

СПРЯМОВАНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

І.М. МАЛИНОВСЬКА

Національний науковий центр „Інститут землеробства НААН”, м. Київ

Досліджували спрямованість та напруженість мікробіологічних процесів у темно–сірому опідзоленому ґрунті за використання різних систем удобрення та технологій вирощування сої. Встановлено, що оптимальним серед досліджених виявився варіант технології, який передбачає заорювання побічної продукції рослинництва і внесення $N_{40}P_{60}K_{60}$, що дозволяє сформувати міцне і стабільне мікробне угруповання у кореневій зоні сої, істотно зменшити чисельність і фізіолого-біохімічну активність денітрифікаторів, знизити активність розкладання гумусу у 2,43 рази. Показано, що у вказаних агрохімічних умовах врожайність сої істотно ($r = 0,666-0,999$) позитивно корелює із чисельністю нітрифікаторів, педотрофів, загальною чисельністю мікроорганізмів, вмістом у ґрунті азоту всіх форм і калію; від’ємно корелює із чисельністю азотобактера.

Ключові слова: мікроорганізми, мінералізація, денітрифікація, гумус, азотобактер, технологія, родючість.

Вступ. Сучасний технологічний процес у сільськогосподарському виробництві призводить до нових проблем, які пов’язані з деградацією родючості ґрунтів. Одна з них – проблема екологічної стійкості агроєкосистем, тобто їх здатність протягом всього часу експлуатації зберігати біопродуктивність за високої якості продукції, яка отримується. У агроєкосистемах повинні функціонувати механізми, які забезпечують

відновлення родючості ґрунтів. Аналіз досягнень і невдач в сільськогосподарському використанні ґрунтів свідчить про те, що ефективність багатьох технологій залежить від того, наскільки вони вписуються в систему природних процесів і закономірностей, а не діють проти них. Розуміння специфіки функціонування ґрунтів в агро– і біоценозах здатне створити методологічний прорив у розробленні новітніх систем землеробства і формуванні інструментарію системної оптимізації параметрів ґрунтової родючості. Моделювання функціонування ґрунтів дозволить врахувати негативні і позитивні наслідки сільськогосподарського використання ґрунтів, тих або інших прийомів впливу на ґрунт.

Основу ґрунтового метаболізму складають процеси перетворення вуглеводів, азот– і фосфорорганічних сполук та біогенезу гумусу, які здійснюються мікроорганізмами певних функціональних, систематичних і еколого-трофічних груп. Використання ґрунтів, особливо при застосуванні різної інтенсивності технологій вирощування сільськогосподарських культур, призводить до зміни стану мікробного ценозу, основних параметрів формування і функціонування біологічного потенціалу ґрунту, який за даними багатьох дослідників може слугувати одним із інтегральних показників його родючості [1,2,15,18]. Кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти адекватно віддзеркалює ступінь антропогенного навантаження, тому використовується як діагностичний показник при оцінці екологічного стану ґрунту.

Метою експериментальних досліджень є встановлення взаємозв'язку параметрів ефективної родючості із спрямованістю та напруженістю мікробіологічних процесів у темно–сірому опідзоленому ґрунті за використання різних систем удобрення та технологій вирощування сої.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у системі полігонного моніторингу, який було створено на базі стаціонарного дослідів відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур та кукурудзи ННЦ „Інститут землеробства НААН” „Розробка й удосконалення

інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур на основі розширеного відтворення родючості ґрунту”, розміщеного на території дослідного господарства „Чабани”. У адміністративному відношенні територія господарства „Чабани” розміщена у Києво-Святошинському районі Київської області, на правобережжі р. Дніпра. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений. До закладки досліду ґрунт характеризувався такими агрохімічними показниками: $pH_{(КСД)}$ - 5,2, гідролітична кислотність – 2,9, сума вбирних основ – 12,5 мг-екв. на 100 г ґрунту, вміст загального гумусу – 2,0%, рухомих фосфатів – 16,0, обмінного калію – 14,0 мг/100 г ґрунту.

Об’єктом досліджень є варіанти стаціонарного досліду: 12 – контроль (без добрив); 11 – внесення мінеральних добрив у дозі $N_{40}P_{60}K_{60}$ без заорювання побічної продукції; варіанти удобрення по фоні заорювання побічної продукції рослинництва: 10 – фон, без мінеральних добрив, 6 – фосфор та калій внесені у запас + $N_{40}P_{60}K_{60}$, 5 – $N_{60}P_{90}K_{90}$, 2 - $N_{40}P_{60}K_{60}$, 1 – $N_{20}P_{30}K_{30}$. У 2011 році у досліджених варіантах вирощувалася соя сорту Легенда, попередник – озимі зернові. Площа дослідної ділянки 420 м², облікова – 25,0 м². Повторність – чотириразова.

Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп оцінювали методом висіву ґрунтової суспензії на відповідні загальні, елективні та спеціальні поживні середовища [10]. Показник інтенсивності процесу мінералізації сполук азоту розраховували за Є.Н. Мішустіним і Е.В. Руновим [12], індекс педотрофності – за Д.І. Нікітіним та В.С. Нікітіною [14], активність процесу мінералізації гумусу – за І.С. Демкіною та Б.Н. Золотарьовою [3].

Кількість колоній підраховували впродовж 21 доби залежно від швидкості росту і фізіологічних особливостей мікроорганізмів певної еколого-трофічної групи. Вірогідність формування бактеріальних колоній (ВФК) визначали за методом *S.Ishikuri and T.Hattori*, який описано П.А.Кожевіним з співавторами [4]. Фітотоксичні властивості ґрунту визначали з використанням рослинних біотестів (пшениця озима) за Н.А. Красильниковим [11].

Статистичну обробку результатів проводили з використанням сучасних програм *Microsoft Excel*.

Результати та їх обговорення. У результаті проведених досліджень встановлено, що внесення мінеральних добрив у дозі $N_{20}P_{30}K_{30}$ призводить до суттєвого збільшення загальної чисельності мікроорганізмів (на 12,6 %) і особливо, амоніфікувальних (у 2,19 рази) порівняно із контролем (табл.1). Чисельність мікроорганізмів інших еколого-трофічних груп у результаті внесення мінеральних добрив, навпаки, зменшується у рази. Особливо істотно зменшується чисельність азотобактера (у 10,8 рази), денітрифікувальних мікроорганізмів (у 14,9 рази), целюлозоруйнівних (у 4,0 рази), полісахаридсинтезувальних (у 34,0 рази), автохтонних (у 4,33 рази). Це суперечить загальним уявам і власним даним [5,6] про підвищення чисельності мікроорганізмів більшості функціональних і еколого-трофічних груп у результаті внесення мінеральних добрив. Причиною зменшення чисельності мікроорганізмів, яка спостерігається у приведеному дослідженні, може бути наслідком існування якогось лімітуючого фактору.

Підвищення дози добрив до $N_{40}P_{60}K_{60}$ призводить до збільшення як загальної чисельності мікроорганізмів, так і мікроорганізмів окремих груп порівняно із контролем, який передбачає заорювання побічної продукції рослинництва. Зокрема, чисельність мікроорганізмів у варіанті зі внесенням $N_{40}P_{60}K_{60}$ перевищує чисельність мікроорганізмів за внесення $N_{20}P_{30}K_{30}$: амоніфікувальних – на 6,49 %, олігонітрофілів – 88,5, денітрифікаторів – на 27,7 %, імобілізаторів мінерального азоту – у 2,49 рази, целюлозоруйнівних – 3,85, полісахаридсинтезувальних – 22,0, педотрофів – 2,45, нітрифікаторів – 3,23, автохтонних – 5,0, стрептоміцетів – 2,17, мікроміцетів – 3,95, мобілізаторів мінеральних фосфатів – 2,89, кислотоутворювальних – у 18,6 рази. Загальна чисельність мікроорганізмів зростає при цьому на 24,3 %. Все це свідчить про неоптимальність дози мінеральних добрив $N_{20}P_{30}K_{30}$ для вирощування сої на темно-сірому опідзоленому ґрунті.

Подальше збільшення дози добрив до $N_{60}P_{90}K_{90}$ не призводить до зростання кількості мікроорганізмів у кореневій зоні рослин, що свідчить про недоцільність такого збільшення при вирощуванні сої. Доза азотних мінеральних добрив повинна бути „стартовою” і давати можливість рослинам створювати ефективний симбіотичний апарат. Внесення ж азоту у дозі N_{60} пригнічує формування елементів симбіотичного апарату, що виявляється у зменшенні кількості і маси бульбочок, інгібує відновлення азоту повітря. Все це знаходить відображення у зменшенні чисельності і фізіологічної активності мікроорганізмів циклу азоту. Так, чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів зменшується порівняно із варіантом $N_{40}P_{60}K_{60}$ на 25,4 %, імобілізаторів мінерального азоту – на 92,3, нітрифікаторів – на 10,9 % (табл.1). Надмірність дози азоту N_{60} підтверджується також інтенсифікацією денітрифікаційного процесу в 14,4 рази. Отримані нами дані співпадають із літературними відомостями [19, 20]. Багаторічне застосування високих доз мінеральних добрив пригнічує розвиток азотфіксувальних, целюлозоруйнівних, амоніфікувальних мікроорганізмів із одночасним посиленням інтенсивності мінералізаційних і денітрифікаційних процесів, що спричиняє зниження стабільності гумусу і його втрат.

Підвищення ефективної родючості ґрунтів може бути здійснено шляхом збагачення ґрунтів органічною речовиною, яка легко гідролізується. Одним із визнаних методів покращення стану ґрунтів є використання у сівозмінах заорювання побічної продукції попередника. Тому досліджували варіанти технологій вирощування сільськогосподарської продукції із заорюванням і без нього побічної продукції попередника. У результаті проведених досліджень встановлено, що внесення мінеральних добрив ($N_{40}P_{60}K_{60}$) без заорювання побічної продукції рослинництва не дозволяє сформувати міцне і стабільне угруповання у кореневій зоні сої. Мікробний ценоз містить набагато менше мікроорганізмів основних еколого-трофічних і фізіологічних груп порівняно із мікробним ценозом варіанту $N_{40}P_{60}K_{60}$ + заорювання побічної продукції. При

**Вплив елементів технологій на чисельність мікроорганізмів у темно-сірому опідзоленому ґрунті, млн. КУО*/ г
абсолютно сухого ґрунту, дані 2011р**

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % оброблення грудочок ґрунту	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлозоруйні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Стрептоміцети	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна чисельність мікроорганізмів	
Заорювання побічної продукції рослинництва	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	880,1	17,7	14,8	9,00	8,30	0,173	66,8	14,4	0,10	2,1	4,10	0,347	1,80	0,10	1019,8
	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	937,2	39,8	27,9	3,01	10,6	0,558	163,3	55,4	2,21	10,5	8,91	1,369	5,21	1,86	1267,8
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	747,4	20,7	26,7	8,01	152,4	0,503	100,5	27,8	1,10	8,8	9,82	1,543	11,6	2,54	1119,4
	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ + 40мг РК на 100 г ґрунту**	476,7	58,9	52,7	0,20	119,1	0,263	132,2	67,2	2,21	9,0	16,3	0,256	10,8	19,5	965,3
	контроль	402,4	42,1	34,9	97,3	123,9	0,248	101,3	57,5	3,42	9,1	12,8	0,331	5,30	14,7	905,3
N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ без заорювання побічної продукції рослинництва	412,7	44,9	33,3	76,0	48,8	0,299	59,0	60,8	2,20	9,2	14,8	0,148	9,10	9,40	780,6	
Контроль без добрив і без заорювання побічної продукції рослинництва	470,2	44,7	47,9	41,3	21,6	0,395	66,7	84,0	7,61	12,4	11,2	2,102	10,5	6,81	873,4	
НІР ₀₅	5,05	2,54	4,15	0,92	2,00	0,020	5,04	2,01	0,45	0,68	1,03	0,01	0,760	1,06		

Примітка: КУО*– колонієутворювальна одиниця, 40мг РК на 100 г ґрунту** – це штучно створений фон у темно-сірому опідзоленому ґрунті за вмістом рухомих сполук фосфору та обмінного калію шляхом їх разового внесення у вигляді мінеральних добрив

цьому суттєво (у 4,60 рази) збільшується кількість денітрифікаторів, що свідчить про зрушення співвідношення N/C в зону неоптимальності.

Відомо [16], що однією з важливих характеристик мікробного ценозу є питомий вміст автохтонних мікроорганізмів. Внесення мінеральних добрив без заорювання побічної продукції рослинництва одразу призводить до активізації мінералізації гумусу у 2,43 рази (табл. 2), що співпадає із даними попередніх досліджень [6, 7, 8]. При цьому збільшується як чисельність автохтонних мікроорганізмів, так й їхня фізіолого-біохімічна активність (табл.1, 3). У результаті внесення мінеральних добрив без заорювання побічної продукції рослинництва підвищується також коефіцієнт оліготрофності у 2,7 рази і коефіцієнт мінералізації азоту – у 2,6 рази. Отже, незбалансоване внесення мінеральних добрив призводить до надмірного і неефективного витрачання макроелементів і гумусових сполук.

Варіант із внесенням $N_{40}P_{60}K_{60}$ і фосфору та калію у запас є одним із несприятливих серед досліджених варіантів технологій вирощування сої. У цьому варіанті досліді бульбочки на рослинах не формуються і фіксації атмосферного азоту не відбувається. Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів знижується порівняно із варіантом без штучно створеного фону фосфору і калію 40 мг/100 г на 96,6 %, азотобактера – у 15,0 разів, нітрифікаторів – 2,12, мікроміцетів – у 5,35 рази, загальна чисельність мікроорганізмів – на 31,3 % (табл. 1).

Азотобактер розглядається нами як індикатор екологічної чистоти ґрунту дослідженої еконіши [6, 7, 8]. Результати дослідження темно-сірого опідзоленого ґрунту підтверджують це припущення. Зокрема, внесення мінеральних добрив призводить до зменшення чисельності азотобактера у 10,8 – 486,5 рази (табл.1). Особливо низькою чисельністю азотобактера характеризується ґрунт варіанту із внесенням $N_{40}P_{60}K_{60}$ і фосфору та калію у запас. Заорювання побічної продукції рослинництва без внесення мінеральних добрив призводить до формування оптимальних умов розмноження азотобактера (97,3 % обростання грудочок ґрунту). Заорювання побічної

продукції позитивно впливає на чисельність азотобактера, можливо через те, що азотобактер має властивість фіксувати азот повітря і стає конкурентоспроможнішим в умовах нестачі азоту, яке забезпечується заорюванням побічної продукції. Можливо також, що рослинні залишки, володіючи здатністю адсорбувати токсичні поллютанти, тимчасово знижують їх концентрацію у ґрунті до моменту повної мінералізації, що також впливає на чисельність азотобактера. Отже, внесення мінеральних добрив негативно впливає на чисельність азотобактера, а заорювання побічної продукції – позитивно.

Раніше було встановлено, що вирощування бобових у монокультурі, а також у складі бобово-злакових травосумішок супроводжується зниженням чисельності азотобактеру, порівняно із вирощуванням зернових [5, 9]. Ми пов'язуємо це із конкуренцією з боку симбіотичних і асоціативних азотофіксаторів, які цілеспрямовано підтримуються рослинами у власній ризосфері і пригнічують розвиток вільноіснуючих азотофіксаторів. Отримані дані свідчать про те, що взаємовідносини азотобактера із рослинами бобових культур мають більш складний характер і залежать від наявності доступного азоту. Так, внесення азотних мінеральних добрив призводить до зниження чисельності азотобактера у кореневій зоні сої, а заорювання побічної продукції рослинництва, тобто зниження співвідношення N/C, призводить до збільшення його кількості. Отже, взаємовідносини азотобактера із рослинами різних культур регулюються складом корневих виділень, наявністю доступного азоту, співвідношенням N/C та іншими факторами.

Максимальною кількістю азотобактера протягом багатьох років характеризується ґрунт абсолютного контролю [5, 8], що свідчить про неможливість використання азотобактера як індикатора ефективної родючості ґрунтів, як це практикувалося раніше [13].

Ґрунт абсолютного контролю характеризується підвищеним рівнем витрачання органічної речовини порівняно із варіантом, який передбачає

Таблиця 2

Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту за використання різних елементів технологій вирощування сої сорту Легенда, дані 2011 р.

Варіант		Індекс педотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г		
						стебло	коріння	загальна маса
Заорювання по-бічної продукції рослинництва	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	0,076	0,017	0,020	3,14	7,77	7,31	15,1
	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	0,174	0,030	0,042	6,43	9,02	7,88	16,9
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0,134	0,036	0,028	8,76	8,89	6,71	15,6
	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ + 40мг РК на 100 г ґрунту ^{**}	0,277	0,111	0,123	6,81	8,71	7,52	16,2
	контроль	0,252	0,087	0,105	8,98	8,38	7,01	15,4
N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ без заорювання побічної продукції рослинництва		0,143	0,081	0,109	15,6	7,58	7,64	15,2
Контроль без добрив і без заорювання побічної продукції рослинництва		0,142	0,102	0,095	18,6	7,45	6,67	14,1
НІР ₀₅						0,08	0,04	0,16

Таблиця 3

Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻²) у темно-сірому опідзоленому ґрунті, дані 2011р

Варіант		Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азота	Олігонітрофіли	Денітрифікатори	Педотрофи	Автохтонні	Целюлозоруйнівні	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Нітрифікатори
Заорювання побічної продукції рослинництва	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	0,218	2,397	1,250	0,065	4,578	0,492	6,706	5,355	3,421	1,161
	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	0,215	1,371	2,128	0,045	0,467	1,037	3,893	8,074	5,359	1,841
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	2,068	1,373	2,449	3,379	0,256	0,905	4,692	6,514	4,519	2,888
	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ + 40мг РК на 100 г ґрунту**	1,256	0,755	2,177	0,439	0,944	0,894	5,677	3,453	4,253	2,888
	контроль	0,822	1,454	4,264	1,689	2,816	0,791	2,636	7,103	4,463	1,689
N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ без заорювання побічної продукції рослинництва		6,523	3,238	4,721	15,767	1,723	0,953	4,477	5,119	7,205	3,312
Контроль без добрив і без заорювання побічної продукції рослинництва		3,444	3,357	2,549	0,135	2,128	0,817	4,755	7,304	3,922	1,922

мінеральне удобрення у дозі $N_{20}P_{30}K_{30}$ разом із заорюванням побічної продукції (табл. 2). І навпаки, внесення фосфору і калію у запас і заорювання побічної продукції рослинництва без внесення мінеральних добрив призводить до інтенсифікації мінералізації органічної речовини на 77,5–95,1 %. Ті ж самі закономірності спостерігаються відносно коефіцієнту оліготрофності і мінералізації азоту. У варіантах внесення фосфору і калію у запас і заорювання побічної продукції рослинництва без внесення мінеральних добрив, внесення мінеральних добрив без заорювання побічної продукції і абсолютному контролю вони мають високий рівень.

Для вирішення питання, наскільки активні мікроорганізми тієї чи іншої фізіологічної групи в мікробіоценозі необхідно визначити не тільки їх чисельність, але і рівень активності безпосередньо у ґрунті. Нами для вирішення цієї проблеми був використаний метод П.А. Кожевїна зі співавт. [4], який дозволяє одночасно визначити чисельність і стан комплексу хемоорганогетеротрофних бактерій в ґрунтах при підрахунку кількості КУО (колонієутворювальних одиниць) шляхом висіву ґрунтової суспензії на поживні середовища. Для цього використовується аналіз розпису появи бактеріальних колоній на поживному середовищі. Аналіз рівня активності мікробних клітин базується на твердженні, що вірогідність утворення колоній в лабораторії залежить від стану батьківської клітини в природі. Згідно проведеного аналізу, вірогідність формування колоній (ВФК) мікроорганізмів ґрунту абсолютного контролю характеризуються високою фізіолого-біохімічною активністю (табл. 3).

Внесення мінеральних добрив без заорювання побічної продукції рослинництва характеризується максимальною фізіолого-біохімічною активністю мікроорганізмів циклу азоту: амоніфікаторів, імобілізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, і особливо – денітрифікаторів, що свідчить про незбалансоване внесення мінеральних добрив у цьому варіанті досліду (табл. 3). Високі значення ВФК амоніфікаторів і нітрифікаторів у варіантах

внесення $N_{60}P_{90}K_{90}$ і $N_{40}P_{60}K_{60}$ та фосфору та калію у запас також свідчать про надмірність дози азотних мінеральних добрив при вирощуванні сої.

Для встановлення зв'язків між мікробіологічними показниками: чисельністю та фізіолого-біохімічною активністю мікроорганізмів досліджених груп, коефіцієнтами та індексами, які описують спрямованість та інтенсивність мінералізаційних процесів, фітотоксичність, агрохімічними показниками темно-сірого ґрунту та врожайністю сої проведений кореляційний аналіз. Встановлено, що врожайність сої у вказаних агрохімічних умовах істотно ($r = 0,666-0,999$) позитивно корелює із чисельністю нітрифікаторів, педотрофів, загальною чисельністю мікроорганізмів, вмістом у ґрунті азоту всіх форм і калію; від'ємно корелює із чисельністю азотобактера та фізіолого-біохімічною активністю педотрофів, коефіцієнтами оліготрофності, мінералізації азоту і гумусу. При значеннях коефіцієнту кореляції від 0,333 до 0,665 позитивні зв'язки виявлені між врожайністю і чисельністю амоніфікаторів, фізіолого-біохімічною активністю автохтонних мікроорганізмів і мікроміцетів, та вмістом фосфору у ґрунті кореневої зони; обернена кореляція виявлена між врожайністю і чисельністю олігонітрофілів, стрептоміцетів, полісахаридсинтезувальних і кислотоутворювальних мікроорганізмів, фізіолого-біохімічною активністю амоніфікаторів, іmobilізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, денітрифікаторів, педотрофів та рівнем фітотоксичності ґрунту.

Азотобактер як мікроорганізм із діагностичними функціями позитивно корелює із чисельністю целюлозоруйнівних, полісахаридсинтезувальних і кислотоутворювальних бактерій, стрептоміцетів, фізіолого-біохімічною активністю амоніфікаторів, іmobilізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, денітрифікаторів, мікроміцетів; фітотоксичністю, коефіцієнтами педотрофності, оліготрофності, мінералізації азоту; від'ємно – із врожайністю, чисельністю амоніфікаторів, нітрифікаторів, педотрофів, загальною чисельністю мікроорганізмів, активністю мінералізації гумусу, вмістом азоту всіх досліджених форм, вмістом і ступенем рухомості фосфору, калію.

Потрібно підкреслити, що кількість азотобактера обернено корелює із рівнем врожайності сої, коефіцієнт кореляції дорівнює - 0,662, що ще раз підтверджує необхідність перегляду уявлень про азотобактер як індикаційний мікроорганізм на ефективну родючість ґрунту.

Ефективність і напрямок мікробіологічних процесів у ґрунті залежать як від чисельності мікроорганізмів, так і від специфіки функціональних зв'язків між ними. На основі даних про динаміку розвитку мікроорганізмів в досліджених ґрунтах нами розраховані коефіцієнти кореляції між показниками чисельності мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп, фітотоксичності та врожайності вирощуваної культури (сої) побудовані кореляційні матриці за методом П.В. Терентьєва [17]. Проведений аналіз свідчить, що за загальною кількістю високо значимих кореляційних зв'язків ($r = 0,666-0,999$) перше місце належить мікробіоценозу абсолютного контролю – 30 (кількість позитивних зв'язків – 13), всі інші варіанти технологій характеризуються приблизно однаковим числом значимих кореляційних зв'язків – 18-22, при цьому кількість позитивних зв'язків коливається від 9 до 12. При вираховуванні кореляційного зв'язку середнього ступеню ($r = 0,333-0,665$) за загальною кількістю зв'язків відрізняються мікробні угруповання варіантів із внесенням мінерального удобрення у дозі $N_{60}P_{90}K_{90}$ (кількість зв'язків = 83, із них із високим рівнем кореляції – 21 і середнім – 62) і $N_{40}P_{60}K_{60}$ та фосфору та калію у запас (кількість зв'язків = 88, із них із високим рівнем кореляції – 22 і середнім – 66). Близькими до них є варіант внесення $N_{40}P_{60}K_{60}$ (кількість зв'язків = 77, із них із високим рівнем кореляції – 19 і середнім – 58) і заорювання побічної продукції рослинництва без внесення добрив (кількість зв'язків = 76, із них із високим рівнем кореляції – 20 і середнім – 56). Мінімальною кількістю зв'язків характеризуються мікробні угруповання варіанту внесення мінеральних добрив у дозі $N_{20}P_{30}K_{30}$ разом із заорюванням побічної продукції ($71=18+53$), внесенням $N_{40}P_{60}K_{60}$ без заорювання побічної продукції ($70=21+49$) і абсолютного контролю ($71=30+41$). Висока кількість значимих зв'язків у мікробному ценозі абсолютного контролю свідчить про те, що екосистема

грунту цього варіанту увійшла у стан рівноваги внаслідок тривалого використання одних й тих ж прийомів: відсутності внесення мінеральних і органічних добрив і заорювання побічної продукції. Мікроорганізми ґрунту цього варіанту досліду існують у жорстких стресових умовах, тому змушені утворювати стабільні міцні зв'язки між окремими групами.

За рівнем стабільності і міцності зв'язків мікробні угруповання варіантів досліду розташовані у ряду: $N_{40}P_{60}K_{60}$ та фосфор та калій у запас $> N_{60}P_{90}K_{90}$ $>$ контроль із заорюванням побічної продукції $>$ інші варіанти досліду.

ВИСНОВКИ

1. Технологія вирощування сої на темно-сірому опідзоленому ґрунті з використанням дози мінеральних добрив $N_{20}P_{30}K_{30}$ є неоптимальною. Про це свідчить зменшення чисельності мікроорганізмів більшості досліджених еколого-трофічних і функціональних груп порівняно із контролем, зниження інтенсивності освоєння органічної речовини ґрунту у 3,32 рази, зростання активності мінералізації сполук азоту у 5,25 рази.

2. Оптимальним серед досліджених виявився варіант технології, який передбачає заорювання побічної продукції рослинництва і внесення $N_{40}P_{60}K_{60}$, що дозволяє сформувати міцне і стабільне мікробне угруповання у кореневій зоні сої. При цьому суттєво зменшується чисельність і фізіологічна активність денітрифікаторів, що свідчить про зрушення співвідношення N/C в зону оптимальності. Активність розкладання гумусу знижується у 2,43 рази.

3. Заорювання побічної продукції рослинництва дозволяє сформувати міцне і стабільне мікробне угруповання у кореневій зоні сої за внесення мінеральних добрив. Мікробний ценоз містить набагато більше мікроорганізмів порівняно із мікробним ценозом варіанту внесення мінеральних добрив без заорювання побічної продукції. При цьому суттєво (у 4,60 рази) зменшується кількість денітрифікаторів, що свідчить про зрушення співвідношення N/C в зону оптимальності. Заорювання побічної продукції рослинництва дозволяє знизити активність розкладання гумусу у 2,43 рази.

4. За рівнем стабільності і міцності зв'язків мікробні угруповання варіантів досліду розташовані у ряду: $N_{40}P_{60}K_{60}$ та фосфор та калій у запас $> N_{60}P_{90}K_{90} >$ контроль із заорюванням побічної продукції $>$ інші варіанти досліду.

5. Встановлено, що врожайність сої у вказаних агрохімічних умовах істотно ($r = 0,666-0,999$) позитивно корелює із чисельністю нітрифікаторів, педотрофів, загальною чисельністю мікроорганізмів, вмістом у ґрунті азоту всіх форм і калію; від'ємно корелює із чисельністю азотобактера та фізіолого-біохімічною активністю педотрофів, коефіцієнтами оліготрофності, мінералізації азоту і гумусу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аврова Н.П. Микробиологическая оценка эффективности использования в севооборотах растительных остатков и минеральных удобрений / Н.П. Аврова., Н.И. Воробьев, М.Н. Рысев // Доклады Российской академии с.–х. наук. – 2005. – №3. – С. 19–21.
2. Гельцер Ю.Г. Показатели биологической активности в почвенных исследованиях / Ю.Г. Гельцер // Почвоведение. – 1990. – №9. – С. 47–54.
3. Демкина Т.С. Микробиологические процессы в почвах при различных уровнях интенсификации земледелия / Т.С. Демкина, Б.Н. Золотарева // Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур. – Вильнюс, 1986. – С. 101–103.
4. Кожевин П.А. Определение состояния бактерий в ґрунте / П.А. Кожевин, Л.С. Кожевина., И.Н. Болотина // Доклады АН СССР. – 1987. – т.297., № 5. – С. 1247–1249
5. Малиновська І.М. Формування мікробіоценозів ґрунту за різних способів відтворення рослинних угруповань / І.М. Малиновська, А.В. Боговін, М.М. Пташнік // Землеробство. – К.: Нора Прінт. – 2009. – Вип.81 – С. 105–118.

6. Малиновська І.М. Стан мікробіоценозу малорічного перелогу за мінерального удобрення / І.М.Малиновська, О.П.Сорока // Збірник наукових праць Інституту землеробства . – К.:Ексмо. – 2009. – Вип. 4. – С. 29-34.

7. Малиновська І.М. Стан мікробіоценозів постпірогенної та фонові ділянок сірого лісового ґрунту / І.М. Малиновська, О.П. Сорока // Збірник наукових праць Інституту землеробства . – К.: Нора Прінт. – 2008. – Вип. 3–4. – С. 46–51.

8. Малиновська І.М. Особливості мікробних комплексів сірого лісового ґрунту перелогів та агроценозів / І.М.Малиновська, О.О.Черниш, О.П. Романчук // Збірник наукових праць Інституту землеробства . – К.: Нора Прінт. – 2007. – Вип.2. – С. 29-34.

9. Малиновська І.М. Стан мікробіоценозу ризосфери сої за комплексного оброблення насіння фосфатмобілізуючими мікроорганізмами і *Bradyrhizobium japonicum* 71T / І.М.Малиновська // Агроекологічний журн. – 2007. – №3. – С. 79-83.

10. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Звягинцева Д.Г. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

11. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / Под ред. Н.А. Красильникова. – М.: МГУ, 1966. – 162 с.

12. Мишустин Е.Н. Успехи разработки принципов микробиологического диагностирования состояния почв / Е.Н. Мишустин, Е.В. Рунов // Успехи современной биологии. – М.: АН СССР, 1957. – Т.44. – С. 256-267.

13. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы/ Е.Н. Мишустин // Москва: Изд-во АН СССР. – 1956. – 247с.

14. Никитин Д.И. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты растений / Д.И. Никитин, В.С. Никитина // М.: Наука, 1978. – 205 с.

15. Степанов А.М. Биоиндикация на уровне экосистем / А.М. Степанов // Биоиндикация и биомониторинг. – М.: Наука, 1991. – С. 59–64.

16. Теппер Е.З. Микроорганизмы рода *Nocardia* и разложение гумуса. – М.: Наука, 1976. – 196 с.

17. Терентьев П.В. Метод корреляционных плеяд / П.В. Терентьев // Вестн. Ленинградского ун-та. – 1959. – №9. – С. 137-143.

18. Beck T. Mikrobiologische und biochemische Charakterisierung landwirtschaftlich genutzter Boden: I. Mit. Die Ermittlung der Bodenmikrobiologische Kennzahl. Z. / T. Beck // Pflanzenernaehr. Bodenkd. – 1984. – N.147 . – P. 456-466.

19. Bekken L.R. Straw decomposition in soil, effects on denitrification and mineralization immobilization of nitrogen during the autumn and spring / L.R. Bekken // Meld. Nord. Landbrukshogsr. – 1986. – V.65. – P. 1–16.

20. Cerna B. Functional groups of soil microbial community / B. Cerna, D. Elhottova, H. Santruckova // Structure and Function of Soil Microbiota. – 2003. – V.25. – P. 3–6.

Направленность микробиологических процессов в темно-серой оподзоленной почве при разных технологиях выращивания сои

И.М. МАЛИНОВСКАЯ

Национальный научный центр „Институт земледелия НААН”, г. Киев

Исследовали направленность и интенсивность микробиологических процессов в темно-серой оподзоленной почве при использовании разных систем удобрения и технологий выращивания сои. Установлено, что оптимальным среди изученных выявился вариант технологии, предусматривающий запахивание побочной продукции растениеводства и внесение $N_{40}P_{60}K_{60}$, что позволяет сформировать в корневой зоне сои стабильное микробное сообщество, существенно снизить численность и физиолого-биохимическую активность денитрификаторов, снизить активность минерализации гумуса в 2,43 раза. Показано, что в указанных агрохимических условиях урожайность сои существенно ($r = 0,666-0,999$) позитивно коррелирует с численностью нитрификаторов, педотрофов, общей

численностью микроорганизмов, содержанием в почве азота всех форм и калия; отрицательно коррелирует с численностью азотобактера, физиолого-биохимической активностью педотрофов, коэффициентами олиготрофности, минерализации азота и гумуса.

Ключевые слова: микроорганизмы, минерализация, денитрификация, гумус, азотобактер, технология, плодородие.

The orientation of microbiological processes in the dark-gray podzolic soil with different technologies of growing of soybean

I.M. MALINOVSKA

National scientific center "Institute of Agriculture, National Academy of Agricultural Sciences", Kyiv

We investigated the orientation and intensity of microbiological processes in the dark-gray podzolic soil with using different fertilization systems and technology of soybean production. Was found, that technology of plowing of crop by-products and introduction N40P60K60 is the best among the studied variants. It enables to create in the root zone of soybeans stable microbial community, substantially reduce the number of physiological and biochemical activity of denitrifying bacteria, reduce the activity of the mineralization of humus at the 2.43 times. In terms of agro-chemical yield of soybean significantly ($r = 0,666-0,999$) positively correlated with the number of nitrifiers, pedotrofov, the total number of microorganisms in the soil nitrogen content of all shapes and potassium is negatively correlated with the number of Azotobacter, physiological and biochemical activity pedotrofov, oligotrophicity coefficients, mineralization of nitrogen and humus.

Key words: *microorganisms, mineralization, denitrification, humus, Azotobacter, technology, fertility.*