

УДК 633.2:577.486:581.524.34

**І. М. Малиновська, д-р с.-г. наук, голов. наук. співр.,
Д. В. Літвінов, канд. с.-г. наук, пров. наук. співр.**

*Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», Київська обл.,
Україна, e-mail: irina.malinovskaya.1960@mail.ru*

ВПЛИВ ВИРОЩУВАННЯ У МОНОКУЛЬТУРІ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ У КОРЕНЕВІЙ ЗОНІ КУКУРУДЗИ ТА СОЇ

**I. M. Malinovskaya, Dr. Sci. (Agric.), Principal Scientific Officer,
D. V. Litvinov, Cand. Sci. (Agric.), Chief Scientific Officer**

*National Scientific Centre "Institute of Agriculture of NAAS", Kyiv region, Ukraine,
e-mail: irina.malinovskaya.1960@mail.ru*

MONOCULTURE CULTIVATION IMPACT ON MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN THE ROOT ZONE OF MAIZE AND SOYBEANS

Stationary test alternatives for cultivation of maize and soybeans in the permanent crops and short rotary crop successions have been researched. It is established that the cultivation of maize in monoculture leads to an intensification of soil organic matter consumption compared to crop rotation: without the applying of mineral fertilizers to 58.7 %, with the application of mineral fertilizers - to 28.4 %; increasing of humus mineralization: without fertilizers to 59.0 %, with the introduction of $N_{60}P_{40}K_{60}$ - to 38.5 %; mineralization activation of nitrogen compounds in 2.5 and 2.6 times.

Monoculture cultivation of soybeans is also accompanied with an intensification of development of the organic matter in the soil, increasing of humus mineralization and the mineralization activation of nitrogen compounds.

When growing in crop rotation in the root zone of the studied cultures more stable and robust microbial communities are being formed. It is evidenced by the increasing number of highly significant correlations than when growing crops in permanent sowing.

When cultivating the maize and soybeans in monoculture without fertilizers the total number of microorganisms is being decreased, compared to the cultivating in crop rotation, to 32.7 and 20.8 %. When cultivating the maize in monoculture with mineral fertilizers total number of microorganisms is almost unchanged. Thus, application of fertilizers, especially organic (manure), makes it possible to reduce the effect of soil fatigue at maize monocultivation, at least by brief periods of permanent cultivation.

When the maize cultivating in a permanent corns the micromycetes development compared to crop rotation is 2.7 times (at fertilization), for soybeans this index is 3.08 times. Physiological and biochemical activity of micromycetes also increases: in the root zone of maize - in 2.19 times, in the root zone of soybeans - in 1.36 times. Physiological and biochemical activity of micromycetes significantly increases as well as in alternatives for crop cultivation without application of fertilizers.

When growing cultures in the permanent crops without fertilizer the number of azotobacter is minimum; with the application of mineral fertilizers its population increases substantially; during the growth of crops in the rotation - on the contrary - the application of mineral fertilizers leads to a decrease in the number of azotobacter.

A high amount of polysaccharide synthesizing microorganisms in the check soil (without fertilizer) is revealed, which can be explained by lack of mineral elements. As a result of application of mineral fertilizers the number of polysaccharide synthesizing bacteria decreases: in the soil root zone of maize (crop rotation) in 3.43 times, in the soil root zone of soybean (monoculture) in 1.46 times. When the maize cultivating in monoculture fertilizer does not affect the number of polysaccharide synthesizing microorganisms, demonstrates the complexity of the operation of multicomponent and multifactorial biological systems.

Mechanism of quantity change of acid-producing microorganisms is almost identical to the mechanism of azotobacter spread: in crop rotations the optimization of plant nutrition leads to a decrease in the number of acid-producing microorganisms, in the permanent crops - to an increase.

Monocultivation of maize for 6 years accompanied by a loss of total organic matter and humus content: by 14.5 % (without fertilizer) and by 10.4 % (with fertilizer); at monocultivation of soybeans – by 8.45 and 2.7 %, respectively. The application of mineral and organic fertilizers slows down the process of mineralization of humus compounds, while soybean monocultivation the process is slower than while maize monocultivation.

Oligotrophy factor at maize cultivation in monoculture is increased by 13.3 % at the absence of fertilizer and by 37.3 % – at the optimal mineral nutrition of plants. Cultivation of maize in monoculture is accompanied by increased mineralization of humus compounds: in the version without fertilizers by 59.0 %, with fertilizers – by 38.5 %. Cultivation of soybean in monoculture at mineral fertilization is also accompanied by an intensification of development of organic matter – in 1.98 times, mineralization of nitrogen compounds in 3.13 times, increased mineralization of humus compounds in 1.63 times.

Key words: microbial community, mineralization, organic matter, humus, nitrogen, maize, soybeans, monoculture, crop rotation.

**І. М. Малиновська, д-р с.-г. наук, голов. наук. співр.,
Д. В. Літвінов, канд. с.-г. наук, пров. наук. співр.**

*Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», Київська обл.,
Україна, e-mail: irina.malinovskaya.1960@mail.ru*

ВПЛИВ ВИРОЩУВАННЯ У МОНОКУЛЬТУРІ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ У КОРЕНЕВІЙ ЗОНІ КУКУРУДЗИ ТА СОЇ

Досліджували варіанти стаціонарного досліду з вирощування кукурудзи і сої у беззмінних посівах і короткоротаційних сівозмінах.

Встановлено, що вирощування кукурудзи у монокультурі призводить до інтенсифікації витрачання органічної речовини порівняно із сівозміною: без внесення мінеральних добрив на 58,7 %, за внесення мінеральних добрив – на 28,4 %; до посилення мінералізації гумусових сполук: у варіанті без добрив на 59,0 %, із внесенням $N_{60}P_{40}K_{60}$ – на 38,5 %; до активізації мінералізації сполук азоту у 2,5 і 2,6 рази відповідно.

Вирощування сої у монокультурі також супроводжується інтенсифікацією освоєння органічної речовини, посиленням мінералізації гумусових сполук і активізацією мінералізації сполук азоту.

За вирощування досліджених культур у сівозміні мікробні угруповання їх кореневої зони формуються більш стабільними і міцними, про що свідчить більша кількість високочисельних кореляційних зв'язків, ніж за вирощування культур у беззмінних посівах.

Ключові слова: мікробне угруповання, мінералізація, органічна речовина, гумус, азот, кукурудза, соя, монокультура, сівозміна.

**И. М. Малиновская, д-р с.-х. наук, глав. науч. сотр.,
Д. В. Литвинов, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр.**

*Национальный научный центр «Институт земледелия НААН», Киевская обл.,
Украина, e-mail: irina.malinovskaya.1960@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ ВЫРАЩИВАНИЯ В МОНОКУЛЬТУРЕ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КОРНЕВОЙ ЗОНЕ КУКУРУЗЫ И СОИ

Исследовали варианты стационарного опыта по выращиванию кукурузы и сои в бессменных посевах и короткоротационных севооборотах.

Установлено, что выращивание кукурузы в монокультуре приводит к интенсификации расходования органического вещества почвы по сравнению с севооборотом: без внесения минеральных удобрений на 58,7 %, с внесением минеральных удобрений – на 28,4 %;

усилению минерализации гумуса: без удобрений на 59,0 %, с внесением $N_{60}P_{40}K_{60}$ – на 38,5 %; активизации минерализации соединений азота в 2,5 и 2,6 раза соответственно.

Выращивание сои в монокультуре также сопровождается интенсификацией освоения органического вещества почвы, усилением минерализации гумуса и активизацией минерализации соединений азота.

При выращивании в севообороте в корневой зоне исследуемых культур формируются более стабильные и прочные микробные сообщества, о чем свидетельствует большее количество высокозначимых корреляционных связей, чем при выращивании культур в бессменных посевах.

Ключевые слова: микробное сообщество, минерализация, органическое вещество, гумус, азот, кукуруза, соя, монокультура, севооборот.

Літературні відомості про вплив монокультур на ґрунтову мікрофлору суперечливі. Одні автори (Берестецкий, 1985) виявили пригнічення і лізис агрономічно цінної бактеріальної мікрофлори, накопичення малоактивних форм бактерій і мікроміцетів під монокультурами, інші (Бойко, 1985; Сандрак, 1982) вказують на відсутність тотального пригнічення мікрофлори, але підкреслюють різницю у динаміці і співвідношенні чисельності мікроорганізмів різних функціональних груп. О. А. Берестецкий (1985) вважає, що вплив монокультур на микробне угруповання залежить від типу ґрунту.

Метою нашої роботи було дослідження структури микробного угруповання кореневої зони сої і кукурудзи за їх вирощування у монокультурі і чотирьохпільній сівозміні.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В експериментах аналізували ґрунт з варіантів стаціонарного досліду з вивчення короткоротаційних сівозмін відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях ННЦ «Інститут землеробства НААН», закладеному у 2001 році на чорноземах типових малогумусних у підзоні нестійкого зволоження лівобережного Лісостепу на Панфільській дослідній станції ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Уміст гумусу в орному шарі ґрунту на час закладення досліду варіював у проміжку від 3,08 до 3,18 %, уміст фосфору – 22–25 мг/100 г, уміст обмінного калію – 8–12 мг/100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину була слабокислою, ступінь насичення вбирного комплексу основами – високий (85–99 %). У 2004 р. дослід увійшов у повноцінне інформаційне поле, тобто всі культури експериментальних сівозмін розміщуються після своїх попередників і передпопередників.

Досліджували варіанти коротко ротаційних сівозмін без внесення добрив (контроль) і за органо-мінеральної системи удобрення (кукурудза на зерно – $N_{60}P_{40}K_{60}$ + 40 т/га гною, соя – $N_0P_{30}K_{40}$, ячмінь ярий – $N_{60}P_{40}K_{60}$). У 2006 р. додатково до існуючої схеми досліду введено посіви беззмінних культур: кукурудзи – варіант без добрив і варіант із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{40}K_{60}$ +гній (40т/га); сої – варіант без добрив і варіант із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_0P_{30}K_{40}$; ячменю – варіант без добрив.

Розмір посівної ділянки – 90 м², облікової – 40 м², повторність – триразова. Розміщення варіантів і повторень систематичне. Зразки ґрунту для досліджень відбирали із кореневої зони кукурудзи у фазу викидання волоті, сої – цвітіння і початку наливу бобів, ячменю ярого – у фазу молочно-воскової стиглості.

Чисельність і фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп, спрямованість мікробіологічних процесів визначали методами, які описані раніше (Малиновська, 2011).

Статистичний аналіз результатів проводили з використанням сучасного комп'ютерного програмного пакету *Microsoft Office*.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз експериментальних даних показує, що вирощування сільськогосподарських культур у беззмінних посівах істотно впливає на чисельність і фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів більшості еколого-трофічних груп їхньої ризосфери (табл. 1, 2). Так, вирощування кукурудзи у монокультурі (без добрив) призводить до істотного зниження чисельності таких агрономічно важливих мікроорганізмів як амоніфікувальні, іммобілізатори мінерального азоту, азотобактер, педотрофи, целюлозоруйнівні, полісахаридсинтезувальні, фосформобілізівні та ін. Внесення мінеральних і органічних добрив дозволяє зменшити негативний вплив монокультивирування на мікробне угруповання кореневої зони кукурудзи. В результаті оптимізування мінерального живлення рослин чисельність мікроорганізмів деяких груп зменшується не так суттєво як без удобрення, або не зменшується зовсім.

Загальна чисельність мікроорганізмів зменшується при вирощуванні кукурудзи і сої у монокультурі без добрив порівняно із вирощуванням у сівозміні на 32,7 і 20,8 % відповідно. При вирощуванні кукурудзи у монокультурі із внесенням мінеральних добрив загальна чисельність мікроорганізмів майже не змінюється. Отже, внесення добрив, особливо органічних (гній), дозволяє знизити ефект ґрунтової за монокультивирування кукурудзи, принаймні за нетривалих строків беззмінного вирощування. Можливою причиною цього може бути висока адсорбційна здатність полімерів у складі органічного добрива, що є також причиною зниження фітотоксичності ґрунту у варіантах із внесенням органічних добрив (табл. 3).

О. А. Берестецким із співав. (1980) показано, що в процесі вирощування сільськогосподарських культур у беззмінних посівах мікроорганізми їхньої ризосфери втрачають здатність засвоювати азот у мінеральній формі. Нами отримані не настільки однозначні дані: для кукурудзи у варіанті без добрив спостерігається деяке зменшення чисельності іммобілізаторів мінерального азоту, з внесенням органічних і мінеральних добрив – навпроти – збільшення їхньої чисельності у 2,26 рази (табл. 1). Для пшениці озимої (Малиновська, 2011) і сої закономірність розповсюдження мікроорганізмів цієї групи співпадає із даними О. А. Берестецького (1980), а вирощування гороху у монокультурі не впливає на чисельність іммобілізаторів мінерального азоту (Малиновська, 2011). Отже, важливим для розповсюдження іммобілізаторів мінерального азоту у ґрунті є, окрім монокультивирування, також забезпеченість рослин макро- і мікроелементами (удобрення), а також видові особливості вирощуваної культури, зокрема, здатність фіксувати азот.

Вирощування у беззмінних посівах сої впливає на структуру мікробного угруповання її кореневої зони також неоднозначно, як і у кукурудзи (табл. 1). Істотно змінюється чисельність мікроорганізмів циклу азоту, в першу чергу, амоніфікаторів та іммобілізаторів мінерального азоту. За вирощування сої у беззмінних посівах із удобренням чисельність амоніфікаторів знижується порівняно із сівозміною у 2,53 рази, іммобілізаторів мінерального азоту – у 2,38 рази. Чисельність мікроорганізмів інших досліджених груп при вирощуванні у беззмінних посівах, навпроти, збільшується: олігонітрофілів, азотобактера, нітрифікаторів, денітрифікаторів, целюлозоруйнівних та ін. Загальна чисельність мікроорганізмів у кореневій зоні сої за монокультивирування лише на 20,8 % менша за її вирощування у сівозміні. При цьому врожайність сої за беззмінного вирощування також статистично не відрізняється від врожайності цієї культури за вирощування у сівозміні (табл. 3). Отже, соя, як і інша бобова культура – горох (Малиновська, 2011), краще пристосована до вирощування у монокультурі, ніж злакові культури і кукурудза, принаймні за нетривалих строків беззмінного вирощування. Це підтверджується також результатами вивчення фітотоксичності ґрунту кореневої зони сої: вона мінімальна серед досліджених варіантів і менша за фітотоксичність ґрунту кореневої

Таблиця 1

Чисельність мікроорганізмів у кореневій зоні кукурудзи і сої, які вирощуються у безмісних посівах і чотирихпільній сівозміні, млн. КУО*/г абсолютно сухого ґрунту, 2012 р.

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, %оброствання ґрунчюк ґрунту	Нітрифікатори	Денітрифікатори	Педрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Стрептоміцети	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кг	Кислототворюючі	Загальна чисельність мікроорганізмів
Кукурудза, сівозміна, б/д	340,0	99,7	63,2	85,3	0,198	49,3	115,9	38,8	6,21	21,8	20,5	0,256	46,0	1,191	26,7	828,6
Кукурудза, сівозміна, N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ + гній (40 т/га)	537,2	43,9	27,6	52,0	0,253	152,2	62,4	26,1	1,81	13,0	7,25	0,159	18,5	1,101	13,3	903,7
Кукурудза, монокультура, б/д	293,0	85,7	24,9	0	0,225	60,4	64,2	24,6	2,56	19,2	9,52	0,186	26,0	1,469	14,0	624,5
Кукурудза, монокультура, N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ + гній (40 т/га)	468,4	99,4	32,9	88,7	0,286	151,9	69,8	40,5	2,53	20,1	15,2	0,430	14,5	1,581	18,7	934,4
Соя, сівозміна, N ₀ P ₃₀ K ₄₀	499,0	132,7	30,0	3,33	0,321	27,4	95,8	43,0	3,28	18,5	11,7	0,160	24,1	1,068	6,00	892,0
Соя, монокультура, N ₀ P ₃₀ K ₄₀	197,4	55,7	37,1	95,3	0,821	149,8	74,9	129,8	3,92	23,6	13,9	0,493	27,5	1,110	23,3	738,2
Соя, монокультура, б/д	134,4	51,1	36,5	67,3	0,336	48,3	45,7	69,4	5,72	18,8	16,8	0,229	22,9	0,950	18,7	478,0
Ячмінь, монокультура, б/д	131,1	55,4	45,2	77,3	0,302	117,3	151,9	38,3	8,17	18,6	16,0	0,167	32,7	0,779	23,3	546,0
НІР ₀₅	12,5	4,52	3,05	6,11	0,03	8,94	6,14	4,10	0,54	0,50	0,72	0,02	3,05		1,02	

Примітка: КУО* – колонієутворююча одиниця.

Таблиця 2

Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻³) у чорноземно-типовому ґрунті кореневої зони кукурудзи і сої, які вирощуються у беззмінних посівах і чотирьохпільній сівозміні, 2012 р.

Варіант	Амоніфі- катори	Мобілізатори мінерального азоту	Олігоні- трофіли	Нітрифі- катори	Денітрифі- катори	Петрофи	Автохтонні	Целюлозо- руйнівні	Мікро- міцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів
Кукурудза, сівозмінна, б/д	0,253	0,754	2,53	0,037	1,69	1,01	1,06	2,62	2,67	3,63
Кукурудза, сівозмінна, N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ + гній	2,40	0,089	2,12	0,018	2,02	0,439	0,780	1,15	3,30	1,96
Кукурудза, монокультура, б/д	1,72	0,19	3,47	0,001	0,132	0,658	0,870	1,56	4,58	2,07
Кукурудза, монокультура, N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ + гній	0,265	0,227	1,44	0,015	1,64	0,354	0,931	1,76	7,22	5,07
Соя, сівозмінна, N ₀ P ₃₀ K ₄₀	0,346	0,030	3,73	0,001	3,38	1,57	0,863	0,510	2,14	1,69
Соя, монокультура, N ₀ P ₃₀ K ₄₀	1,32	0,601	1,86	0,003	11,5	0,812	0,883	0,948	2,90	1,77
Соя, монокультура, б/д	2,01	0,707	1,14	0,007	0,337	1,79	1,01	3,80	4,65	2,65
Ячмінь, монокультура, б/д	1,29	0,379	0,656	0,001	0,611	0,417	0,900	1,89	2,16	1,69

зони кукурудзи на 19 % при вирощуванні у сівозміні і на 4,4–4,8 % у беззмінних посівах (табл. 3). Максимальною фітотоксичністю ґрунту кореневої зони характеризується ячмінь у беззмінному посіві.

Згідно літературних даних (Берестецкий, 1980; Почвоутомление, 1994), під монокультурами відмічається зростання чисельності мікроміцетів і збільшення частки їх фітотоксичних форм. Отримані нами дані підтверджують цю закономірність: зростання чисельності мікроміцетів при вирощуванні кукурудзи у беззмінних посівах порівняно із сівозміною складає 2,7 рази (за внесення добрив), для сої такий показник складає 3,08 рази (табл. 1). При цьому зростає також фізіолого-біохімічна активність мікроміцетів: у кореневій зоні кукурудзи – у 2,19 рази, у кореневій зоні сої – у 1,36 рази. Істотно зростає фізіолого-біохімічна активність мікроміцетів також і у варіантах вирощування сільськогосподарських культур без внесення добрив (табл. 2).

Раніше нами було показано, що внесення мінеральних добрив при вирощуванні культур у беззмінних посівах призводить до незначного підвищення чисельності азотобактера, а при вирощуванні культур у сівозміні – до суттєвого зниження його чисельності, тобто за монокультування сільськогосподарських культур відбувається зміна закономірності розповсюдження азотобактера на протилежну тієї, що спостерігається при вирощуванні у сівозміні (Малиновська, 2011). Аналіз експериментальних даних, отриманих на прикладі кукурудзи і сої, підтверджує цю закономірність: при вирощуванні культур у беззмінних посівах без внесення добрив чисельність азотобактера мінімальна, за внесення мінеральних добрив його чисельність істотно зростає, при вирощуванні культур у сівозміні – навпаки – внесення мінеральних добрив призводить до зменшення кількості азотобактера (табл. 1).

Чисельність і фізіолого-біохімічна активність полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів є важливими індикаторними ознаками на нестачу мінеральних елементів у ґрунті (Малиновська, 2006), оскільки бактеріальні полісахариди інтенсифікують розчинення елементів з їх важкорозчинних форм вторинними метаболітами ґрунтових мікроорганізмів. В приведених дослідженнях високу кількість полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів в контрольному ґрунті (без добрив) можна пояснити нестачею мінеральних елементів, в результаті внесення мінеральних добрив чисельність полісахаридсинтезувальних бактерій зменшується: у ґрунті кореневої зони кукурудзи (сівозміна) в 3,43 рази, у ґрунті кореневої зони сої (монокультура) в 1,46 рази (табл. 1). При вирощуванні кукурудзи у монокультурі внесення добрив не впливає на чисельність полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів, що демонструє складність функціонування багатокомпонентних і багатofакторних біологічних систем.

Закономірності зміни чисельності кислотоутворювальних мікроорганізмів майже співпадають із закономірностями розповсюдження азотобактера: у сівозмінах оптимізація живлення рослин призводить до зменшення чисельності кислотоутворювальних мікроорганізмів, у беззмінних посівах – підвищенню (табл. 1). Між чисельністю азотобактера і кислотоутворювальних мікроорганізмів існує прямий кореляційний зв'язок ($r = 0,838$).

За зростаючої спеціалізації землеробства і застосування сівозмін із високим насиченням окремих сільськогосподарських культур велике значення має зберігання і підвищення вмісту у ґрунті органічної речовини. В умовах інтенсивного землеробства роль органічної речовини значно змінюється. Вона стає не тільки джерелом елементів живлення, а й основним фактором регулювання агрофізичних та біологічних умов росту рослин (Скоблина, 1972). Аналіз експериментальних даних показує, що вирощування кукурудзи у беззмінному посіві призводить до активізації витрачання органічної речовини порівняно із сівозміною без внесення мінеральних добрив на 58,7 %, за внесення мінеральних добрив – на 28,4 %, мінералізації сполук

Таблиця 3

Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості чорноземно-типового ґрунту кореневої зони кукурудзи і сої, які вирощуються у беззмінних посівах і чотирьохпільній сівозміні, 2012 р.

Варіант	Індекс пелотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність гумусу, %	Вміст загального гумусу, %	Інтенсивність респірації ґрунту, мг СО ₂ /кг ґрунту	Врожайність, т/га	Маса 100 рослин тест-культури – пшениці озимої, г		
								стебло	коріння	загальна маса
1 Кукурудза, сівозіміна, б/д	0,138	0,075	0,119	18,8	3,25	277,4	4,58	8,47	7,42	15,9
2 Кукурудза, сівозіміна, N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ + гній	0,116	0,051	0,082	20,8	3,10	310,2	7,41	8,98	8,43	17,4
3 Кукурудза, монокультура, б/д	0,219	0,085	0,292	29,9	2,69	241,5	3,53	8,60	6,91	14,5
4 Кукурудза, монокультура, N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ + гній	0,149	0,070	0,212	28,8	2,79	287,0	4,08	8,89	7,00	15,9
5 Соя, сівозіміна, N ₀ P ₃₀ K ₄₀	0,192	0,060	0,266	19,3	3,15	409,2	2,55	11,2	9,57	20,7
6 Соя, монокультура, N ₀ P ₃₀ K ₄₀	0,380	0,188	0,283	31,5	3,00	376,5	2,36	8,94	7,64	16,6
7 Соя, монокультура, б/д	0,319	0,255	0,356	41,1	2,84	330,5	2,25	8,97	6,23	15,2
8 Ячмінь, монокультура, б/д	0,454	0,423	0,240	48,0	3,05	281,4	3,19	6,04	5,17	11,2
НІР ⁰⁵					0,04	10,5	0,21	0,08	0,07	

азоту у 2,45 і 2,59 рази відповідно (табл. 3). Коефіцієнт оліготрофності за вирощування кукурудзи у монокультурі збільшується на 13,3 % за відсутності удобрення і на 37,3 % – за оптимізування мінерального живлення рослин. Вирощування кукурудзи у монокультурі супроводжується посиленням мінералізації гумусових сполук: у варіанті без добрив на 59,0 %, із внесенням добрив – на 38,5 %. Вирощування сої у монокультурі за внесення мінеральних добрив також супроводжується інтенсифікацією освоєння органічної речовини – у 1,98 рази, мінералізації сполук азоту у 3,13 рази, посиленням мінералізації гумусових сполук у 1,63 рази.

Відомо, що вирощування сільськогосподарських культур у беззмінних посівах впливає на вміст гумусу у ґрунті. О. А. Берестецьким із співав. (1981) на основі активності ферменту поліфенолоксидази, який приймає участь у синтезі гумусових сполук, показано, що у кореневій зоні гороху і ярої пшениці йде більш активний синтез гумусу, ніж у кореневій зоні кукурудзи і картоплі. Показано також, що за беззмінного вирощування зернових культур із використанням 30 т/га гною вдається підтримувати вміст гумусу на його вихідному рівні (Вороб'єв, 1979). Нами раніше було встановлено, що за 5 років монокульттивування гороху різниця у вмісті гумусу із сівозмінним варіантом склала 5,59 % (із внесенням мінеральних добрив), за монокульттивування пшениці озимої без добрив вміст гумусу зменшився на 1,03 %, із внесенням добрив – на 3,36 % (Малиновська, 2011). Наведені результати свідчать про те, що за 6 років різниця між варіантами вирощування культур у сівозміні і монокультурі стала вельми значною (табл. 3). Так, вміст гумусу при вирощуванні кукурудзи у сівозміні перевищує показники беззмінного вирощування за відсутності удобрення на 20,8 %, за внесення добрив – на 11,1 %; при вирощуванні сої у сівозміні вміст гумусу перевищує відповідний показник варіанту беззмінного посіву на 5,0 %. Якщо зважити на вміст гумусу на момент закладання досліду (3,08 %), то можна визначити, що монокульттивування кукурудзи призводить до втрати 14,5 % (без добрив) і 10,4 % (удобрення) гумусу, монокульттивування сої – 8,45 і 2,7 % відповідно. Отже, внесення мінеральних і органічних добрив уповільнює процес мінералізації гумусових сполук, при цьому за монокульттивування сої процес йде повільніше, ніж за вирощування кукурудзи.

Таким чином, вирощування сільськогосподарських культур у беззмінних посівах супроводжується втратою органічної речовини і гумусу, незважаючи на внесення в окремих варіантах досліду гною. Разом з тим, склад поживних залишків впливає на баланс гумусових сполук в ґрунті і культури, біомаса яких містить велику кількість молекул, які важко мінералізуються, наприклад, пшениця, може і за беззмінного вирощування забезпечувати невеликий приріст вмісту гумусу у ґрунті (Вороб'єв, 1979).

Інтенсивність респірації, яка вважається інтегрованим показником біологічної активності ґрунту, виявилася нижчою за вирощування кукурудзи і сої у беззмінних посівах, зокрема за внесення добрив на 8,1–8,7 %, без внесення добрив – на 14,9 %. Це свідчить про пригнічення біологічних процесів у ґрунтах беззмінних посівів.

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, фітотоксичністю чорноземно-типового ґрунту та врожайністю досліджених сільськогосподарських культур проведений кореляційний аналіз. Встановлено, що чисельність амоніфікаторів позитивно корелює із чисельністю мікроорганізмів циклу азоту, зокрема, іммобілізаторами мінерального азоту і олігонітрофілами, чисельністю стрептоміцетів і загальною чисельністю мікроорганізмів, ВФК нітрифікаторів, автохтонних і фосформобілізуювальних бактерій; обернено – із чисельністю нітрифікаторів і целюлозоруйнівних мікроорганізмів, власною фізіолого-біохімічною активністю, а також коефіцієнтами і індексами, які описують

спрямованість та напруженість мінералізаційних процесів у ґрунті: педотрофності, оліготрофності та мінералізації азоту.

Чисельність азотобактера позитивно корелює із чисельністю мікроорганізмів циклу вуглецю та азоту: целюлозоруйнівних, полісахаридсинтезуювальних, автохтонних і кислотоутворювальних бактерій, стрепто- і мікроміцетів, олігонітрофілів, фізіолого-біохімічною активністю іммобілізаторів мінерального азоту, нітрифікаторів, автохтонних і целюлозоруйнівних мікроорганізмів; обернено – із чисельністю та фізіолого-біохімічною активністю педотрофів, ВФК олігонітрофілів. Тісний кореляційний зв'язок чисельності азотобактера із чисельністю та фізіолого-біохімічною активністю мікроорганізмів циклу вуглецю свідчить, на нашу думку, про значний вплив на розповсюдження цього мікроорганізму співвідношення вуглецю до азоту у ґрунті. Підвищений вміст джерел вуглецю у ґрунті сприяє розмноженню азотобактера, а також позитивно впливає на чисельність мікроорганізмів, які приймають участь у мінералізації саме сполук вуглецю.

Потрібно підкреслити, що кількість азотобактера не корелює із рівнем врожайності досліджених сільськогосподарських культур ($r = 0,028$), що ще раз підтверджує необхідність перегляду уявлень про азотобактер як індикаційний мікроорганізм ефективної родючості ґрунту. Отримані дані щодо взаємозв'язку чисельності азотобактера із врожайністю досліджених культур підтверджуються результатами, отриманими нами раніше для такої культури як соя (Малиновська, 2012).

На основі даних про динаміку розвитку мікроорганізмів в досліджених варіантах досліду нами побудовані кореляційні матриці за методом П. Терентьєва (1959). Проведений аналіз свідчить, що за загальною кількістю значимих кореляційних зв'язків мікробні угруповання досліджених культур у беззмінних посівах суттєво відрізняються від показників мікробних угруповань культур за вирощування у сівозміні. Так, мікробіоценоз кореневої зони кукурудзи за монокультування характеризується кількістю зв'язків 56 і 59 відповідно варіантам без добрив і з внесенням мінеральних добрив, за вирощування кукурудзи у сівозміні кількість значимих кореляційних зв'язків збільшується відповідно до 71 і 70. За вирощування сої у беззмінних посівах кількість значимих кореляційних зв'язків складає 62 (без добрив) і 68 ($N_0P_{30}K_{40}$), за вирощування у сівозміні кількість показників збільшується до 79. Отже, мікробні угруповання кореневої зони досліджених сільськогосподарських культур є більш стабільними і міцними за вирощування у сівозміні, про що свідчить набагато більша кількість значимих кореляційних зв'язків, якої характеризуються саме ці варіанти досліду.

Таким чином, дослідження закономірностей зміни структури і фізіолого-біохімічної активності комплексу ґрунтових мікроорганізмів під різними агрофітоценозами і за їхнього чергування у сівозмінах необхідні для розроблення біотехнологічних прийомів управління ефективною родючістю ґрунтів.

ВИСНОВКИ

1. За монокультування у кореневій зоні рослин зростає чисельність і фізіолого-біохімічна активність мікроміцетів: при вирощуванні кукурудзи і сої у беззмінних посівах чисельність КУО мікроміцетів зростає порівняно із сівозміною у 2,7 і 3,1 рази відповідно, фізіолого-біохімічна активність – у 2,19 і 1,36 рази відповідно, що впливає на фітотоксичність ґрунту.

2. Вирощування кукурудзи у монокультурі призводить до активізації витрачання органічної речовини порівняно із сівозміною: без внесення мінеральних добрив на 58,7 %, за внесення мінеральних добрив – на 28,4 %, інтенсифікації процесу мінералізації сполук азоту у 2,45 і 2,59 рази відповідно. Вирощування кукурудзи у монокультурі супроводжується посиленням мінералізації гумусових сполук: у варіанті без добрив на 59,0 %, із внесенням добрив – на 38,5 %.

3. Вирощування сої у монокультурі за внесення мінеральних добрив також супроводжується інтенсифікацією освоєння органічної речовини – у 1,98 рази, мінералізації сполук азоту у 3,13 рази, посиленням мінералізації гумусових сполук у 1,63 рази.

4. Монокульттивування кукурудзи протягом 6-ти років супроводжується втратою загальної органічної речовини і гумусу: на 14,5 % (без добрив) і на 10,4 % (удобрення), монокульттивування сої – на 8,45 і 2,7 % відповідно. Внесення мінеральних і органічних добрив уповільнює процес мінералізації гумусових сполук, при цьому за монокульттивування сої процес йде повільніше, ніж за вирощування кукурудзи.

5. Методом будівництва плеяд кореляційних відношень показано, що мікробні угруповання кореневої зони досліджених культур більш стабільні і міцні за вирощування у сівозміні і характеризуються набагато більшою кількістю значимих кореляційних зв'язків, ніж за вирощування у беззмінних посівах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Берестецкий О. А. Влияние сельскохозяйственных культур на численность микрофлоры и биологическую активность дерново-подзолистой почвы / О. А. Берестецкий, Т. П. Зубец // Почвоведение. – 1981. – № 1. – С. 94-99.

Berestetskiy, O. A., Zubets, T. P., 1981, "The influence of crops on the number of microorganisms and biological activity of sod-podzolic soil", *Eurasian Soil Science*, no. 1, pp. 94–99.

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. XLIX, вып. 6. – С. 990-994.

Berestetskiy, O. A., Voznyakovskaya, Yu. M., Popova, Zh. P., 1980, "Changing microbial complexes sod-podzolic soil under the influence of long-term monoculture spring wheat", *Microbiology*, XLIX, 6, pp. 990–994.

Берестецкий О. А. Биологические основы севооборотов / О. А. Берестецкий // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Колос, 1985. – С. 136-141.

Berestetskiy, O. A., 1985, "Biological basis of crop rotation", *Mineral and organic nitrogen in agriculture of the USSR*, Moscow, Kolos, pp. 136–141.

Бойко Т. Ф. Микрофлора выщелоченного чернозема при бессменном выращивании культур в севообороте / Т. Ф. Бойко, Р. К. Андерсон, М. Б. Амиров // Микроорганизмы, их роль в плодородии почвы и охране окружающей среды. – М.: Изд-во ТСХА, 1985. – С. 94-98.

Boyko, T. F., Anderson, R. K., Amirov, M. B., 1985, "The microflora of leached chernozem at permanent cultivation of crops in the rotation", *Micro-organisms and their role in the fertility of the soil and the environment*, Moscow, Publishing House of the TAA, pp. 94–98.

Воробьев С. А. Накопление растительных остатков и содержание гумуса в дерново-подзолистой почве в севооборотах с разным насыщением зерновыми культурами / С. А. Воробьев, В. Г. Лошаков, Ю. Д. Иванов, С. Ф. Иванова // Известия ТСХА. – 1979. – Вып. 4. – С. 11-18.

Vorobyov, S. A., Loshakov, V. G., Ivanov, Yu. D., Ivanova, S. F., 1979, "The accumulation of plant residues and humus content in sod-podzolic soil in crop rotations with different saturation crops", *Proceedings of the TAA*, 4, pp. 11–18.

Малиновская И. М. Механизм деструкции минералов *Bacillus mucilaginosus* / И. М. Малиновская, В. Ф. Патика // Агроэкологичний журн. – 2006. – № 1. – С. 29-36.

Malinowska, I. M., Patika, V. F., 2006, "The mechanism of degradation of minerals *Bacillus mucilaginosus*", *Agroekologichny Journal*, no. 1, pp. 29–36.

Малиновська І. М. Агроекологічні основи мікробіологічної трансформації біогенних елементів ґрунту: автореф. доктор. дис. / І. М. Малиновська. – К., 2003. – 34 с.

Malinowska, I. M., 2003, "Agroecological bases microbiological transformation of soil nutrients", *Abstract Doctor Thesis*, Kyiv, 34 p.

Малиновська І. М. Мікробіологічні процеси в ризосфері рослин у забрудненому нафтопродуктами ґрунті / І. М. Малиновська, Н. А. Зінов'єва // Мікробіологія і біотехнологія. – 2011. – № 2. – С. 83-91.

Malinowska, I. M., Zinovieva, N. A., 2011, „Microbiological processes in the rhizosphere of plants in oil-contaminated soils”, *Microbiology and Biotechnology*, no. 2, pp. 83–91.

Малиновська І. М. Мікробіологічні процеси у кореневій зоні гороху і пшениці озимої за вирощування їх у монокультурі і чотирьохпільної сівозміни / І. М. Малиновська, Д. В. Літвінов // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2011. – Вип. 14. – С. 77-90

Malinowska, I. M., Litvinov, D. V., 2011, „Microbiological processes in the root zone of winter pea and wheat by growing them in monoculture and 4 fields rotation”, *Agricultural Microbiology*, 14, pp. 77–90.

Малиновська І. М. Спрямованість мікробіологічних процесів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за різних технологій вирощування сої / І. М. Малиновська // Проблеми екологічної біотехнології [електронне наукове видання]. – 2012. – № 1. – Режим доступу: nau.edu.ua

Malinowska, I. M., 2012, „The focus of microbiological processes in dark gray podzolic soil under different cultivation technology of soybean”, *Problems of environmental biotechnology*, [electronic scientific publication], no. 1, Mode of access: nau.edu.ua

Почвоутомление при выращивании полевых культур. – М. : Колос, 1994. – 235 с.
“Exhaustion of the soil for growing field crops”, 1994, Moscow, Kolos, 235 p.

Сандрак Н. А. Динамика микробных ценозов почвы при монокультуре и в севообороте / Н. А. Сандрак // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза. – Алма-Ата, 1982. – С. 111-112.

Sandrak, N. A., 1982, “Dynamics of soil microbial cenoses in monoculture and in rotation”, *Micro-organisms as a component of ecosystem*, Alma-Ata, pp. 111–112.

Скоблина В. И. Научные основы и принципы построения севооборотов в интенсивном земледелии / В. И. Скоблина. – М. : ВИНТИСХ, 1972. – 236 с.

Skoblina, V. I., 1972, “Fundamentals and principles of crop rotation in the intensive agriculture”, Moscow, VINTISKH, 236 p.

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

Terentev, P. V., 1959, “The method of correlation Pleiades”, *News of Leningrad University*, no. 9, pp. 137–143.

Рекомендує до друку
д-р с.-х. наук А. В. Боговін

Надійшла до редколегії 11.01.13