

2. ЕКОЛОГІЯ ТА ДОВКІЛЛЯ

УДК 579.26

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ФУНКЦІОНАЛЬНУ СТРУКТУРУ МІКРОБІОЦЕНОЗУ ДЕРНОВО-ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ

О.С. Дем'янюк¹, О.А. Бунас², О.В. Шерстобосєва³

Проаналізовано функціональну структуру п'яти мікробіоценозів дерново-опідзоленого ґрунту природної екосистеми та агроекосистеми залежно від гідротермічного режиму вегетаційного періоду. Ґрунт перелогу характеризується стійким і більш інтегрованим мікробним угрупованням, що дає змогу витримувати вплив дії високих температур і посухи та зберігати функціональну структуру.

Для агроекосистеми характерним є менш стійка функціональна структура ґрунту, що визначається як гідротермічними умовами вегетаційного періоду, так і внесеними добривами. Найуразливішу структуру мікробіоценозу ґрунту спостережено під час застосування мінеральної системи удобрення і використанні ґрунту без добрив. За цих умов відбувається диспропорція в мікробному угрупованні та розірвання зв'язків між зимогенним і автохтонним блоками мікроорганізмів. Застосування органічних добрив справляє позитивний вплив на функціональну структуру мікробіоценозу, про що свідчить збільшення кількості кореляційних зв'язків між фізіологічними групами мікроорганізмів.

Ключові слова: дерново-опідзолений ґрунт, мікробіоценоз, погодні умови, функціональна структура, кореляційні плеяди.

Вступ. Як зазначав Л. Карпачов, "ґрунт – початок і кінець, альфа та омега трофічного ланцюга в біогеоценозі, початок і кінець природного кругообігу" [7]. А мікроорганізми є реактивною і невід'ємною частиною будь-якої екосистеми, саме їм належить провідна роль у кругообігу елементів і енергії в біосфері. Поліфункціональність мікроорганізмів дає їм змогу брати участь у протилежних біохімічних реакціях ґрунту, на чому й ґрунтується збереження метаболічної рівноваги у природі [3, 13, 15].

Будь-який мікробіоценоз складається з мікроорганізмів різних функціональних груп, які різняться вимогами до умов живлення та джерел енергії. Кількісне співвідношення між цими групами повністю залежить від умов навколишнього середовища, в яких формується мікробний ценоз. У ґрунті формуються певні екологічні ніші з притаманними тільки їм властивостями, які зумовлені сукупною дією чинників навколишнього природного середовища, зокрема температури, вологи, рН та ін. [11].

Враховуючи високу чутливість мікроорганізмів до чинників навколишнього середовища та невизначеність впливу погодних чинників на функціональну структуру мікробіоценозу ґрунту в умовах глобальної зміни клімату, постало

питання виявити зміни у відношеннях між різними фізіологічними групами мікроорганізмів під дією змін гідротермічного режиму вегетаційного періоду.

Мета дослідження – дослідити з використанням методу кореляційних плеяд вплив гідротермічних умов на функціональну структуру мікробіоценозу дерново-опідзоленого ґрунту під час застосування різних видів добрив.

Матеріали та методика дослідження. Для вивчення функціональної структури мікробіоценозу ґрунту використано експериментальні дані мікробіологічних досліджень, які отримано у лабораторії екології мікроорганізмів Інституту агроєкології та природокористування НААН [12]. Відбір зразків ґрунту проведено в стаціонарному польовому досліді Чернігівського інституту агропромислового виробництва НААН (2004-2006 рр.) на варіантах з різними системами удобрення: контроль (без добрив), мінеральна (NPK), органічна (гній), органо-мінеральна (гній+NPK) та на прилеглий території – природна екосистема (переліг). Тип ґрунту – дерново-середньоопідзолений супіщаний, рН 4,9-5,0, уміст гумусу – 1,0-1,2 %, азоту сполук, що легкогідролізуються – 74,2 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 160-180 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 68 мг/кг ґрунту. Для характеристики гідротермічного режиму вегетаційного періоду досліджуваного періоду використано дані Чернігівської обласної метеостанції, причому обрано роки досліджень, для яких характерна контрастність літніх перепадів температур повітря та суми опадів у період визначення кількісних характеристик мікробного угруповання ґрунту.

Чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів визначено загальноприйнятими у ґрунтовій мікробіології методами [5, 6] висіву послідовних розведень ґрунтової суспензії на стандартні поживні середовища: евтрофи (ЕО), що використовують азот органічних сполук – на м'ясопептонному агарі; мікроорганізми, що використовують азот мінеральних сполук (ЕМ) – на крохмально-аміачному агарі (КАА); кількість педотрофів (ПТ) – на ґрунтовому агарі (ГрА); азотфіксувальні бактерії (АФ) – на безазотному середовищі Виноградського; оліготрофічні мікроорганізми (ОТ) – на голодному агарі (ГА); целюлозолітичні мікроорганізми (ЦЛ) – з целюлозою на середовищі Виноградського у модифікації Пушкінської; нітрифікувальні (НТ) – на голодному агарі з амонійно-магнієвою сіллю.

Для оцінювання функціональної структури мікробіоценозу ґрунту залежно від систем удобрення і погодних умов року використано модифікований метод кореляційних плеяд [8, 10] та відповідна комп'ютерна програма їх побудови, розроблена в Гарвардському університеті [14].

Результати дослідження. Функціональна структура мікробіоценозу ґрунту – це сукупність зв'язків між мікроорганізмами, які здійснюють ті чи інші функції [2]. Кореляційні плеяди зв'язків між різними еколого-трофічними групами мікроорганізмів у ґрунті наочно показують вплив екологічних біотичних та абіотичних чинників на спрямованість та міцність зв'язків у функціональній структурі мікробіоценозу ґрунту.

За результатами аналізу плеяд природної екосистеми (переліг) дерново-опідзоленого ґрунту виявлено представленість у плеядах всіх досліджуваних еколого-трофічних (фізіологічних) груп мікроорганізмів, на відміну від інших

¹ ст. наук. співроб., заступник директора з наукової роботи О.С. Дем'янюк, канд. с.-г. наук – Інститут агроєкології та природокористування НААН, м. Київ;

² зав. лаб. молекулярної екології О.А. Бунас, канд. біол. наук – Інститут агроєкології та природокористування НААН, м. Київ;

³ проф., головний наук. співроб. відділу агроєкології та біобезпеки О.В. Шерстобосєва, д-р с.-г. наук – Інститут агроєкології та природокористування НААН, м. Київ

варіантів. Це вказує, що екосистема перелугу є збалансованою (зрівноваженою), навіть за умов підвищених температур (рис. 1).

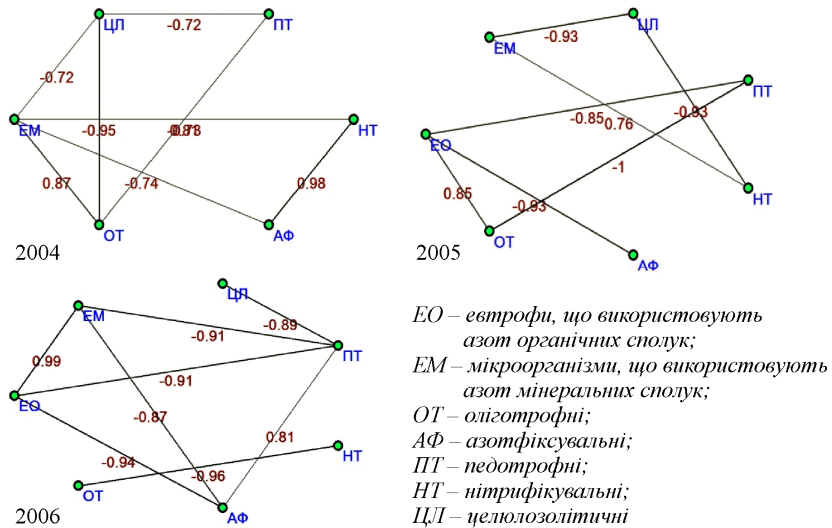


Рис. 1. Кореляційні плеяди фізіологічних груп мікроорганізмів перелугу дерново-опідзоленого ґрунту

Хоча підвищена температура та посуха у несприятливий для вегетації ролин 2005 р., структура мікробіоценозу не відповідає за формою "конверту", що означає певний розрив взаємодії між функціональними групами [3]. Зокрема, азотфіксувальні бактерії втратили зв'язок з целюлозолітичними мікроорганізмами, що, безумовно, створює проблему забезпечення азотом мікроорганізмів-деструкторів. Також і розрив взаємодії азотфіксаторів з нітрифікувальними бактеріями ускладнює трансформацію фіксованого азоту і передачу його до нітратної форми рослинам.

Отже, зберігання певної кількості кореляційних зв'язків у функціонувальній структурі мікробіоценозу в незміненому ґрунті за несприятливих погодних чинників свідчить про його стійкість. Проте, у 2006 р., який за гідротермічним режимом є найбільш наближеним до середньобагаторічних показників, плеяда демонструє найбільш збалансовану з високими кореляційними зв'язками структуру, порівняно з роками з підвищеним температурним режимом, але як за умов посухи, так і за умов перебільшення суми опадів.

Плеяди контрольного варіанту (рис. 2) мають найпростішу структуру з усіх варіантів дослідження. Сприятливі погодні умови 2004 р. мали позитивний вплив щодо утворення тісної кореляційної залежності між чотирма фізіологічними групами мікроорганізмів – представниками блоку зимогенної (ЕО), автохтонної (НТ), оліготрофної та автотрофної (АФ) мікробіоти. Прямий кореляційний зв'язок виник між евтрофами й оліготрофами (коефіцієнт парної кореляції $r=0,91$) та евтрофами й азотфіксаторами ($r=0,98$). Водночас, зростання чисельності азотфіксаторів і евтрофів призводить до зниження чисельності нітри-

фікаторів ($r=-0,85$). Це пов'язано з тим, що зазначені вище групи мікроорганізмів є учасниками циклу азоту, і в цьому випадку включається принцип дублювання у мікробіоценозі.

Несприятливі погодні умови 2005 р. спричинили розбалансування мікробного ценозу, про що свідчать розриви у побудованих плеядах, які мають вигляд розімкнених (відкритих) фігур. Усі фізіологічні групи мікроорганізмів мають тільки по одному кореляційному зв'язку. Стабільними виявились зв'язки евтрофів, оліготрофів і азотфіксаторів, які збереглися з попереднього року дослідження. Покращення погодних умов 2006 р., з наближенням за основними гідротермічними показниками до рівня 2004 р., дозволило стабілізувати зв'язки у мікробіоценозі. Кожна з фізіологічних груп мікроорганізмів, оліготрофів, нітрифікаторів і азотфіксаторів утворювали по два стійкі кореляційні зв'язки ($r>0,95$). Виокремились у мікробіоценозі целюлозолітичні та педотрофні мікроорганізми ($r=0,83$).

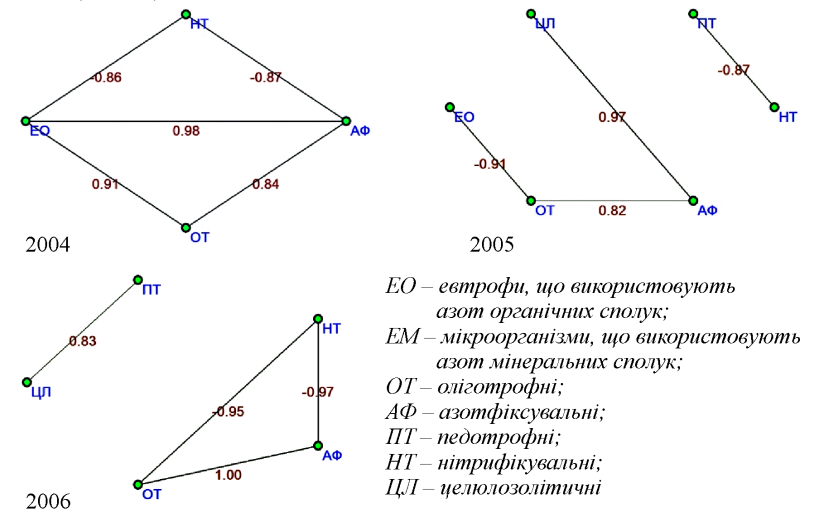


Рис. 2. Кореляційні плеяди фізіологічних груп мікроорганізмів дерново-опідзоленого ґрунту без висення добрив (контроль)

Застосування мінеральних добрив (рис. 3) та сприятливі погодні умови 2004 і 2006 рр. дозволило сформуватись мікробному угрупованню з 5-ти фізіологічних груп мікроорганізмів. Кореляційний зв'язок ($r>0,9$) виник між целюлозолітичними мікроорганізмами, оліготрофами, азотфіксаторами та мікроорганізмами, що використовують мінеральний азот.

Між азотфіксувальними і нітрифікувальними мікроорганізмами виник від'ємний кореляційний зв'язок ($r=-0,93$), тобто зростання чисельності однієї фізіологічної групи спричиняє зниження чисельності іншої, що пов'язано з тим, що ці фізіологічні групи мікроорганізмів є частинами, які забезпечують кругообіг азоту. Зростання чисельності азотфіксаторів сприяє зростанню оліготрофів, які у свої метаболічні шляхи включають залишки органічних речовин після їх мінералізації.

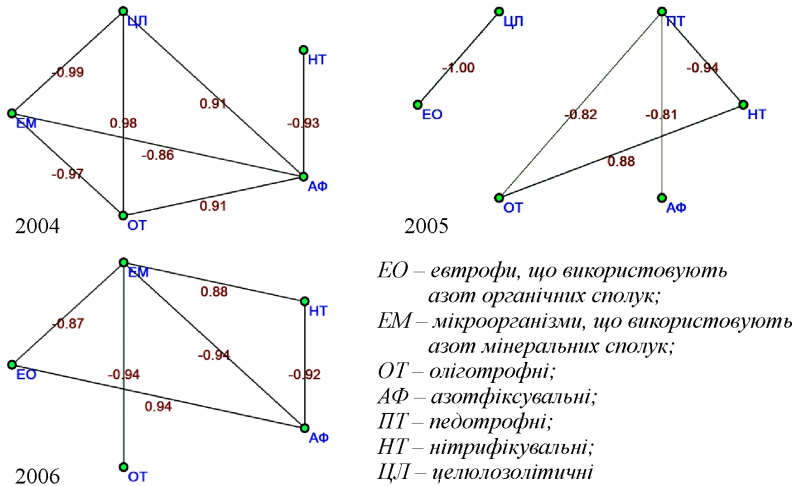


Рис. 3. Кореляційні плеяди фізіологічних груп мікроорганізмів дерново-опідзоленого ґрунту з мінеральною системою удобрення

Посушливі умови 2005 р. та внесення мінеральних добрив спричинило диспропорцію у мікробному угрупованні, яке розділилось на дві частини. Перша частина представлена зимогенним блоком, а саме евтрофними мікроорганізмами і целюлозолітичними ($r=1$). Мікроорганізми автохтонного блоку (оліготрофи, педотрофи, нітрифікувальні) утворили друге об'єднання, яке характеризується наявністю кореляційного зв'язку між кожною його складовою ($r>0,8$). Група азотфіксаторів за таких погодних умов корелювала тільки з групою педотрофних мікроорганізмів.

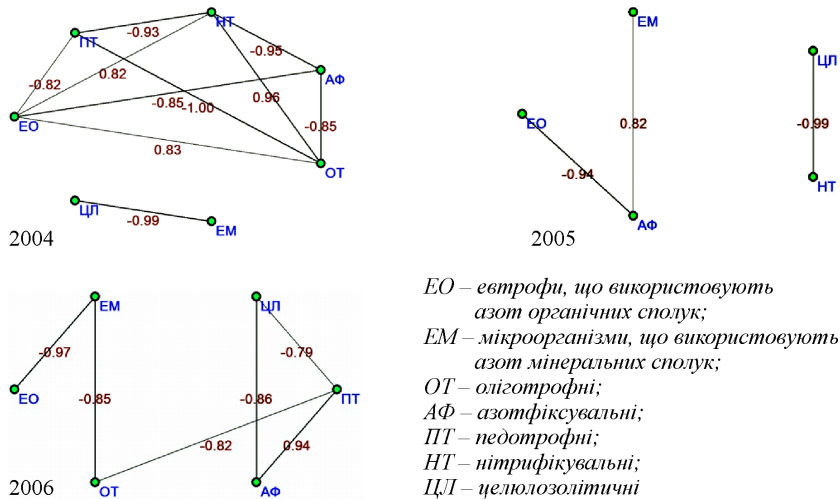


Рис. 4. Кореляційні плеяди фізіологічних груп мікроорганізмів дерново-опідзоленого ґрунту з органічною системою удобрення

Застосування органічних добрив на малородючому дерново-опідзоленому ґрунті та сприятливі погодні умови 2004 р. (рис. 4) забезпечило рівноважний стан мікробіоценозу, про що свідчить кореляційна плеяда у вигляді закритого п'ятикутника. П'ять фізіологічних груп мікроорганізмів (евтрофи, педотрофи, нітрифікатори, азотфіксатори та оліготрофи) мають по три-чотири кореляційні позитивні та від'ємні зв'язки між собою.

Зростання чисельності евтрофних мікроорганізмів, які у своїх метаболічних ланцюгах використовують органічний азот, зумовлено внесенням органічного субстрату. Ця фізіологічна група мікроорганізмів дала поштовх розвитку мікроорганізмів автохтонного блоку – педотрофів і нітрифікаторів ($r=0,8$), оліготрофного ($r=0,83$) та автохтонного – азотфіксаторів ($r=-0,85$).

Із загальної структури мікробного угруповання відокремились целюлозолітичні мікроорганізми і мікроорганізми, що використовують мінеральний азот, та утворили від'ємний кореляційний зв'язок ($r=-0,99$). Підвищений рівень температури повітря за відсутності опадів (2005 р.) за умови надходження органічної речовини спричинили розбалансування мікробіоценозу. У мікробному угрупованні за таких умов домінувало п'ять фізіологічних груп мікроорганізмів, представників зимогенного та автохтонного блоків (евтрофи, мікроорганізми, що використовують мінеральний азот, азотфіксувальні, нітрифікувальні та целюлозоруйнівні). Ці ж групи мікроорганізмів формували мікробне угруповання попереднього року дослідження, але за несприятливих абіотичних чинників втратили більшість зв'язків. І кожна фізіологічна група мала тільки один кореляційний зв'язок.

Покращення погодних умов 2006 р. сприяло частковому відновленню початкової структури мікробіоценозу, яку було втрачено за негативного впливу погодних умов 2005 р. У мікробному угрупованні з'являється група оліготрофів, які існують в умовах дефіциту поживних речовин і використовувати низькомолекулярні сполуки, розсіяні в середовищі. Ця фізіологічна група виступила "зв'язуючою ланкою" двох відокремлених частин одного угруповання мікроорганізмів. Одна частина мікробного угруповання представлена мікроорганізмами, що використовують органічний та мінеральний азот ($r=-0,97$) і оліготрофами. Інша частина мікробного угруповання представлена целюлозоруйнівними, азотфіксувальними та педотрофними мікроорганізмами. Оліготрофи корелювали з чисельністю педотрофів ($r=-0,82$), які пов'язані з активним перебігом процесів трансформації органічних речовин у мікробному ценозі [1, 4, 9].

Кореляційні плеяди (рис. 5), які характеризують стан мікробного ценозу агроєкосистеми, де застосовували органо-мінеральну систему удобрення, за кількістю та складністю утворених кореляційних зв'язків між фізіологічними групами мікроорганізмів наближуються за побудовою до мікробіоценозу попереднього варіанта дослідження.

Внесення органо-мінеральних добрив спричинило розбалансування мікробного угруповання, незважаючи на сприятливі погодні умови 2004 р. Чисельність евтрофних мікроорганізмів корелювала чисельністю нітрифікувальних ($r=0,98$), а нітрифікуючи корелювали з мікроорганізмами, що використовують мінеральний азот. Чисельність мікроорганізмів, що використовують мінеральний азот, корелювали з чисельністю педотрофних мікроорганізмів ($r=0,99$). Целю-

лозоруйнівні мікроорганізми корелювали з чисельністю мікроорганізмів, що використовують мінеральний азот, оліготрофами та педотрофами. Такі тісні взаємозв'язки можна пояснити участю зазначених вище груп мікроорганізмів у трансформації органічної речовини ґрунту.

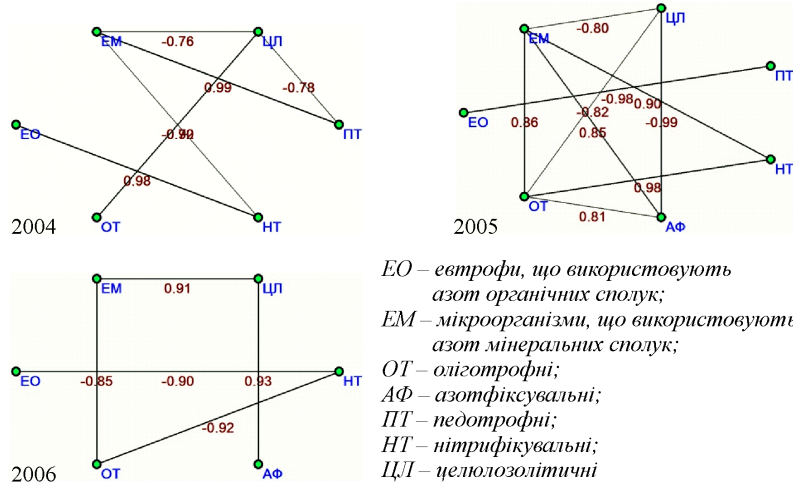


Рис. 5. Кореляційні плеяди фізіологічних груп мікроорганізмів дерново-опідзоленого ґрунту з органічно-мінеральною системою удобрення

Несприятливі погодні умови 2005 р. (підвищена температура та посуха) спричинили хаотичний розвиток мікробного угруповання, де чітко виокремились три складові частини. У мікробному угрупованні виокремилась група мікроорганізмів – евтрофів і педотрофів ($r=-0,98$). Друга частина мікробного угруповання складалася з мікроорганізмів, що використовують мінеральний азот, нітрифікаторів і оліготрофів. Оліготрофи та нітрифікатори корелювали між собою ($r=0,98$). Третя частина мікробного угруповання складалася з целюлозоруйнівних, азотфіксаторів, оліготрофів і мікроорганізмів, що використовують мінеральний азот. Останні дві групи мікроорганізмів мали спільні зв'язки з другою частиною мікробного угруповання. Покращення погодних умов (відновлення вологості) 2006 р. сприяло відновленню та певній стабілізації мікробного угруповання до рівня 2004 р. зі зменшенням кількості "хаотичних" кореляційних зв'язків між фізіологічними групами.

Висновки. Детальний аналіз отриманих матеріалів досліджень функціональної структури п'яти мікробіоценозів (природна екосистема та агроекосистема з різними варіантами удобрення) дерново-опідзоленого ґрунту показав чітку закономірність, що для ґрунту перелогу незалежно від погодних умов року характерне стійке і більш інтегроване мікробне угруповання, що дає змогу витримувати (протистояти) вплив дії високих температур і посухи та зберігати функціональну структуру.

Для агроекосистеми характерним є менш стійка функціональна структура ґрунту, яка визначається як гідротермічними умовами вегетаційного періоду, так і внесеними добривами, що підтверджується меншою кількістю кореляційних зв'язків і спрощеною структурою кореляційної плеяди для ґрунту агроекосистем.

Найуразливішу структуру мікробіоценозу ґрунту в агроекосистемі спостережено під час застосування мінеральної системи удобрення і використанні ґрунту без добрив. За цих умов виникає диспропорція в мікробному угрупованні та розірвання зв'язків між зимогенним і автохтонним блоками мікроорганізмів. Така плеяда менш міцна, оскільки кожен її компонент тримається тільки двома зв'язками і розрив хоча б одного з них може призвести до розпаду всієї структури.

Застосування органічних добрив справляє позитивний вплив на функціональну структуру мікробіоценозу, про що свідчить збільшення кількості різноманітних зв'язків між групами мікроорганізмів, при цьому будова кореляційної плеяди має більш замкнений вигляд, що й дає змогу мікробному угрупованню виявляти стійкість до мінливих умов навколишнього середовища.

Застосування мінеральних добрив на органічному фоні дещо послаблює інтегрованість мікробного угруповання, адже мікроорганізми-деструктори переорієнтовують ферментну систему до споживання біогенних елементів з легкодоступних низькомолекулярних сполук.

Література

1. Андреев Е.И. Почвенные микроорганизмы и интенсивное земледелие / Е.И. Андреев, Г.А. Иутина, А.Н. Дульгер. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1988. – 189 с.
2. Андреев К.И. Основы экологии почвенных микроорганизмов / Е.И. Андреев, Е.В. Валагурова. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1992. – 224 с.
3. Андреев К.И. Функционирование микробных ценозов в условиях антропогенного навантаження / К.И. Андреев, Г.О. Иутина, А.Ф. Антипчук. – К. : Вид-во "Обереги", 2001. – 240 с.
4. Валагурова Е.В. Функционирование микробных ценозов запovedного и окультуренного чернозема Хомутовской степи / Е.В. Валагурова // Микробные сообщества и их функционирование в почве : сб. науч.-техн. информ. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1981. – С. 43–49.
5. Волкогон В.В. Экспериментальная ґрунтова мікробіологія : монографія / В.В. Волкогон, О.В. Наджернична, Л.М. Токмакова та ін.; за ред. В.В. Волкогона. – К. : Вид-во "Аграрна наука", 2010. – 464 с.
6. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
7. Карпачевский Л.О. Зеркало ландшафта / Л.О. Карпачевский. – М. : Изд-во "Мысль", 1983. – 154 с.
8. Ковалева И.Л. Метод корреляционных плеяд : учебн. пособ. / И.Л. Ковалева, Л.В. Федосова. – Мн. : Изд-во БНТУ, 2014. – 22 с.
9. Мишустин Е.Н. Развитие учения о ценозах почвенных микроорганизмов / Е.Н. Мишустин // Успехи микробиологии : сб. науч.-техн. информ. – 1982. – Т. 17. – С. 117–136.
10. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость / Н.С. Ростова. – СПб. : Изд-во С-Петербур. ун-та, 2002. – 308 с.
11. Соколов И.А. Экология почв как раздел докучаевского генетического почвоведения / И.А. Соколов // Почвоведение : сб. науч.-техн. информ. – 1985. – № 10. – С. 5–12.
12. Шустерук Т.З. Оцінка стану ґрунтів за показниками їх біологічної активності при застосуванні різних агротехнологій / Т.З. Шустерук, О.В. Шерстобоева, О.С. Дем'янюк // Агроекологічний журнал : наук.-практ. журнал. – 2006. – № 3. – С. 23–28.
13. Brussaard L. Soil biodiversity for agricultural sustainability / L. Brussaard, P.C. de Ruiter, G.G. Brown // Agriculture Ecosys. Environ. – 2007. – Vol. 121. – Pp. 233–244.
14. Noor W. Exploratory network analysis with pajek / W. de Noor, A. Mrvar, V. Batagelj. – Cambridge University Press, 2005. – 334 p. [Electronic resource]. – Mode of access <http://cambridge.org/9780521841733>.
15. Zornoza R. Changes in soil microbial community structure following the abandonment of agricultural terraces in mountainous areas of Eastern Spain / R. Zornoza, C. Guerrero, J. Mataix-Solera et al. // Appl Soil Ecol. – 2009. – Vol. 42. – Pp. 315–323.

Надійшла до редакції 26.10 2016 р.

Демянюк Е.С., Бунас А.А., Шерстобоева Е.В. Влияние погодных условий на функциональную структуру микробиоценоза дерново-подзолистой почвы

Проанализирована функциональная структура пяти микробиоценозов дерново-подзолистой почвы природной экосистемы и агроэкосистемы в зависимости от гидротермического режима вегетационного периода. Почва перелога характеризуется устойчивым и более интегрированным микробным сообществом, позволяет выдерживать воздействие высоких температур и засухи, сохраняя при этом свою функциональную структуру. Для почвы агроэкосистемы характерна менее устойчивая функциональная структура, зависящая от гидротермических условий вегетационного периода и удобрений. Более уязвимой структура микробиоценоза почвы в агроэкосистеме наблюдается при применении минеральных удобрений и использовании почвы без удобрений. В этих условиях проявляется диспропорция в микробном сообществе и разрыв связей между зимогенным и автохтонным блоками микроорганизмов.

Применение органических удобрений оказывает положительное влияние на функциональную структуру микробиоценоза, о чем свидетельствует увеличение количества корреляционных связей между физиологическими группами микроорганизмов. При этом строение плеяды имеет более замкнутый вид, что свидетельствует о повышении устойчивости микробного сообщества к меняющимся условиям окружающей среды.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, микробиоценоз, погодные условия, функциональная структура, корреляционные плеяды.

Demyanyuk O.S., Bunas O.A., Sherstoboeva O.V. The Influence of Weather Conditions on Functional Structure of Microbiocenosis in Soddy Podzolic Soils

We analyzed the functional structure of the five microbiocenoses of soddy podzolic soil. State of natural ecosystems and agroecosystems, depending on the hydrothermal regime of the growing season was considered. Fallow soil is characterized by stable and more integrated microbial community. This allows withstanding high temperatures and drought, save the functional structure. Soil agroecosystems are characterized by less stable functional structure depending on hydrothermal conditions of the growing season and fertilizer. More vulnerable soil microbiocenosis agroecosystem structure is observed in the application of fertilizers and the use of soil without fertilizer. Under these conditions manifest imbalance in the microbial community and breaking the link between the zymogen and autochthonous microorganisms unit. The use of organic fertilizer has a positive effect on the functional structure microbiocenosis. This increases the number of correlations between physiological groups of microorganisms. The pleiades have a closed look that indicates an increase in the stability of the microbial community to changing environmental conditions.

Keywords: soddy podzolic soil, microbiocenosis, weather conditions, functional structure, correlation galaxy.

УДК 630*231:502.75

ФОРМУВАННЯ ПІОНЕРНИХ ЕКОСИСТЕМ НА ВІДВАЛАХ БОРИСЛАВСЬКОГО ОЗОКЕРИТОВОГО РОДОВИЩА У СИСТЕМІ ЕДАФОТОП-ФІТОЦЕНОЗ

М.Й. Цайтлер¹, Т.Б. Скробач²

Розглянуто особливості формування фітоценозів відвальних екосистем Бориславського озокеритового родовища. Визначено видовий склад піонерів заростання відвалів озокеритовидобутку, які належать до галофітів і солейних груп. Установлено сукупний механізм дії засолення та вуглеводневого забруднення, які визначають особливості

водно-сольового режиму техногенного субстрату та детермінують розвиток піонерних фітоценозів. Виділено три основні екотопи, кожен з яких характеризується особливостями водно-сольового режиму та специфікою формування піонерної стадії заростання. Виявлено причинно-наслідкові зв'язки у системі едафотоп-фітоценоз, що пояснюють закономірності природного заростання відвалів озокеритовидобутку.

Ключові слова: відвали озокеритовидобутку, субстрат, засолення, галофіти, піонери заростання.

Вступ. Відновлення біологічного різноманіття на деградованих промисловою територіях є пріоритетним завданням міжнародної і національної природоохоронної політики [3]. Особливої актуальності такі завдання набувають на техногенних територіях, які розташовані поблизу об'єктів рекреаційного призначення або природозаповідного фонду. Прикладом є території гірничих розробок міста Борислава, які безпосередньо примикають до курортно-рекреаційних зон Трускавця та Східниці, межують з місцевими заказниками, розташовані поблизу Національного природного парку "Сколівські Бескиди". Здебільшого деградовані території характеризуються зруйнованими корінними фітоценозами та ґрунтами. Вивчення факторів і процесів, які визначають розвиток трансформованих екосистем, є умовою успішного відновлення біоценозів. У дослідженні розглянуто особливості формування фітоценозів відвальних екосистем Бориславського озокеритового родовища з метою виявлення закономірностей природного заростання, встановлення причинно-наслідкових зв'язків у системі едафотоп-фітоценоз. Виявлення закономірностей перебігу процесів у цій системі дасть змогу знайти ефективний шлях рекультиватії

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проведено на територіях відвалів Бориславського озокеритового родовища, які розміщуються безпосередньо біля озокеритової шахти та промислових майданчиків у прицентральної частині Борислава (рис. 1) [6]. Відвали утворювалися відходами після збагачення руди. Вміст озокериту у руді становить 0-8 %, тому майже весь об'єм видобутої породи після збагачення йшов у відвали. Відходи відсипали у понижені ділянки заплави потічка Крушельниця. Через хаотичне відсипання породи впродовж 150-ти років сформувався нерівний горбистий рельєф на площі 20 га з різними екологічними розбіжностями. Це зумовлено товщею відсипаної породи, технологією збагачення руди, експозицією та крутизною схилів тощо. Передбачуваний об'єм відсипаної породи становить 300 тис. м³.

Закладали пробні ділянки, на яких проводили маршрутні й стаціонарні екологічні та геоботанічні дослідження. Здійснювали багаторазові спостереження ознак рослинності у різні роки та пори вегетаційного періоду. Вивчали процеси заростання техногенних субстратів рослинами та формування едафотопів. Порівнювали результати багаторічних досліджень. Аналізували залежність складу фітоценозів і популяцій рослин від абіотичного середовища – хімічних та фізичних особливостей техногенного субстрату, режиму зволоження, рельєфу поверхні. Вивчали ці залежності впродовж сезонних змін. Видовий склад вищих рослин встановлено за вітчизняними визначниками [1]. Біоморфну структуру рослин вивчено за системою І. Серебрякова [2, 4]. Узагальнення результатів часткових досліджень здійснено відповідно до методології екосистемного підходу та принципів, наведених у праці [9].

¹ доц. М.Й. Цайтлер, канд. біол. наук – Дрогобицький ДПУ ім. Івана Франка;

² доц. Т.Б. Скробач, канд. с.-г. наук – Дрогобицький ДПУ ім. Івана Франка