологічній і нульовій, які перевищують в 1,7 разів варіант з традиційною технологією.

5.4. Вплив різних обробітків ґрунту на чисельність мікроорганізмів, які трансформують сполуки карбону

Ґрунтові мікроорганізми відіграють важливу роль у формуванні родючості ґрунту і, зокрема, трансформації в ґрунті елементів живлення (в першу чергу азоту і карбону) [37]. Кількісний склад і співвідношення окремих представників у мікробному ценозі ґрунту значною мірою залежить від способу обробітку ґрунту, надходження в ґрунт органічних добрив, сидератів і рослинних рештків. Залежно від них, в ґрунті складається певне співвідношення водної і повітряної фаз, яке впливає на рівень біологічної активності. Якщо в ґрунт вноситься органічний матеріал, збагачений енергетичними сполуками (вуглеводами, амінокислотами), які легко засвоюються мікроорганізмами, то останні задовольняють свої потреби за рахунок цих сполук, а продукти ароматичної природи беруть участь у формуванні гумусових молекул [13].

Пізнати сутність родючості ґрунтів або встановити закономірності їх формування і генезису можна завдяки вивченню процесів, що протікають в ґрунті, складу і динаміки мікробіоценозів і особливо тих, які пов'язані з гуміфікацією і розкладом гумусових речовин та методами їх регулювання. Тому, необхідно дослідити мікробну трансформацію органічної речовини при різних системах обробітку ґрунту і використанні в якості органічних добрив соломи і сидератів, встановити направленість процесів мікробіологічної трансформації гумусових речовин за ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур з елементами біологізації. Визначити вплив різних систем обробітку ґрунту та удобрення з елементами біологізації землеробства на вміст загального і рухомого гумусу, чисельність мікроорганізмів, які беруть участь в утворенні і мінералізації гумусових речовин.

Ґрунтові мікроорганізми відіграють важливу роль на всіх етапах гумусоутворення, починаючи з розкладу свіжого рослинного матеріалу до новоутворення простих гумусових сполук, їх поступового ускладнення, а

також в процесах деструкції або фрагментарного оновлення гумусу в ґрунті [17, 39, 52, 56, 97, 129,154, 190, 302, 325, 326]. Нами на основі літературних джерел складена схема трансформації гумусових речовин мікроорганізмами (рис.5.10).

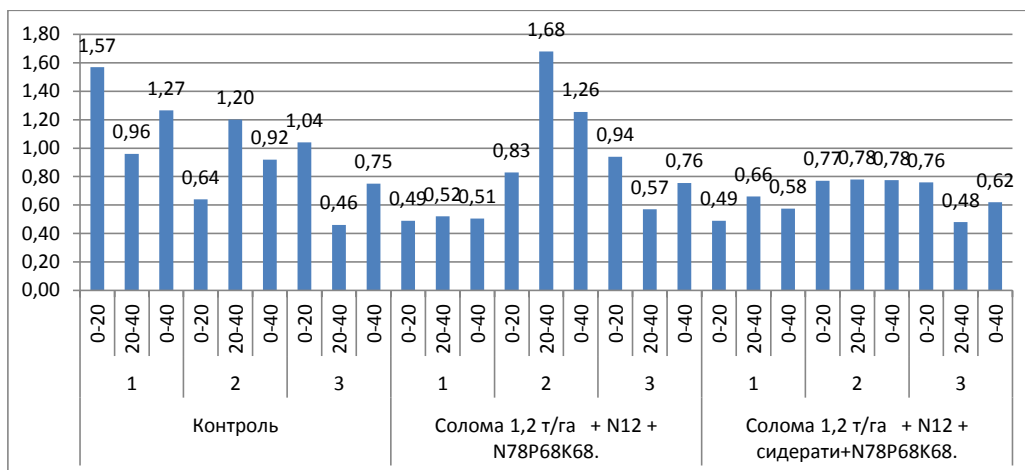


Рис. 5.10. Схема трансформації гумусових речовин у ґрунті мікроорганізмами.

Інтенсивність мікробної трансформації гумусу в агроценозах залежить від комплексу природних і антропогенних чинників. В агроценозах важливого значення набувають системи землеробства, які впливають на функціональну активність мікроорганізмів, від чого значною мірою залежать процеси гумусоутворення, кількісний та якісний склад гумусових сполук у ґрунті.

Індекс педотрофності (рис. 5.11), який за визначенням К. І. Андреюк [11, 12], визначає ступінь освоєння органічної речовини, в шарі 0–40 см був найвищим на варіанті без добрив за оранки (1,27), на 38 % меншим на мілкому безполицевому і в 1,7 рази – на різноглибинному безполицевому.

Використання органо-мінеральної системи удобрення із соломою найбільші значення при мілкому безполицевому обробітку (1,26), зменшення на оранці становить 2,5 рази і різноглибинному безполицевому – 1,7 раз.



1 – оранка;

2 – мілкий безполицевий обробіток;

3 – різноглибинний безполицевий обробіток

Рис. 5.11. Вплив різних варіантів обробітку і удобрення на індекс педотрофності в чорноземі типовому малогумусному (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області).

Педотрофні і гуматрозкладальні мікроорганізми беруть участь у деструкції периферійної і ядерної частин гумусових речовин. У таблиці 5.2 наведено вплив 16-річного використання різних обробітків ґрунту і варіантів удобрення на чисельність педотрофних і гуматрозкладаючих мікроорганізмів в умовах ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області. На контролі найбільша кількість гуматрозкладальних мікроорганізмів була у шарі 0–20 см як при оранці, так і виключенням оранки, де найбільша кількість цих мікроорганізмів спостерігалась в шарі 20–40 см. Кількість педотрофних мікроорганізмів на варіанті без внесення добрив при використанні оранки і мілкого безполицевого обробітку була менша в 2,5 і 1,1 рази відносно перелугу. При використанні

Таблиця 5.2.

**Вплив різних систем обробітку і удобрення на вміст
гуматрозкладальних, педотрофних мікроорганізмів і індекс
педотрофності в чорноземі типовому малогумусному (ВП НУБіП України
«Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району
Київської області)**

Варіант удобрення	Варіант обробітку	Шар ґрунту, см	Гуматрозкладаючі мікроорганізми, млн. КУО/г	Педотрофні мікроорганізми, млн. КУО/г
Без добрив (контроль)	Оранка	0–5	10,2±0,25	1,4±0,13
		5–20	1,1±0,09	4,4±0,50
		20–40	0,5±0,19	0,3±0,06
		0–40	3,9±0,17	2,0±0,23
	Мілкий безполицевий	0–5	11,4±0,85	7,7±0,64
		5–20	1,48±0,14	0,15±0,038
		20–40	11,7±0,30	5,8±0,53
		0–40	8,2±0,43	4,6±0,39
	Різноглибинний безполицевий	0–5	6,0±0,38	1,0±0,16
		5–20	7,3±0,67	14,1±0,29
		20–40	0,6±0,07	0,7±0,09
		0–40	4,6±0,35	5,3±0,15
Солома 1,2 т/га+ N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	Оранка	0–5	4,6±0,16	8,1±0,09
		5–20	6,6±0,17	6,8±0,19
		20–40	6,1±0,16	16,7±0,96
		0–40	5,8±0,16	10,5±0,39
	Мілкий безполицевий	0–5	5,4±0,16	10,4±0,58
		5–20	4,1±0,32	11,0±0,65
		20–40	6,4±0,49	0,5±0,039
		0–40	5,3±0,32	7,1±0,41
	Різноглибинний безполицевий	0–5	0,7±0,13	20,1±0,45
		5–20	3,4±0,17	3,2±0,07
		20–40	3,2±0,16	5,5±0,37
		0–40	2,4±0,15	8,6±0,28
Переліг	0–5	1,8±0,12	6,4±0,39	
	5–20	1,5±0,09	5,2±0,15	
	20–40	2,4±0,12	3,7±0,15	
	0–40	1,9±0,11	5,1±0,23	

різноглибинного безполицевого обробітку отримані результати такіж як на перелозі. Системи обробітку ґрунтів за внесення добрив призводили до надходження органічного матеріалу в різні шари: на оранці в 20–40 см, при

безполицевих обробітках переважно до шару 0–20 см, що викликало менший розвиток в них гуматрозкладаючих і більший педотрофних мікроорганізмів (табл. 3.7). Чисельність вищенаведених мікроорганізмів на усіх обробітках була вищою ніж на варіанті перелогу на 21–106%. На варіанті різноглибинного безполицевого обробітку розподіл мікроорганізмів був такий як і на перелозі. Так, в 0–5см шарі відмічено найменші значення гуматрозкладаючих і високі педотрофних, а в шарі 20–40 см кількість педотрофних мікроорганізмів була в 6 разів більша порівняно з 5–20 см.

В середньому, у 0–40 см шарі кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів була найвищою на оранці, зменшувалась на 9,4% на мілкому безполицевому і найменші відмічались на різноглибинному безполицевому обробітку (в 2,4 рази менше порівняно з оранкою).

Чисельність стрептоміцетів залежала від обробітку ґрунту, варіанту удобрення і глибини шару. Так, на контролі на усіх обробітках найвищі значення отримані у шарі 0–20 см порівняно з 20–40 сантиметровим шаром. На варіанті з соломою 1,2 т/га + N₁₂ + N₇₈P₆₈K₆₈ і з сидератами вищі значення отримані у шарі 20–40 см, що пов'язано з утворенням в цих шарах і розкладом актиноміцетами детриту. На контролі і на варіанті де використовували органо–мінеральну систему удобрення з соломою і сидератами за різноглибинного безполицевого обробітку отримано більшу кількість актиноміцетів порівняно з оранкою і мілким безполицевим обробітком (рис 5.12).

Отже, різноглибинний безполицевий обробіток сприяє збереженню ядерної частини гумусових речовин від розкладання мікроорганізмами. Чисельність педотрофних мікроорганізмів, які руйнують периферійну частину гумусових речовин на різноглибинному безполицевому обробітку була вища ніж на мілкому безполицевому обробітку на 21%. На перелозі в шарі 0–40 см визначено найменша кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів порівняно з усіма варіантами обробітків і удобрення.

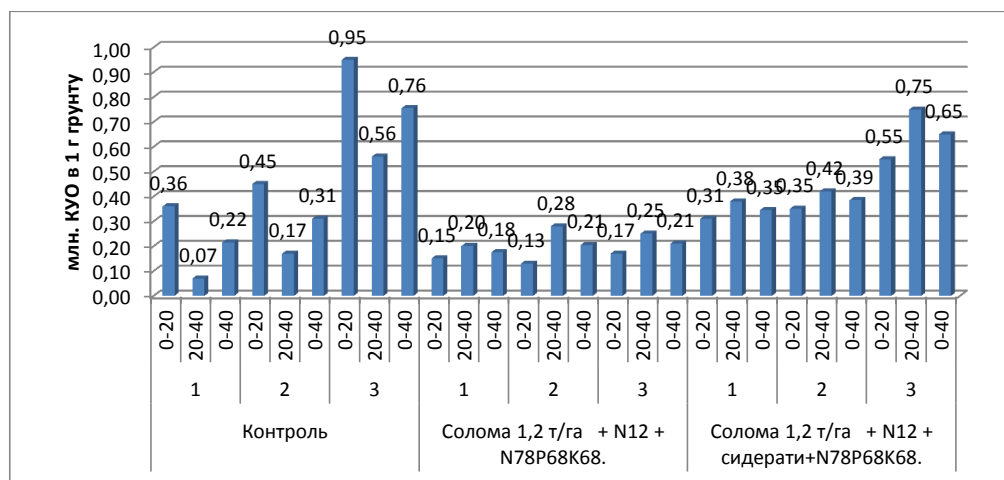


Рис. 5.12. Вплив 16 – річного використання різних варіантів обробітку і удобрення на чисельність стрептоміцетів в чорноземі типовому малогумусному (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області).

Вплив 40– річного використання різних обробіток ґрунту і варіанту перелогу на кількість гуматрозкладаючих, педотрофних мікроорганізмів і індекс педотрофності у чорноземі типовому середньосуглинковому в умовах Черкаської ДС ННЦ наведено на рис. 5.13.

Найбільша кількість педотрофних мікроорганізмів в чорноземі типовому за 40– річного використання різних обробіток спостерігалась на мілкому безполицевому обробітку (15,5 млн. КУО/г ґрунту), хоч різниця між оранкою і вищенаведеним обробітком не перевищувала 5%. На 37% менші значення були на різноглибинному безполицевому обробітку, а найменші значення отримані на перелозі 6,0 млн. КУО/г ґрунту. Аналогічною закономірністю характеризувався індекс педотрофності, що свідчить про найбільшу освоєність органічної речовини на оранці і мілкому безполицевому обробітку. Серед варіантів, які знаходяться в обробітку, найменша кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів отримана при різноглибинному безполицевому обробітку –

12,6 млн. КУО/г ґрунту, найбільша – 16,9 млн. КУО/г ґрунту, на мілкому безполицевому обробітку (31 %).

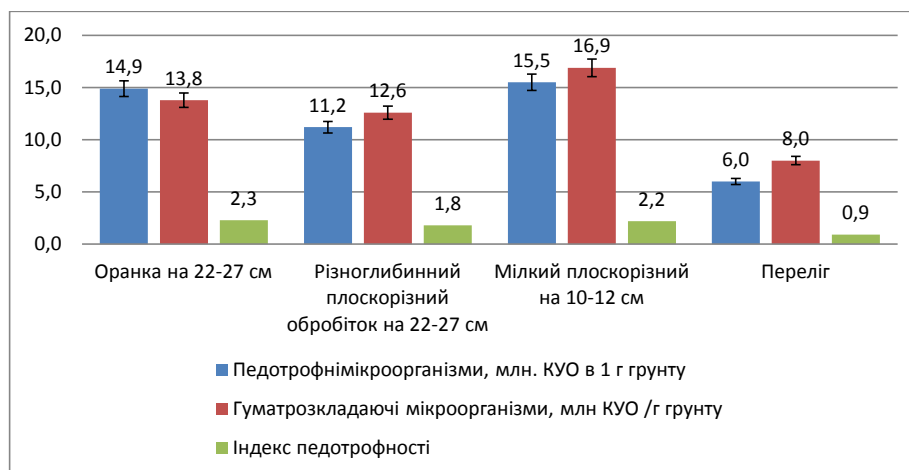


Рис. 5.13. Вплив 40– річного використання різних обробітків ґрунту і перелугу на кількість гуматрозкладаючих, педотрофних мікроорганізмів і індекс педотрофності у чорноземі типовому середньосуглинковому в умовах Драбівської дослідної станції.

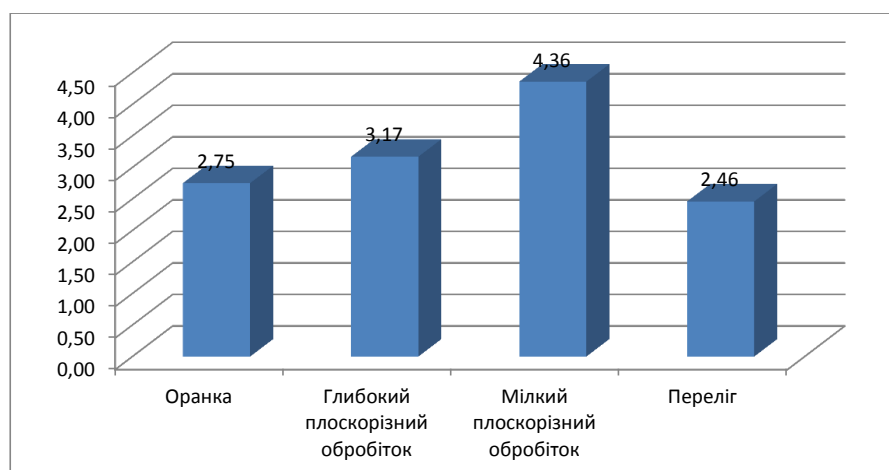


Рис. 5.14. Кількість актиноміцетів за різних обробітків і перелугу чорнозему типовому, млн. КУО/ ґрунту, Черкаська ДС ННЦ.

Використання 40 років різних обробітків призводить до зміни кількості актиноміцетів (рис. 5.14), які викликають інтенсивну мінералізацію напіврозкладених рослинних решток – детриту. Найбільша кількість актиноміцетів у чорноземах типових відмічається за застосування мілкого безполицевого обробітку, їх зменшення на 38% за різноглибинного безполицевого та 58% – оранки. Найменше їх значення на перелозі 2,46 млн. КУО/грунту, що на 76% менше порівняно з мілким безполицевим обробітком.

Географічна зональність і зумовлена нею посушливість клімату, впливає на чисельність педотрофних і гуматрозкладаючих мікроорганізмів. Вплив 12 – річного використання різних технологій вирощування сільськогосподарських культур на чисельність педотрофних, гуматрозкладаючих мікроорганізмів і індекс педотрофності у чорноземі звичайному в умовах корпорації «Агро–Союз» наведено на рис. 5.15.

Різниця за кількістю педотрофних мікроорганізмів між традиційною, мінімальною і нульовою технологіями не перевищувала 5%. Застосування біологічної технології до 3,1 раза підвищувало чисельність вищенаведених мікроорганізмів порівняно з нульовою. Традиційна технологія формувала умови для найбільшого розвитку гуматрозкладаючих мікроорганізмів і розкладення ядерної частини гумусових речовин ґрунту. Інші технології мали нижчі показники і розміщувалися у порівнянні з традиційною у такому порядку: мінімальна (на 94%), нульова (114%) і біологічна (140%). Індекс педотрофності навпаки був високий при біологічній технології, що пов'язано з надходженням і перетворенням рослинних решток, детриту і периферичної частини гумусових речовин.

Тобто, застосування біологічної і нульових технологій на чорноземах Степу сприяє збереженню гумусових речовин у верхніх горизонтах ґрунту. Використання ґрунтозахисних технологій, а саме різноглибинного безполицевого обробітку та органо–мінеральної системи удобрення на чорноземах типових Лісостепу і нульових або мінімальних технологій на

чорноземах звичайних Степу сприяє збереженню органічної речовини ґрунту, особливо, периферичної та ядерної частини гумусових речовин.

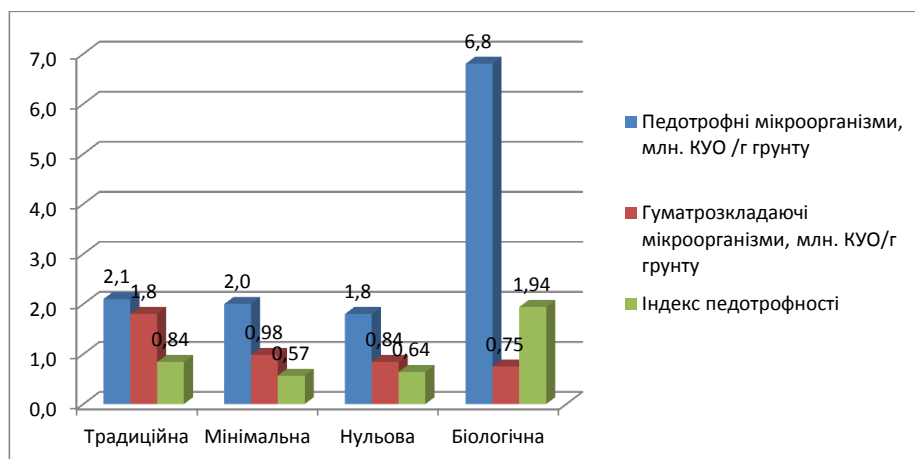


Рис. 5.15. Вплив 12-річного використання різних технологій вирощування сільськогосподарських культур на чисельність педотрофних, гуматрозкладаючих мікроорганізмів і індекс педотрофності у чорноземі звичайному (корпорація «Агро–Союз»).

Активну участь у процесах гумусоутворення приймають мікроміцети і водорості. Вивчення складу представників цих груп організмів є важливим для контролю гумусного стану. Дослідженнями Г.О. Іутинської [190], Н. Н. Жданова, А. І. Васильєвська [172], О.Л. Макаруч [244], показано перевагу мінімального обробітку над оранкою за кількістю мікроорганізмів, що утворюють меланіни. Також, позитивно впливало на чисельність вищенаведених мікроорганізмів заорювання додаткової органічної речовини – соломи. Зменшення глибини обробітку, локалізація рослинних решток і добрив у верхньому шарі чорнозему збільшувала чисельність меланінсинтезуючих мікроорганізмів на 13% порівняно із диференційованим обробітком [234].

На рис. 5.16 наведено чисельність мікроорганізмів, здатних синтезувати меланіни в чорноземі типовому малогумусному кількість яких залежала від систем обробітку ґрунту та удобрення.

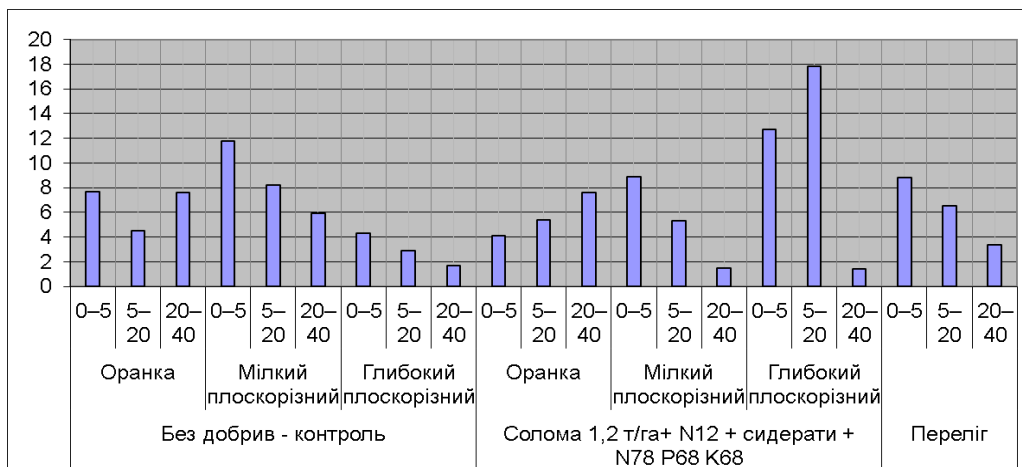


Рис. 5.16 Чисельність мікроорганізмів, які синтезують меланіни у чорноземі типовому малогумусному за різних систем обробітку ґрунту та удобрення, млн КУО/ г ґрунту, ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка».

Так, у варіанті без добрив найвищі показники були одержані за мілкою безполицевою обробітку в 0–5-сантиметровому шарі і, відповідно, в удобреному варіанті – за різноглибинною безполицевою обробітку в шарі 5–20 см. Чисельність мікроорганізмів при ґрунтозахисних технологіях з елементами біологізації була більшою на 12–85% порівняно з цим показником при оранці. Переліг не відзначався високими показниками і вони зменшувалися від шару 0–5 до 20–40 см.

Характеризуючи 40-річне використання різних обробітків на чисельність меланінсинтезуювальних мікроорганізмів необхідно зазначити, що найменша їх кількість в шарі 0–20 см спостерігалась на оранці – 51,9 тис. КУО/г ґрунту, а найбільші значення на мілкому безполицевою – 134 тис. КУО/г ґрунту, або у 2,6 разів більше, рис. 5.17.

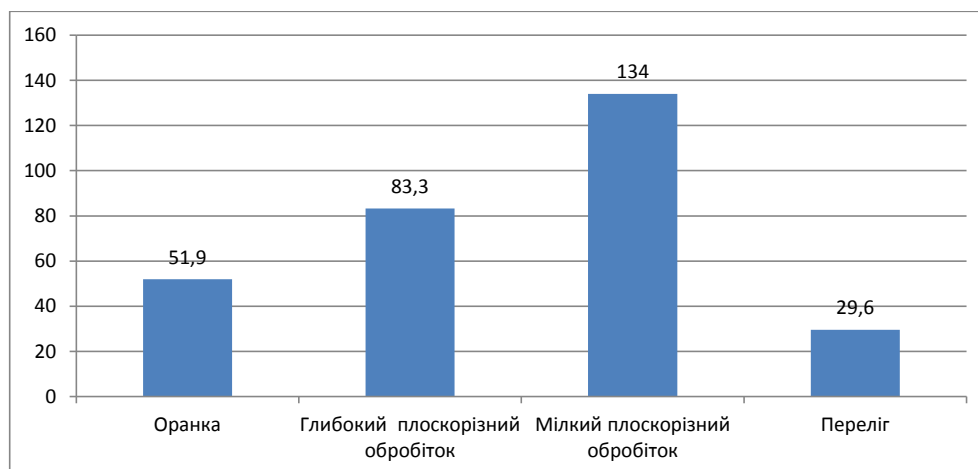


Рис.5.17. Вплив 40 – річного застосування різних обробітків ґрунту на чисельність мікроорганізмів, які синтезують меланіни в чорноземі типовому малогумусному, тис. КУО/ г ґрунту (Черкаська ДС ННЦ).

Різноглибинний безполицевий обробіток характеризувався середніми значеннями порівняно з вищенаведеними обробітками, але тут показники були в 1,6 разів більшими порівняно з традиційною технологією. Чисельність мікрOMICETIV на перелозі була меншою, ніж на оброблюваних ділянках в 1,7–4,5 раза.

Порівняння чисельності меланінсинтезуючих мікроорганізмів у чорноземі типовому НДГ «Великоснітинського ім. О.В. Музиченка» із Черкаською ДС ННЦ показало у десятки разів менші значення при 40-річному використанні ґрунту порівняно із 16-річним. Ґрунт перелозу Черкаської ДС ННЦ мав ще менші показники і більшу різницю в чисельності меланінсинтезуючих мікроорганізмів порівняно з дослідним господарством. Можливо це пов'язано із формуванням нових екологічних систем та ніш мікроорганізмів і зв'язків між ними.

Обробіток чорноземів Степової зони України призводить до зміни чисельності мікроорганізмів, які беруть участь в синтезі меланінів. Більша глибина обробітку за традиційної технології сприяє розвитку найменшої кількості меланінсинтезувальних мікроорганізмів (рис. 5.18). Порівняно з

традиційною технологією чисельність мікроорганізмів на 15% вища. Найбільші значення отримані на нульовій технології 58,8 тис. КУО/г ґрунту, що на 28% більше за технологію з полицевим обробітком.

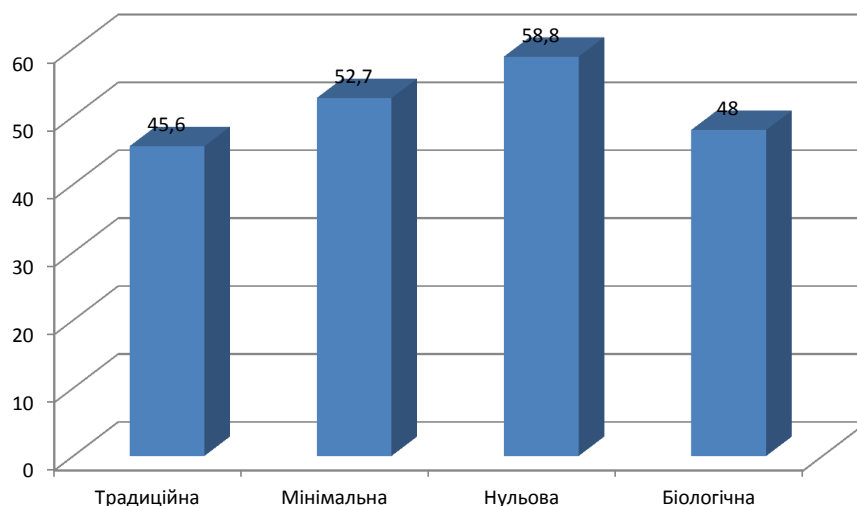


Рис.5.18. Вплив 12-річного застосування різних технологій вирощування на чисельність мікроорганізмів, які синтезують меланіни в чорноземі звичайному, тис. КУО/г ґрунту (АТЗТ «Агро-Союз» Дніпропетровська область).

Отже, дослідження чисельності меланінсинтезувальних мікроорганізмів природних умовах і агроценозі показало, що в останніх чисельність вищенаведених мікроорганізмів залежала від обробітку ґрунту і періоду його застосування, варіантів удобрення і кліматичних умов зони. На всіх варіантах дослідження відмічався позитивний вплив на кількість мікроорганізмів, що утворюють меланіни мінімалізації обробітку і біологізації удобрення, мінімальний і нульовий обробітки переважали оранку. Також, позитивно впливало на чисельність вищенаведених мікроорганізмів і формуванні периферійної частини гумусових речовин заорювання органічної речовини – соломи і сидератів.

5.5. Зміна активності поліфенолоксидази і пероксидази за різних обробітків і удобрення чорноземів

Ферментативна активність змінюється в процесі сільськогосподарського використання ґрунтів та відображає природні особливості і характер використання ґрунту. Фермент поліфенолоксидази бере участь у перетворенні органічних сполук у компоненти гумусових речовин. Активність поліфенолоксидази визначається паралельно з активністю пероксидази, що здійснює окислення органічних речовин ґрунту. Процес мінералізації гумусових речовин значною мірою залежить від хімічних реакцій за участі пероксидази, тому швидкість нагромадження гумусу в ґрунті визначається співвідношенням активності поліфенолоксидази та пероксидази. Дослідження показали, що особливо значне підвищення активності поліфенолоксидази спостерігається у верхньому шарі ґрунту на варіанті з поєднаним внесенням гною і мінеральних добрив. Безполицевий обробіток ґрунту сприяє збільшенню цього ферменту та інтенсифікації гумусонакопичення, що покращує властивості ґрунту [106, 107]. Застосування безполицевого обробітку, в ґрунті веде до зростання кількості ферментів, що сприяє збільшенню рухомих форм елементів живлення, накопиченню гумусу, покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту і це, в свою чергу, збільшує врожайність сільськогосподарських культур.

Вплив різних обробітків ґрунту на чорноземах типових в умовах ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» на активність поліфенолоксидази наведено на рис. 5.19. Показник залежав від системи удобрення і обробітку ґрунту. Органо-мінеральна система удобрення сприяла підвищенню активності ферменту у 1,5–2,0 рази. У шарі 0–40 см на контролі різниця між обробітками ґрунту не перевищувала 5%. При використанні орґано-мінеральної системи удобрення перевага була за різноглибинним безполицевим обробітком де активність поліфенолоксидази становила 31,5 мл 0,01 н I₂ і це на 15 % більше, ніж на оранці.

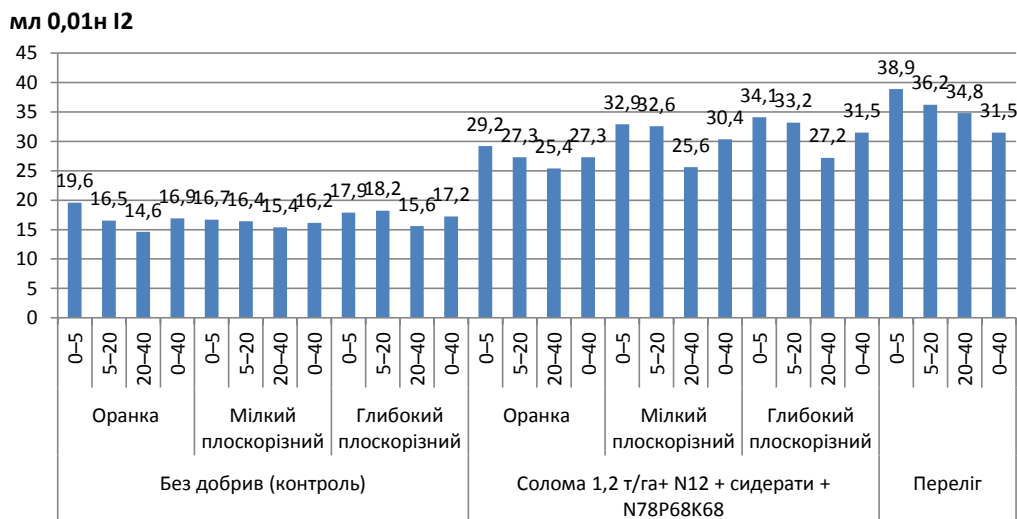


Рис. 5.19. – Вплив різних обробітків на активність поліфенолоксидази у чорноземі типовому, мл 0,01 н I₂ (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка»).

На всіх варіантах обробітку і удобрення та перелозі нами встановлено найбільші значення активності в шарі 0–5 см, менші показники на 8,7–12,5% у 20–40 см шарі. Отже, за використання ґрунтозахисної технології активність поліфенолоксидази в шарі 0–40 см зростає на 15% і згідно конденсаційної теорії М.М. Кононової створює в ґрунті сприятливі умови для гуміфікації [206].

За результатами дослідження наших попередніх досліджень встановлено, що динаміка цього показника багато в чому залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду, розвитку та діяльності кореневої системи рослини [244]. Так, мінімальна активність пероксидази спостерігалась у весняний період, коли температура ґрунту не перевищувала 5–7 °С, а життєдіяльність мікроорганізмів пригнічена, коренева система рослин ще відсутня (за виключенням озимої пшениці та деяких ярих культур) чи слабо розвинута. До початку вегетаційного періоду в ґрунті підсилюються мікробіологічні процеси. Максимальне значення активності пероксидази

спостерігається в літні місяці, коли ґрунт прогрівається до 15–20 °С і містить достатню кількість вологи. Ці умови є сприятливими для розвитку ґрунтової біоти, для живлення якої потрібна свіжа органічна речовина.

Таблиця 5.3

Вплив різних обробітків ґрунту і коефіцієнт накопичення гумусу на активність пероксидази у чорноземі типовому, мл 0,01 н I₂ (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка»)

Варіант удобрення	Варіант обробітку	Шар ґрунту, см	Активність пероксидази, мл 0,01 н I ₂	Коефіцієнт накопичення гумусу, %
Без добрив (контроль)	Оранка	0–5	39,2	50,0
		5–20	39	42,3
		20–40	43,3	33,7
		0–40	40,5	41,7
	Мілкий безполицевий	0–5	38,2	43,7
		5–20	38,7	42,4
		20–40	37,6	41,0
		0–40	38,2	42,4
	Різноглибинний безполицевий	0–5	39,5	45,3
		5–20	39	46,7
		20–40	34,4	45,3
		0–40	37,6	45,8
Солома 1,2 т/га+ N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	Оранка	0–5	49,6	58,9
		5–20	51,5	53,0
		20–40	54,2	46,9
		0–40	51,8	52,7
	Мілкий безполицевий	0–5	50,2	65,5
		5–20	50,4	64,7
		20–40	53,6	47,8
		0–40	51,4	59,1
	Різноглибинний безполицевий	0–5	50,8	67,1
		5–20	50,6	65,6
		20–40	52,4	51,9
		0–40	51,3	61,4
Переліг	0–5	49,6	78,4	
	5–20	46,5	77,8	
	20–40	50,4	69,0	
	0–40	51,3	61,4	

Одним із шляхів утворення пероксидази є життєдіяльність мікроорганізмів. У той же час, з початку вегетації рослини через кореневі волоски виділяють у ґрунтовий розчин вугільну та інші органічні кислоти, що призводить до підвищення активної кислотності. За рахунок цього відбувається кислотний гідроліз азотовмісних радикалів гумусових речовин. Восени температура повітря знижується, що призводить до пригнічення мікробіологічної активності. Але в цей період в ґрунт надходить велика кількість рослинних рештків та органічних добрив, які містять багато легкодоступних органічних речовин: вуглеводи, білки, амінокислоти та, частково, клітковину. Ці речовини мінералізуються в першу чергу. Тому і активність пероксидази в осінній період дещо вища, ніж у весняний.

Агрозаходи, змінюючи водний та тепловий режими впливали на мікробіологічні ценози чорнозему типового в умовах ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка», а через них – на активність пероксидази. У таблиці 5.3 наведено вплив різних обробіток ґрунту на активність пероксидази у чорноземі типовому.

Отже ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на різноглибинному безполицевому обробітку підвищували коефіцієнт накопичення гумусу до рівня перелогу і це на 17% більше, ніж на оранці. Проте активність пероксидази також була високою, що підтримувало ефективну родючість чорнозему типового на відповідному рівні.

Висновки до розділу 5

Дослідження впливу різних способів обробітку і варіантів удобрення на біогенність та кількісний склад мікроорганізмів, активність окисно-відновних ферментів дає можливість зробити наступні висновки:

1. Спосіб обробітку ґрунту визначає характер розташування основної маси органічних рештків у ґрунті і біогенність окремих його шарів. Біогенність 0–20 см шару була вищою у 3 рази порівняно з шаром 20–40 см на усіх варіантах дослідження як в чорноземі типовому, так і звичайному.

Найвищі показники біогенності чорнозему типового отримано за використання мілкого безполицевого (Черкаська ДС ННЦ) і різноглибинного безполицевого обробітку (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка»).

2. Використання ґрунтозахисних технологій, а саме різноглибинного безполицевого обробітку та органо–мінеральної системи удобрення з соломою і сидератами на чорноземах типових Лісостепу і нульових або мінімальних технологій на чорноземах звичайних Степу сприяє збереженню органічної речовини ґрунту, що проявляється у шарі 0–40 см у зменшенні на 22–28% показника мінералізації–іммобілізації, чисельності педотрофних мікроорганізмів до 30%, гуматрозкладальних в 2,4 раза, і підвищенні на 17% коефіцієнту накопичення гумусу порівняно з оранкою.

3. Результати досліджень по даному розділу опубліковані [33-35, 176, 366, 367].

РОЗДІЛ 6

МОЛЕКУЛЯРНО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОКАРІОТНОГО КОМПЛЕКСУ ЧОРНОЗЕМІВ

Застосування молекулярно-генетичних методів розширило можливості досліджень, дало змогу встановити, що мікробним системам належить первинна роль у забезпеченні якості і продуктивності ґрунту [305]. Сільськогосподарське землекористування призводить до істотного погіршення мікробіологічних показників ґрунту, а отже і до зниження їх родючості. Один із шляхів розв'язання цієї проблеми – детальне та комплексне дослідження структури мікробного різноманіття, яке формується під час сільськогосподарського використання ґрунтів для обґрунтування заходів з підвищення.

Патикою М.В. встановлено, що навіть за сприятливих агрохімічних показників деякі культури можуть розвиватися лише в умовах сівозмін. Так як у результаті столітнього використання землі змінюється її структура на рівні так званих філів (це показник стану мікроорганізмів). Тобто відбувається збіднення, виснаження ґрунту, залишаються лише дві-три групи мікроорганізмів, стійких до токсинів [304].

З літературних джерел видно, що застосування агротехнічних заходів обумовлює структурно-функціональне формування метагеному прокаріотів та направленість трофічних вуглецевих мікробних потоків у ґрунті [304]. Поверхневий обробіток чорнозему типового, на відміну від диференційованого, сприяє функціональній активності мікробіоти в середовищі ризосфери, яка трансформує основні фотосинтезовані вуглецьвмісні сполуки корневих ексудатів, і саме з ними пов'язана ферментативна активність та баланс цих сполук у ґрунті. Також внесення вуглецьвмісних органічних добрив обумовлює високий рівень мікробного біорізноманіття, активізацію складних мікробних процесів трансформації

сполук карбону, що сприяє покращенню екологічного стану та створює умови для гомеостатичного формування агроєкосистем в цілому [263-265]. Спостерігається перерозподіл домінуючих форм мікробного комплексу залежно від систем землеробства і збільшення різноманіття за поверхневого обробітку ґрунту по всіх системах землеробства. Найбільшу кількість морфотипів (11 шт.) виявлено за біологічної системи землеробства з поверхневим обробітком. Застосування промислової системи землеробства негативно впливає на формування біорізноманіття мікробного комплексу чорнозему типового та порушення гомеостазу мікробіологічних процесів, що призводить до зниження трофності ґрунту [87, 107, 154, 265].

Застосування молекулярно-генетичних методів у дослідженнях природних і агроценозів, а саме кількісна оцінка прокаріотного комплексу дасть змогу скласти карту біологічного фонду чорноземів України цілинних та освоєних земель і це може бути частиною постійного мікробіологічного моніторингу. Оцінка біомаси прокаріотів дозволить науково обґрунтувати застосування систем обробітку і удобрення ґрунту та дасть змогу управляти ґрунтовими процесами. Дослідження генетичної різноманітності прокаріотних генотипів дозволить створити банк даних про генетичні ресурси біоти чорноземів, обирати саме ті агрозаходи, які найменше порушуватимуть сталість ґрунтів, ефективно застосовувати мінеральні, органічні добрива та біологічні препарати, розробляти моделі впливу на біологічну функціональну спрямованість ґрунтів, безпомилково здійснювати їх економічну і екологічну оцінку та багато іншого.

6.1. Оцінка прокаріотного комплексу чорноземів та його зміни за застосування різних обробітків і удобрення

Обробіток ґрунту і удобрення є вагомим чинником, який впливає на його біологічну активність. У численних дослідженнях відзначені особливості формування структури мікробного ценозу ґрунту і показано, що тривале застосування безполицевих обробітків і глибокої оранки не викликало

активізації целюлозоруйнуючих мікроорганізмів, що, у свою чергу, вказує на відсутність посилення мобілізаційних процесів [12, 17, 44, 55]. За даними В.П. Гудзя, С.О.В'ялого, М.Ф. Іванюка оранка чорноземів на глибину 20-22 см підвищувала чисельність усіх фізіологічних груп ґрунтових мікроорганізмів, а мілкий безполицевий обробіток знижував цей показник [127]. Внесення добрив позитивно впливає на кількість та активність мікрофлори. Найбільша кількість мікроорганізмів розвивається за внесення органічних добрив, але біохімічна активність за таких умов спрямована на мінералізацію, яка зростає внесенням мінеральних добрив. Надмірні дози мінеральних добрив, підсилюючи процеси мінералізації органічних речовин є передумовою втрат гумусу в ґрунті [158].

Тому важливо новітніми методами оцінити біомасу прокариотів чорноземних ґрунтів та її зміни за впливу обробітків і удобрення. Кількість загальної ДНК ґрунтових мікроорганізмів у чорноземах типових залежала від варіантів удобрення, обробітку ґрунту і глибини шару (рис.6.1).

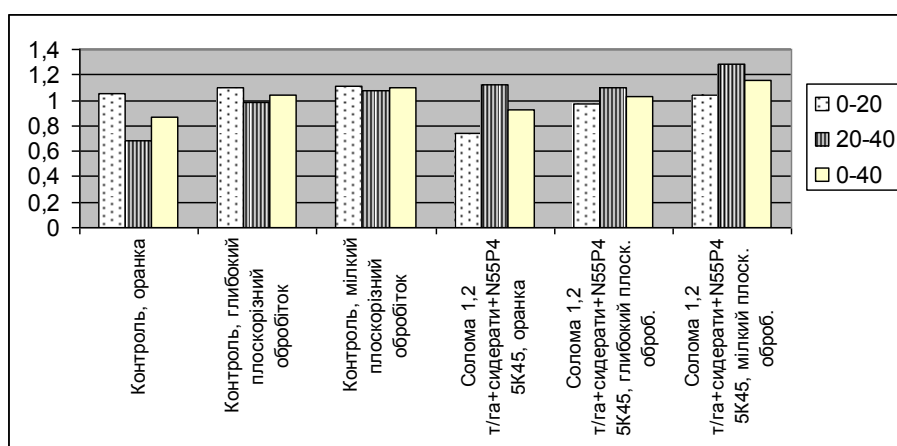


Рис. 6.1. Кількість загальної ДНК ґрунтових мікроорганізмів у чорноземі типовому за різних обробітків і удобрення ґрунту, ng (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка»).

Порівнюючи кількість загальної ДНК ґрунтових мікроорганізмів у шарі 0-20 см на контролі найвищі значення відмічалися за мілкого безполицевого обробітку, а найнижчі на оранці. Шар ґрунту 20-40 см характеризується найменшим значенням на варіанті де застосовували оранку. Більші значення ДНК ґрунтових мікроорганізмів є показником збереження рівноваги системи за впливу зовнішніх факторів. Природні екосистеми характеризуються своїм оптимумом мікробіологічної активності і вихід за його межі є шкідливим. Однак в агроценозах інтенсифікація процесів спрямована на отримання більшої кількості продукції. Разом з тим підвищення біологічної активності в процесі розкладання рослинних рештків і органічних добрив – явище необхідне і позитивне, але в певних межах [148]. У наших дослідженнях спостерігалось деяке збільшення біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів за ґрунтозахисних обробітків порівняно з оранкою. Важливо проводити постійний мікробіологічний моніторинг, особливо на варіанті без добрив, де за активізації біологічної активності в результаті інтенсивного обробітку можливі процеси дегуміфікації.

Органо-мінеральна система удобрення ґрунту за різного розміщення соломи і сидератів внаслідок застосування систем обробітку ґрунту змінює кількість ДНК мікроорганізмів порівняно з контролем. Так, більші значення цього показника формуються у шарі 20-40 см на усіх варіантах обробітків. Найвищі значення весь шар 0-40 см мав за мілкого безполицевого обробітку з органо-мінеральним варіантом удобрення, а найменші показники були на оранці. Тобто, ґрунтозахисні безполицеві обробітки як на контролі без добрив, так і на удобрених фонах створювали кращі умови для розвитку мікроорганізмів порівняно з оранкою.

Аналіз профілів tRFLP прокаріотного комплексу та його зміни під впливом різних обробітків ґрунту і варіантів удобрення, отриманих зі зразків чорноземів типових стаціонарного дослідження ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» (рис. 6.2 – 6.4) надає можливість оцінити ґрунтове біорізноманіття мікробного комплексу.

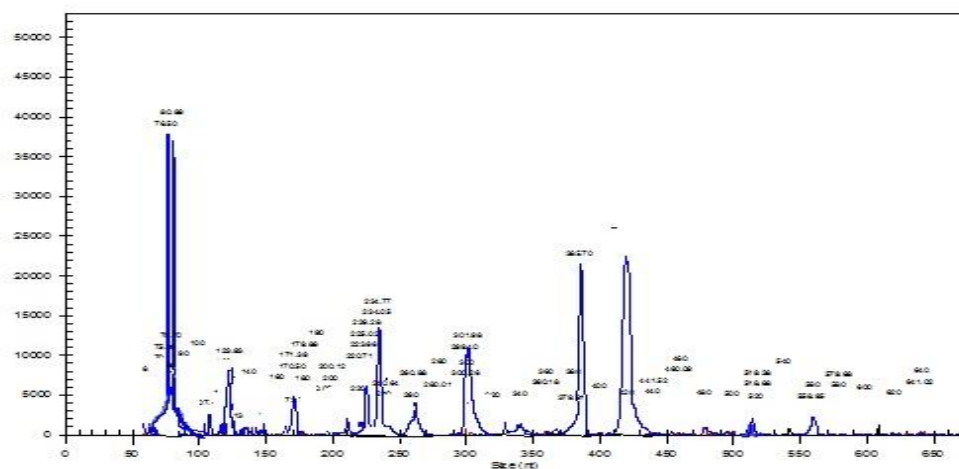


Рис. 6.2. Профіль tRFLP прокаріотів у чорноземі типовому за використання мілкого безполицевого обробітку на варіанті без добрив у шарі 0-20 см (на осі ординат вказаний розмір фрагментів в діапазоні 60-400 nt (пара нуклеотидов), на осі абсцис інтенсивність флуоресценції), стаціонарний дослід ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка».

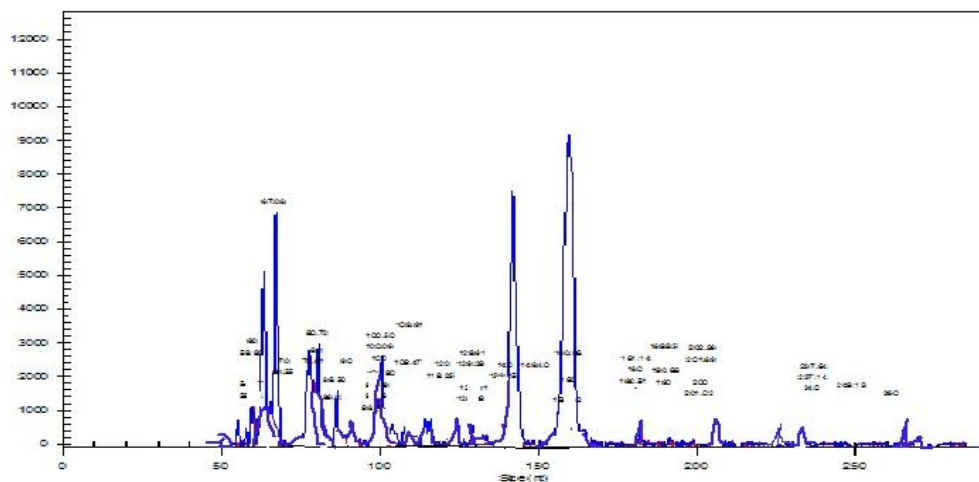
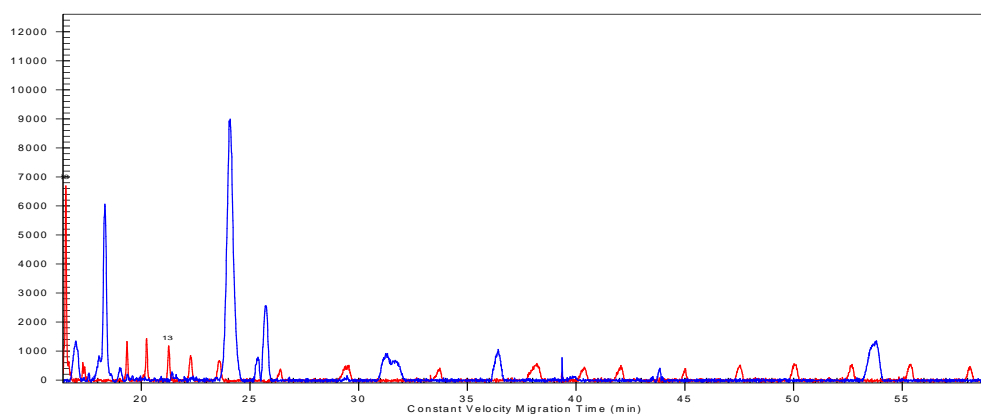
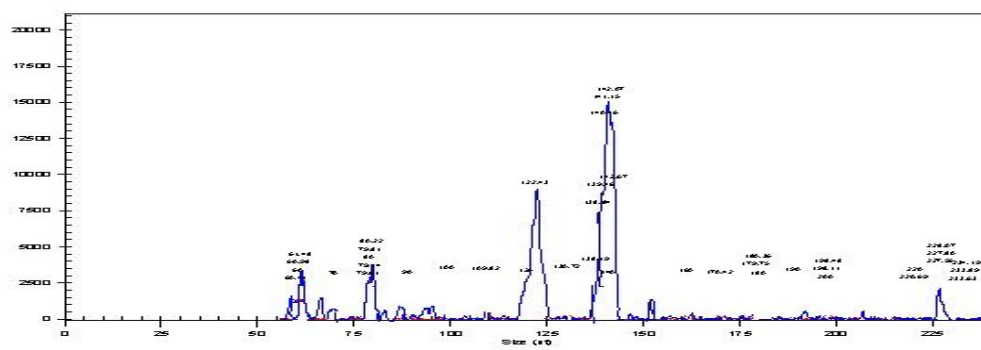


Рис. 6.3. Профіль tRFLP прокаріотів у чорноземі типовому за оранки, варіанту без добрив у шарі 0-20 см (на осі ординат вказаний розмір фрагментів в діапазоні 60-400 nt (пара нуклеотидов), на осі абсцис інтенсивність флуоресценції), стаціонарний дослід ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка».



Мілкий безполицевий обробіток



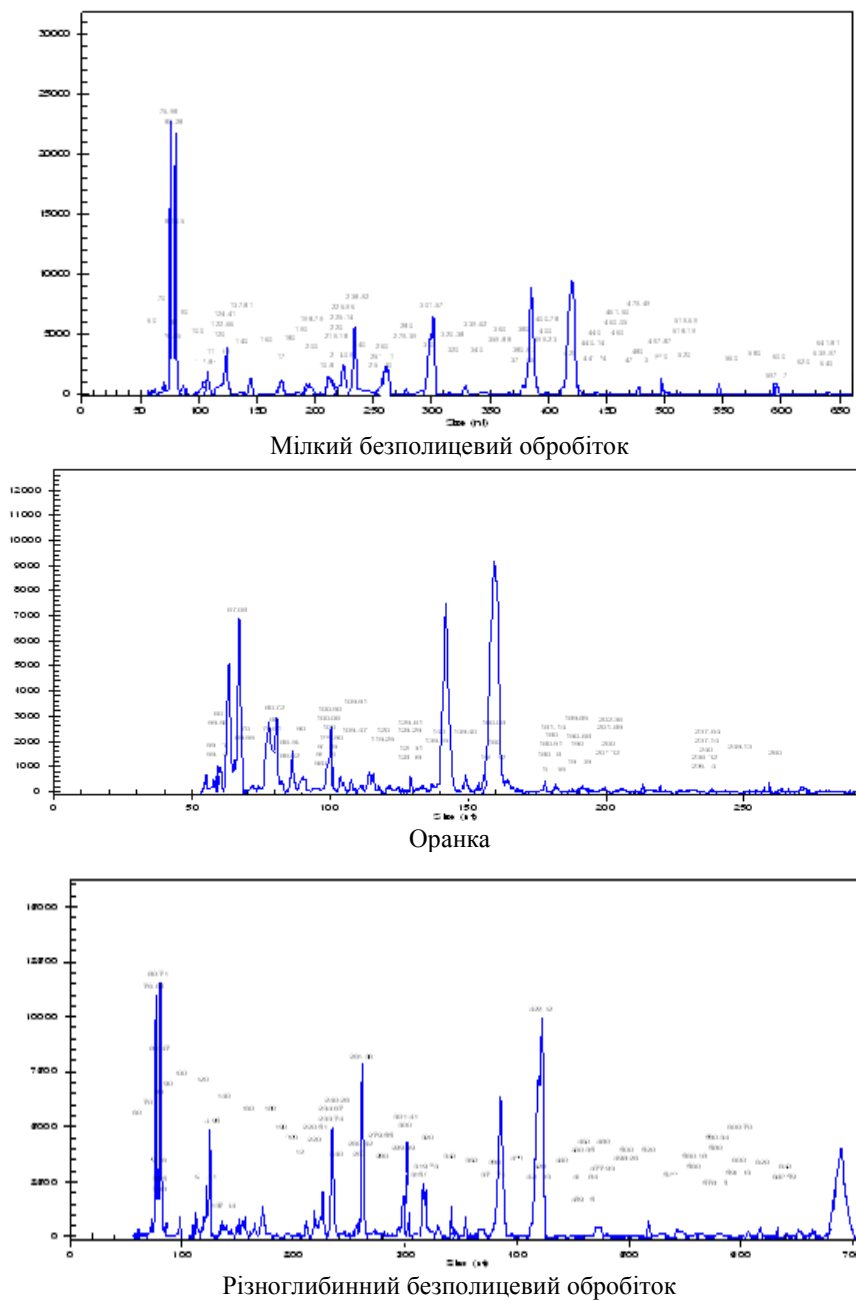
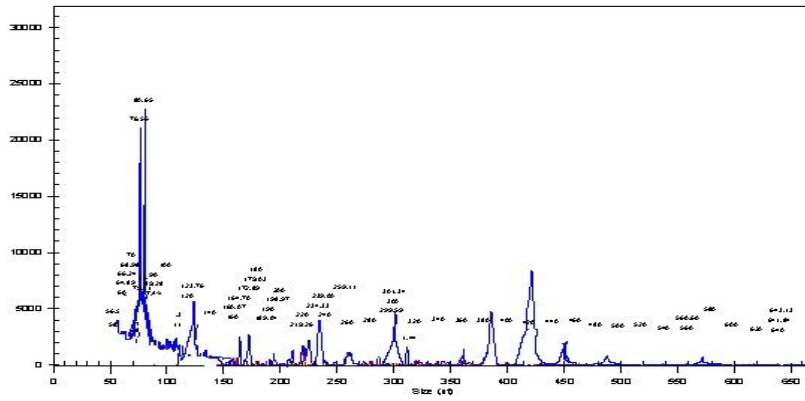
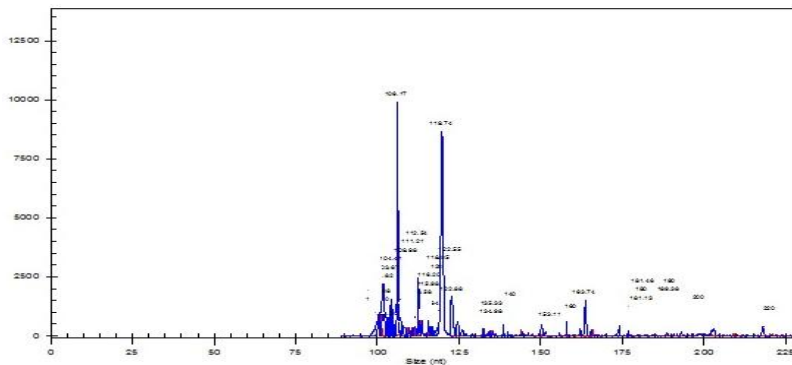


Рис. 6.6. Профіль tRFLP у чорноземі типовому за різних обробітків ґрунту на варіанті удобрення солома 1,2 т/га + N₁₂ + сидерати + N₇₈P₆₈K₆₈ шар 0–20 см (профіль tRFLP, на осі ординат вказаний розмір фрагментів в діапазоні 60-400 nt (пара нуклеотидов), на осі абсцис інтенсивність флуоресценції),

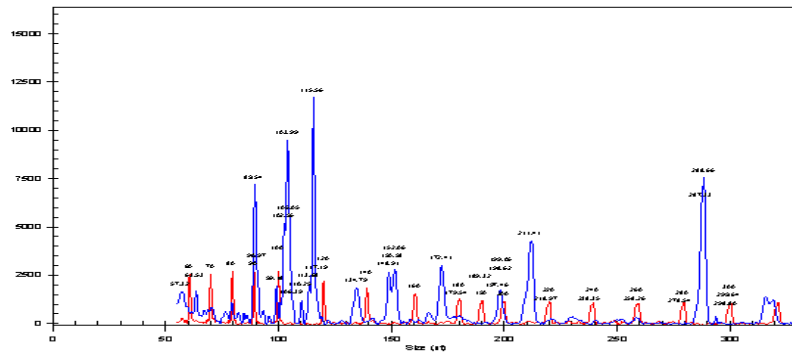
стаціонарний дослід ВП НУБІП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка».



Мілкий безполицевий



Оранка



Різноглибинний безполицевий

Рис 6.7. Вплив сільськогосподарського використання на генетичну різноманітність прокаріотів у чорноземі типовому за різних обробітків ґрунту на варіанті солома 1,2т/га + N₁₂ + сидерати + N₇₈P₆₈K₆₈ шар 20-40 см (профіль tRFLP, на осі ординат вказаний розмір фрагментів, на осі абсцис інтенсивність

флуоресценції), стаціонарний дослід ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка».

На варіанті удобрення солома 1,2 т/га + сидерати + $N_{55}P_{45}K_{45}$ в шарі 0–20 см при використанні різноглибинного безполицевого обробітку отримано найвищий розмір фрагментів нуклеотидів до 12000, порівняно з оранкою до 10000, і мілким безполицевим обробітком до 25000. При цьому, була отримана різна інтенсивність флуоресценції: на мілкому безполицевому обробітку в діапазоні від 50, де найбільш інтенсивне випромінювання до 650, оранці від 50 до 250, різноглибинному безполицевому від 70 до 700 (рис. 6.6).

В шарі 20–40 см на удобреному варіанті при використанні мілкового плокорізного обробітку були отримані фрагменти до 23000, оранки до 10000, різноглибинного плокорізного обробітку до 12000 (рис. 6.7). Інтенсивність флуоресценції в шарі 20–40 см була наступною: мілкий безполицевий – 50–650 nt, оранка 80– 225 nt, різноглибинний безполицевий 50–350 пар нуклеотидів. На удобрених варіантах в шарі 20–40 см були отримані в 3 рази менші показники інтенсивності порівняно з контролем.

Отже, обробітки ґрунту і система удобрення є важливим джерелом впливу на генетичну різноманітність прокаріотів у чорноземі типовому. Так, в шарі 0–20 см на варіанті без добрив за використання мілкового безполицевого обробітку та соломи, сидератів і мінеральних добрив, а також різноглибинного безполицевого обробітку формуються більш концентровані (високомолекулярні) фрагменти нуклеотидів та ширші діапазони флуоресценції. У шарі 20–40 см найбільші фрагменти отримано на контролі при використанні оранки та соломи, сидератів і мінеральних добрив на мілкому безполицевому обробітку.

6.2. Метагеном прокаріотного комплексу чорнозему типового

Аналіз прокаріотного комплексу профілів tRFLP, отриманих із зразків чорноземів типових надає можливість зрозуміти зміни біорізноманіття мікробного комплексу ґрунту на різних варіантах обробітку і удобрення

стаціонарного досліді ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка».

Застосування мілкого безполицевого обробітку без добрив (варіант контроль) в шарі 0–20 см формує мікробоценозів, які складаються з трьох основних кластерів, 7 підкластерів, 12 видів, відповідають шести доміантним генотипам, що належать до представників філотипів *Nanobacterium*, *Beta Proteobacteria*, *Jujubewitches*, *Desulfovibrio* і *Desulfobotulus*, значну частину з яких становлять некультивовані види ґрунтових бактерій, шар 20–40 см характеризувався чотирма кластерами, 9 підкластерами і 18 видів (рис. 6.8).

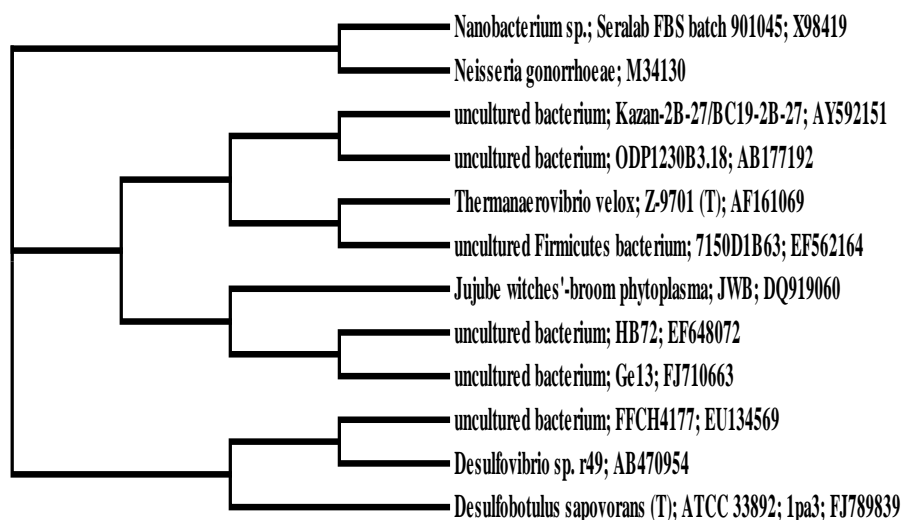


Рис. 6.8. Молекулярно-біологічна різноманітність прокаріотних генотипів у чорноземі типовому за мілкого безполицевого обробітку на контролі в шарі 0–20 см.

Застосування оранки на варіанті без добрив у шарі 0–20 см формує мікробоценоз, який складається з шести кластерів, 20 підкластерів, 46 видів (рис. 6.9).

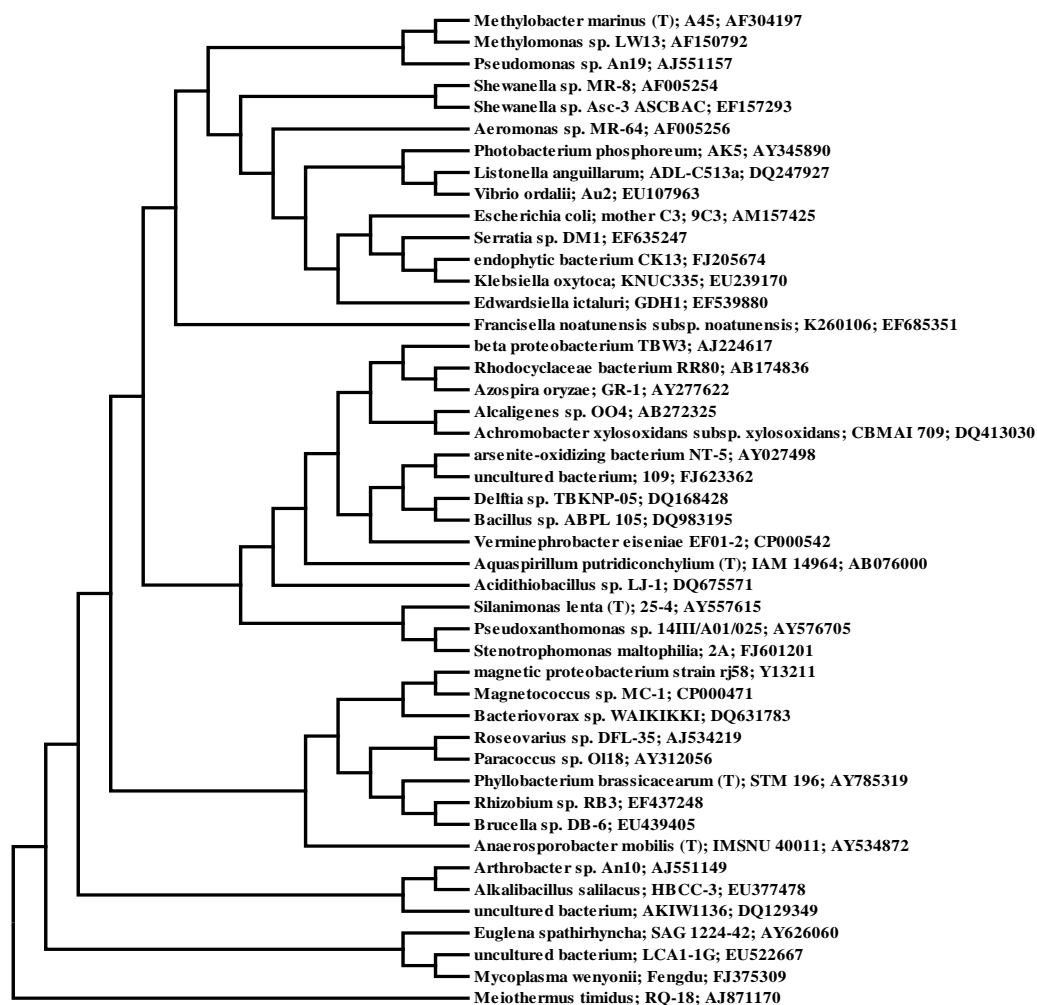
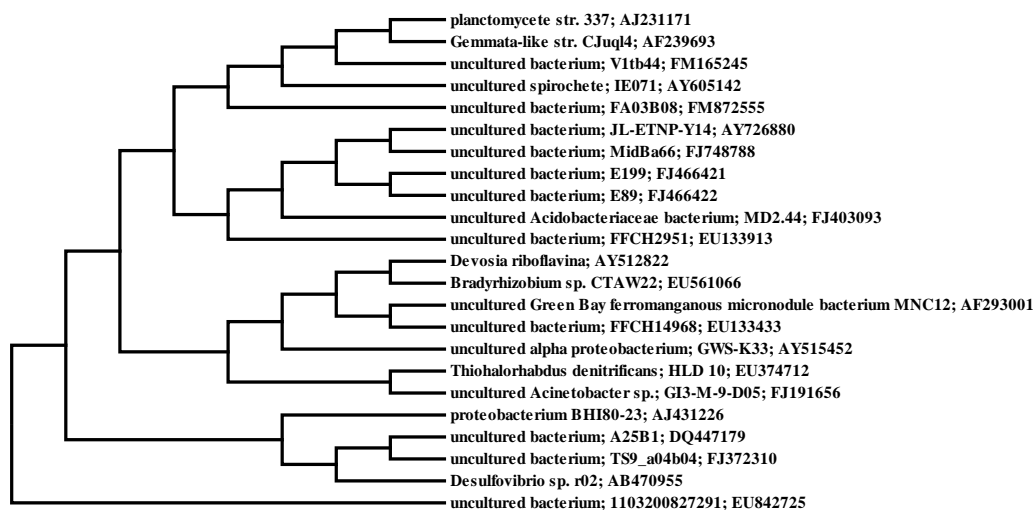
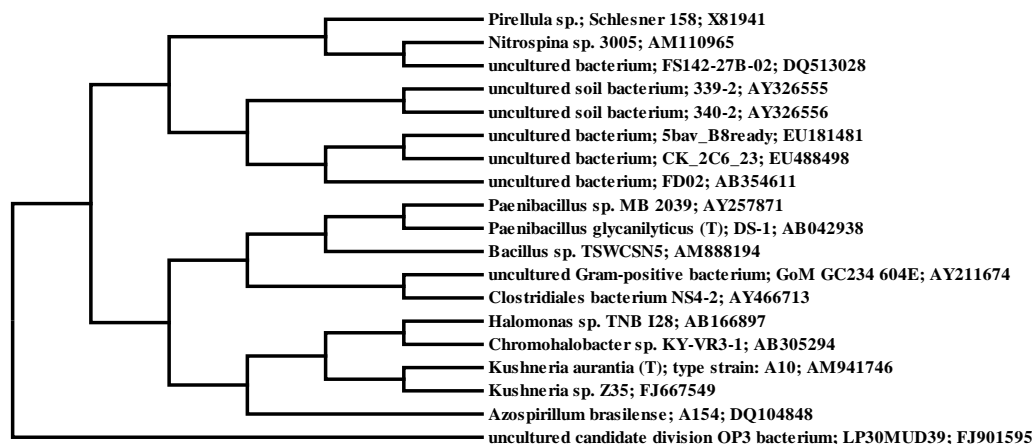


Рис. 6.9. Молекулярно-біологічна різноманітність прокаріотних генотипів у чорноземі типовому за оранки на контролі (в шарі 0-20 см).

Різноглибинний безполицевий обробіток на варіанті без добрив в шарі 0–20 см формує мікробоценоз, який складається з чотирьох кластерів 12 підкластерів, 23 видів, що належать до представників родів, а в шарі 20–40 см – трьох кластерів, 7 підкластерів, 19 видів, родів *Pirellula*, *Bacillus*, *Clostridiales bacterium*, *Paenibacillus glycanilyticus*, *Eubacterium*, *Nitrospina*, *Halomonas*, *Azospirillum*, *Kushneria aurantia* (рис. 6.10). Разом з тим у шарі 0-20 см 70% видів не культивуються на селективних середовищах, а в шарі 20–40 см – 47%.



1.

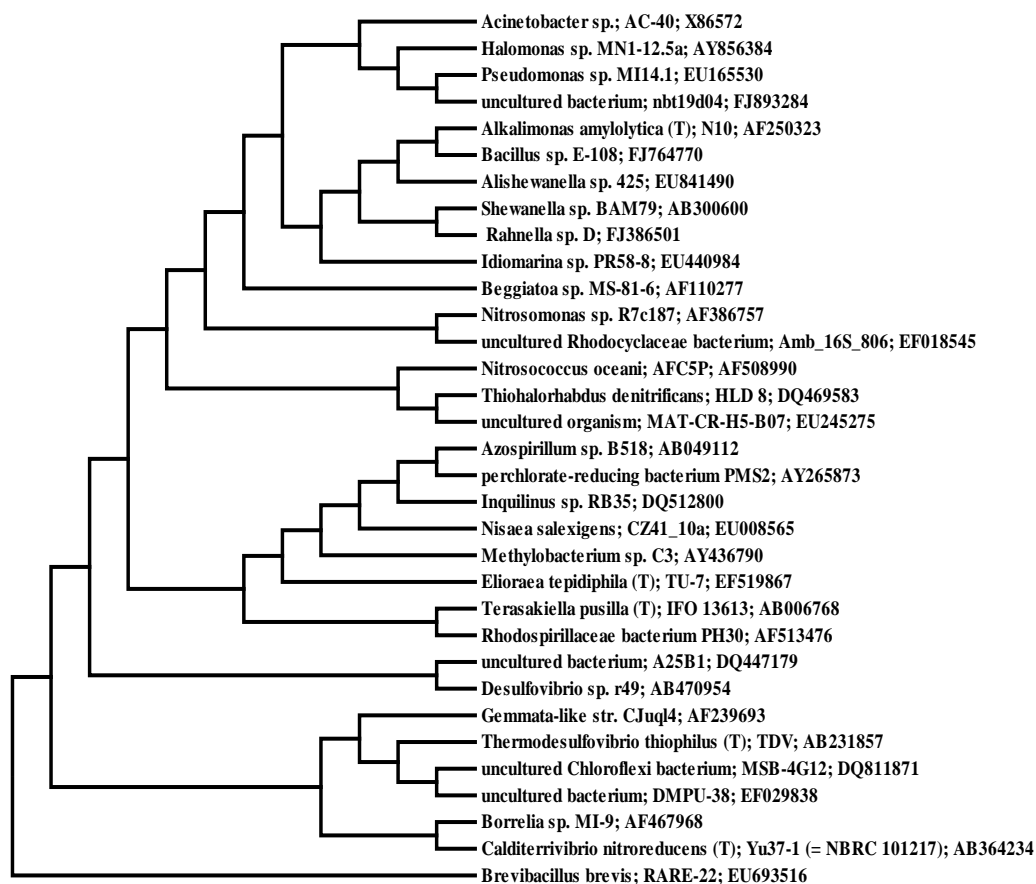


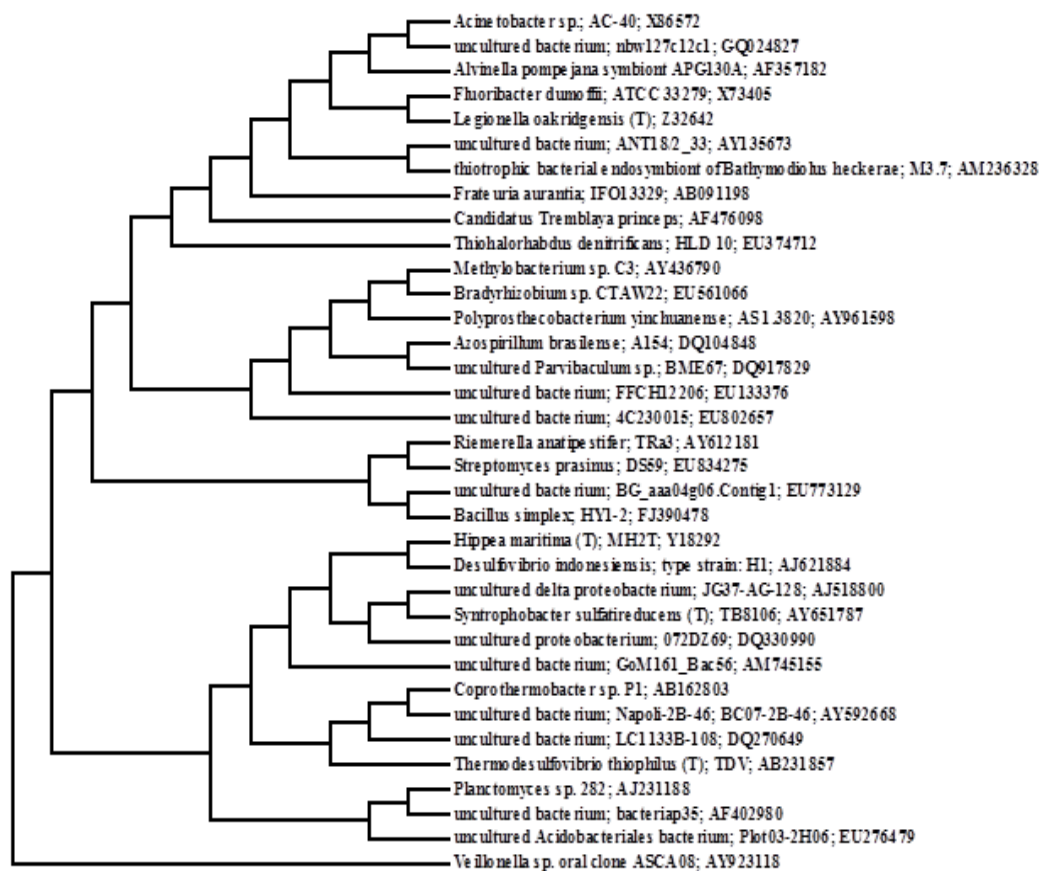
2.

Рис. 6.10. Молекулярно-біологічна різноманітність прокаріотних генотипів у чорноземі типовому за різноглибинного безполицевого обробітку на контролі (1 – в шарі 0-20 см; 2 – 20-40 см).

Отже, без внесення добрив на контролі застосування оранки сприяє формуванню найбільшої кількості видів, яких в 3,8 рази більше порівняно з мілким безполицевим і 2-3 рази – різноглибинним безполицевим. Останні формують більшу частину мікроорганізмів, які не культивуються на селективних середовищах (35-70%). Застосування орґано-мінеральної системи удобрення з соломною і сидератами за різних обробітків позитивно вплинуло на різноманітність філогенезу ґрунтових мікроорганізмів. Топологія розподілу прокаріотних генотипів ґрунтового мікробного комплексу у шарі 0-20 см за мілкого безполицевого обробітку представлена на дендрограмі (рис. 6.11.) та свідчить про наявність 8 основних кластерів, які відповідають домінуючим генотипам і відносяться до представників 33 видів, 18% з яких некультивована. Шар 20-40 см характеризується 5 основними кластерами, 35 видами, 37 % бактерій з яких некультивована. Тобто, кількість прокаріотів і найбільш поширені роди майже не відрізняється за мілкого безполицевого обробітку в основних кореневмісних шарах ґрунту.

Мікробний комплекс прокаріотів оранки представлений на дендрограмі (рис. 6.12.) характеризується наявністю 7 основних кластерів, які відповідають домінуючим генотипам, що відносяться до представників 57 видів, 40% з яких некультивована. Шар 20-40 см характеризується 8 основними кластерами, 33 видами, 21% бактерій з яких не культивуються. Оранка зумовлює диференціацію за кількістю мікроорганізмів: верхній 0-20 см шар у 1,7 рази містить більше видів бактерій, ніж нижній 20-40 см. Кількість домінуючих генотипів прокаріотів більша на 73% на оранці порівняно з мілким безполицевим обробітком.



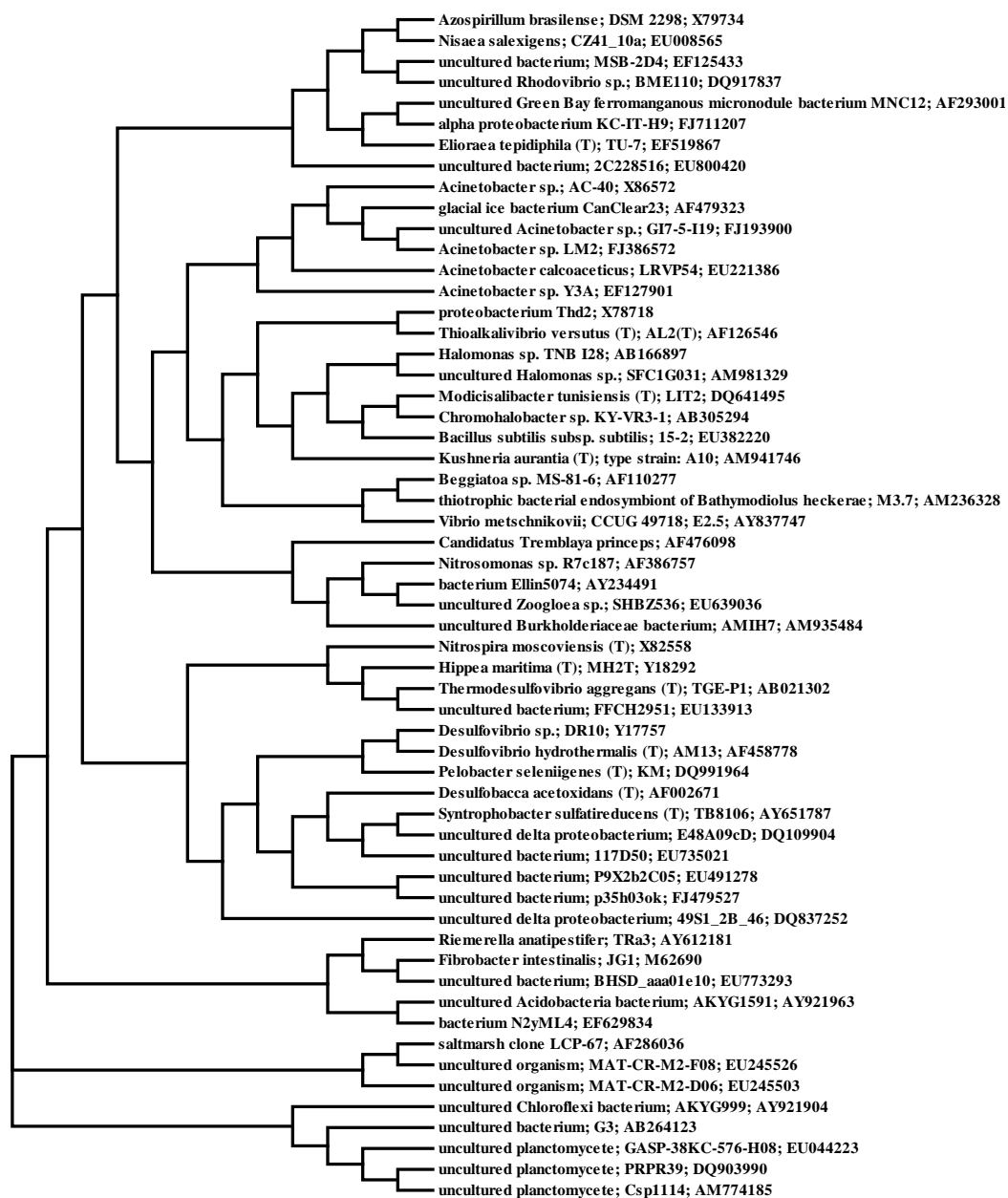


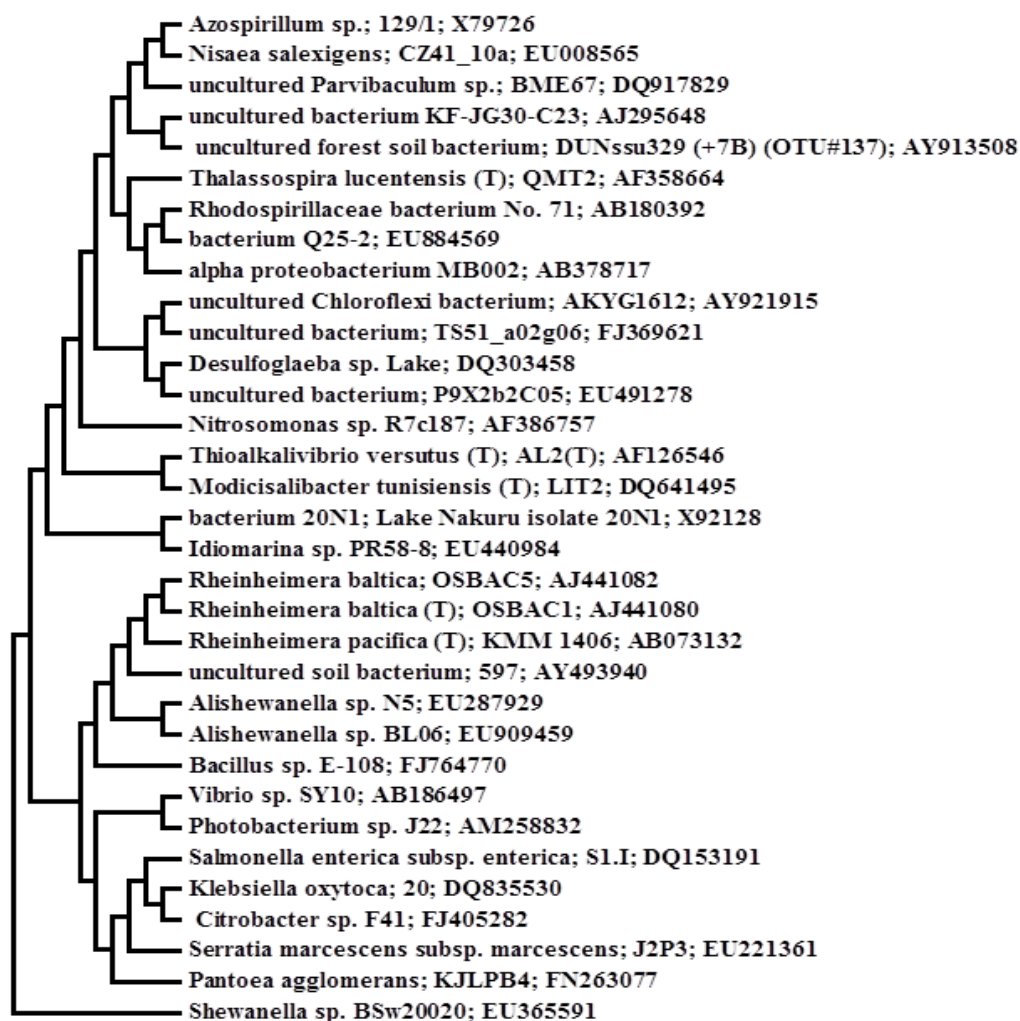
2.

Рис. 6.11. Молекулярно-біологічна різноманітність прокаріотних генотипів у чорноземі типовому за мілкого безполицевого обробітку на варіанті удобрення солома 1,2 т/га + N₁₂ + сидерати + N₇₈P₆₈K₆₈ (1 – в шарі 0-20 см; 2 – 20-40 см)

Мікробний комплекс різноглибинного безполицевого обробітку представлено на дендрограмі (рис. 6.13.), 7 основних кластерів, які відповідають домінуючим генотипам, що відносяться до представників 98 видів, 31% з яких некультивовані. Шар 20-40 см на різноглибинному

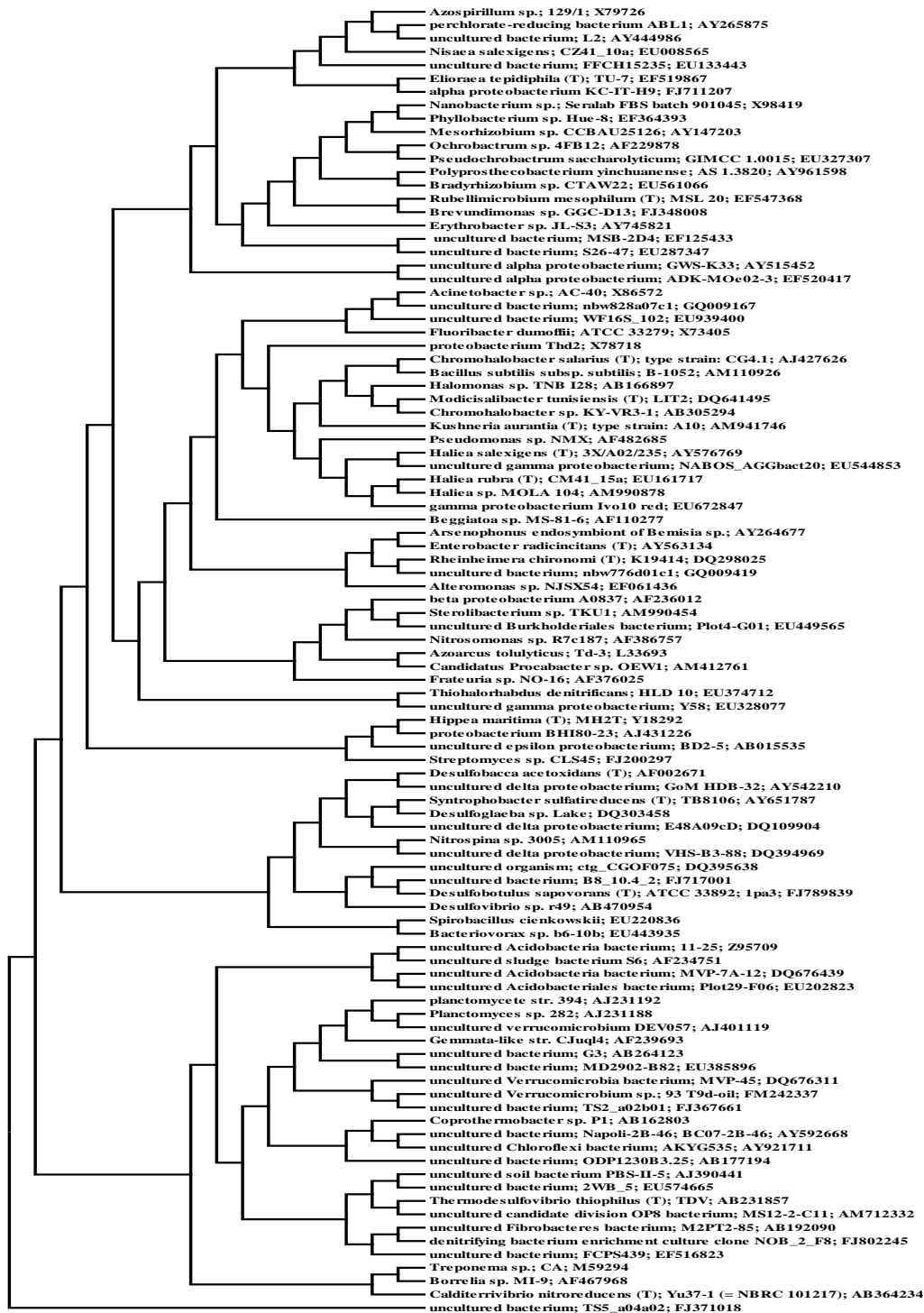
безполицевому обробітку характеризується наявністю 5 кластерів, які представлені 93 видами, 37% з яких некультивовані.





2.

Рис. 6.12. Молекулярно-біологічна різноманітність прокаріотних генотипів у чорноземі типовому за оранки на варіанті удобрення солома 1,2 т/га + N₁₂ + сидерати + N₇₈P₆₈K₆₈ (1 – в шарі 0-20 см; 2 – 20-40 см).



На всіх обробітках ґрунту були присутні роди прокариотів, які беруть участь у трансформації органічних сполук, кругообізі азоту, фосфору, калію, сірки, карбону та ін.: *Acinetobacter*; *Halomonas*; *Bacillus*; *Beggiatoa*; *Nitrosomonas*; *Nisaea*; *Elioraea*; *Desulfovibrio*; *Thermodesulfovibrio*. При чому за оранки формується велика кількість бактерій, які приймають участь у циклі азоту, що в 2,5 разів більша ніж на мілкому безполицевому обробітку.

Глибокі обробітки (оранка, різноглибинний безполицевий обробіток) характеризувалися наявністю *Pectobacterium* (2 види на оранці, 5 – глибокому безполицевому); *Modicisalibacter*; *Chromohalobacter*; *candidatus Kueningenia*; *Nitrospira*; *Hippea*; *Desulfobacca*. Обробітки без обернення скиби (мілкий і різноглибинний безполицевий) сприяли розвитку *Pseudomonas*; *Thiohalorhabdus*; *Dechlorimonas*; *Borrelia*; *Denitrobacterium*; *Deferribacteres*. Мілкий безполицевий обробіток зумовив розвиток наступних родів, які були відсутні на оранці і різноглибинному безполицевому обробітку: *Alkalimonas* (амілолітична активність); *Alishewanella*; *Shewanella*; *Rahnella*; *Idiomarina*; *Nitrosococcus*; *Azospirillum* (азотфіксувальні мікроорганізми); *Thalassospira* (нітратредуктаза, каталазна активність); *Methylobacillus* (активний компонент мікробної спільноти, який забезпечує повернення карбону метану у загальний пул органічної речовини); *Methylophilus*; *Rhodocyclus* (здатні асимілювати вуглекислоту повітря і приймати участь у фотосинтезі). На оранці порівняно з іншими обробітками були наявні: *Thioalkalivibrio* (цикл сірки); *Vibrio*; *Pelobacter*; *Riemerella*.

За різноглибинного безполицевого обробітку переважали: *Nanobacterium*; *Seralab*; *Phyllobacterium*; *Ochrobastrum*; *Pseudochrobastrum*; *Mesorhizobium* (симбіотрофна азотфіксація); *Bradyrhizobium* (симбіотрофна азотфіксація); *Rubellimicrobium*; *Brevundimonas*; *Erythrobacter*; *Fluoribacter*; *Haliaea* (3 види); *Enterobacter* (асоціативна азотфіксація); *Rheinheimera*; *Alteromonas*; *Sterolibacterium*; *Azoarcus*; *Frateuria*; *Syntrophobacter sulfatireducens*; *Desulfoglaeba*; *Desulfobotulus*; *Spirobacillus*; *Bacteriovorax*; *Planctomyces*; *Coprothermobacter*; *Treponema*.

Роди прокариотів, які беруть участь в трансформації органічних сполук, кругообізі азоту, фосфору, калію, сірки, вуглецю та ін.: *Acinetobacter*; *Halomonas*; *Bacillus*; *Beggiatoa*; *Nitrosomonas*; *Nisaea*; *Elioraea*; *Desulfovibrio*; *Thermodesulfovibrio*.

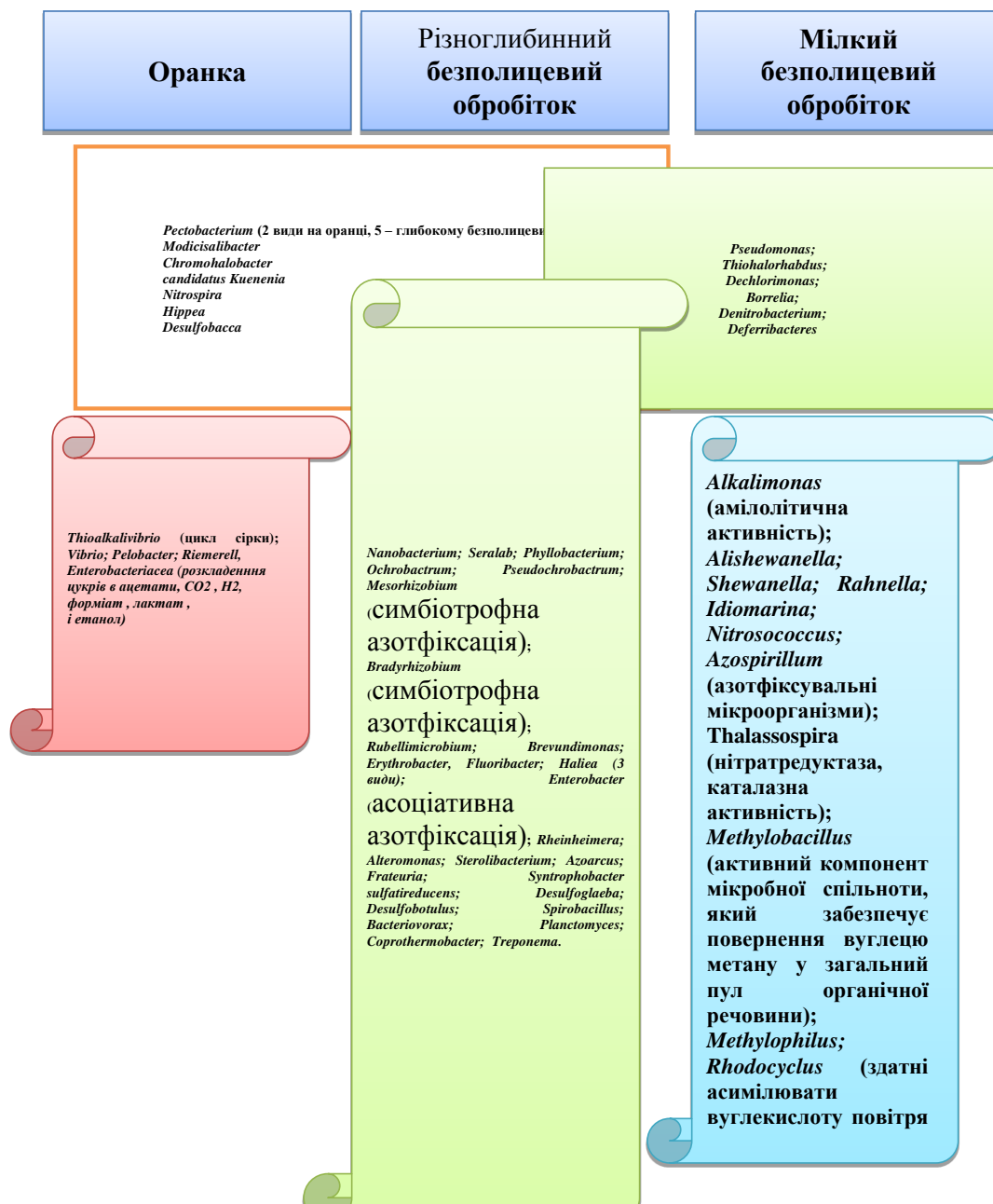


Рис. 6.14. Порівняння метагеному прокариотного комплексу (на рівні родів) чорнозему типового на варіанті удобрення солома 1,2 т/га + N₁₂ + сидерати + N₇₈P₆₈K₆₈

Філогенетичний аналіз дендрограм, побудованих на основі отриманих даних профілів методом *tRFLP*, свідчить про ширшу і складну побудову філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів на варіанті різноглибинного безполицевого обробітку як у шарі ґрунту 0-20 см, так і 20-40 см. Кількість видів ґрунтових мікроорганізмів, які формуються при різних варіантах обробітку і удобрення чорнозему типового наведена на рис. 6.15.

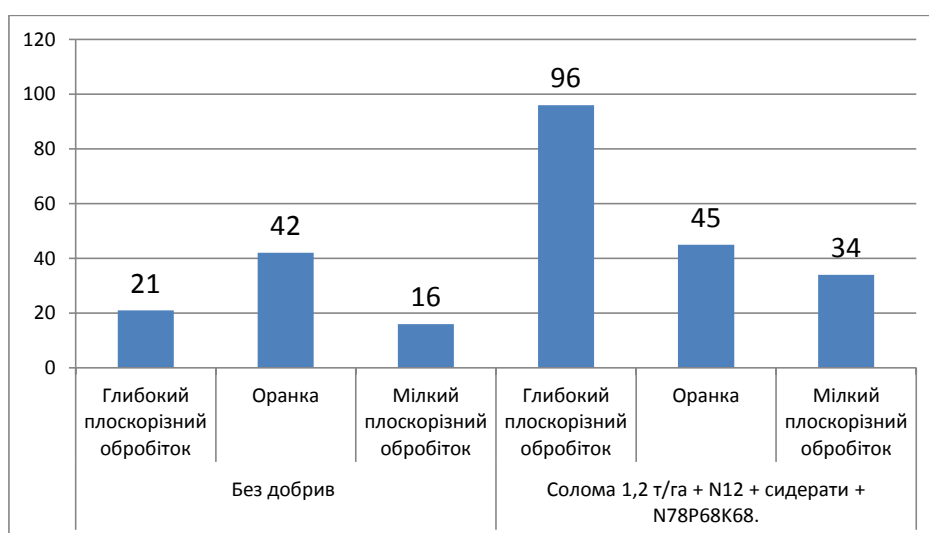


Рис. 6.15. Кількість видів ґрунтових мікроорганізмів, які формуються за різних обробітків і удобрення чорнозему типового

Отже, аналіз ґрунтового біорізноманіття чорнозему типового стаціонарного досліді ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» показав, що у варіанті без добрив за ґрунтозахисних обробітків формується в 2–3,8 рази менше видів бактерій порівняно з оранкою. Разом з тим безполицеві обробітки сприяють розвитку до 70% бактерій, які не культивуються на селективних середовищах. Варіант без добрив на усіх обробітках ґрунту потребує постійного мікробіологічного моніторингу для контролю зміни ґрунтової родючості. Внесення в ґрунт органо-мінерального

удобрення збільшує біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів, яке в 3–5,7 рази перевищує варіант без добрив.

Системи обробітку ґрунту впливають на надходження та розподіл поживних рештків і добрив, фізико-хімічні і фізичні показники ґрунту та змінюють будову філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів. Ширша і складніша будова філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів на варіанті з різноглибинним безполицевим обробітком яке представлено 7 основними кластерами, що відповідають домінуючим генотипам і відносяться до представників 98 видів, 31% з яких некультивовані. Варіант з оранкою мав простішу будову: 7 кластерів, 57 видів, 40% некультивованих. Бідніший мікробний комплекс порівняно з вищенаведеними обробітками встановлено на мілкому безполицевому обробітку: 8 основних кластерів, 33 види, 18% не культивованих.

Оранка на відміну від безполицевих обробітків зумовлює диференціацію шарів ґрунту за кількістю мікроорганізмів: верхній 0-20 см шар у 1,7 рази містить більше видів бактерій, ніж нижній 20-40 см. Кількість домінуючих генотипів прокариотів більша на 73% на оранці порівняно з мілким безполицевим обробітком. Різноглибинний безполицевий обробіток формує більш концентровані (високомолекулярні) фрагменти нуклеотидів при ширшому діапазоні випромінювання.

Висновки до розділу 6

Вивчення і оцінка ґрунтового біорізноманіття чорнозему типового стаціонарного досліді ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» дала можливість зробити наступні висновки:

1. Різноглибинний безполицевий обробіток формує більш концентровані (високомолекулярні) фрагменти нуклеотидів при більш широкому діапазоні випромінювання.

2. На варіанті без добрив за ґрунтозахисного обробітку формується в 2–3,8 рази менше видів бактерій порівняно з оранкою і потребує постійного мікробіологічного моніторингу. Органо-мінеральна система удобрення ґрунту формує більше показники біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів, яке в 3–5,7 разів перевищує варіант без добрив.

3. Обробітки ґрунту впливають на надходження і розподіл поживних решток і добрив, фізико-хімічні і фізичні показники ґрунту та змінюють будову філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів. Ширша і складніша будова філотипового різноманіття ґрунтових мікроорганізмів за різноглибинного безполицевого обробітку у шарі 0-20 см і представлена 7 основними кластерами, які відповідають домінуючим генотипам, що відносяться до представників 98 видів, 31% з яких некультивовані.

4. Результати досліджень по даному розділу опубліковані [370, 495].

РОЗДІЛ 7

СПРЯМОВАНІСТЬ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГУМУСУ ЧОРНОЗЕМІВ ЗА ГРУНТОЗАХИСНИХ ОБРОБІТКІВ

7.1. Вміст і запаси гумусу в чорноземах

Вміст гумусу є основним показником, який визначає потенційну родючість ґрунту. Гумус є джерелом енергії для ґрунтових процесів, постійним джерелом мінеральних речовин для сільськогосподарських культур. Водночас, отримання врожаю завжди супроводжується процесами мінералізації гумусу. Кількість і якість гумусу обумовлюють інтенсивність проходження ґрунтових процесів і режимів, впливають на врожайність культур та якість врожаю. Для підтримання родючості ґрунтів необхідно впроваджувати заходи, які дозволяють відновлювати вміст і запаси гумусу у ґрунті особливо за його інтенсивного сільськогосподарського використання.

Протягом століть домінуючим способом обробітку була полицева оранка, яка різко посилила розклад органічної речовини і зменшила запаси гумусу, значно погіршила структуру ґрунту. Починаючи з І.Е.Овсинського (1899) багато дослідників вважають полицеву оранку надто інтенсивним обробітком з точки зору збереження родючості ґрунту і, найперше, гумусу [419].

Дослідженнями М.К. Шикіули, А.Д. Балаєва [402-403, 406, 431], О.Ф. Гнатенка, М.Ф. Бережняка, М.В. Капштика, І.І. Вороб'я, О.В. Франко, О.Л. Макарчук [244] та ін. доведено, що застосування оранки призводить до посилення процесів дегуміфікації, розкладання органічної речовини ґрунту, збільшення швидкості мінералізації та є нераціональним заходом. Ґрунтозахисні обробітки сприяють різкому зменшенню мінералізації, характеризуються більш високим вмістом активного гумусу в ґрунті. За даними В.М. Володіна, при використанні безполицевих систем обробітку на 10-12, 20-22 см, процеси гуміфікації відбувалися більш інтенсивно, ніж за оранки – 20-22см [89].

При застосуванні обробітку без обертання скиби, локалізація рослинних решток, органічних і мінеральних добрив відбувається у верхній частині оброблювального шару [296]. Це сприяє підвищенню вмісту і запасів гумусу, новоутворених і розчинних гумусових речовин. А.Д. Баласв зазначає, що на чорноземах типових у верхньому шарі 0-15 см при безполицевому обробітку вміст гумусу був на 0,20-0,34% вищим ніж на оранці. В нижньому 15-30 см шарі найвищий вміст гумусу спостерігався за різноглибинного безполицевого обробітку – 4,06 і 3,72% на оранці відповідно. Систематичний безполицевий обробіток забезпечував підвищення лабільної частини гумусу на 17-35% у порівнянні з оранкою [254].

За даними В.П. Гудзя, С.О. В'ялого, М.Ф. Іванюка [129, 130] полицево-плоскорізна система основного обробітку ґрунту забезпечувала найбільшу кількість гумусу (4,45%). На варіанті з безполицевим різноглибинним обробітком кількість гумусу дещо зменшувалась (4,35%). У разі застосування поверхневої системи основного обробітку ґрунту відмічалось істотне зменшення органічної речовини в орному шарі (4,14%) [129]. Примак І.Д. [323], вивчаючи вплив полицевої, безполицевої і «нульової» систем обробітку в зерно-буряковій сівозміні встановили, що за оранки відбувалось значне зниження вмісту гумусу, а безполицевий обробіток зменшив вміст гумусу лише на 8,4 %.

Основним напрямком біологізації землеробства є широке застосування всіх видів органічних добрив у поєднанні з безполицевим обробітком ґрунту. За мінімізації обробітку ґрунту рослинні рештки заробляються в поверхневий шар ґрунту, що в моделює дерновий процес цілинного степового ґрунту. В результаті, у поверхневому шарі чорноземів при безполицевих обробітках в значній мірі зростає біологічна активність, активізуються процеси саморегуляції ґрунту, які властиві ґрунтам під природною рослинністю [7, 8, 15, 16, 19].

Інтенсивне сільськогосподарське використання земель, зменшення надходження свіжої органічної речовини, заробляння рослинних решток в нижні шари орного горизонту призводить до мінералізації органічної речовини, особливо верхнього біологічно активного шару. Одночасно збагачуються гумусом нижні кореневмісні шари ґрунту, що є причиною зниження ефективної родючості ґрунтів [15, 16]. Розмір та співвідношення між кількістю рослинних решток, які потрапляють у ґрунт, та розміром щорічних мінералізаційних втрат визначають рівень вмісту та накопичення гумусу [20].

Широке застосування всіх видів органічних добрив справедливо вважається головним напрямком в біологізації землеробства. В основі такої концепції лежить моделювання природного процесу ґрунтоутворення в умовах агроценозу [11, 13, 16].

У таблиці 7.1 представлено результати дослідження вмісту гумусу в чорноземі типовому за 16-річного впровадження технологій вирощування культур, що базуються на полицевій оранці та ґрунтозахисних системах обробітку з застосуванням органічних і мінеральних добрив, використанні нетоварної частини врожаю умовах стаціонарного дослідіду.

Вміст гумусу у чорноземах типових «Великоснітинського НДГ ім. О.В. Музиченка» залежав як від удобрення, так і обробітку ґрунту. Використання у якості органічних добрив соломи і сидератів сприяло збільшенню вмісту гумусу в усіх варіантах обробітку (табл. 7.1). За безполицевих обробітків спостерігається тенденція до збільшення вмісту гумусу в поверхневому 0-20 см шарі ґрунту як на варіанті без добрив, так і на удобрених фонах. Різниця між варіантами безполицевих обробітків і оранки становила 0,08 % на неудобреному фоні, 0,06-0,12 % при використанні органо-мінеральних систем удобрення.

Таблиця 7.1

**Вміст гумусу в чорноземі типовому за 16-річного впровадження
грунтозахисних технологій вирощування культур, %
(НДГ Великоснітинське, 2014р.)**

Шар ґрунту, см	Вміст гумусу, %, по варіантах удобрення		
	1 Контроль (без добрив)	3. Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5. Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈
Оранка			
0-20	3,28	3,68	3,72
20-40	3,15	3,58	3,69
0-40	3,22	3,63	3,71
Різноглибинний безполицевий обробіток			
0-20	3,36	3,74	3,85
20-40	3,11	3,63	3,78
0-40	3,24	3,69	3,82
Мілкий безполицевий обробіток			
0-20	3,38	3,60	3,79
20-40	3,07	3,69	3,76
0-40	3,23	3,65	3,78
Переліг			
0-20	3,88		
20-40	3,82		
0-40	3,85		

НІР_{0,05}=0,02-0,04

У шарі 20-40 см різниця вмісту гумусу залежно від обробітків проявляється менше, але застосування різноглибинного безполицевого обробітку забезпечило зростання вмісту гумусу на 0,06–0,08 % порівняно з оранкою. Різниця в гумусованості шарів між перелогом і варіантами обробітків збільшувалася в нижній частині профілю ґрунту. Серед варіантів обробітку найкращим був різноглибинний безполицевий, оскільки він сприяв нагромадженню й збереженню органічної речовини у верхніх шарах ґрунту. Заорювання органічних добрив зумовило швидше розкладання органічної речовини та її нагромадження лише в шарі 20-40 см. Застосування добрив

підвищувало вміст гумусу в досліджуваному шарі ґрунту за всіх систем обробітку. На варіанті з застосуванням у сівозміні соломи 1,2 т/га + $N_{78}P_{68}K_{68}$ найвищий вміст гумусу в шарі 0-20 см було встановлено при застосуванні різноглибинного безполицевого обробітку. Перевищення відносно оранки становило 0,06 %. Найефективнішим заходом для накопичення гумусу було внесення 1,2 т/га соломи, сидератів та $N_{78}P_{68}K_{68}$ за різноглибинного безполицевого обробітку.

У таблиці 7.2 наведено запаси гумусу в чорноземі типовому, які розраховані на основі вмісту гумусу і щільності складення ґрунту. Початкові запаси гумусу у шарі 0-30 см у 1998 році становили 124,9 т/га.

Причому, у шарі ґрунту 0-10 см різниця у показниках рівноважної щільності складення ґрунту була мінімальна, щільність становила 1,17–1,20 г/см³. У варіанті мілкого безполицевого обробітку ущільнення ґрунту в окремі роки (до 1,40–1,41 г/см³) спостерігається з глибини 10-20 см, у варіанті різноглибинного безполицевого обробітку – з глибини 20-30 см, у варіанті оранки – на глибині 30-40 см. Найвищими запасами гумусу як у шарі 0-30 см, так і в шарі 0-40 см характеризується варіант з внесенням соломи 1,2 т/га + N_{12} + сидерати + $N_{78}P_{68}K_{68}$ за різноглибинного безполицевого обробітку. У верхньому, 0-10 см шарі ґрунту перевагу має аналогічний варіант удобрення за мілкого безполицевого обробітку.

Таблиця 7.2

**Запаси гумусу в чорноземі типовому за різних систем обробітку і
удобрення, ВП «НДГ Великоснітинське ім. О.В. Музиченка», т/га**

Шар ґрунту, см	Запаси гумусу, т/га		
	1 Контроль (без добрих)	3. Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5. Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈
Оранка			
0-10	37,4	42,5	44,8
10-20	38,1	41,4	41,4
20-30	38,9	40,2	40,2
30-40	35,9	45,3	42,3
0-30	114,4	124,1	126,4
0-40	150,4	169,4	168,7
Різноглибинний безполицевий обробіток			
0-10	38,4	45,7	46,2
10-20	46,0	47,3	48,9
20-30	47,7	49,1	49,7
30-40	43,9	45,4	45,4
0-30	132,1	142,1	144,8
0-40	176,0	187,5	190,2
Мілкий безполицевий обробіток			
0-10	39,4	47,8	49,8
10-20	44,1	48,5	49,2
20-30	40,9	42,2	41,0
30-40	35,5	37,1	37,3
0-30	124,3	138,4	140,1
0-40	159,8	175,5	177,3

Отже, 16-річне застосування безполицевих обробітків ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур, наявність в кореневмісному шарі ґрунту свіжої органічної речовини і щорічне сюди її надходження забезпечує збільшення вмісту гумусу та його запасів порівняно з застосуванням традиційної оранки.

Дослідження вмісту гумусу на чорноземах типових Черкаської ДС ННЦ в 0-20 см шарі показали, що відносно початку досліджень за оранки показники знизилися на 0,11 %, а за безполицевих зросли на 0,06 % (мілкий) і 0,17 % (різноглибинний). Використання гною 6 т/га за період з 1976 до 1995 рр. призвело до накопичення вмісту гумусу і значення становили: за оранки 3,98 %, мілкого безполицевого обробітку – 4,02 %, різноглибинного безполицевого – 3,98 %. Використання 6 т/га побічної продукції навпаки призвело до зниження вищенаведених показників на 0,13 %, за мілкого безполицевого – на 0,10 %, а за різноглибинного обробітку – на 0,09 %. В шарі ґрунту 20-40 см різниця між показниками 2010 року і 1995 року не перевищувала 5% (уміст в 1995 році 3,73 %, 3,74 % та 3,42 % відповідно). У порівнянні з 1976 роком (І.П. Бойко [6]) вміст гумусу у шарі 20-40 см зріс на 0,13 % та 0,10 % за оранки та різноглибинного безполицевого обробітку та зменшився на 0,15 % за мілкого безполицевого обробітку (рис. 7.1).

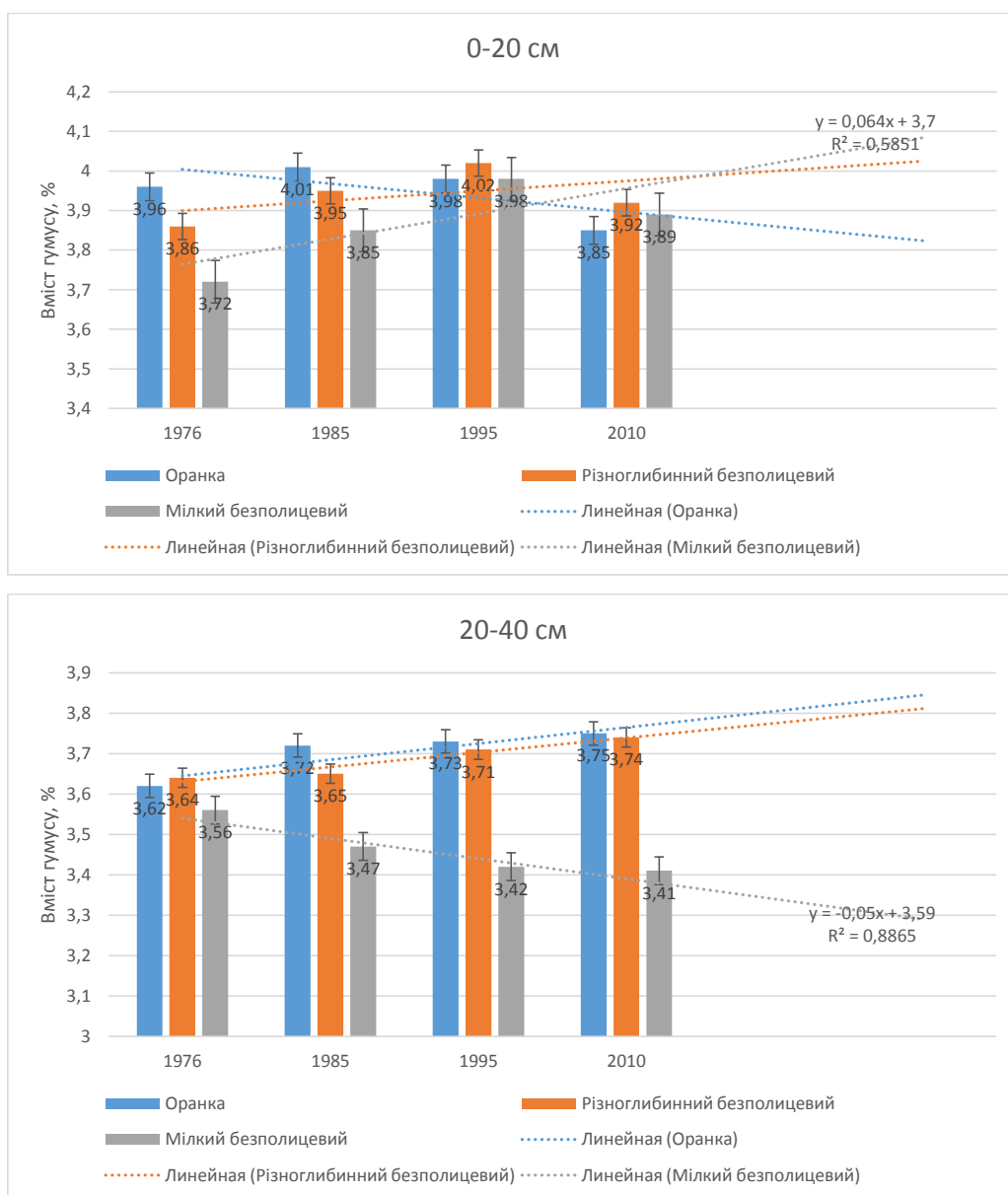
Якщо до ґрунту вносять речовини з високим С:N, наприклад солому, то мікроорганізми в надлишку звільняють вуглець у формі CO_2 і фіксують мінеральний азот в органічній формі [133]. Це погано відображається на культурах, які відчувають нестачу азоту, оскільки гуміфікація протікає досить активно. У ґрунтах під природними ценозами процеси мінералізації й гуміфікації зрівноважені. В агроєкосистемах при недостатньому надходженні в ґрунт свіжої органічної речовини відбувається звуження співвідношення С:N до 25:1, відбуваються значні втрати родючості ґрунту, його органічної речовини, що супроводжуються емісією CO_2 в атмосферу. Отже, ґрунтове середовище може функціонувати як джерело емісії або депонування атмосферного карбону, який може зв'язуватися рослинами в CO_2 , що сприяє зменшенню парникового ефекту [8]. Система удобрення також впливає на активність процесів гуміфікації та мінералізації органічної речовини через співвідношення в ній С:N (рис.7.1).

За одинарної норми мінеральних добрив, на фоні 10 т гною, запаси гумусу в шарі 0–40 см підвищились відносно контролю на 28, а за полуторної

дози – на 33 %. Підвищення запасів гумусу на 37 % відносно контролю отримано при використанні побічної продукції разом із сидерацією на фоні мінеральних добрив $N_{50}P_{56}K_{69}$. На ділянці без мінеральних добрив, унаслідок нижчої врожайності культур сівозміни з побічною продукцією і сидератами, надійшла невелика кількість органічної речовини і, відповідно, запаси гумусу в ґрунті підвищилися лише на 16 % порівняно з контролем. Збільшення кількості утвореного гумусу зменшує надходження в атмосферу вуглекислого газу. Використання соломи і сидератів у поєднанні з мінеральними добривами також сприяло зменшенню емісії вуглекислоти в атмосферу порівняно з традиційною системою удобрення. За період 1995-2010 рік в шарі ґрунту 0-40 см різниця між показниками вмісту гумусу не перевищувала 5%.

Дослідження 16- і 40-річного застосування різноглибинного безполицевого обробітку показало, що за поєднання його з органо-мінеральною системою удобрення відбувається гумусонакопичення і приріст гумусу 0,10-0,26%. Дослідження в умовах ґрунтово-кліматичної зони Степу на чорноземах звичайних показали (табл. 7.3), що застосування ґрунтозахисних технологій мінімального і нульового обробітків, як й при відведенні угідь під переліг веде до збільшення показників вмісту гумусу у шарі 0-20 см. Накопичення органічної речовини у верхньому шарі ґрунту (0-20 см) при ґрунтозахисних технологіях є наслідком концентрації органічних решток на поверхні та зменшення інтенсивності мінералізаційних процесів, що сприяло приросту гумусу 0,23–0,29%.

У середньому у 0–40 см шарі ґрунту прибавка вмісту гумусу на 12- й рік застосування ресурсозберігаючих технологій порівняно із традиційною, склала 0,11–0,16%. Під перелогом накопичення гумусу становило 0,27%.



$HP_{0,05}$: 0-20 см – 0,06 %, 20-40 см – 0,05 %; 0-40 см – 0,03%

Рис. 7.1. Динаміка вмісту гумусу за 40 років використання різних обробітків чорнозему типового та застосування до 1995 року 6 т/га гною+ $N_{56}P_{52}K_{64}$; 1996 – 2010 рр. – 4,5 т/га солома + $N_{64}P_{64}K_{81}$. (Черкаська ДС ННЦ).

Таблиця 7.3

**Вміст гумусу у чорноземі звичайному на 12- й рік застосування
різних технологій вирощування сільськогосподарських культур (АТЗТ
«Агро-Союз»)**

Шар ґрунту, см	Переліг	Технологія		
		Традиційна	Мінімальна	Нульова
0-20	4,93	4,56	4,79	4,85
20-40	4,76	4,60	4,58	4,62
0-40	4,85	4,58	4,69	4,74
Приріст до традиційної	0,27	-	0,11	0,16
НІР _{0,05}	0,03-0,04			

Отже, застосування різноглибинного безполицевого обробітку на чорноземах типових Лісостепу за поєднання з органо-мінеральною системи удобрення, соломною і сидератами сприяло гумусонакопиченню, яке становило 0,10-0,26%. Упровадження мінімального і нульового обробітку на чорноземах звичайних Степу сприяло підвищенню вмісту гумусу на 0,11–0,16% порівняно із традиційною оранкою.

7.2. Лабільні органічні речовини

Лабільні органічні речовини відіграють велике значення у створенні ефективної родючості ґрунту. Вони представлені водорозчинними, а також вільними і зв'язаними з півтора окислами гумусовими речовинами. В результаті ферментних і окислювальних процесів вони частково мінералізуються і служать джерелом найбільш доступних поживних речовин для рослин, а частково є джерелом стабільного гумусу. Крім цього рухомі органічні речовини – біохімічно активний фонд органічної частини ґрунту, який здійснює суттєвий вплив на процеси структуроутворення і акумуляції енергії. Ці сполуки характеризуються підвищеною гідрофільністю і вмістом

функціональних груп азоту, невисоким вмістом карбону, карбоксильних та фенольних груп, низькою оптичною щільністю. Вміст амонійного азоту, який вивільняється зі складу лабільних гумусових сполук у гумінових кислотах становить 9,7-13,8 % [60].

Як показали наші дослідження, кількість новоутворених гумусових речовин піддається більш значним змінам, ніж груповий склад гумусу. З глибиною їх кількість закономірно зменшується і обернено корелює з вмістом карбонатів. Це свідчить про те, що тільки новоутворені рухомі органічні речовини зв'язуються кальцієм і магнієм і переходять в більш стабільні групи гумусових сполук ґрунту. Ґрунтозахисні технології, що вивчаються, мали значний вплив на вміст рухомих гумусових речовин (РГР) (табл. 7.4).

На контролі без використання органічних і мінеральних добрив, рослинних і корневих рештків сільськогосподарських культур, які залишаються для компенсації мінералізованих рухомих гумусових речовин не достатньо. Тривале використання органічних і мінеральних добрив значно впливає на вміст рухомих органічних речовин. Органічні добрива підвищують їх вміст в 0-30 см шарі на 26-27 %. Використання соломи підвищує вміст гумінових кислот на 0,04–0,06%, органо-мінеральна система удобрення із соломою і сидератами відповідно на 0,12–0,14%. Найвищі показники РГР у шарі 0–40 см спостерігалися при застосування глибокого безполицевого обробітку (0,26%) порівняно з оранкою. При чому розподіл РГР був подібний до перелогу. Ведення перелогу формувало найвищі показники у шарі 0–20 см, далі по профілю значення зменшувалися.

Водорозчинні органічні речовини, як і рухомі форми гумусу відіграють важливу роль в ґрунтоутворенні і родючості ґрунту, так як приймають активну участь в багатьох ґрунтових процесах. Найперше вони є вихідним матеріалом для утворення всіх груп стабільних гумусових речовин [123], активізують мобілізацію поживних речовин і підсилюють їх міграційну здатність [132]. У зв'язку з цим важливо було встановити, який вплив агроприймів, що вивчаються здійснюють на водорозчинну органічну речовину чорноземів.

Таблиця 7.4.

**Зміни вмісту рухомих гумусових речовин у чорноземі типовому, %
(НДГ Великоснітинське)**

Шар ґрунту, см	Вміст гумусу, %, по варіантах удобрення		
	1 Контроль (без добрив)	3. Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5. Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈
Оранка			
0-20	<u>0,09</u> 2,8	<u>0,14</u> 3,9	<u>0,20</u> 5,6
20-40	<u>0,11</u> 3,6	<u>0,16</u> 4,6	<u>0,23</u> 6,5
0-40	<u>0,10</u> 3,2	<u>0,15</u> 4,2	<u>0,22</u> 6,2
Різноглибинний безполицевий обробіток			
0-20	<u>0,12</u> 3,7	<u>0,16</u> 4,4	<u>0,28</u> 7,3
20-40	<u>0,10</u> 3,3	<u>0,18</u> 5,1	<u>0,23</u> 5,5
0-40	<u>0,11</u> 3,5	<u>0,17</u> 4,7	<u>0,26</u> 6,5
Мілкий безполицевий обробіток			
0-20	<u>0,11</u> 3,4	<u>0,16</u> 4,6	<u>0,24</u> 6,3
20-40	<u>0,09</u> 3,0	<u>0,11</u> 3,1	<u>0,20</u> 5,3
0-40	<u>0,10</u> 3,2	<u>0,14</u> 3,9	<u>0,22</u> 5,8
Переліг			
0-20	<u>0,30</u> 7,5		
20-40	<u>0,24</u> 5,6		
0-40	<u>0,27</u> 6,6		

НІР₀₅=0,02-0,04, у чисельнику – абсолютні значення, знаменнику – частка відносно загального гумусу

В наших дослідженнях кількість водорозчинних органічних речовин залежала як від варіанту удобрення, так й від обробітку ґрунту. Так, найменші показники у верхньому 0-40 см шарі були отримані на варіанті без добрив, органічно-мінеральне удобрення з соломою збільшує їх кількість на 16-18% і органічно-мінеральної системи удобрення із соломою і сидератам на 38-40%.

При оранці процес мінералізації водорозчинних речовин відбувався більш інтенсивно, ніж при безплужному обробітку особливо у верхній частині оброблюваного шару (0–20 см). На нашу думку, це обумовлено двома причинами: швидкою мінералізацією частини водорозчинних органічних речовин до кінцевих продуктів і частково переходом в більш стабільні форми гумусових речовин, вміст яких при внесенні органічних і мінеральних добрив підвищується.

Ґрунтозахисні технології, що базуються на безполицевому обробітку, підвищують родючість верхнього 0–20 см шару ґрунту (табл. 7.5). В цьому шарі більше сконцентровано коренів культурних рослин і як результат цього тут значно більше міститься водорозчинних органічних речовин. Як видно з таблиці 7.5, на варіантах з безполицевим обробітком у шарах 0-20 і 20-40 см водорозчинних органічних речовин більше, ніж на оранці. В підорному шарі перевага в 5-10 % мали варіанти з полицевим обробітком.

Таким чином, вміст водорозчинних органічних речовин в чорноземах типових малогумусних Правобережного Лісостепу України визначається надходженням біомаси рослинних решток, нормами і видом органічних і мінеральних добрив, а також інтенсивністю мікробіологічних процесів, які багато в чому залежать від способів обробітку ґрунту. За впливом на вміст водорозчинних органічних речовин в ґрунті агроприйоми, що вивчаються, можна розподілити в наступний низхідний ряд: солома– безплужні обробітки – оранка. Механічний вплив на ґрунт ґрунтообробних знарядь викликає мінералізацію органічної речовини, яка у більшій мірі проявляється на оранці, ніж при безплужному обробітку [131].

Ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур, що базуються на безплужному обробітку ґрунту, в порівнянні з технологією, що базується на оранці, змінюють характер надходження органічної речовини ґрунту, локалізуючи переважаючу кількість рослинних решток, органічних і мінеральних добрив у верхній частині шару, що обробляється, створюють умови для зміщення системи «гуміфікація ↔ мінералізація» в бік підсилення гуміфікації. Разом з тим основні зміни направленості цих процесів відмічаються в шарах, що обробляються та прилягають до них.

Таблиця 7.5

**Вплив ґрунтозахисних технологій вирощування
сільськогосподарських культур на вміст водорозчинних органічних
речовин в чорноземі типовому, мг/100 г ґрунту (НДГ Великоснітинське)**

Система обробітку ґрунту	Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Шар ґрунту, см		
		0-20	20-40	0-40
Різноглибинна оранка	без добрив	130	141	136
	солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	157	164	161
	солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	183	195	189
Різноглибинний безполицевий	без добрив	147	144	146
	солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	174	165	170
	солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	210	195	203
Мілкий безполицевий	без добрив	145	137	141
	солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	176	159	168
	солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	215	180	198

НІР_{0,05}=9 мг/100 г ґрунту

Відтворення гумусу в чорноземах типових мало гумусних Правобережного Лісостепу України в умовах інтенсивної короткоротаційної

сівозміни і безпflugного обробітку ґрунту досягається внесенням на гектар сівозмінної площі 1,2 т/га соломи, азоткомпенсації N_{12} + сидерати + $N_{78}P_{68}K_{68}$.

7.3. Групово-фракційний склад гумусу

Важливим методом оцінки якості гумусу є дослідження його групово-фракційного складу, який дає можливість розрахувати систему показників гумусного стану [107]. Багато дослідників вважають, що на груповий та фракційний склад гумусу впливають органічні та мінеральні добрива, сільськогосподарські культури, але стосовно обробітку ґрунту існують різні точки зору. Так, В.В. Дегтярьов [146-149], С. В. Витвицкий, А. А. Свищук, А. Д. Балаев, Л. П. Попович [83] вважають, що обробіток ґрунту впливає на групово-фракційний склад гумусу. Б.А. Нікітін [159] притримується протилежної думки.

У наших дослідження групово-фракційний склад гумусу змінювався в залежності від удобрення ґрунту та його обробітку. Стосовно зміни гумінових та фульвокислот у груповому складі гумусу, то вони істотно різнилися за використанні різних способів обробітку (рис. 7.2). Так при застосуванні полицевої оранки (рис. 7.2, табл. 7.6) сума гумінових кислот на всіх варіантах досліді коливалась у межах 32,6-44,4 %, тоді як на різноглибинному безполицевому обробітку ґрунту становила 34,9-44,8% і відповідно на мілкому безполицевому – 35,6-44,1%. Сума фульвокислот на різноглибинному безполицевому обробітку була більшою порівняно з відповідним показником на полицевій оранці до 30,8 %. Це свідчить про наближення процесу гумусоутворення за мінімального обробітку до цілини [159].

Унесення добрив сприяло зниженню вмісту негідролізованого залишку за органо-мінеральної системи удобрення з соломою та сидератами на 10,2-10,4 а органо-мінеральної з соломою – 28,7-30,2% порівняно з контролем. Відповідним чином змінилось і відношення карбону гумінових до фульвокислот. Воно розширилось за використання добрив і на контролі в орному шарі $C_{ГК} : C_{ФК}$ склало 1,92–2,07; за внесення соломи 1,2 т/га + N_{12} +

$N_{78}P_{68}K_{68}$ – 1,97–2,24; соломи 1,2 т/га + N_{12} + $N_{78}P_{68}K_{68}$ + сидерати відповідно 1,98–2,11. Тобто, на всіх варіантах гумінові кислоти переважали фульвокислоти, що відповідає гуматному типу гумусоутворення.

У фульватній частині гумусу спостерігаються зміни таких напрямків: внесення добрив зменшувало вміст у майже всіх фракцій фульвокислот, особливо другої та третьої фракції (ФК-2, ФК-3). У той же час частина агресивної фракції, яка розчинна в кислотах була вищою на варіанті з внесенням органічних добрив у порівнянні з варіантом без добрив. Це пов'язано, на нашу думку з переходом у цю фракцію значної кількості неспецифічних органічних сполук, які потрапляють в ґрунт за внесення органічних добрив та з рослинними рештками сільськогосподарських культур.

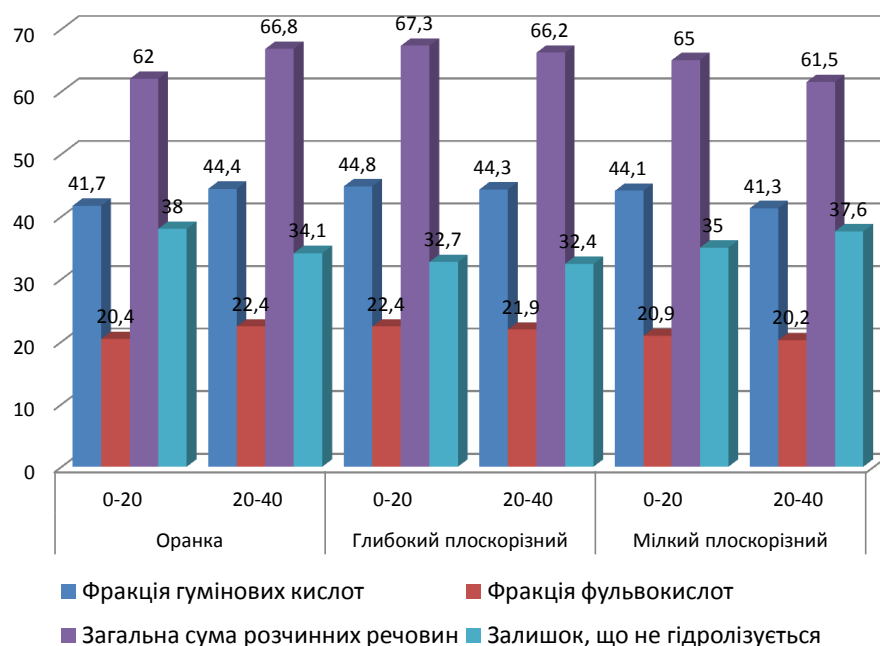


Рис. 7.2. Вплив різних обробітків ґрунту та застосування соломи, сидератів і $N_{78}P_{68}K_{68}$ на фракційний склад гумусу чорнозему типового (ВП НУБіП «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка»).

Таблиця 7.6

**Групо-фракційний склад гумусу чорнозему типового малогумусного за різних технологій вирощування
сіськогосподарських культур (ВП НУБіП «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка»)**

Обробіток грунту	Шар грунту , см	С _{орг.} повіт ряно су- хий грунт, %	Фракція гумінових кислот				Фракція фульвокислот					Загаль- на сума розчин- них речо- вин	Зали- шок, що не гідро- лізує- ться	C _{ГК} / C _{ФК}
			1	2	3	сума	1a	1	2	3	сума			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Без добрив (контроль)														
Полицева оранка	0-20	1,84	0,04	0,28	0,28	0,6	0,04	0,04	0,12	0,13	0,29	0,89	0,95	2,07
			2,2	15,2	15,2	32,6	2,2	2,2	6,5	7,1	15,8	48,4	51,6	
	20-40	1,77	0,06	0,32	0,22	0,6	0,04	0,04	0,14	0,14	0,32	0,92	0,85	1,88
			3,4	18,1	12,4	33,9	2,3	2,3	7,9	7,9	18,1	52,0	48,0	
Різноглибин- ний безполицеви й обробіток	0-20	1,89	0,06	0,32	0,28	0,66	0,04	0,06	0,14	0,14	0,34	1	0,89	1,94
			3,2	16,9	14,8	34,9	2,1	3,2	7,4	7,4	18,0	52,9	47,1	
	20-40	1,75	0,08	0,32	0,34	0,74	0,04	0,06	0,14	0,18	0,38	1,12	0,63	1,95
			4,6	18,3	19,4	42,3	2,3	3,4	8,0	10,3	21,7	64,0	36,0	
Мілкий безполицеви й обробіток	0-20	1,90	0,1	0,36	0,32	0,78	0,04	0,06	0,18	0,16	0,4	1,18	0,72	1,95
			5,3	18,9	16,8	41,1	2,1	3,2	9,5	8,4	21,1	62,1	37,9	
	20-40	1,72	0,1	0,3	0,3	0,7	0,04	0,09	0,14	0,11	0,34	1,04	0,68	2,06
			5,8	17,4	17,4	40,7	2,3	5,2	8,1	6,4	19,8	60,5	39,5	

Продовження таблиці 7.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈														
Полицева оранка	0-20	2,08	0,06	0,36	0,33	0,75	0,04	0,04	0,18	0,12	0,38	1,13	0,95	1,97
			2,9	17,3	15,9	36,1	1,9	1,9	8,7	5,8	18,3	54,3	45,7	
	20-40	2,02	0,08	0,38	0,32	0,78	0,04	0,06	0,16	0,12	0,38	1,16	0,86	2,05
			4,0	18,8	15,8	38,6	2,0	3,0	7,9	5,9	18,8	57,4	42,6	
Різноглибин ний безполицеви й обробіток	0-20	2,11	0,06	0,4	0,32	0,78	0,06	0,04	0,14	0,18	0,36	1,14	0,97	2,17
			2,8	19,0	15,2	37,0	2,8	1,9	6,6	8,5	17,1	54,0	46,0	
	20-40	2,05	0,08	0,42	0,38	0,88	0,04	0,06	0,2	0,18	0,44	1,32	0,73	2,00
			3,9	20,5	18,5	42,9	2,0	2,9	9,8	8,8	21,5	64,4	35,6	
Мілкий безполицеви й обробіток	0-20	2,03	0,06	0,4	0,36	0,82	0,04	0,04	0,16	0,19	0,39	1,21	0,82	2,10
			3,0	19,7	17,7	40,4	2,0	2,0	7,9	9,4	19,2	59,6	40,4	
	20-40	2,08	0,04	0,4	0,3	0,74	0,04	0,04	0,14	0,15	0,33	1,07	1,01	2,24
			1,9	19,2	14,4	35,6	1,9	1,9	6,7	7,2	15,9	51,4	48,6	

Продовження таблиці 7.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈														
Полицева оранка	0-20	2,16	0,1	0,42	0,38	0,9	0,04	0,06	0,18	0,16	0,44	1,34	0,82	2,05
			4,6	19,4	17,6	41,7	1,9	2,8	8,3	7,4	20,4	62,0	38,0	
	20-40	2,14	0,11	0,44	0,4	0,95	0,06	0,06	0,2	0,16	0,48	1,43	0,73	1,98
			5,1	20,6	18,7	44,4	2,8	2,8	9,3	7,5	22,4	66,8	34,1	
Різноглибин ний безполицеви й обробіток	0-20	2,25	0,14	0,42	0,44	1,1	0,06	0,08	0,18	0,24	0,51	1,5	0,75	2,00
			6,3	18,8	19,7	44,8	2,7	3,6	8,1	8,1	22,4	67,3	32,7	
	20-40	2,19	0,13	0,4	0,44	0,97	0,04	0,06	0,18	0,2	0,48	1,45	0,71	2,02
			5,9	18,3	20,1	44,3	1,8	2,7	8,2	9,1	21,9	66,2	32,4	
Мілкий безполицеви й обробіток	0-20	2,20	0,13	0,46	0,38	0,97	0,06	0,06	0,18	0,16	0,46	1,43	0,77	2,11
			5,9	20,9	17,3	44,1	2,7	2,7	8,2	7,3	20,9	65,0	35,0	
	20-40	2,18	0,1	0,42	0,38	0,9	0,04	0,06	0,18	0,16	0,44	1,34	0,82	2,05
			4,6	19,3	17,4	41,3	1,8	2,8	8,3	7,3	20,2	61,5	37,6	

НІР_{0,05}=0,03

Отже, проведені нами дослідження показують, що різноглибинний безполицевий обробіток і органо-мінеральна система удобрення з соломою і сидератами призводить до позитивних змін групового і фракційного складу гумусу порівняно із оранкою. Так, зменшується вміст негідролізованого залишку до 15%. Втрати органічної речовини чорноземами на контролі пов'язані з зменшенням вмісту лабільних фракцій гумусу – вільних і зв'язаних з кальцієм (ГК 1, ФК 1, ФК 1а і ГК 2) і підвищенням частки негідролізованого залишку, що свідчить про «старіння» гумусових речовин.

Встановлено, що навіть за повного забезпечення рослин мінеральним азотом, для формування врожаю необхідний ґрунтовий азот, який здебільшого поглинається з гумусових речовин ґрунту. Тому, показник співвідношення C:N можливо використовувати для діагностики спрямованості процесів розкладу і гуміфікації органічної речовини. В наших дослідженнях, без внесення добрив ширше співвідношення було за різноглибинної оранки порівняно із безполицевими. Отже, на контролі за оранки послаблюються процеси дегуміфікації.

Застосування соломи та поєднання органо-мінерального удобрення з соломою, сидератами і мінеральним удобренням за використання різноглибинного безполицевого обробітку створює кращі умови для гуміфікації, а співвідношення C:N було найбільш широке (10,55–10,79 і 11,29–11,95).

Довготривале застосування різноглибинного безполицевого обробітку на чорноземах типових Черкаської ДС ННЦ призвело до розширення співвідношення $C_{ГК}:C_{ФК}$ у верхньому шарі ґрунту, а за оранки у нижньому, що обумовлено застосуванням органічних добрив і зростанням гуміфікації рослинних решток побічної продукції. Так, в 0-20 см шарі ґрунту за різноглибинного безполицевого обробітку співвідношення зросло до 1,71, а за оранки 1,65 (табл. 7.8).

Таблиця 7.7

**Вплив 16- річного використання різних систем обробітку і удобрення
на вміст карбону і азоту у чорноземі типовому (ВП НУБіП
«Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка»)**

Система обробітку грунту	Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Шар грунту, см	Уміст у ґрунті, %		C:N
			C	N	
Різноглибинна оранка	Без добрив (контроль)	0-20	1,84	0,20	10,22
		20-40	1,77	0,17	10,41
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	0-20	2,08	0,21	10,40
		20-40	2,02	0,18	10,63
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	0-20	2,16	0,21	10,29
		20-40	2,14	0,18	11,89
Різноглибинний безполицевий	Без добрив (контроль)	0-20	1,89	0,19	9,95
		20-40	1,75	0,17	10,29
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	0-20	2,11	0,20	10,55
		20-40	2,05	0,19	10,79
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	0-20	2,25	0,20	11,25
		20-40	2,19	0,18	11,95
Мілкий безполицевий	Без добрив (контроль)	0-20	1,90	0,19	10,00
		20-40	1,72	0,18	10,12
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	0-20	2,03	0,20	10,15
		20-40	2,08	0,17	11,56
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	0-20	2,20	0,20	11,00
		20-40	2,18	0,19	11,47

НІР 0,05 для азоту 0,02

Довгострокове застосування різних систем обробітку чорнозему типового приводить до зміни не тільки умісту загального гумусу, а і його якісного складу. Оцінка умісту рухомої частини гумусу (фракції ФК-1а, ФК-1, ГК-1) показала, що системи обробітку ґрунту не суттєво впливали на вміст вищенаведених фракцій.

Уміст фракцій стабільного гумусу (ГК-2, ФК-2) у шарі ґрунту 0-20 см підвищився порівняно з оранкою за мілкого на 5,1- 8,4 та різноглибинного безполицевого відповідно 4,5-8,5 %, а у шарі ґрунту 20-40 см перевищення становили 5,2 і 13,5%. При чому найбільші значення як ГК 2, так ГК 3 за безполицевих обробітків спостерігалися у 0-5 см шарі, а за оранки різниця між шарами не перевищувала 5%. За систематичного виконання різноглибинного безполицевого обробітку найвищий уміст фракцій ГК₃ гумусу виявлено в 0-5 см шарі ґрунту, тоді як з глибиною уміст цієї фракції знижувався і був меншим порівняно з оранкою. Незалежно від способу обробітку чорнозему гумін становив 21,6-22,9 %. За різноглибинного безполицевого обробітку у 0-40 см шарі ґрунту спостерігалась слабка тенденція до зниження його вмісту різниця становила 1,0-1,1% відповідно. Зазначені зміни свідчать, що за різноглибинного безполицевого обробітку активний гумус інтенсивніше залучається до складу фракцій стабільного біоактивного гумусу.

Разом з тим відбувається диференція оброблюваного шару чорнозему за вмістом ГК 2 і ГК-3. За безполицевого обробітку між співвідношенням Сгк до Сфк та умістом гумусу виявлено тісний кореляційний зв'язок ($R=0,62-0,67\pm 0,03$), а з умістом загального азоту він був на рівні прямої сильної кореляції ($R=0,59\pm 0,02$).

Таблиця 7.8

Групо-фракційний склад гумусу чорнозему типового за різних систем обробітку ґрунту

(Черкаська ДС ННЦ)

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	С органічний, %	Фракція гумінових кислот				Фракція фульвокислот					Загальна сума розчинних речовин	Негідролізований залишок	Сгк:Сфк
			1	2	3	сума	1а	1	2	3	сума			
Оранка	0–5	2,22	2,8	30,6	13,2	46,6	1,5	4,4	18,2	4,2	28,3	77,2	22,8	1,65
	0-20	2,09	3,5	30,9	13,8	48,2	1,5	4,7	18,8	4,6	29,6	77,4	22,6	1,63
	20–40	1,96	3,6	31,0	13,5	48,1	1,6	4,5	18,3	3,8	28,2	78,5	21,5	1,71
Різноглибинний без полицевий	0–5	2,39	3,1	33,2	14,6	50,9	1,7	3,0	18,2	6,1	29,0	78,2	21,8	1,76
	5–20	2,15	3,3	34,7	12,8	50,8	1,4	4,4	17,9	4,7	28,4	78,5	21,5	1,79
	20–40	2,26	3,9	32,4	11,8	48,1	1,9	3,8	19,1	4,8	29,6	78,1	21,9	1,63
Мілкий безполицевий	0–5	2,35	3,8	33,1	12,3	49,2	1,6	4,6	17,8	4,7	28,7	78,3	21,7	1,71
	5–20	2,09	3,9	32,5	11,5	47,9	1,9	4,8	18,5	3,8	29,0	77,6	22,4	1,65
	20–40	1,92	3,5	35,2	9,5	48,2	1,6	3,8	19	5,0	29,4	77,1	22,9	1,64

У дослідженнях, проведених у розділі 5 було встановлено, що за різноглибинного безполицевого обробітку в 0-20 см шарі ґрунту біогенність була найвищою порівняно з оранкою та мілким безполицевим обробітком. Між умістом гумусу та рівнем біогенності виявлено тісний кореляційний зв'язок ($R=+0,82\pm 0,03$; $R^2=0,79$). Саме це пояснює вищий уміст гумусу в 0-20 см шарі ґрунту за безполицевого обробітку $-3,92\%$, що вище ніж за оранки на $0,07\%$, а за мілкового безполицевого обробітку різниця не перевищувала 5% .

Виявлено, що між рівнем біогенності 0-20 см шару чорнозему та глибиною гуміфікації (Сгк:Сфк) виявлено тісний кореляційний зв'язок ($R=0,88\pm 0,03$, $R^2=0,77$) за безполицевого обробітку порівняно з оранкою та безполицевим обробітком. Глибина гуміфікації пов'язана з кількістю мікроорганізмів деструкторів органічних сполук азоту ($R=-0,97\pm 0,03$) та мікроорганізмів асиміляторів мінеральних сполук азоту ($R=0,98\pm 0,01$) та умістом сполук азоту, що легко гідролізуються ($R=0,95\pm 0,02$). Виявлено, що за безполицевого обробітку найкращі фосфатмобілізуючі та азотзабезпечуючі показники 0-20 см шару ґрунту забезпечувалися підвищеними показниками глибини гуміфікації органічної речовини гумусу.

Отже, застосування різноглибинного безполицевого обробітку впродовж 16- і 40 років на фоні органо-мінеральної системи удобрення веде до позитивних змін групового і фракційного складу гумусу порівняно з оранкою, що проявляється у збільшенні фракції гумінових кислот на $0,10-0,12\%$, фульвокислот на $0,05-0,17\%$ і зменшенні вмісту негідролізованого залишку на $0,11-0,14$ ($15-19\%$) та розширенні співвідношення C:N.

Висновки до розділу 7.

Обробіток та удобрення ґрунту є важливими факторами, які впливають на вміст, запаси і якісні показники гумусу:

1. Найкращі умови для гумусонакопичення в шарі 0-40 см складаються за різноглибинного безполицевого обробітку на чорноземах типових Лісостепу з органо-мінеральною системою удобрення із соломною і сидератами, де приріст

гумусу склав 0,10-0,26% і на чорноземах звичайних Степу за мінімального та нульового обробітку з приростом 0,11–0,16%;

2. Втрати органічної речовини чорноземами на контролі пов'язані з зменшенням вмісту лабільних фракцій гумусу – вільних і зв'язаних з кальцієм і підвищенням частки негідролізованого залишку;

3. Застосування різноглибинного безполицевого обробітку впродовж 16- і 40 років на чорноземах типових на фоні органо-мінеральної системи удобрення призводить до позитивних змін групового і фракційного складу гумусу порівняно із оранкою, що проявляються у збільшенні фракції гумінових і фульвокислот в середньому на 0,10-0,17% і зменшенні вмісту негідролізованого залишку та розширенні співвідношення C:N.

4. Результати досліджень по даному розділу опубліковані [33-35, 133, 150, 151, 366, 367].

РОЗДІЛ 8

ШЛЯХИ ВІДТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ТА ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМІВ ЗА ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

У зв'язку з дефіцитним балансом гумусу в чорноземах України виникає питання про шляхи попередження його втрат і підвищення вмісту та покращення його якості в ґрунтах. Позитивний вплив на гумусний стан і біологічну активність має внесення в ґрунт органічних добрив, одних або сумісно з мінеральними [11, 13, 16, 83, 90, 98, 99]. Вивчивши вплив 15-річного внесення різних норм органічних і мінеральних добрив на родючість чорнозему звичайного зробили висновок про підвищення вмісту та покращення якості гумусу ґрунту під їх впливом [99]. Для оптимізації гумусового стану, як уже відмічалось в розділі 7.3., потрібно дотримуватись співвідношення мінеральних до органічних добрив як 15-20 : 1.

Від обсягів внесення органічних добрив напряду залежить вміст органічної речовини у ґрунтах. Втрати органічної речовини у ґрунтах при сільськогосподарському використанні відбуваються за рахунок таких факторів:

- зменшення видового різноманіття культур порівняно з природним ценозом;
- зниження продуктивності агроценозу у порівнянні з природним;
- посилення мінералізації гумусу внаслідок інтенсивного обробітку;
- недостатнє внесення органічних добрив для забезпечення відтворення родючості ґрунтів;
- винос товарної частини урожаю з поля, що зменшує кількість рослинних решток.

Головним джерелом органічних сполук для утворення гумусу, підтримання мікробіологічної діяльності і відтворення родючості ґрунту є рослинні рештки і органічні добрива. Зменшення поголів'я призвело до вивільнення великої кількості побічної продукції рослинництва і післяжнивних

решток – безкоштовного органічного добрива. На сьогодні лише у високоорганізованих тваринницьких господарствах є можливість виробляти і вносити 11-12 т/га сівозмінної площі напівперепрілого гною. Тому необхідно шукати можливості застосування альтернативних видів органічних добрив, оскільки вміст органічної речовини і гумусу у ґрунтах України невпинно знижується в результаті сільськогосподарського використання. Великим джерелом органічної речовини для відтворення родючості ґрунту є використання сидератів і побічної продукції рослинництва.

Застосування побічної продукції рослинництва (соломи) у системі удобрення дозволяє збільшити у ґрунті вміст органічних речовин, які беруть участь у процесах утворення гумусу і перетворення гумусових речовин, тим самим підтримуючи родючість ґрунту. Солома є добривом, велика кількість якого вивільнилася в результаті зменшення обсягів виробництва продукції тваринництва у сільському господарстві.

У США високо оцінюють роль соломи не тільки як місцевого органічного добрива для відтворення вмісту органічної речовини у ґрунті, а в першу чергу як одну з основ ґрунтозберігаючого землеробства. Під ґрунтозахисною розуміють будь-яку систему обробітку ґрунту, при якій не менше 30% поверхні ґрунту покриття рослинними рештками. Така система обробітку ґрунту є також ефективним заходом боротьби з ерозією ґрунтів, а також має вологонакопичувальний ефект в посушливих умовах [12].

Висівання культур на сидерати є ще одним джерелом органічної речовини у ґрунтах. Використання бобових або хрестоцвітих сидератів дозволяє збільшити вміст рухомих форм поживних речовин у ґрунті, виявляє фітосанітарний вплив на агроекосистему, збагачує ґрунт органічними речовинами. Значення зеленого добрива відмічав Д.М. Прянішніков (1963) вказуючи, що там, де для збагачення ґрунту органічною речовиною не вистачає гною, зелене удобрення набуває особливої цінності як потужний засіб підняття врожайності і підвищення родючості ґрунту [118].

У землеробстві давно і успішно застосовують цей захід, але здебільшого проводять сидерацію легких ґрунтів Полісся, бідних органічною речовиною і елементами живлення [34]. Зелене удобрення – постійно відтворюване джерело свіжої органічної речовини, один з широко доступних, але мало використовуваних резервів комплексного і ефективного підвищення родючості чорноземів. Коренева система багатьох культур-сидератів здатна добувати з глибоких шарів елементи живлення і, після заробляння зеленого добрива та його мінералізації, ці елементи формують врожай культур сівозміни. В науковій літературі є окремі повідомлення про ефективність використання сидератів на чорноземних ґрунтах [60-64].

Внесення в ґрунт значної кількості легкодоступних органічних речовин повинно в першу чергу вплинути на лабільну частину гумусу, яка тісно зв'язана з біологічною активністю та ефективною родючістю. Визначення вмісту рухомих гумусових речовин не тільки дає можливість контролю за одним із показників ефективної родючості, а й дозволяє оцінити інтенсивність гумусоутворення та гумусовий стан чорнозему.

Основне питання, яке постає при оцінці ефективності використання побічної продукції і рослинних решток щодо їх кількості для підтримання біологічної активності, ефективного функціонування екосистеми ґрунту, забезпечення високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур на фоні відтворення родючості ґрунту. У сучасних умовах у сільськогосподарському виробництві у галузі рослинництва виникла ще одна проблема. Зростає кількість господарств з відносно невеликими площами землекористування, відповідно, вони мають обмежений набір культур і вузьку спеціалізацію. У зв'язку з цим необхідно вирішувати питання оптимального чергування культур, скорочення ротації сівозмін. Побудова короткоротаційних сівозмін повинна враховувати показники родючості ґрунту, його фітосанітарний стан, і вплив тої чи іншої культури на родючість ґрунту, на врожайність попередньої і наступної культури.

Довжина ротації цих сівозмін має бути від 3 до 5 полів. Для більшості культур період повернення на попереднє місце становить 3-4 роки. Але є культури в т.ч. льон, люпин, соняшник, капуста, баштанні, які можуть повертатися на попереднє місце вирощування не раніше, ніж через 5–8 років. Недотримання цих нормативів при побудові сівозмін призводить до накопичення інфекції в ґрунті, поширення шкідників, хвороб та бур'янів. Тому при необхідності в короткоротаційних сівозмінах поле, на якому такі культури вирощуватимуться, слід ділити на дві половини і поперемінно на кожній з них висівати ці культури [10]. У першу чергу набір культур в короткоротаційних сівозмінах буде визначатися спеціалізацією господарства, яка залежить від зональних ґрунтово-кліматичних умов та кон'юнктури ринку [6, 18].

Отже, питання відтворення родючості ґрунтів в умовах застосування ресурсоощадних технологій потребує комплексного вирішення, і включає у першу чергу дослідження ефективності мінімізації обробітку ґрунту, розширення використання місцевих органічних добрив, і оптимальну структуру сівозмін.

8.1. Вплив різних способів обробітку, удобрення на гумусовий стан і біологічні показники чорнозему типового

Між вмістом загального гумусу, біологічною активністю і родючістю чорноземів типових існує тісний зв'язок, але в сучасних умовах мало виходити з того, що кількість гумусу у ґрунті є мірою його родючості [131, 251, 312, 315, 318]. Необхідно знати основні механізми і закономірності, які забезпечують отримання максимальних і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур. В останні роки порушується питання оптимального вмісту загального гумусу в ґрунті [426, 442, 443, 474]. Вважається, що оптимальним є такий вміст загального гумусу, коли забезпечується стійке отримання високого урожаю за відповідного біокліматичного потенціалу. При визначенні таких показників вмісту гумусу головним критерієм є нижня межа, за якою нестача у ґрунті органічної речовини гальмує формування високих урожаїв. При визначенні верхньої межі необхідно керуватися чисто економічними критеріями [149, 249].

В умовах інтенсивного землеробства зростає роль органічних добрив як потужного речового фактора, високоенергетичного і багатокомпонентного матеріалу, здатного швидко трансформуватись в доступні для мікроорганізмів та рослин форми рослин і енергії. Дія органічних добрив визначається комплексним позитивним впливом на всі фактори ґрунтової родючості – агрофізичні, агрохімічні і біологічні.

На сучасному етапі в землеробстві України, через різке зменшення поголів'я худоби, склався явний дефіцит традиційних органічних добрив для покриття втрат органічної речовини ґрунту, яке відбувається в процесі формування врожаю. Враховуючи, що і до цього в усіх регіонах України, відмічалися систематичні втрати гумусу, необхідно терміново віднайти шляхи відтворення родючості ґрунтів та забезпечення в них бездефіцитного балансу гумусу виходячи з наявних ресурсів свіжої органічної речовини.

Перспективним, недорогим і загальнодоступним напрямком може стати використання супутньої продукції, в першу чергу соломи, як органічного добрива, а також заробка в ґрунт сидератів для поповнення органічної речовини ґрунту. Використання всіх резервів та застосування технологій, що зменшують мінералізацію гумусу і підвищують гуміфікацію внесеного органічного субстрату може забезпечити розширене відтворення родючості ґрунтів.

Отже, літературні джерела вказують на теоретичну можливість досягнення бездефіцитного балансу гумусу при залученні всіх резервів свіжої органічної речовини та використанні ґрунтозахисних технологій і на цій основі забезпечення розширеного відтворення родючості чорноземів, Потрібно лише, поєднавши всі ці умови, визначити норму органічного субстрату, який необхідно вносити в ґрунт.

У довготривалому досліді з різними видами добрив вивчався їх вплив на гумусовий стан чорнозему типового в умовах мінімалізації обробітку ґрунту (табл. 8.1). Із таблиці 8.1 видно, що внесення органічних добрив сумісно з мінеральними сприяє підвищенню вмісту гумусу в ґрунті. При аналізі динаміки вмісту гумусу у шарі 0-40 см від початку ведення досліді (з 1998 р.) бачимо, що

на неудобрюваному фоні в результаті вирощування культур відбулося зниження вмісту гумусу порівняно з вихідним на його вмістом.

За 16 років на контролі відбулося значне зменшення вмісту гумусу, яке становило 0,33–0,36%. Найбільш ефективним з точки зору гумусонакопичення виявився різноглибинний безполицевий обробіток з використанням соломи 1,2 т/га + N₁₂ + сидерати + N₇₈P₆₈K₆₈, де приріст становив 0,26%. На оранці приріст становив 0,13%, мілкому безполицевому відповідно 0,20%.

Таблиця 8.1

Зміни вмісту гумусу у шарі 0-40 см в залежності від систем обробітку ґрунту, 1998-2014 рр

(ВП «НДГ Великосітинське ім. О.В. Музиченка»)

Система обробітку ґрунту	Вихідний вміст гумусу, 1998 р.	Варіант удобрення					
		1. Без добрив (контроль)		3. Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈		5. Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	
		2014 р	± до 1998р.	2014 р	± до 1998р.	2014 р	± до 1998р.
Оранка	3,58	3,22	-0,36	3,63	+0,05	3,71	+0,13
Різноглибинний безполицевий	3,57	3,24	-0,33	3,69	+0,12	3,82	+0,26
Мілкий безполицевий	3,58	3,23	-0,35	3,65	+0,13	3,78	+0,20
Переліг	3,62	3,85	+0,23				

НІР 0,05=0,03-0,04

Оцінка екологічних параметрів прокаріотного ґрунтового комплексу за екологічними індексами домінування та різноманіття, їх зміни під впливом різних обробітків ґрунту і удобрення наведено у табл. 8.2.

Таблиця 8.2.

Вплив ґрунтозахисних обробітків на індекси домінування і мікробного біорізноманіття чорнозему типового (НДГ «Великоснітинське»)

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Індекс домінування	Індекс біорізноманіття
Різноглибинний безполицевий обробіток	Без добрив	0-20	0,54	0,67
		20-40	0,16	1,01
Оранка		0-20	0,12	1,11
		20-40	0,15	1,03
Мілкий безполицевий обробіток		0-20	0,12	0,92
		20-40	0,21	0,89
Різноглибинний безполицевий обробіток	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	0-20	0,12	1,38
		20-40	0,17	1,29
Оранка		0-20	0,16	1,01
		20-40	0,10	1,10
Мілкий безполицевий обробіток		0-20	0,17	0,96
		20-40	0,28	0,98

Достатньо стійкими вважаються системи, які мають високі показники біорізноманіття. Так, найвищі значення були отримані за різноглибинного безполицевого обробітку на органо-мінеральній системі удобрення із соломом і сидератами, що вплинуло на гумусонакопичення, де приріст за 16 років використання становив 0,26%.

8.2. Моделювання відтворення родючості чорноземів Лісостепу і Степу України у агроценозах

За В.В. Медведєвим сталість ґрунту необхідно розглядати як комплексну властивість, що забезпечує його фізичну, хімічну і біологічну буферність, а також здатність до трансформації і живлення [248]. За рахунок цих властивостей ґрунту може виконувати крім продуктивної ще й екологічну, санітарну, рекреаційну, соціальну і інші функції в природі і суспільстві. Важливим показником відновлення родючості чорноземів і критерієм оцінки ефективності технологічних заходів є вміст в них органічних речовин, кількісний і видовий склад мікроорганізмів. За цими ж показниками можна оцінювати і екологічність технологій, що застосовуються для вирощування культур.

Для моделювання процесів відтворення родючості ґрунтів у природних екосистемах і агроценозах запропоновано чимало математичних моделей: В.М.Володіна [89], О.Ф. Гнатенка [110], Л.Р. Петренка [309], А.Д. Балаєва [31], С.І. Веремєєнка [75], І.В. Шевчука [393], О.О. Цюка [309] та інших.

У результаті розорювання в ґрунті порушується встановлена тисячоліттями динамічна рівновага між розкладу органічної речовини і гумусоутворенням, тому ґрунтова екосистема намагається зайняти деякий новий енергетичний рівень для продовження свого функціонування. Тому для підтримання високої продуктивності агроценозів застосовуються органічні та мінеральні добрива, що є також потужним фактором впливу на динаміку процесів ґрунтоутворення [359].

Отже, процеси ґрунтоутворення орного ґрунту перебувають в динаміці і потужним фактором їхнього спрямування є застосування добрив і обробітку ґрунту. Процес гумусонакопичення змінюються в часі в залежності від показників накопичення і розкладення рослинних рештків та гумусових речовин. З цією метою ми використали диференціальні рівняння, які описують динаміку процесу:

$$\frac{dx_1}{dt} = 1 - k_2 x_1 + k_1 x_2$$

$$\frac{dx_2}{dt} = k_4 x_1 + k_3 a$$

де x_1 – вміст гумусу в чорноземі типовому, %;

x_2 – кількість рослинних решток та органічних добрив, що надходить до ґрунту (органічна мортмаса), т/га;

$\frac{dx_1}{dt}$ – зміна вмісту гумусу в часі;

$\frac{dx_2}{dt}$ – зміна органічної мортмаси в часі;

k_1 – коефіцієнт накопичення органічного вуглецю, тобто відношення гуматсинтезуючих мікроорганізмів до загальної біогенності, $k_1 = 0,058 \dots 0,850$;

k_2 – коефіцієнт мінералізації органічного карбону, тобто відношення гуматрозкладаючих мікроорганізмів до загальної біогенності, $k_2 = 0,62 \dots 0,91$;

k_3 – коефіцієнт використання поживних речовин з органічних та мінеральних добрив, що надходять до ґрунту;

k_4 – коефіцієнт використання рослинами поживних речовин з гумусу, $k_4 = 0,2 - 0,56$;

a – кількість поживних речовин, що надходить на одиницю площі, кг/га;

У цій системі диференціальних рівнянь коефіцієнти k_1, k_2, k_3, k_4 та величина a вважаються постійними. Як відомо, така система диференціальних рівнянь інтегрується у квадратурах, тобто можливо знайти її аналітичний розв'язок у вигляді деяких функцій від часу t .

Систему (1) двох диференціальних рівнянь першого порядку шляхом деякої низки перетворень можна звести до одного лінійного диференціального рівняння другого порядку з постійним коефіцієнтом з правою частиною, яке відомим методом можна проінтегрувати і квадратурах. При цьому початкові умови, яким задовольняє система рівнянь (1), мають вигляд: при $t = 0$: $x_1 = b$, $x_2 = d$, де b і d – початкові значення величин x_1 і x_2 відповідно.

В результаті розв'язування системи диференційованих рівнянь (1) отримано наступний розв'язок цієї системи:

$$x_1 = \frac{k_1 d - \frac{r_2 + k_2 - 1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1 - k_2}{k_1 k_4} k_3 a}{r_1 - r_2} e^{r_1 t} + b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{k_1 d - \frac{r_2 + k_2 - 1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1 - k_2}{k_1 k_4} k_3 a}{r_1 - r_2} e^{r_2 t} - \frac{k_3 a}{k_4}, \quad (3)$$

$$x_2 = \frac{r_1 + k_2 - 1}{k_1} \frac{k_1 d - \frac{r_2 + k_2 - 1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1 - k_2}{k_1 k_4} k_3 a}{r_1 - r_2} e^{r_1 t} + \frac{r_1 + k_2 - 1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{k_1 d - \frac{r_2 + k_2 - 1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1 - k_2}{k_1 k_4} k_3 a}{r_1 - r_2} e^{r_2 t} + \frac{1 - k_2}{k_1 k_4} k_3 a. \quad (4)$$

У виразах (3) і (4) значення r_1 і r_2 визначаються згідно наступних виразів:

$$r_1 = \frac{1 - k_2 + \sqrt{1 - k_2^2 + 4k_1 k_2}}{2}, \quad (5)$$

$$r_2 = \frac{1 - k_2 - \sqrt{1 - k_2^2 + 4k_1 k_2}}{2}. \quad (6)$$

Отже, як видно з виразів (3) і (4), величини x_1 і x_2 змінюються у часі за експоненціальним законом, де $e \approx 2,718$ – основа натурального логарифму.

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= 1 - k_2 x_1 + k_1 x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= k_4 x_1 + k_3 a \end{aligned} \quad \text{або} \quad \begin{aligned} x_1 &= 1 - k_2 x_1 + k_1 x_2 \\ x_2 &= k_4 x_1 + k_3 a \end{aligned} \quad (1)$$

де $k_1, k_2, k_3, k_4, a - \text{const}$.

Система (1) є системою лінійних диференціальних рівнянь, записаних в нормальній формі. Як відомо, така система інтегрується в квадратурах, тобто її можна розв'язати аналітично. Розв'язування цієї системи рівнянь будемо здійснювати на ступиним чином.

Продиференціюємо перше рівняння за часом t :

$$x_1 = 1 - k_2 x_1 + k_1 x_2. \quad (2)$$

Підставимо в це рівняння значення похідної x_2 із другого рівняння системи (1), отримаємо:

$$x_1 = 1 - k_2 x_1 + k_1 k_4 x_1 + k_3 a . \quad (3)$$

Запишемо рівняння (3) наступним чином:

$$x_1 = 1 - k_2 x_1 + k_1 k_4 x_1 = k_1 k_3 a . \quad (4)$$

В результаті отримано лінійне диференціальне рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами з правою частиною. Спочатку знаходимо розв'язок однорідного диференціального рівняння:

$$x_1 = 1 - k_2 x_1 + k_1 k_4 x_1 = 0. \quad (5)$$

Його характеристичне рівняння має вигляд:

$$r^2 - 1 - k_2 r - k_1 k_4 = 0. \quad (6)$$

Знаходимо корені квадратного рівняння:

$$r_1 = \frac{1-k_2 + \sqrt{1-k_2^2 + 4k_1 k_4}}{2}, \quad (7)$$

$$r_2 = \frac{1-k_2 - \sqrt{1-k_2^2 + 4k_1 k_4}}{2}. \quad (7)$$

Оскільки дискримінант даного рівняння більший нуля ($k_1 > 0, k_4 > 0$), то корені r_1 і r_2 будуть дійсними числами.

В даному випадку ці корені дійсні і різні. Тому загальний розв'язок рівняння (5) має вигляд:

$$x_{1\text{заг.}} = c_1 e^{r_1 t} + c_2 e^{r_2 t}. \quad (8)$$

або, враховуючи (7):

$$x_{1\text{заг.}} = c_1 e^{\frac{1-k_2 + \sqrt{1-k_2^2 + 4k_1 k_4}}{2} t} + c_2 e^{\frac{1-k_2 - \sqrt{1-k_2^2 + 4k_1 k_4}}{2} t}. \quad (9)$$

Далі, для зручності, будемо користуватись виразом (8).

Частинний розв'язок неоднорідного рівняння (4) знаходимо за виглядом правої частини:

$$x_{1\text{част.}} = M, \quad (10)$$

де M – невідома константа, яка визначається методом невизначених коефіцієнтів.

Продиференціюємо вираз (10) за часом t :

$$x_{1\text{част.}} = 0 \quad x_{1\text{част.}} = 0.$$

Підставляючи частинний розв'язок (10) і його першу та другу похідні у рівняння (4), отримаємо:

$$M = -\frac{k_3 a}{k_4}.$$

Отже, частинний розв'язок (10) має наступний вигляд:

$$x_{1\text{част.}} = -\frac{k_3 a}{k_4}. \quad (11)$$

Загальний розв'язок рівняння (4) знаходимо у наступному вигляді:

$$x_1 = x_{1\text{заг.}} + x_{1\text{част.}}$$

або, враховуючи вирази (8) і (11), матимемо:

$$x_1 = c_1 e^{r_1 t} + c_2 e^{r_2 t} - \frac{k_3 a}{k_4}. \quad (12)$$

Далі знайдемо вираз для визначення x_2 :

$$x_2 = \frac{x_1}{k_1} - \frac{1-k_2}{k_1} x_1. \quad (13)$$

Продиференціюємо вираз (12) за часом t :

$$x_1 = c_1 r_1 e^{r_1 t} + c_2 r_2 e^{r_2 t}. \quad (14)$$

Підставимо вирази (12) і (14) у вираз (13) і отримаємо:

$$x_2 = \frac{c_1 r_1}{k_1} e^{r_1 t} + \frac{c_2 r_2}{k_1} e^{r_2 t} - \frac{1-k_2}{k_1} c_1 e^{r_1 t} - \frac{1-k_2}{k_1} c_2 e^{r_2 t} + \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}.$$

або

$$x_2 = \frac{r_1}{k_1} - \frac{1-k_2}{k_1} c_1 e^{r_1 t} + \frac{r_2}{k_1} - \frac{1-k_2}{k_1} c_2 e^{r_2 t} + \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}. \quad (15)$$

Для визначення довільних сталих інтегрування C_1 і C_2 задамо наступні початкові умови:

$$\text{при } t = 0; x_1 = b, x_2 = d. \quad (16)$$

Підставляючи у вирази (12) і (15) початкові умови (16), отримаємо наступну систему рівнянь відносно невідомих C_1 і C_2 :

$$\begin{aligned} b &= c_1 + c_2 - \frac{k_3 a}{k_4}, \\ d &= \frac{r_1}{k_1} - \frac{1-k_2}{k_1} c_1 + \frac{r_2}{k_1} - \frac{1-k_2}{k_1} c_2 + \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}. \end{aligned} \quad (17)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (17) відносно C_1 і C_2 , знаходимо:

$$C_1 = \frac{k_1 d - \frac{r_2+k_2-1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}}{r_1-r_2}. \quad (18)$$

$$C_2 = b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{k_1 d - \frac{r_2+k_2-1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}}{r_1-r_2}. \quad (19)$$

Підставляючи значення C_1 і C_2 згідно виразів (18) і (19) у вирази (12) і (15) отримаємо:

$$\begin{aligned} x_1 &= \\ & \frac{k_1 d - \frac{r_2+k_2-1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}}{r_1-r_2} e^{r_1 t} + \\ & b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{k_1 d - \frac{r_2+k_2-1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}}{r_1-r_2} e^{r_2 t} - \frac{k_3 a}{k_4} \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{r_1+k_2-1}{k_1} \frac{k_1 d - \frac{r_2+k_2-1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}}{r_1-r_2} e^{r_1 t} + \frac{r_2+k_2-1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \\ & \frac{k_1 d - \frac{r_2+k_2-1}{k_1} b + \frac{k_3 a}{k_4} - \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4}}{r_1-r_2} e^{r_2 t} + \frac{1-k_2}{k_1 k_4} \frac{k_3 a}{k_4} \end{aligned} \quad (21)$$

У виразах (20), (21) значення r_1 і r_2 визначаються згідно виразів (7).

Таким чином, вирази (20) і (21) є розв'язком системи рівнянь (1), що задовольняють початковим умовам (16).

Порядок розрахунку (алгоритм).

Задаємо: $k_1, k_2, k_3, k_4, a, b, d$.

Знаходимо r_1 і r_2 згідно виразу (7).

Знаходимо C_1 згідно виразу (18).

Знаходимо C_2 згідно виразу:

$$C_2 = b + \frac{k_3 a}{k_4} - C_1.$$

Знаходимо x_1 згідно виразу (12):

$$x_1 = C_1 e^{r_1 t} + C_2 e^{r_2 t} - \frac{k_3 a}{k_4}.$$

Знаходимо x_2 згідно виразу (15):

$$x_2 = \frac{r_1 + k_2 - 1}{k_1} C_1 e^{r_1 t} + \frac{r_2 + k_2 - 1}{k_1} C_2 e^{r_2 t} + \frac{1 - k_2}{k_1 k_4} k_3 a.$$

Таблиця 8.3.

**Зміна процесу гумусонакопичення в часі залежно від обробітку
грунту і удобрення на чорноземі типовому, т/га**

Час, Т, років	Варіант дослідю		
	Оранка I	Різноглибинний безполицевий обробіток II	Мілкий безполицевий обробіток III
10	0,07	0,14	0,05
15	0,06	0,20	0,08
20	0,12	0,28	0,10
25	0,20	0,32	0,15
30	0,25	0,38	0,26
35	0,29	0,42	0,34

Як бачимо, коефіцієнти детермінації та величини стандартних відхилень свідчать про високий ступінь відповідності прототипу отриманих гіперболічних залежностей. В якості прототипу виступають розрахункові дані математичної моделі.

Тому, виходячи з умов зміни напрямку процесів гумусонакопичення внаслідок розорювання ґрунту й застосування добрив, які згадуються в літературі [6,7], ми пропонуємо розбити криві на два відрізки. Перший відрізок буде характеризувати період часу, протягом якого відбувається перехід від на ґрунтозахисні обробітки з поступовою стабілізацією запасів карбону гумусу в ґрунті (у середньому – 10 роки). Другий відрізок буде характеризувати перебіг процесу гумусонакопичення після досягнення ґрунтом деякого умовно

рівноважного стану (після перших 10 років розорювання). В результаті статистичної обробки результатів математичної моделі динаміки процесів гумусонакопичення, отриманої при розв'язуванні системи диференціальних рівнянь, вдалося встановити відповідні математичні залежності.

Висновки до розділу 8

1. На основі динамічної математичної моделі гумусонакопичення, яка являє собою систему диференціальних рівнянь можливо здійснювати прогноз динаміки запасів органічного карбону за різних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

2. Аналіз математичної моделі гумусонакопичення дозволив відслідкувати часову стабілізацію в ґрунті, як процесів гумусонакопичення, так і дегуміфікації. Встановлено, що найвищого рівня абсолютних показників накопичення карбону гумусу в ґрунті вдається досягти при застосуванні різноглибинного безполицевого обробітку.

РОЗДІЛ 9

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦІЛИННИХ І ОСВОЄНИХ ЧОРНОЗЕМІВ

9.1. Продуктивність ценозів цілинних чорноземів

Цілинні ґрунти являють собою рівноважні системи, у яких винос дорівнює надходженню, надземна маса становить 20-30% кореневої, процеси гуміфікації і мінералізації органічної речовини урівноважені, а інтенсивність цих процесів залежить від кількості рослинних решток і їх надходження до ґрунту [37, 122, 144]. В Україні чорноземи збереглися в цілинному стані тільки в заповідниках „Михайлівська цілина» у Сумській області, «Хомутівський степ» у Донецькій, «Стрілецький степ» у Луганській і «Кам'яні могили» у Запорізькій областях. Нашими дослідженнями встановлено [491], що ґрунт і коріння рослин знаходяться в постійній взаємодії: коріння обумовлюють нематрічну пористість і стабілізують агрегати ґрунту на вищому рівні, грибки і колонії мікроорганізмів, що мешкають на корінні, взаємодіють на рівні мікроагрегатів, а зміна хімічного складу ґрунту при життєдіяльності рослин призводить до стабілізації агрегатів і на нижчих рівнях. У свою чергу, для нормального розвитку кореневої системи більшості культурних рослин необхідна певна пористість ґрунту, зокрема, збалансоване співвідношення пір, забезпечують транспорт ґрунтового розчину і газообмін.

Степові фітосистеми є високоадаптованими до посушливих умов з відносно лабільною структурою, орієнтованою на постійний розвиток, мінливість, обумовлену невинним слідуванням за змінами довкілля. Надземна маса степових фітосистем за даними В.С. Ткаченко змінюється в широкому діапазоні (від 1,6 до 5,7 т/га) [361]. З півночі на південь запас надземної біомаси, який становить 20 % від загального, дещо зменшується, а підземної (80 % від загальної) – зростає [13]. Загальний запас біомаси степів майже однаковий (16 т/га, або 288 109 Дж/га) завдяки компенсаторному механізму, що врівноважує продукційний процес [152, 360]. Продукція (щорічний приріст) становить 140–150 % від загальної і надземної біомаси попереднього року і

майже половина її (40–50 %) відчужується консументами (підземна та надземна частина – 36 % від загальної) [341]. Підстилка розкладається дуже швидко з формуванням значної кількості гумусу, який не вимивається, а акумулюється в ґрунтовій товщі. Так формуються степові чорноземи як своєрідний високоємний акумулятор енергії різної потужності у різних типологічних відмінах степу.

Величину біологічної продуктивності можливо встановити як суму величини врожайності та кількості рослинних решток (пожнивних та корневих) визначали за Станковим, використовую його класифікацію. Біологічна продуктивність чорноземів типових Михайлівської цілини наведена у таблиці 9.1. Найвища біологічна продуктивність формується на абсолютній цілині 35,4 т/га і в залежності від кліматичних умов року становила 31,7–39,6 т/га, яка представлена корневищно-злакові спільнотами з переважаючими лучними і лучно-степовими фітоценозами, серед яких домінували райграсові спільноти зони заповідника. На варіанті абсолютної цілини триває експансія кропиви (нею зайнято вже більше чверті площі абсолютно заповідного ділянки), фітоценози якої приурочені не тільки до депресій рельєфу (днище водозбірній улоговини, що знаходиться в центрі абсолютної цілини), а й до плакорні ділянок, які раніше були зайняті спільнотами з домінуванням пирію, кострецю і вейніка [332].

Викошування степових екосистем призвело до зменшення надземної біомаси на 4,7 т/га і за даними В.С. Ткаченка [360, 361] до змін основних ценотичних структур рослинності заповідника. У середньому, загальна біологічна продуктивність на цьому варіанті становила 30,7 т/га, що на 14,5% менше порівняно з варіантом абсолютної цілини. Для гумусонакопичення чорноземів важливим є надходження біомаси до ґрунту, яке на варіанті кошени цілина менше на 1,7 т/га порівняно абсолютним степом, але майже 3 рази вище порівняно з ріллею. Тобто, щорічне сінокосіння, не видаляє весь обсяг біомаси рослин, що наприкінці вегетаційного сезону трансформується в масу відмерлої органіки, гуміфікується і переходить до органічної речовини ґрунту.

Таблиця 9.1

Біологічна продуктивність чорноземів типових за різного антропогенного навантаження в умовах заповідника «Михайлівська цілина», т/га

Варіант	Надзем-на біо-маса/ урожай-ність	По-жни-вні реш-тки	Коре-неві рештки (у шарі 0-40 см)	Від-мер-лі ко-рені	Коре-неві виді-лення	Всього	Над-ход-ження біо-маси до ґрунту
Абсолютна цілина	7,3	7,9	15,5	3,1	1,6	35,4	28,1
Кошена цілина	4,3	6,3	15,5	3,1	1,5	30,7	26,4
Переліг	4,9	5,1	10,1	2,0	1,0	23,1	18,2
Рілля	7,5	2,6	2,4	0,4	0,2	13,1	5,6
НІР _{0,05} =0,31							

Дослідженнями Я.П. Дідух [152], В.С. Ткаченко [361, 362] встановлено, що відновлення екологічно урівноважених фітоценозів на землях перелогів, які довго перебували в інтенсивному обробітку, є тривалий у часі процес, який у північній частині Лісостепу як правило триває 7–15 і більше років. У всіх випадках на початкових етапах спонтанного відновлення у перші 3–5 років домінуюча роль (70–80% за проективним покриттям) належить однорічним, дворічним і багаторічним рослинам порушених місцезростань (бур'янам польових агроценозів), які в подальшому замінюються багаторічними видами напівприродних екосистем, а потім видами місцевої флори зональних фітоценозів. По мірі проходження стадій становлення поліпшується їх кормова цінність [333]. В наших дослідженнях біологічна продуктивність на перелозі була меншою порівняно з абсолютною цілиною у 1,2 рази, кошеною відповідно 1,3 рази і ріллею 1,8 рази. Така ж залежність відобразилась й на

надходженні біомаси до ґрунту: на перелозі менші значення на 7,8-9,9 т/га порівняно із цілиними варіантами і в 3 разів вище порівняно із ріллею.

Заміна природних ценозів на агроценози призводить до збільшення надземної біомаси за рахунок застосування технологічних елементів – добрив, пестицидів, обробітку ґрунту, високопродуктивних сортів і гібридів рослин та ін., але зменшує кількість пожнивних решток до 2,4–3,0 і корневих решток до 6,5 –6,8 раза порівняно з цілиними варіантами, що призводить до зменшення біомаси, яка надходить до ґрунту і поповнює органічну речовину у 4,5-5,1 раза.

Характеризуючи частку розподілу надземної біомаси рослинницької продукції від загальної біологічної продуктивності необхідно зазначити, що найменші показники формуються на варіанті кошена цілина, далі у порядку збільшення – абсолютна цілина –переліг –рілля (табл. 9.2). В агроценозі частка надземної маси в 2,9 раза більше порівняно з абсолютною цілиною, а пожнивних і корневих решток була навпаки найменшою.

Таблиця 9.2

Частка надземної біомаси, корневих і пожнивних рештків від загальної біологічної продуктивності чорноземів типових Михайлівської цілини, %

Варіант	Частка надземної біомаси/ урожайність	Частка пожнивних рештків	Частка корневих рештків
Абсолютна цілина	19,9	22,9	57,3
Кошена цілина	19,1	20,6	60,2
Переліг	21,2	22,0	56,8
Рілля	57,0	20,0	23,0

Продуктивність сільськогосподарських культур у кормовій сівозміні ділянки, яка знаходиться поряд із абсолютною цілиною і кількість рослинних решток, яка надходить у ґрунт, наведено у табл. 9.3. Найбільша кількість

поживних і корневих решток надходить до ґрунту із кукурудзою на зерно, найменша із ячменем.

Таблиця 9.3

Продуктивність сільськогосподарських культур на полі №4 кормової сівозміни КСП «Червона Зірка» Лебединського району Сумської області (рілля із 1939 року)

Культура	Надземна маса, т/га	Поживні і кореневі рештки, т/га	Загальна продуктивність біомаси, т/га
Кукурудза на зерно	9,2	9,1	18,3
Ячмінь	2,6	3,6	6,2
Горох	2,7	3,1	5,8
Озима пшениця	4,3	4,9	9,2
Кукурудза на силос	19,4	5,8	25,2
Озима пшениця	4,2	4,8	9,0
Кукурудза на зерно	6,5	9,6	16,1
Ячмінь	2,9	3,1	6,0
Кукурудза на силос	18,9	6,6	25,5
Озима пшениця	4,4	5,6	10
Середнє	7,5	5,6	13,1
НІР ₀₅ =0,28			

Таким чином, головна відмінність між цілиними ділянками і ріллею – це кількість поживних і корневих рештків, що надходить до ґрунту і є одним із шляхів поповнення органічної речовини. Зменшення кількості рослинних решток на ділянках ріллі з одночасним підвищенням біологічної активності ґрунту призводить до посилення мінералізації гумусу.

Розташування дослідної ділянки «Хомутовський степ» у межах Степової області північно-східного Приазов'я і зменшення кількості опадів порівняно з

«Михайлівською цілиною» призвело до відповідних змін у формуванні надземної і кореневої маси (табл. 9.4). У степових фітоценозах швидкість надходження рослинного опаду менша за розкладання, що й формує на поверхні «повсть», яка виконує роль мульчі і захищає ґрунт від несприятливого впливу. Продуктивність рослинних угруповань на чорноземах звичайних була у 1,2-1,4 рази меншою ніж на чорноземах типових Михайлівської цілини і представлена групами дернинно-злакових, кореневищно-злакових і бобово-злакових фітоценозів. Посушливий клімат у зоні Степу є причиною зменшення надземної маси, яка формується на чорноземах звичайних відповідно на 0,6–1,8 т/га, а корневих рештків 0,7-3,1 т/га порівняно із чорноземами типовими Лісостепу.

Найбільшою біологічною продуктивністю характеризувався варіант абсолютної цілини 29,8 т/га з коливанням біомаси фітоценозів в залежності від кліматичних умов року від 25,4 до 34,2 т/га. У Хомутовському степу сінокосінням з обороту вилучається близько половини надземної біомаси, що становить в середньому 2,1 т/га, але при цьому на 3,0 т/га зменшується надходження біомаси до ґрунту для поповнення органічної речовини. Продуктивність чорноземів звичайних агроценозу була менше на 4,5 т/га, а надходження до ґрунту на 0,9 т/га порівняно з чорноземами типовими Лісостепу. Тобто, різниця між надходженням корневих і рослинних решток між чорноземами Лісостепу і Степу незначна і становила до 1 т/га, але вміст гумусу до 1,8%, що пов'язано із кількістю органічних і мінеральних добрив, початковим вмістом органічної речовини в ґрунті і його різною біогенністю. Надходження біомаси до ґрунту ріллі порівняно з цілинними ділянками чорноземів звичайних було менше у 4,5-5,1 рази, що у кінцевому результаті призводить до втрати органічної речовини при сільськогосподарському використанні.

Таблиця 9.4

Біологічна продуктивність чорноземів звичайних Хомутовського степу,

т/га

Варіант	Надземна біомаса/урожайність	Пожнивні рештки	Кореневі рештки (у шарі 0-40 см)	Відмерлі корені	Кореневі виділення	Всього	Надходження біомаси до ґрунту
Абсолютна цілина	5,9	6,9	13,1	2,6	1,3	29,8	23,9
Кошена цілина	3,8	4,4	12,7	2,5	1,3	24,7	20,9
Рілля	3,9	2,1	2,0	0,4	0,2	8,6	4,7

$НІР_{05}=0,34$

Частка надземної біомаси в чорноземах звичайних (табл. 9.5) була у 2 рази меншою порівняно із типовими, поживних – різниця не перевищувала 5 %, частка корневих решток була більша на чорноземах Хомутовського степу в 1,7 раза.

Таблиця 9.5

Частка надземної біомаси, корневих і поживних решток від загальної біологічної продуктивності чорноземів звичайних Хомутовського степу, %

Варіант	Частка надземної біомаси/урожайності	Частка поживних решток	Частка корневих решток
Абсолютна цілина	19,8	23,1	57,1
Кошена цілина	21,7	16,5	61,8
Рілля	29,1	20,7	40,2

Частка надземної біомаси на цілинних варіантах була меншою на 32-45% порівняно із ріллею, що пов'язано із використанням інтенсивних технологій

виращування сільськогосподарських культур в агроценозах, але при цьому чорноземи ріллі втрачають до половини корневих решток, що відображається на їх органічній речовині.

Продуктивність сільськогосподарських культур на полі №3 польової сівозміни ПСП «Маяк» Новоазовського району Донецької області наведена в таблиці 9.6.

Таблиця 9.6

Продуктивність сільськогосподарських культур на полі №3 польової сівозміни ПСП «Маяк» Новоазовського району Донецької області (рілля із 1939 року)

Культура	Основна продукція, т/га	Пожнивні і кореневі рештки, т/га	Всього продуктивність біомаси, т/га
Кукурудза на зерно	6,4	6,8	13,2
Ячмінь	2,9	4,2	7,1
Соя	2,4	3,6	6,0
Соняшник	2,7	3,9	6,6
Озима пшениця	4,9	5,2	10,1
Середнє	3,9	4,7	8,6

Найбільша кількість рослинних решток надходить до ґрунту із кукурудзою на зерно, найменша у 1,9 рази із соєю. Таким чином, порівняння продуктивності цілих ділянок чорноземів Михайлівського і Хомутовського степу з ріллею показало, що найбільш суттєва відмінність між ними – це кількість пожнивних і корневих решток, що надходить до ґрунту і є одним із шляхів поповнення органічної речовини. Зменшення надходження рослинних решток на ділянках ріллі майже в 5 разів порівняно з цілими ділянками з одночасним підвищенням біологічної активності ґрунту призводить до втрати органічної речовини.

9.2. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від технології вирощування

Традиційно урожайність сільськогосподарських культур і їх продуктивність вважається інтегральним показником родючості ґрунту, оскільки вона показує, як культури реагують на динаміку комплексу фізичних, агрохімічних, фізико-хімічних властивостей ґрунту, і на застосування того чи іншого агротехнічного прийому. Останні роки характеризуються переглядом традиційних підходів до способів обробітку ґрунту і систем землеробства в цілому завдяки впровадженню ґрунтозахисних технологій з елементами біологізації, що передбачають застосування безполицевого та поверхневого обробітків ґрунту, використання нетоварної частини врожаю і сидератів. У жорстких ринкових умовах за високих цін на паливо, техніку, добрива, послуги і сільськогосподарську продукцію найважливішими є здешевлення витрат і підвищення ефективності усіх елементів агротехнологій. Тому, в сучасних умовах, особливої ваги набувають питання розробки ґрунтозахисних екологічно безпечних та економічно обґрунтованих способів основного обробітку ґрунту, а також ощадливого включення в біологічний кругообіг мінеральних добрив з максимальним використанням побічної продукції рослинництва і сидератів, як основи сталого землеробства. В свій час В.В. Докучаєв сформулював один із головних постулатів сталого функціонування системи землеробства: за будь-яких умов (господарювання чи власності на землю) родючість ґрунтів не повинна втрачатись; якщо система землекористування призводить до втрат органічної речовини, збіднення ґрунту, розвитку ерозійних процесів, то така система повинна бути замінена на іншу, яка не дає зазначених негативних наслідків [228]. Сучасні агротехнології повинні забезпечувати отримання високоякісної, екологічно чистої та біологічно повноцінної рослинницької продукції, яка може бути конкурентно-придатною на світовому ринку [229].

Пошук оптимальних шляхів поєднання систем обробітку ґрунту та застосування різних видів органічних і мінеральних добрив, що дозволяють

підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва, забезпечити його стабільність та екологічність присвячена велика низка наукових досліджень вчених О.Г. Тараріко [250, 354], В.М. Стрельченко, В.В. Дегтярьов [63], В.В. Медведев [248], Ю.С. Кравченко, С.П. Танчик, Ю.П. Манько, В.М.Рожко, О.В. Цюк [415, 416], М.Я. Бомба [60], В.Л. Шикітка та ін [315, 361]. Але отримані досить неоднозначні результати. За комплексом агроекономічних, енергетичних переваг доведена необхідність застосування полицево-безполцевого обробітку ґрунту в сівозміні [127]. Деякі дослідники вказують створення сприятливих умов для вологозабезпечення посівів, однак при цьому створюються ризики, пов'язані безпосередньо з топографією розміщення великої кількості соломи в орному шарі (гальмування нітрифікації, погіршення якості робіт, зрідження стеблостою, зниження урожайності зернових колосових культур). Негативні явища можна попередити за рахунок диверсифікації сівозмін, оптимізації мінерального живлення рослин, удосконалення технології допосівної підготовки ґрунту і якісної сівби. Дослідженнями інших вчених М.К. Шикули [402, 403], О.В. Демиденко [133, 150, 151], О.І. Наумовської [37], Р.П. Богдановича [58], А.Д. Балаєва [33], О.В. Піковської [404] та ін. доведено переваги мінімального і мілкого безполцевого обробітку. Ці дослідники також звертають увагу на обов'язкове застосування органо-мінеральної системи удобрення за мінімізації обробітку.

Інші дослідники вважають, що безполцевий і мілкий обробіток ґрунту практично рівноцінні. Вони забезпечують продуктивність на рівні полицевого обробітку, або дещо нижчу. Частіше зниження урожайності спостерігається на не удобреному фоні. Комбінований обробіток не поступається полицевому, але так як він більш ґрунтозахисний, то йому слід віддати перевагу [129, 130].

Однозначного висновку про вплив різних систем обробітку на урожайність культур і родючість ґрунту не існує. Необхідно проводити більш детальні дослідження по вивченню цього актуального питання. Основною вимогою до системи обробітку є захист ґрунтів від деградаційних процесів і отримання максимальної продуктивності польових культур в агроценозах.

Наші дослідження показують, що довготривале використання різних систем обробітку ґрунту вплинуло на продуктивність типової для Правобережного Лісостепу зерно-просапної сівозміни (табл. 9.7) наступним чином: застосування безполицевого обробітку у сівозміні на контролі майже не зменшило вихід зернових одиниць, органо-мінеральна система удобрення із соломою і варіант сидерати з $N_{55}P_{45}K_{45}$ на фоні соломи забезпечило отримання 32,0-35,4 т з.о. з 1 га сівозміни, що більше ніж за систематичної оранки на 1,1-1,5 т з.о. з 1 га сівозмінної площі. Найвища продуктивність сівозміни була за різноглибинного безполицевого обробітку при застосуванні органо-мінеральної системи удобрення з соломою і сидератами (35,4 т/га), тоді як на оранці отримані менші значення на 1,5 т з.о.

В орних ґрунтах основним джерелом надходження органічної речовини є кореневі й пожнивні рештки, кількість яких залежить від ґрунтово-кліматичних умов, виду культур і рівня агротехніки [8, 9, 21, 24]. При сучасному рівні врожаїв кількість рослинних решток, які надходять до ґрунту, не може забезпечити бездефіцитний баланс гумусу. Використання соломи як резерву поповнення запасів гумусу в ґрунті – це також дієвий захід збереження і накопичення вологи, повного запобігання вітровій ерозії, збереження родючості ґрунту, а, отже, збільшенню врожаїв сільськогосподарських культур [9].

Ефективним прийом підвищення родючості ґрунту є застосування зеленого добрива. Сидерація - це всебічний багатофакторний агроприйом інтенсивного землеробства, що позитивно впливає на ґрунт, рослини й навколишнє середовище і є способом зменшення дефіциту надходження органічних решток до ґрунту. Використання сидератів дозволяє значно поліпшити баланс органічної речовини і азоту в ґрунті, особливо за рахунок бобових культур, знизити шкідливу дію водної й вітрової ерозії ґрунту, а також зменшити вертикальну міграцію елементів живлення, розв'язати проблему підвищення родючості ґрунтів полів, віддалених від тваринницьких ферм. У тих господарствах, де відчувається гостра нестача органічних добрив –

поліпшити якість продукції рослинництва, значно знизити собівартість вирощуваних культур і підвищити рентабельність виробництва [273].

Таблиця 9.7

Довгостроковий вплив способу обробітку та удобрення ґрунту на вихід зернових одиниць з 1 га короткоротаційної сівозміни (2011-2014 рр., ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В.Музиченка»)

Структура сівозміни	Без добрив	1,2 т/га соломи + N ₁₂ сівозмінної площі	
		N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	Сидерати +N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈
	Вихід зернових одиниць, т/га		
Оранка на 22-25 см			
Середня продуктивність, т/га	3,07	4,92	5,02
Всього за сівозміну, т/га	12,28	19,69	20,09
Різноглибинний безполицевий обробіток 22-25 см			
Середня продуктивність, т/га	3,10	5,11	5,30
Всього за сівозміну, т/га	12,40	20,42	21,09
Мілкий безполицевий обробіток на 10-12 см			
Середня продуктивність, т/га	2,96	5,11	4,98
Всього за сівозміну, т/га	11,84	20,43	19,92
НІР _{0,95} обробітку	0,26		
НІР _{0,95} удобрення	0,37		

Одним із основних джерел нагромадження органічних речовин у ґрунті, який обробляється, є польові культури, їх кореневі та післязбиральні рештки. З рослинними рештками у типових сівозмінах в ґрунт надходить органічних речовин більше, ніж з органічними добривами. Деяке нагромадження органічної речовини в ґрунті відбувається уже під час вегетації рослин за рахунок кореневої системи, корневих виділень та посиленої діяльності

мікроорганізмів. Отже, сільськогосподарські культури, як і взагалі рослини, є не лише «споживачами», а й активними «творцями» ґрунтової родючості [389]. Сільськогосподарські культури за кількістю рослинних решток, які вони залишають в полі, можна поділити на три основні групи: багаторічні трави (бобові, злакові та їх сумішки), що нагромаджують найбільше кореневих і післязрілих решток – 50-80 ц/га і більше сухої маси, що в 1,3–1,5 рази більше сформованого врожаю; озимі жито й пшениця, які залишають рослинних решток 40-50 ц/га, що дорівнює врожаю або дещо менше його; ярі культури, які нагромаджують порівняно мало решток – 20-40 ц/га і менше. Серед них найменше органічної маси залишають просапні – кукурудза, картопля й коренеплідні культури, а також льон – 5-50 % маси рослин, яка відчужується з урожаєм.

Як показують дослідження, проведені в різних ґрунтово-кліматичних зонах країни, зональні та ґрунтові умови не впливають істотно на нагромадження кореневих і післязбиральних решток у кореневмісному шарі ґрунту, їх кількість визначається біологічними особливостями культур і рівнем урожаїв. Дослідженнями Л.К. Антипової [3] встановлено більше накопичення післязривних та кореневих решток люцерни при мілкому і різноглибинному безполицевому обробітках на 1,32–1,65 т/га порівняно з полицевою оранкою, що призвело до позитивного балансу гумусу. При підрахунку пожнивних решток враховували і побічну продукцію, яка залишається при вирощуванні культури. Дослідженнями Є.М. Бережняка [48] також встановлено перевагу різноглибинного безполицевого обробітку при вирощуванні кукурудзи на силос на чорноземі типовому як на варіанті без добрив, так й органо-мінеральному з гноєм і соломою. Встановлено, що найбільший вміст коренів ячменю ярого в шарі ґрунту 0-10 см був у варіантах безполицевого обробітку на 10-12 см зі щільванням і становив 70,7% (31,5 кг/га) на фоні без добрив та 76,3% (42,3 кг/га) – на фоні розрахункової дози добрив, за оранки – відповідно 67,2% (25,7 кг/га) та 53,8% (28,3 кг/га). З точки зору підвищення протиерозійної стійкості чорнозему типового сильнозмитого накопичення кореневої маси в 0-10 см шарі

грунту має позитивне значення, оскільки корені скріплюють структурні ґрунтові частинки, в результаті чого зменшуються втрати дрібнозему під час зливових опадів за рахунок зменшення швидкості потоку води [389, 432].

Вплив обробітку і удобрення на кількість поверхневих решток і коренів у 0–40-см шарі чорнозему типового в умовах ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області наведено в табл. 9.8. За результатами дослідження можливо зробити висновок, що кількість поверхневих і кореневих решток кукурудзи на зерно і пшениці озимої залежала від обробітку ґрунту і варіантів удобрення. Без внесення добрив за кількістю поверхневих і кореневих решток при вирощуванні кукурудзи на зерно різниця між обробітками ґрунту не перевищувала 5%, за застосування органо-мінеральної системи удобрення з соломною різноглибинний безполицевий обробіток на 16,4 % переважав оранку. За поєднання соломи з сидератами кращі показники були за використання різноглибинного безполицевого обробітку на 13,3%. Системи удобрення мали достовірний позитивний вплив на загальну біомасу рослинних решток і збільшували їх кількість за органо-мінеральної системи удобрення з соломною на 27,0–43,4%, з соломною і сидератами –40,0–64,0%.

При вирощуванні пшениці озимої за безполицевих обробітків у порівнянні з оранкою відмічалось збільшення біомаси поверхневих і кореневих решток: на контролі на 20,7% за застосування різноглибинного безполицевого обробітку і до 5% за мілкого безполицевого обробітку, за органо-мінеральної системи удобрення з соломною перевага становила відповідно 25,8 і 22,6 %, а за використання соломи і сидератів теж переважали безполицеві обробітки на 22,6–35,0%. Системи удобрення підвищували врожайність озимої пшениці та достовірно збільшували загальну біомасу рослинних решток озимої пшениці за органо-мінеральної системи удобрення з соломною на 60,4–69,0%, з соломною і сидератами на 75,0–95,7%.

Таким чином, застосування ґрунтозахисного обробітку сприяє більшому накопиченню поживних і кореневих решток, що є джерелом поповнення

органічної речовини ґрунту. Продуктивність сільськогосподарських культур на стаціонарному досліді ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області наведена в таблиці 9.9.

Таблиця 9.8

Вплив обробітку і удобрення на кількість поверхневих решток і коренів у 0–40 см шарі чорнозему типового, ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка»

Обробіток	Біомаса поверхневих решток, т/га	Маса коренів, т/га	Загальна біомаса поверхневих і кореневих решток, т/га	Біомаса поверхневих решток, т/га	Маса коренів, т/га	Загальна біомаса поверхневих і кореневих решток, т/га
	Кукурудза на зерно					
Без добрив (контроль)						
Оранка, 20–27 см	0,25	3,12	3,37 ± 0,16	0,64	1,48	2,12 ± 0,09
Безполицевий, 20–27 см	0,21	3,05	3,26 ± 0,18	0,81	1,75	2,56* ± 0,08
Безполицевий, 10–12 см	0,19	2,99	3,18 ± 0,11	0,83	1,40	2,23 ± 0,11
1,2 т/га соломи + N ₁₂ сівозмінної площі + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈						
Оранка, 20–27 см	0,45 ⁺	3,83 ⁺	4,28 ⁺ ± 0,21	1,15	2,29 ⁺	3,44 ± 0,12
Безполицевий, 20–27 см	0,81 ⁺ *	4,11	4,98* ± 0,13	1,68*	2,65*	4,33* ± 0,09
Безполицевий, 10–12 см	0,43 ⁺	3,95 ⁺	4,38 ± 0,11	1,25*	2,97*	4,22* ± 0,08
1,2 т/га соломи + N ₁₂ сівозмінної площі + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈						
Оранка, 20–27 см	0,77 ⁺	3,94 ⁺	4,71 ⁺ ± 0,15	0,95 ⁺	2,76 ⁺	3,71 ⁺ ± 0,09
Безполицевий, 20–27 см	1,05*	4,29*	5,34* ± 0,14	1,86*	3,15*	5,01* ± 0,16
Безполицевий, 10–12 см	0,82	4,04	4,86 ⁺ ± 0,12	1,54*	3,01*	4,55* ± 0,14

* - достовірний вплив обробітку на 0,95 рівні вірогідності, ⁺ - вплив удобрення, M±t m, при n=3.

Застосування різноглибинного безполицевого обробітку на чорноземах типових у зерно-просапній сівозміні в умовах ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В.Музиченка» при використанні органо-мінеральної системи удобрення із соломою і сидератами збільшило загальну продуктивність сільськогосподарських культур на 7,0% порівняно з оранкою.

Таблиця 9.9

Вплив способу обробітку та удобрення ґрунту на загальну продуктивність сільськогосподарських культур у короткоротаційній сівозміні (ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В.Музиченка»)

Показники продуктивності сівозміни	Без добрив	$N_{78}P_{68}K_{68}$	Сидерати + $N_{78}P_{68}K_{68}$
		1,2 т/га соломи + N_{12} сівозмінної площі	
		Вихід зернових одиниць, т/га	
Оранка на 22–27 см			
Вихід зернових одиниць основної продукції, т/га	3,07	4,92	5,02
Поверхневі й кореневі рештки, т/га	3,63	4,84	5,10
Загальна продуктивність, т/га	6,70	9,76	10,12
Різноглибинний безполицевий обробіток на 22–27 см			
Вихід зернових одиниць основної продукції, т/га	3,10	5,11	5,30
Поверхневі й кореневі рештки, т/га	3,70	5,17	5,63
Загальна продуктивність, т/га	6,80	10,28	10,93
Мілкий безполицевий обробіток на 10–12 см			
Вихід зернових одиниць основної продукції, т/га	2,96	5,11	4,98
Поверхневі й кореневі рештки, т/га	3,62	5,02	5,23
Загальна продуктивність, т/га	6,58	10,13	10,21
НІР _{0,95} обробітку	0,26		
НІР _{0,95} удобрення	0,37		

Загальна продуктивність сільськогосподарських культур залежала більше всього від системи удобрення і менше – обробітку ґрунту. Найменший вихід зернових одиниць і продуктивність отримано на варіанті без добрив, при цьому різниця між обробітками ґрунту не перевищувала 5%. Застосування органо-мінеральної системи удобрення з соломою підвищує загальну продуктивність порівняно з контролем на 41-46%, а істотної різниці від використання різних обробітків ґрунту не отримано. Найбільший вихід зернових одиниць основної продукції і загальна продуктивність було отримано за органо-мінеральної системи удобрення з соломою і сидератами за застосування різноглибинного безполицевого обробітку і становила 5,30 і 10,93 т/га. У таблиці 9.10 наведена вплив різних способів обробітку та удобрення на вихід зернових одиниць в п'ятипільній сівозміні в умовах Драбівської дослідної станції сівозміни, яка складається із зернові – до 60%; технічні – до 20 %; зернобобові – до 20%.

Таблиця 9.10

Довгостроковий вплив способів обробітку та удобрення ґрунту на вихід зернових одиниць з 1 га 5-ти пільної зерно-просапної сівозміни (Черкаська ДС ННЦ, 2006-2010 рр.)

Показники продуктивності сівозміни	Без добрив	5 т/га побічної продукції	
		N ₃₁ P ₃₃ K ₄₁	N ₆₂ P ₆₆ K ₈₂
	Вихід зернових одиниць, т/га		
Оранка на 22-25 см			
Середня продуктивність, т/га	3,85	6,29	6,71
Всього за сівозміну, т/га	15,41	25,15	27,03
Різноглибинний безполицевий обробіток 22-25 см			
Середня продуктивність, т/га	4,03	6,34	6,97
Всього за сівозміну, т/га	16,11	25,35	27,64
Поверхневий обробіток 8-12 см +під буряки оранка			
Середня продуктивність, т/га	4,07	6,30	6,60
Всього за сівозміну, т/га	16,26	25,21	26,39
НІР _{0,95} обробітку	0,19		
НІР _{0,95} удобрення	0,28		

За поверхневого комбінованого обробітку продуктивність сівозміни як на удобрених варіантах, так і контролі була на рівні варіантів з оранкою та безполицевим обробітком. Виконання різноглибинного безполицевого обробітку на контролі і при одинарній нормі мінеральних добрив забезпечило вихід зернових одиниць з 1 га сівозміни на рівні оранки. Найвища продуктивність сівозміни (27,64 т/га) і середня (6,97 т/га) отримана при використанні подвійної дози за різноглибинного безполицевого обробітку.

Продуктивність ріллі Степу визначається насамперед забезпеченістю посівів польових культур вологою. Тому агротехнічні заходи повинні бути спрямовані на нагромадження, збереження вологи шляхом використання безполицевого обробітку ґрунту. У таблиці 9.11 наведено вплив технологій вирощування на загальну продуктивність чорноземів звичайних в умовах дослідів «Концепт- Фарм» АТЗТ «Агро-Союз» Синельниківського району Дніпропетровської області.

Таблиця 9.11.

**Вплив технологій вирощування на загальну продуктивність
чорноземів звичайних в умовах дослідів «Концепт– Фарм»
АТЗТ «Агро-Союз» Синельниківського району Дніпропетровської
області (2006-2008 р.р.), т/га**

Технологія вирощування	Урожайність, т/га зернових одиниць	Продуктивність пожнивних і корневих решток, т/га	Загальна продуктивність, т/га
Традиційна на оранці	4,74	3,52	8,26
Мінімальна	4,73	3,87	8,60
Нульова	4,86	4,12	8,98

НІР_{0,95} обробітку – 0,14.

Продуктивність чорноземів типових Лісостепу вища на 66-68% за звичайні чорноземи Степу, що обумовлено більшою кількістю опадів і сприятливим температурним режимом. Найвища загальна продуктивність отримана за нульової технології і становила 8,98 т/га, що на 8,7% більше ніж при використанні оранки. Різниця між мінімальним і нульовим обробітком ґрунту не перевищувала 5%.

Економічна ефективність показує кінцевий результат від застосування технологій вирощування й визначається порівнянням одержаних результатів і витрат. У сільськогосподарському виробництві економічна ефективність перш за все залежить від використання головного ресурсу – ґрунту. Розмір отриманого прибутку з 1 га площі визначається технологіями вирощування культури – способом обробітку, системою удобрення, захисту рослин, системою сівозмін і насінництвом.

Тому визначення економічної ефективності способів обробітку та застосування добрив полягала у розрахунку вартості виробленої у сівозміні продукції сільськогосподарських культур і затрат на її отримання. Продукція оцінювалася за середньоринковими цінами 2014 року. Знаючи суму приростів урожаю всіх культур сівозміни в грошовому виразі, а також витрати на придбання і застосування добрив, обробіток ґрунту можна визначити умовно чистий прибуток. Витрати на внесення мінеральних добрив обраховувалися з розрахунку вартості 1 т аміачної селітри 3400 грн, суперфосфату 3600 грн, калію хлористого – 3600 грн. За внесення $N_{78}P_{68}K_{68} + N_{12}$ витрати становили – 2350 грн. Вартість залишеної в полі соломи, яка внесена під кукурудзу на зерно та затрати на її заробляння становили 545 грн/га.

Результати розрахунків економічної ефективності показують (табл. 9.12), що застосування мінеральних добрив на фоні соломи і органо-мінеральної системи удобрення з соломою і сидератами сприяло зменшенню рівня рентабельності порівняно із варіантом без добрив, але підвищувало чистий дохід на 325-931 грн/га. Безполицеві обробітки збільшували рівень рентабельності та чистий дохід незалежно від варіанту удобрення.

Таблиця 9.12.

Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур у короткоротаційній сівозміні на чорноземі типовому залежно від способу обробітку і удобрення ґрунту, (2011-2014 рр., ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В.Музиченка»)

Система обробітку ґрунту	Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Середня продуктивність сівозміни, т/га зерн. од.	Витрати, грн/га	Чистий дохід, грн/га	Рентабельність, %
Різноглибинна оранка	Без добрив (контроль)	3,07	3350	2114,6	63
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	4,92	6245	2512,6	40
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5,02	6495	2440,6	38
Різноглибинний безполицевий	Без добрив (контроль)	3,10	3170	2348,0	74
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5,11	6065	3030,8	50
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5,30	6315	3119,0	49
Мілкий безполицевий	Без добрив (контроль)	2,96	2950	2318,8	79
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5,11	5845	3250,8	56
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	4,98	6095	2769,4	45

Найвищий чистий дохід на 738,2 грн/га порівняно з оранкою отримано за мілкою безполицевою обробітку на варіанті з соломною і мінеральними добривами та на 678 грн/га за орґано-мінеральної системи удобрення з

сидератами за різноглибинного безполицевого обробітку. Тобто, розрахунки економічної оцінки ефективності застосування різних способів обробітку і удобрення свідчать, що безполицеві обробітки є найефективнішим заходом підвищення їх родючості.

Енергетичний аналіз є заходом доповнення економічної оцінки, щодо нівелювання паритету цін на добрива, рівня інфляції, коливання курсу валют тощо. Вплив системи удобрення на енергетичну ефективність вирощування культур у сівозміні (табл. 9.13) можна вважати незначним (3,06-3,32).

Таблиця 9.13.

Енергетична ефективність системи удобрення на чорноземі типовому середньосуглинковому

Система обробітку ґрунту	Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Середня продуктивність сівозміни, т/га зерн. од.	Енергоємність витрачених добрив, Ккал x 10 ⁶	Енергія урожаю, Ккал x 10 ⁶	Енергія приросту урожаю, Ккал x 10 ⁶	Коефіцієнт витрачених добрив
Різноглибин на оранка	Без добрив (контроль)	3,07	-	12,0	-	-
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	4,92	2,2	19,3	7,3	3,30
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5,02	2,5	19,7	7,6	3,06
Різноглибинний безполицевий	Без добрив (контроль)	3,1	-	12,2	-	-
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5,11	2,4	20,0	7,9	3,28
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5,3	2,6	20,8	8,6	3,32
Мілкий безполицевий	Без добрив (контроль)	2,96	-	11,6	-	-
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	5,11	2,3	20,0	8,4	3,66
	Солома 1,2 т/га + N ₁₂ + сидерати + N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	4,98	2,5	19,5	7,9	3,17

Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності за органо-мінеральної системи удобрення з соломною отримано на мілкому безполицевому обробітку, з соломною і сидератами – різноглибинного безполицевого обробітку.

Висновки до розділу 9

Порівнявши продуктивність природних і агроценозів можливо зробити наступні висновки:

1. Заміна природних ценозів на агроценози зменшує порівняно з варіантом абсолютної цілини кількість пожнивних решток майже в три рази і корневих решток у 6,5 раза, як в умовах Лісостепу, так й Степу. Зменшення кількості рослинних решток на ділянках ріллі поряд з підвищенням біологічної активності призводить до підсилення мінералізації гумусу.

2. Найвищий чистий дохід і коефіцієнт енергетичної ефективності отримано за використання органо-мінеральної системи удобрення з соломною на мілкому безполицевому обробітку та на варіанті з соломною і сидератами за різноглибинного безполицевого обробітку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агеев В. В. Роль пожнивных и корневых остатков культур зернопропашного севооборота в накоплении органического вещества и элементов минерального питания в почве / В. В. Агеев, В. И. Демкин // *Агрохимия*. – 1990. – №3. – С. 38–50.
2. Агрогрунтове районування України // *Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб.* – Харків, 1989. – Вип. 12. – 200 с.
3. Агрохимические методы исследования почв / под. ред. А. В. Соколова. – М. : Наука, 1975. – 645 с.
4. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО : монография / [В. В. Абрикова, Д. А. Букреев, И. И. Васенев и др.]; под ред. А. П. Щербакова, И. И. Васенева. – Курск : ВНИИЗиЗПЭ, 1996. – 326 с.
5. Адерихин П. Г. Состав гумуса черноземов Центральной черноземной полосы и его изменение при окультуривании / П. Г. Адерихин, Г. А. Шевченко // *Агрохимия*. – 1968. – № 5. – С. 82–89.
6. Акентьева Л. И. Гумусовый баланс в органо-минеральной системе удобрений на фоне почвозащитной обработки / Л. И. Акентьева // *Тез. докл. II съезда почвоведов и агрохимиков Укр. ССР.* – Харьков, 1986. – С. 35–36.
7. Акентьева Л. И. Достижения оптимальных параметров плодородия черноземов обыкновенных слабосмытых при длительном применении органо-минеральной системы удобрения и почвозащитной обработки / Л. И. Акентьева // *Тези доп. IV з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків.* – Харків : УНДІГД, 1994. – С. 40–41.
8. Акентьева Л. И. Изменение гумусообразования в черноземах при длительном применении плоскорезной обработки / Л. И. Акентьева, Чижова М. С. // *Почвоведение*. – 1986. – № 2. – С. 69–74.
9. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – М. : Наука, 1980. – 288 с.

10. Ананьева Н. Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н. Д. Ананьева. – М. : Наука, 2003. – 223 с.
11. Андреюк К. И. Методологические аспекты изучения микробных сообществ почвы / К. И. Андреюк // Микробные сообщества и их функционирование в почве. – К. : Наукова думка, 1981. – С. 13–21.
12. Андреюк К. И. Основы экологии почвенных микроорганизмов / К. И. Андреюк, Е. В. Валагурова. – К. : Наукова думка, 1992. – 223 с.
13. Антипова Л. К. Люцерна – універсальна рослина для агроценозів / Л. К. Антипова // Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб. – Вінниця, 2008. – Вип. 62. – С. 139–143.
14. Анспок П. И. Солома – ценное органическое удобрение / П. И. Анспок // Земледелие. – 1988. – № 1. – С. 48–49.
15. Апарин Б. Плодородие как функциональная система / Б. Апарин // Почвы и их биологическая продуктивность : тез. докл. юбилейной конф. по почвоведению и агрохимии. – Тарту, 1979. – С. 19–20.
16. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : МГУ, 1962. – 492 с.
17. Аристовская Т. В. Микробиологические аспекты плодородия почв / Т. В. Аристовская // Почвоведение. – 1988. – № 9. – С. 53–56.
18. Атлас мониторинга комплексной оценки плодородия почв Лесостепи и Степи Украины (1965–2005 гг.) / [Т. А. Гринченко, И. И. Лепенина, Э. Г. Ашуров и др.] ; под ред. проф. Т. А. Гринченко. – Харьков, 2008. – 121 с.
19. Атлас почв Украинской ССР / под ред. Н. К. Крупского, Н. И. Полупана. – К. : Урожай, 1979. – 225 с.
20. Афанасьева Е. А. Происхождение, состав и свойства черноземов Стрелецкой степи / Е. А. Афанасьева // Труды почв. ин-та им. В. В. Докучаева : т. 25. – М. : АН СССР, 1947.
21. Афанасьева Е. А. Черноземы Средне-Русской возвышенности / Е. А. Афанасьева. – М. : Наука, 1966. – 228 с.

22. Білик Г.І. Рослинність заповідника «Михайлівська цілина» та її зміни під впливом господарської діяльності людини / Г. І. Білик // Укр. ботан. журнал. – 1957. – Т. 14, № 4. – С. 26–39.
23. Бабьева И. П. Биология почв / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Изд-во МГУ, 1983. – 336 с.
24. Багаутдинов Ф. Я. Состав, свойства гуминовых кислот целинных и пахотных почв и новообразованных гумусовых веществ / Ф. Я. Багаутдинов, Ф. Х. Хазиев // Почвоведение. – 1992. – № 1. – С. 80–83.
25. Бадалян Е. Н. Влияние минеральных удобрений на содержание и состав органического вещества обыкновенного чернозема / Е. Н. Бадалян, Е. Т. Матевосян, А. С. Хачатрян // Агронимические особенности почв и поднятие их производительности. – Ереван, 1983. – С. 22–27.
26. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем северной Евразии / Н. И. Базилевич. – М. : Наука, 1993. – 293 с.
27. Балаев А. Д. Изменение органического вещества чернозема типичного при вовлечении его в сельскохозяйственную культуру / А. Д. Балаев, М. Ф. Бережняк // Проблема гумуса в интенсивном земледелии : тез. докл. совещ. – Новосибирск, 1986. – С. 48–49.
28. Балаев А. Д. Географія ґрунтів України / А. Д. Балаев, Г. І. Нестеров, **О. Л. Тонха**. – К. : «Видавничий центр НУБіП України», 2006. – 150 с.
29. Балаев А. Д. Інтенсивність процесів гуміфікації і мінералізації свіжої органічної речовини в чорноземах Лісостепу за різних систем обробітку ґрунту / А. Д. Балаев, С. П. Ярош, К. С. Карабач // Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія» : зб. наук. пр. – 2008. – № 1. – С. 119–122.
30. Балаев А. Д. Органічна речовина та шляхи її відтворення в чорноземах Лісостепу і Степу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня

докт. с.-г. наук: спец. 06.01.03 «Агрогрунтознавство і агрофізика» /
А. Д. Балаєв. – К., 1997. – 46 с.

31. Балаєв А. Д. Родючість ґрунту, її кількісна та якісна оцінка /
А. Д. Балаєв // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвідом. темат. наук. зб.
Кн. 3: Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного :
Спецвипуск до VII з'їзду УТГА. – Харків, 2006. – С.4–6.
32. Балаєв А. Д. Ґрунтовий покрив України: стан, проблеми і перспективи
у світлі євроінтеграції / А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** // Матеріали
Міжнародної конференції «Біоресурси планети: соціальні, біологічні,
продовольчі та енергетичні проблеми», присвяченої 110-річчю
Національного аграрного університету України. – К., 2008. – С. 63–67.
33. Балаєв А. Д. Родючість чорноземів звичайних за різних технологій
вирощування культур / А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха**, Т. М. Мельник //
Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія,
землеробство, лісове господарство» : зб. наук. пр. – Х., 2009. – № 1. –
С. 85–88.
34. Балаєв А. Д. Відновлення родючості чорноземів Лісостепу в
сучасному землеробстві / А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** // Науковий вісник
Національного університету біоресурсів і природокористування
України. Серія «Агрономія». – 2014. – Вип. 195. – Ч. 1. – С. 14–19.
35. Балаєв А. Д. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства і
відтворення родючості ґрунтів / А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** // Вісник
Національного університету водного господарства та
природокористування. Серія «Сільськогосподарські науки». – 2013. –
Вип. 3 (63). – С. 3–15.
36. Балаєв А. Д. Родючість чорноземів типових за довгострокового
використання ґрунтозахисних технологій вирощування культур /
А. Д. Балаєв, І. В. Євпак, Н. М. Манішевська // Агрохімія і
ґрунтознавство : міжвідом. темат. наук. зб. Кн. 2: Ґрунти – основа

добробуту держави, турбота кожного : Спецвипуск до VII з'їзду УТГА. – Харків, 2006. – С. 8–9.

37. Балаєв А. Д. Саморегуляція родючості чорноземів типових у ґрунтозахисному землеробстві / А. Д. Балаєв, О. І. Наумовська, І. В. Євпак, В. П. Целютін // Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомч. темат. зб. Кн. 3: Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного : Спецвипуск до VII з'їзду УТГА. – Харків, 2002. – С. 11–12.
38. Бацула А. А. Трансформація гумусових кислот чорноземів Левобережної Лесостепі УРСР при примененні різних форм удобрень / А. А. Бацула, Ф. Т. Кравець // Почвоведение. – 1992. – № 1. – С. 133–138.
39. Бацула А. А. Использование излишков соломы / А. А. Бацула, Е. А. Головачев // Органические удобрения. – К. : Урожай, 1988. – С. 139–142.
40. Органические удобрения / [А. А. Бацула, З. Г. Дегодюк, В. И. Гамалей и др.] ; под ред. А. А. Бацулы. – [2-е изд., пер. и доп.] – К. : Урожай, 1988. – 184 с.
41. Бацула О. О. Регулювання рівня новоутворення гумусу при внесенні органічних добрив / О. О. Бацула, Т. Ф. Кравець // Тези доп. IV з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України. – Харків, 1994. – С. 69–70.
42. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті / [О. О. Бацула, Е. А. Головачов, Р. Г. Дерев'янка та ін.] ; за ред. О. О. Бацули. – К. : Урожай, 1987. – 127 с.
43. Безуглий М. Д. Науково-практичні підходи до використання соломи та рослинних решток / М. Д. Безуглий, В. М. Булгаков, І. В. Гриник // Вісн. аграр. науки : наук.-теорет. журн. – 2010. – № 3. – С. 5–8.
44. Бердников А. М. Сидераты фактор повышения эффективности средств химизации / А. М. Бердников // Химия в сельском хозяйстве. – 1986. – Т. 24. – № 8. – С. 30–33.

45. Бердников А. М. Влияние азотных удобрений при разных сроках внесения в сочетании с зеленым удобрением на продуктивность кукурузы на дерново-подзолистой почве / А. М. Бердников, О. П. Гульчук // *Агрохимия*. – 1987. – №7. – С. 3–6.
46. Биологические основы плодородия почв / [О. А. Берестецкий, Ю. М. Возняковская, Л. М. Доросинский и др.] ; ред. О. А. Берестецкий ; ВАСХНИЛ, Ин-т с.-х. микробиологии. – М. : Колос, 1984. – 286 с.
47. Берестецкий О. А. Изменение микробных комплексов дерново-подзолистой почвы под влиянием длительной монокультуры яровой пшеницы / О. А. Берестецкий, Ю. М. Возняковская, Ж. П. Попова // *Микробиология*. – 1980. – Т. 49. – № 6. – С. 33–39.
48. Бережняк Є. М. Екологічна оцінка водно-ерозійних процесів на ґрунтах Правобережного Лісостепу України: Монографія / Є. М. Бережняк. – К.: Вид-во ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2014. – 280 с.
49. Билай В. И. Определитель токсинообразующих микромицетов / В. И. Билай, З. А. Курбацкая. – К. : Наукова думка, 1990. – 233 с.
50. Билай В. И. Основы общей микологии / В. И. Билай. – К. : Вища школа, 1989. – 392 с.
51. Билык Г. И. Михайловская целина / Г. И. Билык, В. С. Ткаченко // *Почвенно-биогеоценологические исследования в Приазовье*. – М. : Наука, 1976. – Вып. 2. – С. 183.
52. Биологический круговорот углерода и его изменение под влиянием деятельности человека на территории южной Сибири / А. А. Титлянова, С. Я. Кудряшова, Н. П. Косых и др. // *Почвоведение*. – 2005. – № 10. – С. 1240–1250.
53. Бирюкова В. А. Роль органического вещества в развитии OX-Red процессов в почве (на примере серой лесной почвы) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : спец. грунтознавство / В. А. Бирюкова. – М., 1975. – 15 с.

54. Бирюкова О. Н. Период биологической активности почвы и его связь с групповым составом гумуса / О. Н. Бирюкова, Д. С. Орлов // Биологические науки. – 1978. – № 4. – С. 115–119.
55. Благодатская Е. В. Динамика микробной биомассы и соотношение эукариотных и прокариотных микроорганизмов в серой лесной почве / Е. В. Благодатская, С. А. Благодатский // Почвоведение. – 1996. – № 2. – С. 1485–1490.
56. Благодатский С. А. Влияние агротехнических приемов на динамику запасов микробного азота в серой лесной почве / С. А. Благодатский, Н. С. Паников, Т. И. Самойлов // Почвоведение. – 1989. – № 2. – С. 52–60.
57. Благодатский С. А. Действие минеральных соединений азота на интенсивность дыхания и эффективность роста микроорганизмов в почве / С. А. Благодатский, А. А. Ларинова, И. В. Евдокимов // Почвоведение. – 1992. – № 9. – С. 88–96.
58. Богданович Р. П. Гумусний стан чорноземів типових Лісостепу України під різними біоценозами / Р. П. Богданович // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія». – К., 2013. – № 183. – С. 197–201.
59. Бойко П. І. Екологічно збалансовані сівозміни – основа біологічного землеробства / П. І. Бойко, В. О. Бородань, Н. П. Коваленко // Вісник аграр. науки. – 2005. – № 2. – С. 9–13.
60. Бомба М. Я. Агроекологічні основи обробітку ґрунту в західному Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. с.-г. наук : спец. 06.00.01 «Загальне землеробство» / М. Я. Бомба. – Дніпропетровськ, 1996. – 41с.
61. Бреус Н. М. Опыт агропочвенного районирования левобережной Лесостепи УССР для общих хозяйственных целей и опытного дела на примере Сумской области : дис. ... канд. с.-х. наук : спец. 06.01.03 «Агропочвоведение и агрофизика» / Бреус Нина Макаровна. – Харьков, 1968. – 150 с.

62. Будьонний Ю. В. На Харківщині під буряки – орати / Ю. В. Будьонний, М. В. Шевченко, О. В. Івакін // Цукрові буряки. – 2007. – № 5. – С. 17–18.
63. Булигін С. Ю. Гумусний стан чорноземів України / С. Ю. Булигін, В. В. Дегтярьов, С. В. Крохін // Вісн. аграр. науки. – 2007. – № 2. – С. 13–16.
64. Быстрицкая Т. Л. Строение почвенного покрова Хомутовской степи / Т. Л. Быстрицкая, Е. А. Погожева, А. П. Генев // Почвенно-биогеоценологические исследования в Приазовье. – М. : Наука, 1979. – Вып. 2. – С. 5–25.
65. Володин В. М. Оценка систем земледелия на биоэнергетической основе // В. М. Володин, Р. Ф. Еремина // Земледелие. – 1989. – № 4. – С. 35–37.
66. Ваксман С. А. Гумус: Происхождение, химический состав и значение его в природе / Ваксман С. А. – М. : Сельхоздат, 1937. – С. 69.
67. Вальков В. Ф. Плодородие почв и агроценозы / В. Ф. Вальков // Биосфера. – Ростов-на-Дону : Изд-во Рост. ун-та, 1977. – С. 248–254.
68. Вальков В. Ф. Плодородие почв и его оценка / В. Ф. Вальков // Охрана почв. – Ростов-на-Дону : Изд-во Рост. ун-та, 1983. – С. 17–45.
69. Вальков В. Ф. Почвы и сельскохозяйственные растения / В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону : Изд-во Рост. ун-та, 1992. – 216 с.
70. Васильева Л. В. Олиготрофы как компонент биогеоценоза / Л. В. Васильева // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. – М. : Наука, 1984. – С. 40–44.
71. Васильева Л. И. Влияние сельскохозяйственного использования на биохимические процессы в черноземе обыкновенном / Л. И. Васильева, В. В. Дегтярев, И. Карбайе // Вопросы генезиса, окультуривания почв и повышения эффективности удобрений : межвуз. тем. сб. науч. тр.; Харьк. с.-х. ин-т им. В. В. Докучаева. – Харьков, 1986. – С. 71–76.

72. Василькина А. Л. Влияние сельскохозяйственных культур на содержание общего азота нитратов и нитрификационную способность в черноземе мощном Левобережной Лесостепи УССР / А. Л. Василькина, Г. Я. Десняк // Тр. Харьков. СХИ : сб. науч. трудов. – Харьков, 1973. – Т. 189. – С. 18–26.
73. Величко В. А. Родючість ґрунтів України за агропотенціалами основних сільськогосподарських культур : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. с.-г. наук: спец. 06.01.03 «Агроґрунтознавство і агрофізика» / В. А. Величко. – Харків, 2009. – 43 с.
74. Веремеєнко С. І. Особливості трансформації органічних решток та гумусу в дерново-карбонатних ґрунтах Західного Полісся України / С. І. Веремеєнко, В. С. Троцюк, Т. М. Івашенюта // Вісник УДУВГП : зб. наукових праць. – Рівне, 2003. – Вип. 4 (23). – С. 22–29.
75. Веремеєнко С. І. Оцінка гумусового стану ґрунтів за принципами математичного моделювання / С. І. Веремеєнко, С. С. Трушева // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвідом. тем. зб. Кн. 2: Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України : спеціальний випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків, 2002. – С. 24.
76. Вернадский В. И. Живое вещество / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1978. – 358 с.
77. Микробные консорциумы почв агроценозов разных природных зон России с учетом их сельскохозяйственного использования // [Н. В. Верховцева, Г. Е. Ларина, Ю. Я. Спиридонов и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 2. – С. 37–43.
78. Верховцева Н. В. Метод газовой хроматографии-масс-спектрометрии в изучении микробных сообществ почв агроценоза / Н. В. Верховцева, Г. А. Осипов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 1. – С. 51–54.
79. Визначення групового та фракційного складу гумусу ґрунту за методом І. В. Тюріна у модифікації В. В. Пономарьової та Т. А.

- Плотникової, спалювання за Б. А. Нікітіним (варіант ННЦ ІГА) : МВВ 31-497058-0082002 // Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. – Харків : Друкарня № 13, 2004. – Кн. 1. – С.129–154.
80. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України : навч. посібник / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. І. Кисіль, В. А. Величко. – К. : Колообіг, 2005. – С. 16–21.
81. Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В. Р. Вильямс. – М. : Гос. изд. с.-х. лит., 1949. – 471 с.
82. Витвицкий С. В. Коэффициенты гумификации растительных остатков озимой пшеницы и люцерны в условиях почвозащитного земледелия // матер. межрег. научно-практ. конф. – Днепропетровск, 1992. – С. 7–8.
83. Динамика изменения органического вещества в черноземных почвах / С. В. Витвицкий, А. А. Свищук, А. Д. Балаев, Л. П. Попович // тез. докл. конф. мод. уч. – Рига, 1989. – С. 10–11.
84. Витко А. М. Роль пожнивных и корневых остатков культур зерносвекловичного севооборота в пополнении органического вещества и элементов минерального питания растений в почве / А. М. Витко // Почвоведение. – 1961. – № 10. – С. 99–104.
85. Владыченский С. А. Непрочно связанные гуминовые вещества почвенных коллоидов как фактор агрономически ценной структуры / С. А. Владыченский // Почвоведение. – 1939. – № 11. – С. 45–54.
86. Влияние бесплужной обработки на содержание и качество гумуса / Н. К. Шикун, Г. В. Назаренко, А. Д. Балаев, М. В. Капштык // Земледелие. – 1987. – № 4. – С. 24–27.
87. Влияние минимализации обработки на содержание и состав гумусовых веществ в эродированных черноземах / В. М. Володин, Н. П. Масютенко, В. Ф. Юринская, С. Я. Гатилова // Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования. – М., 1991. – С. 242–247.

88. Волкогон В. В. Влияние минерального азота на активность ассоциативной азотфиксации / В. В. Волкогон // Почвоведение. – 1997. – № 12. – С. 1486–1490.
89. Володин В. М. О расширенном воспроизводстве почвенного плодородия / В. М. Володин // Вестн. с.-х. науки. – 1989. – № 6. – С. 33–40.
90. Воронков В. А. Данные по изучению подвижных форм органического вещества почвы в зависимости от способа возделывания озимой пшеницы / В. А. Воронков, М. И. Сидоров // Научные труды Воронежского СХИ. – Воронеж : ВСХИ, 1980. – Т. III. – С. 53–60.
91. Востров И. С. Определение биологической активности почвы различными методами / И. С. Востров, А. Н. Петрова // Микробиология. – 1961. – Т. 30, №4. – С. 665–672.
92. Вплив лісових насаджень на еволюцію чорноземів / Д. Г. Тихоненко, К. Б. Новосад, Г. Б. Гладун, Д. В. Гавва // Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство» : зб. наук. пр. – Харків, 2009. – № 2. – С. 72–81.
93. Вплив різних способів основного обробітку ґрунту на гумусовий стан чорноземів типових Лівобережного Лісостепу України / М. І. Лактіонов, В. В. Дегтярьов, В. Д. Синявін, Є. М. Колупаєва // Матеріали наук. конф. Харк. держ. аграр. ун-т. ім. В. В. Докучаєва. – Харків, 1995. – С. 22–24.
94. Вплив спалювання соломи на біологічні показники чорнозему типового С. І. Христенко, Є. В. Скрильник, Т. О. Байдюк, О. Є. Найдюнова // Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – К., 2005. – Вип. 1-2. – С. 95–103.
95. Галиш Ф. С. Мікробіологічна та ферментативна активність чорнозему опідзоленого залежно від способів його основного обробітку в умовах західного Лісостепу / Ф. С. Галиш // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 8. – С. 77–78.

96. Гамаюнова В. В. Эффективность совместного применения соломы и минеральных удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур в условиях орошения юга Украины : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : спец. 06.01.04 агрохімія / В. В. Гамаюкова. – К. 1983. – 22 с.
97. Гамкало З. Г. Екологічна якість ґрунту : навч. посіб. / З. Г. Гамкало. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 412 с.
98. Гамзиков Г. П. Неотложные задачи по переходу Новосибирской области к устойчивому развитию земледелия / Г. П. Гамзиков // Сельские новости. – 2000. – № 6. – С. 18–20.
99. Гамзиков Г. П. Экологические аспекты применения удобрений в земледелии / Г. П. Гамзиков, О. И. Гамзикова // Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений. – Новосибирск : Наука, 1989. – С. 200–212.
100. Гельцер Ю. Г. Биологическая диагностика почв / Ю. Г. Гельцер. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 82 с.
101. Генев А. П. Почвенный покров центрального отделения Украинского степного природного заповедника «Хомутовская степь» / А. П. Генев // Актуальні питання збереження і відновлення степових екосистем : мат. міжнар. наук. конф., присвяч. 100-річчю заповідання Асканійського степу, Асканія-Нова, 21–23 травня 1998 р. – Асканія-Нова, 1998. – С. 136–138.
102. Герман Р. О химическом исследовании черноземных почв для определения различных свойств их в южных губерниях / Р. Герман // Земледельческий журн. Москов. о-ва сел. хоз-ва. – 1836. – № 5. – С. 262.
103. Герман Р. Химические исследования о черноземе, находящемся в южных губерниях России / Р. Герман // Земледельческий журн. Москов. о-ва сел. хоз-ва. – 1837. – № 1. – С. 47–48.

104. Герцык В. В. Сезонная динамика гумуса в мощных черноземах // Тр. Центрально-Черноземного государственного заповедника. – Курск, 1959. – Вып. 5. – С. 315–337.
105. Гетманец А. Я. Баланс питательных элементов в интенсивных севооборотах в Степной зоне УССР / А. Я. Гетманец, В. Т. Пашова, В. В. Турчин // Повышение плодородия почв и продуктивности сельского хозяйства при интенсивной химизации. – М. : Наука, 1983. – С. 192–207.
106. Гиляров М. С. Разложение растительных остатков в почве / М. С. Гиляров, Б. Р. Стриганова. – М. : Наука, 1985. – 146 с.
107. Гиляров А. М. Мнимые и действительные проблемы биоразнообразия / А. М. Гиляров // Успехи соврем. биологии. – 1996. – Т. 116, Вып. 4. – С. 493–505.
108. Глазовская М. А. Ландшафтно-геохимическое районирование нечерноземной зоны по условиям разложения и рассеяния органических загрязнителей / М. А. Глазовская // Вестник Московского университета. – 1979. – Серия 5. География. – № 5. – С. 10–19.
109. Глушук Н. М. Содержание гумуса и свойства почв Правобережной Лесостепи УССР / Н. М. Глушук // Почвоведение. – 1976. – № 4. – С. 40–53.
110. Гнатенко А. Ф. Изменение плодородия черноземов типичных центральной Лесостепи Украины при длительном сельскохозяйственном использовании : автореф. дис. ... доктора с-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрочвоведение и агрофизика» / А. Ф. Гнатенко. – Харьков, 1993. – 49 с.
111. Голубец М. А. Актуальные вопросы экологии. – К.: Наук. думка , 1982. – 157с.
112. Голубець М. А. Плівка життя. – Львів: Поллі, 1997. – 186 с.

113. Гончарова Л. Ю. Сезонная динамика содержания гумуса и ферментативной активности чернозема обыкновенного карбонатного / Л. Ю. Гончарова, О. С. Безуглова, В. Ф. Вальков // Почвоведение. – 1990. – № 10. – С. 86–93.
114. Горбатенко А. І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичний стан ґрунту і урожайність озимої пшениці / А. І. Горбатенко, А. Г. Горобець, О. І. Циліорик // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. – Дніпропетровськ, 2010. – № 38. – С. 40–45.
115. Горбенко А. Ю. Периодичность роста микроорганизмов в почве и ее причины / А. Ю. Горбенко, Н. С. Паников, Д. Г. Звягинцев // Доклады АН СССР. – 1986. – Т. 289, №4. – С. 984–987.
116. Горобец М. А. Влияние сельскохозяйственного использования на свойства южного чернозема / М. А. Горобец // Плодородие почв и эффективность удобрений : тр. Харьк. с.-х. ин-та. – Харьков, 1980. – С. 20–21.
117. Городецкая Е. Е. Изменение биологической активности и гумусного состояния чернозема типичного под влиянием минимализации обработки почвы / Е. Е. Городецкая, Л. Р. Петренко // Химизация и агроэкология : сб. науч. тр. – К., 1991. – С. 28–31.
118. Городній М. М. Вплив тривалого застосування добрив у сівозміні Лісостепу України на відтворення родючості ґрунту і продуктивність сільськогосподарських культур / М. М. Городній, А. Г. Сердюк, В. П. Каленський // Натураліс. – 1996. – № 2. – С. 6–8.
119. Гринченко А. М. О значении органического вещества и кальция в повышении почвенного плодородия / А. М. Гринченко, В. Д. Муха, Г. И. Васильева // Тр. Харьков с.-х. ин-та им. В. В. Докучаева. – Харьков, 1973. – Т. 189. – С. 18–28.
120. Гринченко А. М. Комплексная характеристика окультуренности чернозема типичного мощного Лесостепи УССР / А. М. Гринченко,

- Г. Я. Чесняк, С. К. Шарма // Тр. Харьков с.-х. ин-та им. В. В. Докучаева. – Харьков, 1982. – Т. 284. – С. 14–19.
121. Гринь Г. С. Принципы агропочвенного районирования Украинской ССР / Г. С. Гринь, Н. К. Крупский // Агрохимия и почвоведение. – К. : Урожай, 1969. – № 12. – С. 7-12.
122. Гринь Ф. О. Заповідник Хомутовський степ / Ф. О. Гринь // Український ботанічний журнал. – 1956. – Т. 13, № 2. – С. 15–30.
123. Гришин Д. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв / Д. А. Гришин. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
124. Гришина Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв / Л. А. Гришина. – М. : МГУ, 1986. – 212 с.
125. Грінченко О. М. Про тривалий вплив сільськогосподарської культури на зміну родючості різноглибинного чорнозему Лісостепу УРСР / О. М. Грінченко, О. А. Чесняк, Г. Я. Чесняк // Тр. Харьк. с.-х. ин-та. – К. : Урожай, 1964. – Т. XII. – С. 3–28.
126. Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ / А. М. Гродзинский. – К. : Наукова думка, 1965. – 199 с.
127. Сравнительная оценка методов изучения аллелопатического почвоутомления / А. М. Гродзинский, Л. Д. Юрчак, Э. А. Головки и др. // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л, 1977. – С. 53–64.
128. Громов Б. В. Экология бактерий / Б. В. Громов, Г. В. Павленко. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1989. – 248 с.
129. Гудзь В. П. Вплив систем основного обробітку ґрунту на вміст гумусу та біологічну активність орного шару в полі кукурудзи на зерно / В. П. Гудзь, С. О. В'ялий, М. Ф. Іванюк // Науковий вісник НАУ. – 2000. – № 31. – С. 16–21.
130. Землеробство : підруч. / В. П. Гудзь, І. Д. Примака., Ю. В. Будьонний, С. П. Танчик ; за ред. В. П. Гудзя. – 2-ге вид. перероб. та доп. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 464 с.

131. Гудзь В. П. Адаптивні системи землеробства : навч. посіб. / В. П. Гудзь, І. Д. Примак, М. Ф. Рибак. – К. : Центр учбової літератури, 2007. – 336 с.
132. Гумусовий стан чорноземів та шляхи його поліпшення / [О. М. Грінченко, Р. Г. Дерев'янка, О. О. Бацула та ін.] // Як зберегти і підвищити родючість чорноземів. – К. : Урожай, 1984. – С. 38–48.
133. Гумусний стан чорнозему типового за різних способів обробітку в агроценозах Лівобережного Лісостепу / [Демиденко О. В., Шаповал І. С., **Тонха О. Л.** та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 4. – С. 58–63.
134. Гумусовое состояние черноземов / [Г. Я. Чесняк, Ф. Я. Гаврилюк, И. А. Крупеников и др.] // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. – М. : Наука, 1983. – С. 186–198.
135. Гумусовые вещества целинных и освоенных черноземов Целиноградской области / [М. И. Рубинштейн, Р. М. Бильдебаева, Н. В. Ярославцева и др.] // Плодородие почв Казахстана. – 1990. – № 6. – С. 39–48.
136. Гумусовый режим черноземных почв левобережной Лесостепи УССР в системе различных севооборотов / Л. И. Шилина, Л. В. Чуприна, В. В. Пшебельский, А. А. Артюшенко // Повыш. эффективности использ. удобр. и плодородия почв в УССР : тез. докл. конф. – Харьков, 1985. – С. 135.
137. Гусев М. В. Микробиология : учебник / М. В. Гусев, Л. А. Минеев. – 3-е изд. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 152 с.
138. Гюрова Э. С. Баланс гумуса в земледелии Саратовской области / Э. С. Гюрова, М. П. Чуб, Н. В. Потатурина // Интенсификация земледелия в Поволжье. – Саратов, 1989. – С. 77–82.
139. Ґрунти. Визначення групового та фракційного складу гумусу за методом І.В. Тюріна в модифікації В.В. Пономарьової та Т.А. Плотникової спалювання за Б.А. Нікітіним (варіант ННЦ ІГА) в модифікації ННЦ «ІГА». МВВ 31-497058-008-2002. Методики

- визначення складу та властивостей ґрунтів / ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» УААН / ТК з стандартизації 142 «Ґрунтознавство». – Харків, 2002. – Кн. 2. – С. 5–27.
140. Ґрунти. Визначення доступної (лабільної) органічної речовини ґрунту за методом М. А. Єгорова, спалювання за Б. А. Нікітіним в модифікації ННЦ «ІГА». МВВ 31-497058-020-2005 // Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» УААН / ТК з стандартизації 142 «Ґрунтознавство». – Харків, 2005. – Кн. 2. – С. 7–22.
141. Давыдов Г. К. Теоретические предпосылки мелиорации подзолистых почв едкой известью в сочетании с органическими удобрениями / Г. К. Давыдов // Почвоведение. – 1941. – № 7–8. – С. 31–39.
142. Данилова А. А. Самовосстановление свойств выщелоченного чернозема при минимизации основной его обработки / А. А. Данилова, С. А. Колбин // Плодородие. – 2005. – № 5. – С. 35–37.
143. Дегтярев В. В. Влияние сельскохозяйственного использования черноземов «Михайловской целины» на количественные и качественные изменения гумуса / В. В. Дегтярев, Л. Г. Шеремет // Окультуривание почв и эффективность удобрений: сб. науч. тр. Харьк. с.-х. ин-т. – Харьков, 1985. – Т. 314. – С. 94–98.
144. Дегтярев В. В. Влияние сельскохозяйственного использования черноземов Хомутовской степи на динамику гумуса / В. В. Дегтярев, И. Д. Пачев, А. П. Генев // Вопросы генезиса, окультуривания почв и повышения эффективности удобрений: межвуз. тем. сб. науч. тр. – Харьков, 1986. – С. 39–48.
145. Дегтярев В. В. Изменение содержания гумуса и азота в черноземах Украины в зависимости от антропогенного воздействия на почвы /

- В. В. Дегтярев, О. И. Моргунов, В. Н. Недбаев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – Курск, 2013. – № 6. – С. 9–15.
146. Дегтярьов В. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на груповий і фракційний склад гумусу чорноземів типових лівобережного Лісостепу України / В. В. Дегтярьов // Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»: зб. наук. пр. – Харків, 2004. – № 1. – С. 69–73.
147. Дегтярьов В. В. Характеристика гумусу цілинних і орних чорноземів Лівобережного Лісостепу і Степу України / В. В. Дегтярьов // Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»: зб. наук. пр. – Харків, 2008. – № 1. – С. 85–102.
148. Дегтярьов В. В. Вміст рухомих органічних речовин у чорноземах природних і культурних біогеоценозів України / В. В. Дегтярьов // Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідом. темат. наук. зб. – Харків, 2009. – Вип. 70. – С. 65–73.
149. Дегуміфікація чорноземів Лісостепу України при різному сільськогосподарському використанні / М. І. Лактіонов, В. В. Дегтярьов, Ю. Є. Малюга, Т. М. Колупаєва // Матеріали наук. конф. Харк. держ. аграр. ун-т. ім. В.В. Докучаєва. – Харків, 1995. – С. 21–22.
150. Демиденко О. В. Біофізична саморегуляція родючості чорноземів при ґрунтозахисному землеробстві / О. В. Демиденко, **О. Л. Тонха**, О. Є. Бикова // Вісник Харківського національного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». – 2014. – № 1. – С. 29–35.
151. Демиденко О. В. Про мінливість запасів органічного вуглецю та азоту за різних способів обробітку чорноземів / О. В. Демиденко, **О. Л. Тонха**, В. А. Величко // Зерно і хліб. – 2015. – № 2 (78). – С. 16–18.

152. Демкина Т. С. Влияние длительного применения удобрений на дыхательную активность и устойчивость микробных сообществ почвы / Т. С. Демкина, Н. Д. Ананьева // Почвоведение. – 1998. – № 11. – С. 1382–1389.
153. Демкина Т. С. Грибная биомасса различных типов почв : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец: микробиология / Т. С. Демкина. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 22 с.
154. Дергачева М. И. Органическое вещество почв: статика и динамика / М. И. Дергачева. – Новосибирск : Наука, 1984. – 152 с.
155. Державин Л. М. К вопросу о воспроизводстве гумуса / Л. М. Державин, Е. В. Седова // Агрохимия. – 1988. – № 9. – С. 117–127.
156. Дідух Я. П. Еколого-енергетичні аспекти у співвідношенні лісових і степових екосистем / Я. П. Дідух // Український ботанічний журнал. – 2005. – Т. 62, № 4. – С. 455–467.
157. Добровольская Т. Г. Почвы и микробное разнообразие / Т. Г. Добровольская, Л. В. Лысак, Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1996. – № 6. – С. 699–704.
158. Добровольский Г. В. Значение почв в сохранении биоразнообразия / Г. В. Добровольский // Почвоведение. – 1996. – № 6. – С. 694–698.
159. Добровольский Г. В. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: функционально-экологический подход / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Наука, 2000. – 185 с.
160. Докучаев В. В. Русский чернозем / В. В. Докучаев. – СПб. : Изд-во Вольного экономического общества, 1883. – 376 с.
161. До питання оцінки якості земель та їх еколого-агрохімічної паспортизації / [Рідей Н. М., **Тонха О. Л.**, Наумовська О. І. та ін.] // Науковий вісник національного аграрного університету. – 2007. – № 117. – С. 28–34.

162. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
163. Евдокимов И. В. Скорость оборачиваемости микробной биомассы в почвах в зависимости от доз азотного удобрения / И. В. Евдокимов, С. А. Благодатский, А. А. Ларинова // Агрохимия. – 1991. – № 12. – С. 49–56.
164. Егоров М. А. Подвижное органическое вещество почвы как один из показателей окультуренности ее / М. А. Егоров // Зап. Харьк. с.-х. ин-та. – 1938. – Вып. 2, Т.1. – С. 3–36.
165. Еколого-фізіологічний аналіз мікробіоценозів степової рослинності Українського заповідника «Михайлівська цілина» / [Н. Е. Елланська, Е. А. Головка, В. А. Дерев'яноко та ін.] // Мікробіологічний журнал. – 1993. – Т. 55, №4. – С. 3–8.
166. Емцев В. Т. Влияние соломы на микробиологические процессы в почве при ее использовании в качестве органического удобрения / В. Т. Емцев, Л. К. Нице // Использование соломы как органического удобрения. – М., 1980. – С. 70–102.
167. Емцев В. Т. Развитие микрофлоры и урожайность сельскохозяйственных растений при внесении соломы в почву / Изв. ТСХА. – 1980. – № 2. – С. 90–104.
168. Емцев В. Т. Эколого-географическая изменчивость почвенных микроорганизмов: итоги и перспективы / В. Т. Емцев // Сельскохозяйственная микробиология в XIX–XXI вв. – СПб, 2001. – С. 23–24.
169. Ефимцев М. И. Изменение агрофизических свойств чернозема обыкновенного при длительном применении удобрений / М. И. Ефимцев // Плодородие почв и эффективность удобрений : тр. Харьк. с.-х. ин-та. – Харьков, 1974. – Т. 196. – С. 64–68.

170. Біогенність чорнозему опідзоленого за різних факторів мінімалізації основного обробітку ґрунту / В. О. Єщенко, Ю. І. Накльока, Л. М. Савранська, М. В. Калієвський // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія»: зб. наук. пр. – 2009. – № 2. – С. 127–134.
171. Єщенко В. О. До методики визначення біологічної активності ґрунту / В. О. Єщенко // Збірн. наук. праць Уманського нац. університету садівництва. – 2011. – № 77. – Ч. 1. Агрономія. – С. 21–26.
172. Жданова Н. Н. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях / Н. Н. Жданова, А. И. Васильевская. – К. : Наукова думка, 1988. – 196 с.
173. Жуков А. И. Воспроизводство общего и лабильного гумуса в почве / А. И. Жуков, Л. В. Сорокина, В. В. Мосалева // Химизация сел. хоз-ва. – 1992. – № 1. – С. 61–64.
174. Заварзин Г. А. Взаимодействие геосферы и биосферы / Г. А. Заварзин // Экология и почвы. – Пушино : НБЦ РАН, 1998. – С. 139–153.
175. Заварзин Г. А. Цикл углерода в природных экосистемах России / Г. А. Заварзин // Природа. – 1993. – № 7. – С. 15–18.
176. Залежність продуктивності сільськогосподарських культур від швидкості малого біологічного кругообігу речовин і енергії / О. Л. Тонха, М. К. Шикула, О. В. Франко та ін. // Біологічні науки і проблеми рослинництва : зб. наук. праць Уманського державного аграрного університету. – Умань, 2003. – С. 696–702..
177. Запасы органического вещества и продуктивность чернозема типичного при различном его использовании / Н.К. Шикула, А.Д. Балаев, М.Ф. Бережняк, Л.Г. Шеремет // Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования. – М., 1991. – С. 234–237.

178. Захаров Б. А. Изменение состава органического вещества почвы в зависимости от некоторых агроприемов / Б. А. Захаров // Тр. Краснодар. НИИ сел. хоз-ва. – 1966. – Вып. 2. – С. 339–343.
179. Захаров И. С. Образование гумусовых веществ целлюлозоразрушающими микроорганизмами / И. С. Захаров. – Кишинев : Штиинца, 1987. – 115 с.
180. Захаров С. А. Почвы Предкавказья / С. А. Захаров // Почвы СССР. Т. 3: Почвы лесостепных и степных областей. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1939. С. 297–355.
181. Звягинцев Д. Г. Биология почв и диагностика / Д. Г. Звягинцев // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. – М. : Наука, 1976. – С. 175–189.
182. Звягинцев Д. Г. Динамика микробной численности, биомассы и продуктивность микробных сообществ в почвах / Д. Г. Звягинцев, В. Е. Голимбет // Успехи микробиологии. – М. : Наука, 1983. – С. 215–231.
183. Звягинцев Д. Г. Роль микроорганизмов в биогенетических функциях почв / Д. Г. Звягинцев // Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М. : ГЕОС, 1999. – С. 113–121.
184. Звягинцев Д. Г. Строение и функционирование комплекса почвенных микроорганизмов / Д. Г. Звягинцев // Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М. : ГЕОС, 1999. – С. 101–112.
185. Звягинцев Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
186. Зенова Г. М. Роль метаболитов во взаимодействиях микроорганизмов в ассоциациях / Г. М. Зенова // Экологическая роль микробных метаболитов. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – С. 166–177.

187. Зінченко О. І. Рослинництво : підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко ; за ред. О. І. Зінченка. – К. : Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
188. Иорганский А. И. Изменение группового состава черноземов Восточного Казахстана при длительном земледельческом использовании / А. И. Иорганский, С. Б. Кененбаев // Проблема гумуса в земледелии : тез. докл. совещ. – Новосибирск, 1986. – С. 98.
189. Иутинская Г. А. Влияние севооборотов и бессменных посевов на микрофлору и плодородие орошаемых почв / Г. А. Иутинская, Н. Ф. Кигель, Н. И. Иванова // Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур. – Вильнюс, 1986. – С. 144–146.
190. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія : навч. посібн. / Г. О. Іутинська. – К. : Арістей, 2006. – 284 с.
191. Казаков Г. И. Влияние основной обработки почвы на трансформацию органических остатков и содержание гумуса / Г. И. Казаков, М. Ф. Мухутдинов // Интенсификация использования удобрений и химических средств защиты растений в земледелии. – Ульяновск, 1989. – С. 46–50.
192. Казюта Н. А. Влияние бесплужной обработки на агрофизические и агрохимические показатели чернозема типичного, урожай и качество зерна ячменя / Н. А. Казюта, С. Салаше // Плодородие почв при интенсивном земледелии : сб. науч. тр. Харьк. с.-х. ин-т. – Харьков, 1989. – С. 91–98.
193. Калинина К. Л. Особенности микробных сукцессий в зависимости от уровня влажности / К. Л. Калинина, П. А. Кожевин, Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1997. – № 4. – С. 518–521.
194. Калининская Т. А. Влияние соломы на деятельность азотфиксирующих микроорганизмов почвы / Т. А. Калининская //

- Использование соломы как органического удобрения. – М. : Наука, 1980. – С. 48–54.
195. Канівець В.І. Життя ґрунту / В.І. Канівець// К.: Аграрна наука, 2001. — 132 с.
196. Карпачевский Л. О. Роль биодиагностики в почвенных исследованиях / Л. О. Карпачевский // Биологическая диагностика почв. – М. : Наука, 1976. – С. 111–112.
197. Каштанов А. Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии: теоретические и методические аспекты / А. Н. Каштанов, А. М. Лыков, И. С. Кауричев // Вестн. с.-х. науки. – 1983. – № 12. – С. 60–68.
198. Каштанов А. Н. Теоретические и методические аспекты проблемы воспроизводства почвенного плодородия / А. Н. Каштанов, А. М. Лыков, И. С. Кауричев // Доклады симпозиумов УП делегатов съезда ВОП. – Ташкент, 1985. – Т. 6. – С. 89–101.
199. Келлерман В. В. Физико-химические свойства водоустойчивых агрегатов в различных типах почв СССР / В. В. Келлерман // Вопросы физико-химии почв и методы исследования. – М. : АН СССР. – 1959. – С. 60–69.
200. Кёршинс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота / М. Кёршинс // Почвоведение. – 1992. – № 10. – С. 122–131.
201. Кинетическое описание структуры комплексов почвенных актиномицетов / [Л. М. Полянская, Е. Г. Триггер, П. А. Кожевин и др.] // Микробиология. – 1988. – Т. 57, № 5. – С. 854–859.
202. Кирюшин Б. Д. Модификации длительных полевых стационарных опытов и их значение для научной агрономии и практического земледелия / Б. Д. Кирюшин // Известия ТСХА. – 2000. – Вып. 1. – С. 3–22.
203. Кирюшин В. И. Опыт изучения органического вещества в почвах Северного Казахстана при их сельскохозяйственном использовании /

- В. И. Кирюшин, Н. И. Лебедева // Почвоведение. – 1972. – № 8. – С. 128.
204. Кирюшин В. И. Влияние различных способов обработки на плодородие выщелоченных черноземов Приобья / В. И. Кирюшин, А. Н. Власенко, Л. Н. Иодко // Почвоведение. – 1991. – № 3. – С. 97–106.
205. Кисіль В. Д. Агрогрунтові райони степової чорноземної зони / В. Д. Кисіль // Агрохимия и почвоведение : респ. межвед. тем. сб. – К. : Урожай, 1969. – С. 12.
206. Кононова М. М. Органическое вещество и плодородие почвы / М. М. Кононова // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 6–20.
207. Колодяжний О. Ю. Порівняльна характеристика мікробіому чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої за різних систем землеробства / О. Ю. Колодяжний, М. В. Патика // Біоресурси і природокористування. – Т. 6, №34. – 2014. – С. 81–87.
208. Королев Н. Н. Изменение свойств чернозема при использовании в агроценозах / Н. Н. Королев, М. И. Сидоров // Науч. тр. Воронеж. с.-х. ин-та. – 1980. – Т. III. – С. 66–70.
209. Коулман Д. К. Распад и круговорот органического вещества и динамика питательных веществ в агроэкосистемах / Д. К. Коулман, К. В. Ко-ул, Э. Т. Эллиотт // Сельскохозяйственные экосистемы. – М. : Агропромиз-дат, 1987. – С. 85–104.
210. Якісна оцінка стану земель НДГ НУБіП України, охорона і відтворення їх родючості : навч. посіб. / [С. С. Кохан, **О. Л. Тонха**, А. Д. Балаєв та ін.]. – Х. : Майдан, 2009 – 250 с.
211. Красильников Н. А. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / Н.А. Красильников. – М. : Наука, 1966. – 213 с.
212. Красильников Н. А. Микроорганизмы почвы и высшие растения / Н. А. Красильников. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 463 с.

213. Кривич Н. Я. О влиянии удобрений на групповой состав и содержание гумуса в светло-серых лесных почвах / Н. Я. Кривич // Науч. тр. Укр. с.-х. акад. – 1975. – Вып. 135. – С. 24–29.
214. Криволицкий Д. А. Биоиндикация и мониторинг / Д. А. Криволицкий. – М. : Наука, 1991. – 288 с.
215. Круглов Ю. В. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / Ю. В. Круглов, В. И. Кирюшин, А. Л. Иванов. – М. : ФГНУ Росинформагротех, 2005. – 750 с.
216. Крохін С. В. Вплив сільськогосподарського використання на біологічну продуктивність і гумусовий стан цілинних та орних чорноземів Хомутовського степу / С. В. Крохін // Вісник ХДАУ. – 2001. – № 1. – С. 89–96.
217. Крохін С. В. Екологічний стан чорноземів Лівобережного лісостепу і степу України та його оцінка за показниками гумусового режиму : дис. на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук: спец. 03.00.16 «Екологія» / С. В. Крохін// – Харків, 2012. – 221 с.
218. Кудзин Ю. К. Влияние 50-летнего внесения навоза и минеральных удобрений на содержание и состав органического вещества черноземов / Ю. К. Кудзин, А. Я. Гетманец // Агрехимия. – 1968. – №5. – С. 3–8.
219. Кудяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В. Н. Кудяров. – М. : Наука, 1989. – 216 с.
220. Кулік А. Ф. Особливості мікрофлори ґрунтів степових та лісових байрачних біогеоценозів / А. Ф. Кулік, О. А. Бондаренко // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – 2013. – Вип. 42. – С. 72–77.
221. Кузнецова И. В. К оценке роли различных составных частей почвы в создании водопрочной почвенной структуры / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1966. – № 9. – С. 55–65.

222. Кузьминых Ю. В. Гумус черноземов при внесении соломы с минеральным азотом / Ю. В. Кузьминых // Химизация сел. хоз-ва. – 1992. – № 1. – С. 80–82.
223. Кулаковская Т. Н. Проблемы расширенного воспроизводства плодородия дерново-подзолистых почв в условиях нарастающей интенсивности сел. хоз-ва / Т. Н. Кулаковская // Вестн. с.-х. науки. – 1982. – № 9. – С. 33–34.
224. Куприченков М. Т. Баланс гумуса в черноземах Предкавказья при современной земледелии и средства его стабилизации/ М. Т. Куприченков, Т. Н. Антонова // Плодородие черноземов в связи с интенсиф. их использ. – М., 1991. – С. 238–241.
225. Биомасса и активность денитрифицирующих бактерий в дерново-подзолистых почвах при внесении минеральных удобрений / А. В. Кураков, Н. В. Костина, В. С. Егоров и др. // Почвоведение. – 2000. – № 5. – С. 584–589.
226. Кутузова Р. С. Микробное сообщество и анализ почвенно-микробиологических процессов в дерново-подзолистой почве / Р. С. Кутузова, Л. Б. Сирота, О. В. Орлова, Н. И. Воробьев // Почвоведение. – 2001. – № 3. – С. 320–332.
227. Лагутина Т. М. Изучение экологии почвообитающего фитопатогена *Verticillium dahliae* Kleb. методом мембранных камер : автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 06.01.04 энтомология/ Т. М. Лагутина. – Л., 1985. – 17 с.
228. Лавренко Е. М. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням / Е. М. Лавренко, В. Н. Андреев, В. Л. Леонтьев // Ботан. журн. – 1955. – Т. 40, №3. – С. 415–419.
229. Лактионов Н. И. Агрочвоведение о гумусе / Н. И. Лактионов, В. В. Дегтярев, И. В. Карпенко // В. В. Докучаев и современное

- почвоведение : сб. науч. тр., посвящ. 100-летию каф. почвоведения ХГАУ. – Харьков, 1994. – С. 16–23.
230. Лактионов Н. И. Органическая часть почвы в агрономическом аспекте : монография / Н. И. Лактионов / Харьк. гос. аграр. ун-т им. В. В. Докучаева. – Харьков, 1998. – 122 с.
231. Ландшафтна екологія : навч. посіб. / О. І. Бондар, Ю. В. Пилипенко, Д. С. Мальчикова, О. В. Машкова. – К. : Олді-Плюс, 2011. – 176 с.
232. Левин Ф. И. Влияние систематического применения удобрений на образование подвижных гумусовых кислот в дерново-подзолистой почве / Ф. И. Левин, Е. А. Денисова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17 «Почвоведение». – 1984. – № 4. – С. 40–45.
233. Ленгелер И. Современная микробиология. Прокариоты : в 2-х томах / И. Ленгелер, Г. Дреус, Г. Шлегель. – М. : Мир, 2005. – Т. 1. – 656 с.; Т. 2. – 496 с.
234. Лешков А. П. Роль органических удобрений в увеличении плодородия почв засушливой степи Западной Сибири / А. П. Лешков // Эффективн. использов. целин. земель Алтая. – Новосибирск, 1980. – С. 104–109.
235. Лисовал А. П. Влияние растений и удобрений на содержание подвижных гуминовых и фульвокислот в почве / А.П. Лисовал // Агрохимия. – 1965. – № 4. – С. 72–77.
236. Лыков А. М. Воспроизводство органического вещества почвы в современных системах земледелия / А. М. Лыков // Земледелие. – 1988. – № 9. – С. 20–22.
237. Лыков А. М. Гумус и плодородие почвы / А. М. Лыков. – М. : Моск.рабочий, 1985. – 192 с.
238. Лыков А. М. Оценка гумуса почв по характеристике его лабильной части / А. М. Лыков, В. А. Черников, Б. П. Боинган // Изв. ТСХА. – М., 1981. – Вып. 5. – С. 65–70.
239. Лысак Л. В. Методы оценки бактериального разнообразия почв и

- идентификации почвенных бактерий / Л. В. Лысак, Т. Г. Добровольская, И. Н. Скворцова. – М. : МАКС Пресс, 2003. – 120 с.
240. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів : монографія / Г. А. Мазур. – К. : Аграрна наука, 2008. – 308 с.
241. Мазур Г. А. Географічні закономірності зміни вмісту гумусу в ґрунтах Полісся та Лісостепу України / Г. А. Мазур, В. К. Міщук, М. М. Єрмолаєв // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. тем. зб. Кн. 1: Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України : спеціальний випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків, 2002. – С. 118–119.
242. Мазур Г. А. Гумус і родючість ґрунту / Г. А. Мазур // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. тем. зб. Кн. 1: Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України : спеціальний випуск до VI з'їзду УТГА. – Харків, 2002. – С. 27–33.
243. Мазуро П. И. Растительные остатки полевых культур севооборота и их влияние на некоторые показатели плодородия легких супесчаных почв / П. И. Мазуро // Агрохимия. – 1981. – № 6. – С. 93–101.
244. Макарчук О. Л. (Тонха О. Л.) Зміна біологічної активності і стану гумусу в лучно-чорноземному ґрунті Андрушівського агроґрунтового району : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.03 агроґрунтознавство і агрофізика / О. Л. Макарчук. – Київ, 2000. – 17 с.
245. Малиновська І. М. Чисельність та фізіолого-біохімічна активність мікроорганізмів горизонтів сірого лісового ґрунту / І. М. Малиновська, М. А. Ткаченко // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – 2015. – Вип. 4. – С. 13–24.
246. Малярчук М. П. Агроекологічне обґрунтування основного обробітку ґрунту в сівозмінах на меліоративних землях південного Степу України : автореф. дис. ... д-ра. с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство». –К., 2005. – 40 с.

247. Манько Ю. П. Методика оцінки адекватності явищ і технологій у землеробстві : зб. Наук. праць / Ю. П. Манько // Інституту цукрових буряків, 2007. – С. 26–31.
248. Медведєв В. В. О влиянии навоза на структурное и гумусовое состояние чернозема типичного / В. В. Медведєв, Т. Н. Лактионова, Н. О. Кобзар // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. наук. тем. зб. – Харків : Штрих, 2001. – Вип. 62. – С. 21–26.
249. Мікробіологія ґрунту. Терміни та визначення : ДСТУ 3750-98. – [Чинний від 1999-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 9 с. – (Національні стандарти України).
250. Мельничук А. О. Цикл карбону та азоту за різних систем удобрення в сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті в Поліссі / А. О. Мельничук., М. Ю. Тараріко // Збалансоване природокористування – 2015. – № 1. – С. 53–56.
251. Актуальні проблеми стану земель сільськогосподарського призначення в Україні / Д. О. Мельничук, Н. М. Рідей, **О. Л. Тонха**, О. Є. Бикова // Збірник наукових праць Подільського ДАТУ. – Кам'янець-Подільський, 2007. – № 15. – С. 13–16.
252. Методичні рекомендації з застосування ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур в Правобережному Лісостепу України / [Балаєв А. Д., Богданович Р. П., **Тонха О. Л.**, Предоляк М. О.]. – Київ, 2008. – 35 с.
253. Методичні рекомендації з застосування ресурсоощадних технологій вирощування озимої пшениці в короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу України / [Балаєв А. Д., **Тонха О. Л.**, Козак В. М., Карабач К. С.]. – Київ, 2011. – 35 с.
254. Методичні рекомендації з застосування ресурсоощадних технологій вирощування озимої пшениці в короткоротаційних сівозмінах / [Бикін А. В., Балаєв А. Д., Тонха О. Л. та ін.]. – Київ, 2014. – 35 с.

255. Михайлина В. И. Влияние длительного окультуривания на состав гумуса дерново-подзолистых пылевато-суглинистых почв / В. И. Михайлина, Н. Н. Поддубный // Изв. Тимирязевск. с.-х. акад. – 1967. – № 4. – С. 112.
256. Мишустин Е. Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов / Е. Н. Мишустин. – М., 1975. – 256 с.
257. Мишустин Е. Н. Лабильная часть почвенной макроструктуры / Е. Н. Мишустин // Почвоведение. – 1945. – № 2. – С. 122–130.
258. Мишустин Е. Н. Микробиология : учебник / Е. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 368 с.
259. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е. Н. Мишустин. – М. : Наука, 1972. – 343 с.
260. Мишустин Е. Н. Роль микробиологического фактора в образовании почвенной структуры / Е. Н. Мишустин, О. И. Пушкинская // Микробиология. – 1938. – Т. 7. – С. 198.
261. Моргунова О. І. Гумусовий стан та азотний режим темно-каштанових ґрунтів України / О. І. Моргунова // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія» : зб. наук. пр. – 2012. – № 3. – С. 54–59.
262. Моргунова О. І. Уміст гумусу в чорноземах звичайних Українського державного степового заповідника «Хомутовський степ» (повідомлення перше) / О. І. Моргунова // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія» : зб. наук. пр. – 2010. – Т.4. – С. 52–57.
263. Москалевська Ю. П. Функціональне різноманіття мікробіоти чорнозему типового при вирощуванні буряка цукрового / Ю. П. Москалевська, М. В. Патики // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2014. – Вип. 85. – С. 47–54.

264. Москалевская Ю. П. Микробная трансформация углеродсодержащих веществ ризосферы сахарной свеклы в различных агроценозах / Ю. П. Москалевская, М. В. Патыка // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2014. – № 21. – С. 138–143.
265. Москалевська Ю. П. Структурно-функціональне формування метагеному прокаріот ризосфери буряків цукрових в чорноземі типовому / Ю. П. Москалевська, М. В. Патики // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – 2014. – №1–2. – С. 69–76.
266. Муха В. Д. Влияние интенсификации земледелия на антропогенную эволюцию и плодородие типичных черноземов левобережной Лесостепи УССР / В. Д. Муха // Плодородие черноземов в связи с интенсиф. их использ. – М., 1991. – С. 49–54.
267. Назарова А. В. О трансформации гуминовых кислот почв при сельскохозяйственном использовании / А. В. Назарова // Органическое вещество в почвообразовании и плодородии почв : тез. докл. Всесоюз. науч. конф. – Л., 1986. – С. 6–7.
268. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2013 році / М-во екол. та природних ресурсів України ; підгот.: О. І. Бондар, О. М. Байрак, В. Є. Барановська. – К. : Грінь Д. С., 2015. – 292 с.
269. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів : монографія / [Присяжнюк М. В., Мельник С. І., Майстренко М. І., **Тонха О. Л.** та ін.]. – К. : ТОВ «Вік Принт». – 2010. – 107 с.
270. Никитаева Н. Н. К балансу гумуса чернозема типичного в зерносвекловичном севообороте / Н. Н. Никитаева // Агрохимия. – 1992. – № 2. – С. 83–86.

271. Никитин Б. А. Определение уровня плодородия почвы / Б. А. Никитин // Плодородие почв: проблемы, исследования, модели : науч. тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1985. – С. 51–56.
272. Никитин Д. И. Современные представления о бактериальной олиготрофии / Д. И. Никитин // Перспективы развития почвенной биологии. – М. : МАКС Пресс, 2001. – С. 73–76.
273. Никитин Е. Д. Почва как биокосная полифункциональная система: разнообразие и взаимосвязь почвенных экотипов / Е. Д. Никитин, Г. В. Добровольский // Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М. : ГЕОС, 1999. – С. 74–81.
274. Значение природных и антропогенных факторов и микробиологической трансформации растительных остатков / [Нице Л. К., Сидоренко О. Д., Брук М. Х., Дзысюк С. А.] // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза : тез. докл. Всесоюз. симпоз. – Алма-Ата, 1982. – С. 140–141.
275. Біогенність чорноземів типових Українського степового заповідника (відділення «Михайлівська цілина») / [К. Б. Новосад, Д. В. Гавва, А. В. Ревтьє, М. М. Фісюнов] // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія» : зб. наук. пр. – 2010. – № 5. – С. 67–75.
276. Новосад К. Б. Еволюція чорноземів типових глибоких південно-східного Лісостепу України під різними фітоценозами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.03 «Агроґрунтознавство і агрофізика» / К. Б. Новосад. – Харків, 2004. – 21 с.
277. Нестеров Г. І. Рухомість органічних речовин у чорноземі типовому / Г. І. Нестеров, **О. Л. Тонха** // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 2. – С. 15–21.

278. Носко Б. С. Гумусовое состояние почв Украины и пути его регулирования / Б. С. Носко, А. А. Бацула, Г. Я. Чесняк // Почвоведение. – 1992. – № 10. – С. 33–39.
279. Овчинникова М. Г. Действие и последствие длительного применения агрохимических средств на гумусное состояние и биопродуктивность дерновоподзолистой почвы / М. Г. Овчинникова, Н. Ф. Гомонова, В. Г. Минеев // Почвоведение. – 2003. – № 4. – С. 41–44.
280. Одум Ю. Свойства агроэкосистем / Ю. Одум // Сельскохозяйственные экосистемы. – М. : Агропромиздат, 1987. – С. 12–18.
281. Одум Ю. Экология : в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.; Т. 2. – 376 с.
282. Олейник В. А. Изменение содержания гумуса при интенсивном земледелии / В. А. Олейник // Изменение почв под влиянием антропогенных факторов. – Кишинев, 1987. – С. 101–105.
283. Определитель бактерий Берджи : в 2-х т. / [под ред. Дж. Хоулта и др.]. – М. : Мир, 1997. – 368 с.
284. Оптимальные параметры плодородия почв / [Т. Н. Кулаковская, В. Ю. Кнашис, И. М. Богдевич и др.]; под ред. акад. ВАСХНИЛ Т.Н. Кулаковской. – М. : Колос, 1984. – 271 с.
285. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М. : МГУ, 1990. – 325 с.
286. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв / Д. С. Орлов. – М. : МГУ, 1974. – С. 126–177.
287. Орлов Д. С. Об идентификации гумусовых кислот / Д. С. Орлов // Вест. МГУ. Серия «Биология». – 1969. – № 5. – С. 73.
288. Орлов Д. С. Особенности спектров поглощения и распространение гумусовых веществ Р-типа в почвах СССР / Д. С. Орлов // Почвоведение. – 1968. – №10. – С. 49–59.

289. Орлов Д. С. Почвенные фульвокислоты: история их изучения, значение и реальность / Д. С. Орлов // Почвоведение. – 1999. – № 9. – С. 1165–1171.
290. Орлов Д. С. Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М. : МГУ, 1981. – 272 с.
291. Орлов Д. С. Проблемы контроля и улучшения гумусового состояния почв / Д. С. Орлов // Науч. докл. МГУ. – М. : МГУ, 1981. – № 2. – С. 9–20.
292. Орлов Д. С. Спектрофотометрический анализ гумусовых веществ / Д. С. Орлов // Почвоведение. – 1966. – № 11. – С. 84–94.
293. Орлов Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М. : МГУ, 1985. – 376 с.
294. Орловский Н. В. К проблеме травополя в сухих районах / Н. В. Орловский // Химизация соц. землед. – 1935. – № 7–8. – С. 10–15.
295. Пат. РФ № 2086642. МПК7 С 12N 1/00, 1/20, С12Q 1/4. Способ определения родового (видового) состава ассоциации микроорганизмов / Осипов Г. А. – Заявл. 24.12.1993; зарегистрировано в гос.реестре 10.08.97, Бюл. № 22. – 12 с.
296. Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості : навч. посіб. / [Забалуєв В. О., Балаєв А. Д., **Тонха О. Л.** та ін.]. – К., 2013. – 320 с.
297. Охорона земель та сталe землекористування : наук.-метод. посіб. / Н. М. Рідей, **О. Л. Тонха**, Д. Л. Шофолов. – Луганськ : Вид-во ТОВ «ПРОГТЕХСНАБ», 2013. – 250 с.
298. Порівняння якісного стану гумусових речовин цілинних і оброблюваних чорноземів методом десорбційної мас-спектрометрії / Б. Б. Паляница, М. Ф. Бережняк, **О. Л. Тонха** та ін. // Всеукр. конф. з міжнар. участю «Актуальні проблеми хімії та фізики поверхні». – Київ, 2011. – С. 295–297.
299. Паляница Б. Б. Використання методу десорбційної мас-спектрометрії для характеристики якісного складу гумусових речовин чорноземів // Б. Б. Паляница, **О. Л. Тонха**, Т. В. Кулик // Вісник

- Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2013. – № 1. – С. 45–50.
300. Сравнительная характеристика качественного состояния гумусовых веществ целинных и обрабатываемых почв методом десорбционной масс-спектрометрии / Б. Б. Паляница, М. Ф. Бережнюк, **О. Л. Тонха** и др. // Поверхность. – 2012. – № 4 (19). – С. 174–185.
301. Парниковий ефект і ґрунтозахисне землеробство / [Шикула М. К., Рідей Н. М., **Тонха О. Л.** та ін.] // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2004. – № 1. – С. 261–265.
302. Пати́ка В. П. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В. П. Пати́ка, І. А. Тихонович, І. Д. Філіп'єв.// – К. : Урожай, 1993. – 176 с.
303. Біологічний азот : монографія / В. П. Пати́ка, С. Я. Коць, В. В. Волкогон та ін. ; за ред. акад. УААН В. П. Пати́ки. – К. : СВІТ, 2003. – 424 с.
304. Оценка биологической активности подзолистых почв / Н. В. Паты́ка, Н. П. Аврова, Ю. П. Круглов и др. // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – 2008. – С. 204–210.
305. Пати́ка В. П. Біологічний азот [Монографія] за ред. акад. УААН В. П. Пати́ки. / В. П. Пати́ка, С. Я. Коць, В. В. Волкогон та ін. //– К.: СВІТ, 2003. – 424с.
306. Пилипенко С. О. Вплив різних способів основного обробітку ґрунту на продуктивність цукрових буряків в лівобережному Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / С. О. Пилипенко. – Дніпропетровськ, 2008. – 20 с.
307. Перчук В. В. Взаємодія рослин кукурудзи з бур'янами при застосуванні різних видів сидератів та систем основного обробітку

- грунту в Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / В. В. Перчук. – К., 2008. – 20 с.
308. Пестряков В. К. Почва – почвообразование – плодородие / В. К. Пестряков, В. П. Цыпленков // Тр. Биол. НИИ ЛГУ. – Л., 1990. – № 41. – С. 227–245.
309. Петренко Л. Р. Модель прогнозу змін вмісту гумусу в ґрунті та його верифікація / Л. Р. Петренко, Ю. П. Манько, О. А. Цюк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агронімія». – К., 2013. – Вип. 183, ч. 2. – С. 153–162
310. Покудин Г. П. Проблема сохранения гумуса в черноземах юго-востока ЦЧЗ / Г. П. Покудин // Состояние черноземов и повышение их плодородия. – Каменная степь, 1989. – С. 30–35.
311. Половицкий И. Я. Черноземы Крыма и их плодородие в интенсивном земледелии / И. Я. Половицкий, П. Г. Гусев // Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования. – М., 1991. – С. 218–228.
312. Полупан М. І. Класифікація ґрунтів України / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. А. Величко // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. тем. наук. зб. Кн. 1: Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України : Спец. вип. до VI з'їзду УТГА. – Харків, 2002. – С. 129–138.
313. Полупан М. І. Функціонально-екологічні параметри ґрунотворення, його діагностика та класифікація / М. І. Полупан // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. тем. наук. зб. Ч. 1: Ґрунти – екологія – продовольство: Спец. вип. до V з'їзду УТГА. – Харків, 1998. – С. 32–37.
314. Полупан Н. И. Полевой определитель почв / Н. И. Полупан, Б. С. Носко, В. П. Кузьмичёв. – К. : Урожай, 1981. – 320 с.
315. Полупан Н. И. Современное развитие, классификация и пути повышения плодородия почв южной и сухой степи Украины: дис. ...

докт. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агрочвоведение и агрофизика» / Николай Иванович Полупан. – Харьков, 1985. – 523 с.

316. Полупан Н. И. Характер и интенсивность гумусообразования в почвах зоны южной и сухой степи Украины при различных антропогенных воздействиях / Н. И. Полупан // Агрехимия. – 1986. – № 12. – С. 62–72.
317. Полянская Л. М. Биомасса грибов в различных типах почв / Л. М. Полянская, В. В. Гейдебрехт, Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1995. – № 5. – С. 566–572.
318. Полянская Л. М. Изменение состава микробной биомассы в почве при окультуривании / Л. М. Полянская, С. М. Лукин, Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1997. – №2. – С. 206–212.
319. Изменение структуры комплекса почвенных микромицетов в ходе микробных сукцессий / [Л. М. Полянская, Г. М. Мирчинк, П. А. Кожевин и др.] // Микробиология. – 1990. – Т. 59, №2. – С. 349–354.
320. Пономарева В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л. : Наука, 1980. – С. 100–104.
321. Практикум з ґрунтознавства : навч. посібник / [Д. Г. Тихоненко, В. В. Дегтярьов, С. В. Крохін та ін.] ; за ред. проф. Д. Г. Тихоненка, В. В. Дегтярьова. – Харків : Майдан, 2009. – 448 с.
322. Практикум по микробиологии : учеб. пособие для студ. высш. учебн. заведений / А. И. Нетрусов, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук и др. ; под ред. А. И. Нетрусова. – М. : Академия, 2005. – 608 с.
323. Примак І.Д. Мікробіологічна активність чорнозему типового і продуктивність плодозмінної сівозміни за різних систем механічного обробітку ґрунту в центральному лісостепу України/ І. Д. Примак, А. П. Боканча // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Біологія». – 2009. – Вип. 26. – С. 220–224.
324. Прасолов Л. И. О черноземе Приазовских степей / Л. И. Прасолов // Почвоведение. – 1916. – № 1. – С. 23–46.

325. Использование электронной микроскопии спор в систематике актиномицетов / Т. П. Преображенская, Е. С. Кудрина, М. А. Свешникова, Т. С. Максимова. – Микробиология. – 1959. – Т. 28, вып. 4. – С. 623.
326. Проворов Н. А. Сравнительная генетика и эволюционная морфология симбиозов растений с микробами-азотфиксаторами и эндомикоризными грибами / Н. А. Проворов, А. Ю. Борисов, И. А. Тихонович // Журнал общей биологии. – 2002. – Т. 63, № 6. – С. 451–472.
327. Пухова Н. Ю. Структура микробного сообщества чернозема выщелоченного в зависимости от антропогенной загрузки / Н. Ю. Пухова, Н. В. Верховцева, Г. Е. Ларина // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 4. – С. 42–47.
328. Работнова И. Л. Ингибиторы роста и метаболизм микроорганизмов / И. Л. Работнова // Лимитирование и ингибирование микробиологических процессов. – Пушкино : ОНТИ НЦБИ, 1980. – С. 3–21.
329. Рабочев И. С. Расширенное воспроизводство почвенного плодородия / И. С. Рабочев, И. Е. Королева. – М. : Знание, 1983. – 64 с.
330. Развитие представлений о структуре микробных сообществ / [Д. Г. Звягинцев, Т. Г. Добровольская, И. П. Бабьева и др.] // Почвоведение. – 1999. – № 1. – С. 134–144.
331. Распределение численности и биомассы микроорганизмов по профилю зональных типов почв / [Л. М. Полянская, В. В. Гейдебрехт, А. Л. Степанов и др.] // Почвоведение. – 1995. – № 3. – С. 322–328.
332. Комплексна агроекологічна оцінка земель ВП НУБІП України. Частина 2. Агрономічна дослідна станція : науково-методичний посібник / Н. М. Рідей, **О. Л. Тонха**, В. П. Строкаль та ін. – К. : Вид-во УкрДГРІ, 2009. – 100 с.

333. Рідей Н. М. Охорона земель та стале землекористування : науково-методичний посібник / Н. М. Рідей, **О. Л. Тонха**, Д. Л. Шофолов. – Луганськ : Вид-во ТОВ «ПРОГТЕХСНАБ», 2010. – 250 с.
334. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління / [В. В. Медведєв, Г. Я. Чесняк, М. І. Полупан та ін.]; за ред. В.В. Медведєва. – К. : Урожай, 1992. – 248 с.
335. Роль длительного применения удобрений в повышении плодородия и продуктивности пойменных почв в интенсивном овощеводстве / Л. И. Кораблева, В. А. Борисов, Т. А. Бойко, Л. С. Лебедева // Агрохимия. – 1981. – № 6. – С. 50–51.
336. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів / І. К. Курдиш // Сільськогосподарська мікробіологія : Міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів, 2009. – Вип. 9. – С. 7–32.
337. Роль некоторых компонентов органической части почвы в структурообразовании / Н. И. Лактионов, В. В. Дегтярев, И. В. Карпенко, Д. Азокли // Тезисы докл. III съезда почвоведов и агрохимиков Укр. ССР, 11–14 сент. 1990 г. – Харьков, 1990. – С. 100–102.
338. Романенко М. Д. Азот и гумус почвы при длительном применении удобрений в садах / М. Д. Романенко // Агрохимия. – 1964. – № 7. – С. 35–40.
339. Салина О. А. К вопросу о токсических свойствах некоторых видов грибов рода *Trichoderma* / О. А. Салина, А. Ю. Лугаускас // Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур. – Вильнюс, 1986. – С. 331–337.
340. Самойлов Т. И. Динамика запасов микробного азота в серой лесной почве с различным сельскохозяйственным использованием / Т. И. Самойлов, С. А. Благодатский // Комплексное изучение биопродуктивности агроценозов. – Пушино, 1988. – С. 195–199.

341. Самойлова Е. М. Органическое вещество почв черноземной зоны / Е. М. Самойлова, А. П. Сизов, В. П. Яковченко. – К. : Наукова думка, 1990. – 120 с.
342. Санжарова С. И. Структурное состояние чернозема типичного разной длительности сельскохозяйственного использования / С. И. Санжарова, В. Н. Бганцов, Е. Б. Скворцова // Микроморфол. антропоген. измененных почв. – М., 1988. – С. 64–74.
343. Свентицкий И. И. Основные принципы биоэнергетического системного подхода при сельскохозяйственном использовании земель / И. И. Свентицкий // Вопросы инженерной экологии землепользования. – М., 1980. – Вып. 96.
344. Свистова И. Д. Биодинамика микробного сообщества почвы в антропогенных экосистемах Лесостепи : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / И. Д. Свистова. – Петрозаводск, 2005. – 50 с.
345. Симочко Л. Ю. Біологічна активність ґрунту природних та антропогенних екосистем в умовах низинної частини Закарпаття / Л. Ю. Симочко // Науковий вісник Ужгородського ун-ту. – Ужгород, 2008. – № 22. – С. 152–154.
346. Синявін В. Д. Вплив способів основного обробітку ґрунту на урожайність гороху в умовах південно-східного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / В. Д. Синявін. – К., 2004. – 22 с.
347. Скалига О. С. Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та рівнів удобрення в центральному Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / О. С. Скалига. – Дніпропетровськ, 2008. – 19 с.
348. Скрильник Є. В. Вплив різних факторів на процеси трансформації органічних речовин під час створення комплексних органо-

- мінеральних добрив / Є. В. Скрильник, О. О. Бацула, В. В. Зіменко // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія»: зб. наук. пр. [Електронний ресурс]. – 2004. – № 6. – Режим доступу: <http://lib.znate.ru/docs/index-143787.html?page=24>.
349. Вплив антропогенних факторів на гумусний стан і вміст поживних речовин у чорноземі типовому / Є. В. Скрильник, А. М. Кутова, Я. С. Філімончук та ін. // Вісник аграрної науки. – 2015. – № 9. – С. 12–16.
350. Сравнительная характеристика качественного состояния гумусовых веществ целинных и обрабатываемых почв методом десорбционной масс-спектрометрии / [Паляница Б. Б., Бережнюк М. Ф., **Тонха О. Л.** и др.] // Поверхность. – 2012. – Вып. 4 (19). – С. 174–185.
351. Смаглій О. Ф. Альтернативне землеробство в короткоротаційних сівозмінах Полісся / О.Ф. Смаглій, Б.В. Матвійчук, Т.В. Радько // Вісник ЖНАЕУ. – Житомир, 2010. – № 1. – С. 36–51.
352. Танчик С. П. Розвиток органічного землеробства в Україні / С. П. Танчик, А. А. Цюк, С. О. В'ялий // Вісник аграрної науки. – 2009. – №1. – С. 11–15.
353. Танчик С. П. Відтворення родючості ґрунтів за різних систем землеробства / С. П. Танчик, О. С. Павлов // Науковий вісник НУБіП України. – 2013. – № 183, ч. 2. – С. 135–142.
354. Тараріко О. Г. Проблеми сучасного землеробства і охорони ґрунтів в Україні: аналіз, стан і пропозиції / О. Г. Тараріко // Вісн. аграр. науки. – 1996. – № 1. – С. 15–21.
355. Теппер Е. З. Микроорганизмы рода *Noctuidia* и разложение гумуса / Е. З. Теппер. – М. : Наука, 1976. – 198 с.
356. Титова В. И. Методы оценки функционирования микробценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества :

научно-методическое пособие / В. И. Титова, А. В. Козлов. – Нижний Новгород, 2012. – 64 с.

357. Титова Н. А. Трансформация органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв / Н. А. Титова, Б. М. Когут // Итоги науки и техн. Серия «Почвоведение и агрохимия». – ВИНТИ, 1991. – С. 3–155.
358. Тихоненко Д. Г. Значення «Русского чернозема» В. В. Докучаєва в розвитку ґрунтознавства / Д.Г. Тихоненко // Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство» : зб. наук. пр. – Харків, 2009. – №1. – С. 5–12.
359. Тихоненко Д. Г. Головні закономірності розвитку агрогенних ґрунтів України / Д. Г. Тихоненко // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, еволюція ґрунтів» : зб. наук. пр. – Харків, 2015. – № 2. – С. 5–11.
360. Тихоненко Д. Г. Влияние лесной растительности на некоторые физические, физико-химические и химические показатели черноземов типичных в лесоаграрном ландшафте Лесостепи СССР / Д. Г. Тихоненко, А. Б. Величко, Л. Л. Величко // Состав, свойства и плодородие почв Украины : сб. науч. тр. Харьк. с.-х. ин-та им. В. В. Докучаева. – Х. : РИО Харьк. СХИ, 1990. – С. 15–25.
361. Ткаченко В. С. Втрати енергії степовими екосистемами за різних видів їх експлуатації та енергетичні основи сукцесійної стабільності степу / В. С. Ткаченко // Український фітоценологічний збірник. – Київ, 2007. – Сер. С, вип. 25. – С. 4–19.
362. Ткаченко В. С. Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику / В. С. Ткаченко. – К. : Фітосоціоцентр, 2004. – 184 с.
363. Ткаченко М. А. Вплив побічної продукції на відтворення гумусу за органічного землеробства / М. А. Ткаченко, Т. І. Григора // Збірник

наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – 2013. – Вип. 1–2. – С. 10–15.

364. Ткаченко М. А. Хід трансформації органічної речовини сірого лісового ґрунту залежно від доз мінеральних добрив / М. А. Ткаченко, Т. І. Григора // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво міжвідомчий тематичний науковий збірник. – 2015. – № 58. – С. 60–65.
365. **Тонха О. Л.** Агроекологічні особливості застосування ресурсощадних технологій вирощування культур в умовах Північного степу України / О. Л. Тонха, Т. М. Мельник // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, еволюція ґрунтів» : зб. наук. пр. – 2008. – № 2. – С. 188–192.
366. **Тонха О. Л.** Біогенність чорнозему типового за різного обробітку ґрунту / О. Л. Тонха, Т. В. Євтушенко, О. В. Демиденко // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, еволюція ґрунтів» : зб. наук. пр. – 2010. – № 2. – С. 45–51.
367. **Тонха О. Л.** Мікробна трансформація органічної речовини чорнозему типового за різних обробітків ґрунту / О. Л. Тонха, Т. В. Євтушенко // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, еволюція ґрунтів» : зб. наук. пр. – 2012. – № 4. – С. 61–66.
368. **Тонха О. Л.** Біогенність та склад мікробних ценозів цілинних і освоєних чорноземів Українського степового заповідника (відділення «Михайлівська цілина») / О. Л. Тонха // Науковий вісник НУБіП України. – 2011. – № 162, ч. 2. – С. 100–106.
369. **Тонха О. Л.** Мікробний ценоз і органічна речовина чорноземів Українського степового природного заповідника (відділення «Михайлівська цілина») за різного їх використання / О. Л. Тонха // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія,

землеробство, лісове господарство, еволюція ґрунтів» : зб. наук. пр. – 2011. – № 1. – С. 101–107.

370. **Тонха О. Л.** Молекулярно-генетична оцінка прокаріотного комплексу чорнозему типового / О. Л. Тонха // Вісник аграрної науки. – № 1. – 2012. – С. 38–41.
371. **Тонха О. Л.** Оцінка поліморфізму прокаріотного комплексу чорноземів типових молекулярно-генетичними методами / О. Л. Тонха, М. В. Патица // Біоресурси і природокористування. Науковий журнал : Т. 4. – 2012. – № 1–2. – С. 58–66.
372. Травникова Л. С. Роль продуктів взаємодії органічної і мінеральної складових в генезисі і плодородії ґрунтів / Л. С. Травникова, Н. А. Титова, М. Ш. Шаймухаметов // Почвоведение. – 1992. – № 10. – С. 81–96.
373. Тюрін І. В. К вопросу о природе фульвокислот почвенного гумуса / І. В. Тюрін // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – М., 1940. – Т. 23. – С. 23–40.
374. Тюрін І. В. К характеристике состава и свойств гуминовых кислот, растворимых в разведенных щелочах непосредственно и после декальцирования / І. В. Тюрін, О. А. Найденова // Тр. Почвенного ин-та АН СССР. – М., 1951. – Т. 38. – С. 59–64.
375. Тюрін І. В. О формах связи органического вещества в почве / І. В. Тюрін // Докл. на уч. совете Почв. ин-та АН СССР. – М. : АН СССР, 1948. – С. 13–19.
376. Тюрін І. В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии / І. В. Тюрін. – М. : Сельхозгиз, 1937. – 291 с.
377. Український природний степовий заповідник. Рослинний світ / [В. С. Ткаченко, Я. П. Дідух, А. П. Генів та ін.]. – К. : Фітосоціоцентр, 1998. – 280 с.

378. Умарова Д. Д. Влияние удобрений и севооборота на агрохимические свойства и агрегатный состав темных сероземов Чимкентской области / Д. Д. Умарова // Материалы 10-й конф. молодых ученых Узбекистана по сел. хоз-ву. Секция «Почвоведения, агрохимии, общ. земледелия». – Ташкент, 1980. – С. 121–125.
379. Унгурян В. Г. Сравнительная оценка гумусности типичного и карбонатного черноземов в связи с применением удобрений / В. Г. Унгурян, Л. К. Илашку // Удобрение, плодородие почв и продуктивность с.-х. культур в Молдавии. – Кишинев, 1986. – С. 64–74.
380. Федоренко О. І. Основи екології : підручник / О. І. Федоренко, О. І. Бондар, А. В. Кудін. – К. : Знання, 2006. – 543 с.
381. Фокин Д.В. Участие микроорганизмов в трансформации гумуса почв / Д. В. Фокин, Л. М. Дмитраков, О. А. Соколов // Агрохимия. – 1999. – № 9. – С. 79–91.
382. Чекар О. Ю. Роль гумусу в стабілізації ґрунтових процесів у чорноземах типових лівобережного Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.03 «Агроґрунтознавство і агрофізика» / О. Ю. Чекар. – Харків, 2001. – 20 с.
383. Чекар О. Ю. Якісні зміни гумусу чорноземів типових під впливом антропогенного фактора / О.Ю. Чекар // Вісник ХНАУ. – 2009. – №3. – С. 64-68.
384. Чесняк Г. Я. Вплив сільськогосподарських культур сівозміни та добрив на вміст гумусу в чорноземі типовому глибокому / Г. Я. Чесняк // Землеробство. – К. : Урожай. – Вип. 51. – 1980. – С. 60–65.
385. Чесняк О. А. Динамика влажности в мощном черноземе целины и распахиваемых участков / О. А. Чесняк, Г. Я. Чесняк // Тезисы докл. на науч. конф. Харьк. с.-х. ин-та. – Харьков, 1966. – Вып. 3. – С. 15–16.

386. Шамаракова Е. В. Влияние систематического внесения удобрений на плодородие обыкновенного чернозема / Е. В. Шамаракова // Науч.-техн. бюл. НИИ масл. культур. – 1990. – № 4. – С. 202.
387. Шапошникова И. М. Изменение органического вещества почв при их сельскохозяйственном использовании / И. М. Шапошникова, А. А. Новиков // Почвоведение. – 1986. – № 8. – С. 58–62.
388. Шарков И. Н. Запас негумифицированных растительных остатков и биологическая активность выщелоченного чернозема при минимализации основной обработки / И. Н. Шарков, А. А. Данилова, В. Н. Халимон // Почвоведение. – 1991. – № 12. – С. 130–135.
389. Шевченко І. П. Вплив способів обробітку і добрив на стан мікробного ценозу та фітотоксичні властивості чорнозему типового еродованого / І. П. Шевченко, Ю. О. Драч, С. В. Яценко // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 10. – С. 12–15.
390. Шевченко Г. А. Гумусное состояние черноземов степной зоны ЦЧО / Г. А. Шевченко // Тез. докл. 7-го делегат. съезда Всесоюз. о-ва почвоведов, 9–13 сент. 1985. – Ташкент, 1985. – Ч. 2.
391. Шевченко Г. А. Гумусное состояние черноземов ЦЧО / Г. А. Шевченко, А. П. Щербаков // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 50–56.
392. Шеховцева О. Г. Трансформація органічної речовини як екологічний індикатор порушення рівноваги в ґрунтах урбанізованих екосистем / О. Г. Шеховцева // Вісник Запорізького національного університету. – 2010. – № 2. – С. 106–110.
393. Шевченко М. В. Вплив різних способів основного обробітку ґрунту на умови росту та продуктивність культур зернопросапної ланки сівозміни в умовах Лівобережного Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / Микола Вікторович Шевченко. – К., 1997. – 133 с.

394. Шеин Е. В. Перенос микроорганизмов в почве: физико-химический подход и математическое описание / Е. В. Шеин, Л. М. Полянская, Б. А. Девин // Почвоведение. – 2002. – № 5. – С. 564–573.
395. Шикула М. К. Адаптація ґрунтозахисних технологій в Степу України / М. К. Шикула, **О. Л. Тонха**, О. Франко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2000. – Вип. 32. – С. 287–293.
396. Шикула М. К. Вміст гумусу та азоту в чорноземі звичайному під впливом мінімалізації обробітку / М. К. Шикула, **О. Л. Тонха**, О. В. Піковська // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія «ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія». – 2000. – № 6. – С. 21–25.
397. Шикула М. К. Ґрунтозахисні, енерго-, ресурсо- і вологозберігаючі технології вирощування культур / М. К. Шикула, А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** та ін. // Біологічні науки і проблеми рослинництва. – Умань, 2003. – С. 784–791.
398. Шикула М. К. Управління ґрунтоутворенням в агроценозах / М. К. Шикула, **О. Л. Тонха** // Вісник ХДАУ. – 2002. – № 3. – С. 52–58.
399. Пат. № 49547 Україна, МПК: А01С 21/00. Спосіб підвищення родючості ґрунтів / М. К. Шикула, **О. Л. Тонха**. – № 2001129031 ; заявл. 25.12.2001 ; опубл. 16.09.2001, Бюл. № 9.
400. Шикула М. К. Ґрунтозахисні енерго-, ресурсо- і вологозберігаючі технології вирощування культур / М. К. Шикула, А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** // Вісник УДАУ. – Умань. – 2003. – С. 784–791.
401. Чи може бути рослинництво рентабельним? / М. К. Шикула, **О. Л. Тонха**, П. Н. Івончик, О. В. Франко. – Дніпропетровськ : АТЗТ «Агро-Союз», 2000. – 42 с.
402. Характеристика ґрунтового покриву Степу / М. К. Шикула, А. Д. Балаєв, В. О. Забалуєв, **О. Л. Тонха** та ін. // Наукове

- забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Степу України і АР Крим. – К. : «Алефа», 2005. – Т. 1. – С. 205–223.
403. Ґрунтозахисні енерго-, ресурсо- і вологозберігаючі технології вирощування культур. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України : монографія / М. К. Шикула, А. Д. Балаєв, М. М. Доля, **О. Л. Тонха** та ін. – К. : НАУ, вид. ТОВ «Алефа», 2003. – С. 275–300.
404. Шикула М. К. Вміст гумусу та азоту в чорноземі звичайному під впливом мінімалізації обробітку / М. К. Шикула, **О. Л. Тонха**, О. В. Піковська // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, еволюція ґрунтів» : зб. наук. пр. – 2004. – № 6. – С. 101–105.
405. Система удобрення ґрунтів в біологічному землеробстві / М. К. Шикула, Н. М. Рідей, **О. Л. Тонха**, В. Г. Майстренко // Науковий вісник НАУ. – 2004. – № 79. – С. 43–54.
406. Шикула М. К. Ґрунтозахисні енерго-, ресурсо- і вологозберігаючі технології вирощування культур / М. К. Шикула, А. Д. Балаєв, **О. Л. Тонха** та ін. // Збірник наукових праць Уманського ДАУ. – 2004. – С. 784–791.
407. Шишов Л. Л. Моделирование плодородия почв в агроэкосистемах / Л. Л. Шишов, Д. Н. Дурманов // Докл. симп. VII делег. съезда Всесоюз. о-ва почвоведов. – Ташкент, 1985. – Ч. 6.
408. Шишов Л. Л. Современные концепции управления плодородием / Л. Л. Шишов, Д. Н. Дурманов // Плодородие почв: проблемы, исследования, модели. – М., 1985. – С. 40–47.
409. Шмук А. А. К вопросу о химической природе органических веществ почвы / А. А. Шмук // Бюллетени почвоведов. – 1930. – № 5–7. – С. 35–80.

410. Шоба В. Н. Состав и свойства гумуса почв / В. Н. Шоба // Проблема гумуса в земледелии : тез. докл. совещ., 5–8 августа. – Новосибирск, 1986. – С. 87.
411. Шроль Т. С. Сравнительная характеристика микробных комплексов черноземной почвы при выращивании озимой пшеницы в условиях монокультуры и севооборота / Т. С. Шроль // Бюллетень ВНИИСХМ. – Л., 1982. – С. 11–17.
412. Штатнов В. И. К методике определения биологической активности почвы / В. И. Штатнов // Докл. ВАСХНИЛ. – 1952. – Вып. 6. – С. 27–34.
413. Хенніч Л. Форед. Гній – це велика цінність : брошура / Хенніч Л. Форед, М. К. Шикула, **О. Л. Тонха**. – Датський с.-г. Центр, 2002. – 30 с.
414. Цапко Ю. Л. Вплив гумусових кислот на підкисляючу дію алюмінію у дерново-підзолистому ґрунті / Ю. Л. Цапко // Вісник ХДАУ ім. В.В.Докучаєва. – Х., 2001. – № 3. – С. 163–165.
415. Цюк А. А. Продуктивність ріллі зерно-просапної сівозміни Лісостепу під впливом екологізації землеробства О. А. Цюк // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство» : зб. наук. пр. – 2008. – № 4. – С. 75–78.
416. Цюк А. А. Агроекологічні аспекти вирощування сільськогосподарських культур у Правобережному Лісостепу України / А. А. Цюк // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія». – 2008. – №4. – С. 75–78.
417. Щербаков А. П. Агроэкологический биомониторинг: влияние удобрений на структуру комплекса микромицетов чернозема / А. П. Щербаков, И. Д. Свистова, Н. В. Малыхина // Вестник ВГУ. Серія «Химия, биология». – 2001. – № 2. – С. 39–44.

418. Щербаков А. П. Биомониторинг загрязнения почвы газовыми выбросами автотранспорта / А. П. Щербаков, И. Д. Свистова, Х. А. Джувеликян // Экология и промышленность России. – 2001. – № 6. – С. 26–29.
419. Щербаков А. П. К вопросу об оптимизации гумусного состояния черноземов / А. П. Щербаков, Г. А. Шевченко // Проблема гумуса в земледелии : тез. докл. совещ. – Новосибирск, 1986. – С. 16.
420. Щербаков А. П. Последствие многолетнего применения навоза на плодородие почв и урожай сельскохозяйственных культур / А. П. Щербаков, Г. Штумпе, Й. Гарц // Почвоведение. – 1966. – № 1. – С. 86–93.
421. Щербаков А. П. Структура микромицетов чернозема как показатель эффективности агротехнических приемов / А. П. Щербаков, И. Д. Свистова, Н. В. Малыхина // Доклады Россельхозакадемии. – 2002. – № 1. – С. 17–19.
422. Щербаков А. П. Фитотоксичность чернозема под агрофитоценозами / А. П. Щербаков, И. Д. Свистова // Доклады Россельхозакадемии. – 2002. – № 6. – С. 23–26.
423. Юркевич Є. О. Агробіологічні основи сівозмін Степу України : монографія / Є. О. Юркевич, Н. П. Коваленко, А. В. Бакума. – Одеса : «ВМВ», 2011. – 240 с.
424. Якість ґрунту. Відбирання проб : ДСТУ4287:2004. – [Чинний від 2004-04-30]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005.– 5 с.– (Національні стандарти України).
425. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381–1:2002, IDT) : ДСТУ ISO 10381–1:2004. – [Чинний від 2004-11-30]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 31 с. – (Національні стандарти України).

426. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381–2:2002, IDT) : ДСТУ ISO 10381–2:2004. – [Чинний від 2004-11-30]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 23 с. – (Національні стандарти України).
427. Якість ґрунту. Визначання загального вмісту азоту. модифікований метод К'ельдаля: ДСТУ ISO 11261:2001. – [Чинний від 2001-04-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2002. – 9 с. – (Національні стандарти України).
428. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини : ДСТУ 4289:2004. – [Чинний від 2004-04-30]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с. – (Національні стандарти України).
429. Якість ґрунту. Методи визначання доступної (лабільної) органічної речовини: ДСТУ 4732:2007. – [Чинний від 2008-03-20]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 9 с. – (Національні стандарти України).
430. Якість ґрунту. Форма запису інформації щодо ґрунту й ділянки (ISO 15903:2002, IDT) : ДСТУ ISO 15903:2004. – [Чинний від 2004-11-30]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 4 с. – (Національні стандарти України).
431. Якісна оцінка стану земель НДГ НУБіП України, охорона і відтворення їх родючості / [Кохан С. С., **Тонха О. Л.**, Балаєв А. Д. та ін.]. – Х. : Майдан, 2009. – 250 с.
432. Яценко С. В. Трансформація органічної речовини чорнозему еродованого за ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур // Новітні технології виробництва конкурентоспроможної продукції рослинництва: матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів. Чабани, 29–30 листопада 2005 року. – К. : ЕКМО, 2005. – С. 15–17.
433. Assessing soil biological characteristics: a comparison of bulk soil community DNA-, PLFA-, and Biolog™-analyses / F. Widmer,

- A. Fließbach, E. Laczko [et al.] // *Soil Biology & Biochemistry*. – 2001. – 33. – P. 1029–1036.
434. Atlas R. *Microbial ecology* / R. Atlas, R. Bartha // *Fundamentals and applications*. – California, Inc. Redwood City : Benjamin Cumm. Publ. Comp., 1992. – 227 p.
435. Atlas R. *Hydrocarbon biodegradation and oil bioremediation* / R. Atlas, R. Bartha // *Adv. Microb. Ecol.* – 1992. – Vol. 12. – P. 287–338.
436. Atlas R. *Diversity of microbial communities* / R. Atlas // *Adv. Microb. Ecol.* – 1984. – Vol. 7. – P. 1–47.
437. Atlas R. *Microbial Ecology. Fundamentals and applications* / R. Atlas, R. Bartha. – California, Inc. Redwood City : The Benjamin. Cummings Publishing Company, 1992. – 3rd Ed. – 563 p.
438. Baker K. F. *Biological control of plant pathogens* / K. F. Baker, R. I. Cook. – San Francisco : Freeman, 1974. – 433 p.
439. Barber D. *The Release of Organic Substances by Cereal Roots Into Soil* / D. Barber, J. Martin // *New. Phytol.* – 1976. – Vol. 76, N 1. – P. 69–80.
440. Bationo A. *Soil organic carbon management for sustainable land use in Soudano-Sahelian West Africa* / A. Bationo, A Buerkert // *Nutrient cycling in Agroecosystems*. – 2001. – Vol. 61. – P. 131–142.
441. Baver L. D. *Soil physics* / L. D. Baver. – New-York, 1948. – 389 p.
442. Bernat, J. *Produkcia nitritor rodu Chaetomium Kuns ex Fr* / J. Bernat, O. Braunova // *Acta F.R.N. Univ. Comen. Microbiol.* – 1976. – Vol. 4. – P. 127–134.
443. Bertolini P. *Low-temperature biology and pathogenicity of Penicillium hirsulum on storage* / P. Bertolini, S.P. Tian // *Postharvest Biology and Technology*. – 1996. – Vol. 7, № 1–2. – P. 83–89.
444. Berzelius S. S. *Lehrbuch der Chemie* / S. S. Berzelius. – Dresden, Leipzig, 1839. – Bd. VII–VIII.

445. Black-Madison C. A. Methods of soil analysis / C. A. Black-Madison. – Wisconsin, USA : American Society of Agronomy, 1984. – Band 2. – 1159 p.
446. Microbial diversity and ecosystem function / J. Bland, C. Tinlay, D. Maberlu et al. – Copenhagen, 1997. – P. 209–213.
447. Bloomfield B. I. Melanins and resistance of fungi to lyses / B. I. Bloomfield, M. Alexander // J. Bacteriol. – 1967. – Vol. 94, № 4. – P. 1276–1280.
448. Boone D. R. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology / D. R. Boone, R. W. Castenholz, N. Y. Springer-Verlag. – 2nd. ed. – Berlin, Heidelberg, 2001. – V.1.
449. Brock T. D. Principles of microbial ecology / T. D. Brock. – New Jersey : Englewood Cliffs, 1966. – 306 p.
450. Brookes P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals / P. C. Brookes // Biol. Fertil. Soils. – 1995. – Vol. 19. – P. 269–279.
451. Brown M. E. Soil bacteriostasis. Limitation in growth of soil and rhizosphere bacteria / M. E. Brown // Canadian J. Microbiology. – 1973. – Vol. 19. – P. 195–199.
452. Brown V. K. Secondary succession: insect plant relationships / V. K. Brown // Bioscience. – 1984. – Vol. 33, № 11. – P. 710–716.
453. Buckley D. H. The structure of microbial communities in soil and the lasting impact of cultivation / D. H. Buckley, T. M. Schmidt // Microbial Ecology. – 2001. – Vol. 42. – P. 11–21.
454. Buczak E. Nawożenie organiczne i mineralne prodozmianach wuzymnzech / E. Buczak // Wplyw nawożenia o bornikiem i nawozami zielomyni oraz wylarcnie mineralnego na wlasciwosci gleby. – Cz.II. – Rocen nauk roln. – 1966. – № 2. – C. 273–298.
455. Butler J. H. A. The effect of methylation of humic acid and their influence on proteolytic enzyme activity / J. H. A. Butler, J. N. Ladd // Austr. J. Soil Res. – 1969. – Vol. 7. – P. 263.

456. Claus D. Genera related to the genus *Bacillus*–*Sporolactobacillus*, *Sporosarcina*, *Planococcus*, *Filibacter* and *Caryophanon* / D. Claus, D. Fritze, M. Kocur // *The Prokaryotes*. – New York : Springer, 2006. – Vol. 4. – 3rd edn. – P. 631–653.
457. Carballas M. R. Microflora y materia organica reconocible en suelos de praderia / M. R. Carballas, O. Reisinger, G. Kilbertus // *An. edafol y agrobiol.* – 1983(1984). – Vol. 42, № 9–10. – P. 1499–1508.
458. Cavazza L. Mode of tillage and soil structure stability / L. Cavazza, A. Palruno // *Trans. 14th Int. Cong. Soil Sci., Kyoto, Aug. 12-18, 1990.* – 1990. – Vol. 6. – P. 243–244.
459. Chomezynski P. Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction / P. Chomezynski, N. Sacchi // *Analyt. Biochem.* – 1987. – Vol. 11, № 2. – P. 156–159.
460. Christensen bent. T. The Ascov Long-Term experiments on animal and mineral fertilizers / T. Christensen bent, V. Trentemoller. – SP-Report, 1995. – № 29. – 188 p.
461. Christensen M. A. View of fungal ecology / M. A. Christensen // *Mycologia.* – 1989. – Vol. 81, № 1. – P. 1–19.
462. Demydenko O. V. Biophysical self-regulation in the fertility of chernozem soil under soil-conservation agriculture / O. V. Demydenko, **O. L. Tonkha** // *Edukacja-technika-informatyka.* – 2014. – № 5. – P. 373–378.
463. Denitrification, immobilization and mineralization in nitrate limited and nonlimited residue-amended soil / [D. J. McKenney, S.W. Wang, C.F. Drury et al.] // *Soil. Sci. Soc. Amer. J.* – 1995. – Vol. 59. – P. 118–124.
464. Domzat H. Wpływ składu granulometrycznego i próchnicy na ilość agregatów glebowych i ich odporność na drżenie wody / Henryk Domzat, Anna Stowinska-Jurkiewicz // *Rocz. Glebozn. PT glebozn.* – 1988. – № 3. – P. 5–19.

465. Doran J. W. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality / J. W. Doran, M. R. Zeiss // *Applied Soil Ecology*. – 2000. – № 15. – P. 3–111.
466. Doyle J. J. Isolation of plant DNA from fresh tissue / J. J. Doyle, J. L. Doyle // *Focus*. – 1987. – Vol. 12. – P. 13–15.
467. Extraction of ribosomal RNA and genomic DNA from soil for studying the diversity of the indigenous bacterial community / G. F. Duarte, A. S. Rosado, L. Seldin [et al.] // *Journal of Microbiological Methods*. – 1998. – Vol. 32. – P. 21–29.
468. Helgason B. L. Fungal and Bacterial Abundance in Long-Term No-Till and Intensive-Till Soils of the Northern Great Plains / B. L. Helgason, F. L. Walley, J. J. Germida // *SSSAJ*. – 2009. – Vol. 73, № 1. – P. 120–127.
469. Hugenholtz P. Impact of culture-independent studies on the emerging phylogenetic view of bacterial diversity / P. Hugenholtz, B. M. Goebel, N. R. Pace // *Journal of Bacteriology*. – 1998. – Vol. 180. – P. 173–198.
470. Influence of fertilizer on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada / C. A. Campbell, G. P. Lafond, R. P. Zentner, V. O. Biederberck // *Soil Biol. and Biochem.* – 1991. – Vol. 23, № 5. – P. 443–446.
471. Insam H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime? / H. Insam // *Soil Biol. Biochem.* – 1990. – Vol. 22, № 4. – P. 525–532.
472. Integrating Environment into Agriculture and Forestry Progress and Prospects in Eastern Europe and Central Asia. – Ukraine, County Review, World Bank, 2007. – 53 p.
473. Kirjushin B. D. Der Statische Feldversuch an der Timirjasev-Akademie Moskau- Ergebnisse aus langjährigen Untersuchungen // *Arch. Acker. Pfl. Boden*. – 1997. – Vol. 42. – P. 235–245.
474. Lynch J. M. Cultivation and soil biomass / J. M. Lynch, L. V. Panting // *Soil Biol. Biochem.* – 1980. – Vol. 12, № 1. – P. 5–24.

475. Lynch J. M. Microorganisms in action: concepts and applications in microbial ecology / J. M. Lynch, J. E. Hobbie. – Oxford, 1989. – 363 p.
476. Marsh T. L. Terminal restriction fragment length polymorphism (TRFLP): an emerging method for characterizing diversity among homologous populations of amplicons / T. L. Marsh // *Curr. Opin. Microbiol.* – 1999. – Vol. 2. – P. 323–327.
477. Moreira D. Efficient removal of PCR inhibitors using agarose-embedded DNA preparations / D. Moreira // *Nucleic Acids Research.* – 1998. – Vol. 26, № 13. – P. 3309–3310.
478. Ouedraogo Elisée. Effect of tillage and organic matter quality on sorghum fertilizer use and water use efficiency in semi-arid West Africa / Elisée Ouedraogo, Abdoulaye Mando // 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1 – 6 August, Brisbane. – Australia, 2010. – P. 143–145.
479. Paul E. A. Soil microbiology and biochemistry / E. A. Paul, F. E. Clark. – London : Academic Pr., 1996. – 340 p.
480. Poindexter J. S. Olygotrophy. East and famine existence / J. S. Poindexter // *Adv. Microb. Ecol.* – 1981. – Vol. 5. – P. 63–89.
481. Rapid and simple method for purification of nucleic acids / R. Boom, C. J. A. Sol, M. M. M. Salimans [et.al.] // *J. Clin. Microbiol.* – 1990. – Vol. 28, № 3. – P. 495–503.
482. Response of a soil bacterial community to grassland succession as monitored by 16S rRNA levels of the predominant ribotypes / A. Felske, A. Wolterink, R. Van Lis [et al.] // *Applied and Environmental Microbiology.* – 2000. – Vol. 66. – P. 3998–4003.
483. The role of particulate organic matter in phosphorus cycling / A. Salas, E. T. Elliott, D. G. Westfall [et.al.] // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2003. – Vol. 67. – P. 181–189.

484. Semenov A. M. Physiological bases of oligotrophy of microorganisms and the concept of microbial community / A. M. Semenov // *Microbial Ecology*. – 1991. – Vol. 22. – P. 239–247.
485. Shieh W. K. Microbial toxicity monitor for in situ continuous application / W. K. Shieh, C. J. Yee // *Biotechnol. Bioeng.* – 1985. – Vol. 27, № 10. – P. 1500–1506.
486. Tanveer S. K. Effects of different tillage methods, nitrogen fertilizer and stubble mulching on soil carbon, Emission of CO₂, N₂O and future strategies in crop production / Sikander Khan Tanveer, Xiaoxia Wen, Muhammad Asif and Yuncheg Liao// *InTech*, 2013. – P. 1015-1024/
487. Effect of farming systems on seasonal dynamics of soil organic matter and crop yields Producing / M. K. Shikula, M. V. Kapshtyk, L. R. Petrenko, **O. L. Tonkha** // 13th IFOAM Scientific Conference. – Basel, 2002. – P. 394–395.
488. Taylor J. P. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques / J. P. Taylor, B. Wilsona, M. S. Millsb, R.G Burns // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2002. – Vol. 34. – P. 387–40.
489. Tikhonenko D. G. Microbiological plasma transformation in different biogeocoenoses in Forest Steppe soils of Ukraine / D. G. Tikhonenko, K. B. Novosad, D. V. Gavva // *Proceedings of International Symposium on Soil Quality and Management of World Mollisols (ISSQMWM ‘ 2010)*, July 13–16, 2010, Harbin, *New Advances in Research and Management of World Mollisols*. – China : Northeast Forestry University Press, 2010. – P. 216–217.
490. Tikhonenko D.G. Humus stage evolution in chernozems of the left-bank of Ukraine / D. G. Tikhonenko // *Proceedings of International Symposium on Soil Quality and Management of World Mollisols (ISSQMWM ‘ 2010)*, July 13–16, 2010, Harbin, *New Advances in Research and Management of*

- World Mollisols. – China : Northeast Forestry University Press, 2010. – P. 110–111.
491. **Tonkha O. L.** Biological activity of Chernozems under nature reservation «Mykhailivska Tsilyna» and agricultural use / O. L. Tonkha // New advances in research and management of world mollisoil – Harbin, China, 2010. – P. 165–166.
492. **Tonkha O. L.** Fertility of chernozem ordinary under different cultivation and tillage systems / O. L. Tonkha // New advances in research and management of world mollisoil – Harbin, China, 2010. – P. 165–166.
493. **Tonkha O. L.** Features of microbocenoses formation in virgin and cultivated chernozems of Ukrainian steppe nature reservation (department «Khomutovska tsilyna») // O. L. Tonkha, O. Ye. Bykova, T. V. Ievtushenko // Annals of Agrarian Science. – 2013. – Vol. 11, № 1. – P. 23–30.
494. **Tonkha O.** Soils and plant roots / O. Tonkha, Ya. Dzyazko // Structural properties of porous materials and powder used in different fields of science and technology. – London : Springer, 2014. – P. 221–248.
495. **Tonkha O. L.** Structure of prokaryotic complex of chernozem typical and its changes under conservation tillage / O. L. Tonkha, A. D. Balayev // Annals of Agrarian Science. – 2015. – Vol. 13, № 1. – P. 60–63.
496. Torsvik V. High diversity in DNA of soil bacteria / V. Torsvik, J. Goksoyr, F. L. Daae // Applied and Environmental Microbiology. – 1990. – Vol. 56. – P. 782–787.
497. Ukraine's agriculture: potential for expanding grain supply. Economic and institutional challenges / Borodina Oleksandra, Gomez Y Paloma Sergio, Kharchenko Andriy. – Publications Office of the European Union, 2013. – 84 p.
498. Integrating Environment into Agriculture and Forestry Progress and Prospects in Eastern Europe and Central Asia. – Ukraine :County Review, World Bank, 2007. –Vol. II. – 113 p.

499. Wages J. M. Amplification of low copy number sequences / J. M. Wages, A. K. Fowler // Amplification. – 1993. – Vol. 11. – P. 1–3.
500. World Development Indicators, Data Bank, 2015 [Electronic resource]. – Access mode : <http://databank.worldbank.org/data>.
501. Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture, FAO // World Bank, FAO UN Rome, 2014 – 78 p.
502. Yangchun Xu. Y. Soil organic carbon and nitrogen pools impacted by long-term tillage and fertilization practices / Xu. Y. Yangchun, W. Chen, Q. Shen// Comm. Soil Science and Plant Annals, 2007. – 347-357.
503. Ницэ Лазэр. Микробиологическая активность почвы в условиях адаптивного земледелия : автореферат дис. ... кандидата биологических наук: спец. 03.00.27, 03.00.07 / Ницэ Лазэр; Моск. с.-х. академия. – Москва, 1995. – 38 с.
504. Цилюрик О.В. Як досягти бездефіцитного балансу гумусу [Електронний ресурс] / О. В. Цилюрик//Агробізнес Сьогодні. – Режим доступу : <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/3091-ia-k-dosiagty-bezdefitsytnogo-balansu-gumus.html>.
505. Ярмак В. О. Сучасні системи землеробства і гумусовий стан чорноземів південних [Електронний ресурс] / В. О. Ярмак, С. І. Бурикiна, С. В. Полiщук // Экология окружающей среды стран СНГ. – Режим доступу : <http://www.ecologylife.ru/odesski-region/suchasni-sistemi-zemlerobstva-i-gumusoviy-stan-chornozemiv-pivdennih.html>.

**ТОНХА Оксана Леонідівна
БАЛАЄВ Анатолій Джалілович
ВІТВИЦЬКИЙ Станіслав Валерійович**

**БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ І ГУМУСНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМІВ
ЛІСОСТЕПУ І СТЕПУ УКРАЇНИ**

Монографія