

**ДИНАМІКА ФОРМУВАННЯ МІКРОБІОЦЕНОЗУ
РИЗОСФЕРИ РОСЛИН СОЇ, БАКТЕРИЗОВАНИХ
АЗОТФІКСУВАЛЬНИМИ І ФОСФАТ-
МОБІЛІЗУВАЛЬНИМИ МІКРООРГАНІЗМАМИ**

Малиновська І.М.

Національний науковий центр “Інститут землеробства УААН”,
вул. Машинобудівників, 2-б, смт. Чабани, Київська обл., 08162,
Україна

Інтродукція в ризосферу сої азотфіксувальних і фосфатмобілізувальних мікроорганізмів приводить до перебудови функціональних взаємовідносин між рослиною-господарем і мікробіоценозом її ризосфери. Це виявляється у регулюванні кількості мікроорганізмів, які приймають участь у мінералізаційних процесах і уповільненні розкладання гумусу.

Ключові слова: *ризосфера, мікробіоценоз, фосфатмобілізувальні, азотфіксувальні мікроорганізми, соя*

Останнім часом багато досліджень присвячено вивченню механізмів взаємодії інтродукованих в агроценози у складі бактеріальних препаратів мікроорганізмів і рослини-господаря [6, 11]. Немає сумніву, що безпосередню участь у цій взаємодії приймає аборигенна мікрофлора ризосфери, яка має селективні переваги в отриманні ростових субстратів корневих виділень рослини [1, 17]. Відомо, що об'єм корневих виділень може сягати 35-45 % від усієї кількості вуглецю, асимільованого у процесі фотосинтезу [18], що свідчить про високу інтенсивність обміну речовинами й енергією між макро- і мікропартнерами рослинно-бактеріальних симбіозів. Однак, зміни взаємовідносин рослин з ризосферною мікрофлорою під впливом біопрепаратів залишаються майже невивченими [3, 13, 16]. Тому дослідження динаміки формування мікробіоценозу ризосфери бактеризованих рослин за кількістю мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп, їх співвідношення і фізіологічної активності є важливими і актуальними.

Матеріали й методи. Рослини сої сорту Київська 27 вирощували на чорноземно-лучному малогумусному ґрунті в дослідно-насінневому господарстві “Чабани” Інституту землеробства УААН. Технологія вирощування сої – загально-

прийнята. Попередник сої – озима пшениця. Норма висіву складала 600 тис. схожих насінин/га, ширина міжрядь – 45 см. Розміщення варіантів було таким: 1 – контроль: насіння, оброблене водою з водогону; 2 – оброблення насіння фундазолом; 3 – моноінокуляція насіння *Bradyrhizobium japonicum 71T*; 4 – комплексне оброблення насіння *B. japonicum 71T* + *Bacillus subtilis* (композиція з п'яти штамів). Площа дослідної ділянки – 13,5 м², облікової – 10,0 м², повторність – чотириразова.

Інокуляція насіннєвого матеріалу проводилась за загальноприйнятою методикою використання бактеріальних препаратів [12]. Бактеріальне навантаження на одну насінину становило: азотфіксуючого штаму *B. japonicum 71T* – $2 \cdot 10^5$ кл. на насінину, комплексу штамів *B. subtilis* – $2 \cdot 10^5$ кл./насінину, за комплексного оброблення (вар. 4) – $4 \cdot 10^5$ кл./насінину.

Зразки ризосферного ґрунту відбирали згідно існуючої методики [8]. Кількість мікроорганізмів основних фізіологічних і еколого-трофічних груп визначали методом висіву ґрунтової суспензії на відповідні поживні середовища через 24 години після відбору зразків [8, 15]. Показник напруженості процесів мінералізації сполук азоту розраховували за Є.Н. Мишустіним і Є.В. Руновим [9], індекс педотрофності – за Д.І. Нікітіним і В.С. Нікітіною [10], активність процесу мінералізації гумусу – за І.С. Дьомкіною та Б.Н. Золотарьовою [2].

Кількість мікроорганізмів підраховували протягом 21 доби залежно від швидкості росту колоній і фізіологічних особливостей мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп. Імовірність формування бактеріальних колоній (ІФК) визначали за методом S. Ishikuri and T. Hattori, який описано П.А. Кожевїним із співавт. [4].

Фітотоксичні властивості ґрунту визначали за використання рослинних біотестів (озима пшениця) [7].

Результати та їх обговорення. Раніше нами було встановлено, що комплексне бактеріальне оброблення насіння сої фосфатмобілізувальними мікроорганізмами і *B. japonicum 71T* приводить до суттєвих змін у складі мікробіоценозу ризосфери, зокрема істотно збільшується кількість амоніфікуювальних, целюлозоруйнівних бактерій, іммобілізаторів мінерального азоту та інших. У результаті вивчення динаміки розвитку мікробіоценозу в онтогенезі рослин тому було отримано додаткове підтвердження

(табл. 1, 2). Так, у фазу цвітіння рослини, інокульовані *B. japonicum* 71T, підтримували у ризосфері більшу, ніж у контрольних рослин, та істотно більшу, ніж у ґрунті міжрядь, кількість бактерій циклу азоту: олігонітрофілів, амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту. У фазу формування бобів у ризосфері рослин, бактеризованих комплексом штамів *B. subtilis*, виявлено більше, ніж в контролі, мікроорганізмів: амоніфікаторів – у 3,5 рази, олігонітрофілів – у 2,4 рази, іммобілізаторів мінерального азоту – в 4,0 рази, азотобактера – в 3,9 рази, нітрифікаторів – у 3,1 рази, мікроорганізмів, які мобілізують орґанофосфати, – в 6,4 рази, мікроорганізмів, що розчиняють мінеральні фосфати – в 44,2 рази, целюлозоруйнівних бактерій – у 1,7 рази.

Динаміка кількості мікроорганізмів усіх досліджуваних еколого-трофічних груп має загальний характер: навесні кількість мікроорганізмів різко збільшується, в період проростання насіння – зменшується, і знову збільшується до фази формування бобів. Наприкінці вегетації кількість мікроорганізмів знову зменшується, різниця між варіантами стає менш помітною.

У фазу початку цвітіння (одночасно-період посухи) в ризосфері рослин зменшується, порівняно з вихідною (при сівбі), кількість мікроорганізмів, які утилізують мінеральний азот: максимально – в ризосфері контрольних рослин і у варіанті з фундазолом – у 2,9 і 4,0 рази (табл. 1). В наступні 2 періоди спостережень кількість іммобілізаторів мінерального азоту в ризосфері рослин збільшується, а в ґрунті міжрядь – зменшується. У фазу дозрівання врожаю максимальна чисельність мікроорганізмів цієї групи спостерігається в ризосфері рослин, оброблених фундазолом, де також спостерігається найменший вміст азоту нітратів і загального азоту (табл. 3). На прикладі іммобілізаторів мінерального азоту спостерігається загальна закономірність: зі зниженням кількості мікроорганізмів між 1 і 2 фазами різко зростає імовірність формування їх колоній (табл. 4.). З наступним зростанням кількості мікроорганізмів у фазу формування бобів вірогідність формування колоній знову зменшується, і наприкінці вегетації вона стає мінімальною і приблизно однаковою за різних видів оброблення.

Кількість амоніфікаторів у посушливий період (одночасно – фаза початку цвітіння) зменшується не так істотно, як кількість мікроорганізмів інших еколого-трофічних груп, у варіанті *Br. japonicum* 71T і в ґрунті міжрядь – збільшується (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив комплексного бактеріального оброблення на кількість мікроорганізмів циклу перетворення азоту у ризосфері бактеризованих рослин сої сорту Київська 27, чорноземно-лучний малогумусний легкосуглинковий ґрунт, 2004 р.

Варіант досліджу		Амоніфікувальні бактерії, млн/г	Імобілізатори мінерального азоту, млн/г	Олігонітрофільні бактерії, млн/г	Нітрифікуючі бактерії, тис./г	Денітрифікуючі бактерії, млн/г	Азобактер, % обростання грудочок ґрунту	
1		2	3	4	5	6	7	
Ризосфера	контроль	1*	4,93	25,6	36,6	15,9	1,16	39,3
		2	2,40	8,80	20,4	53,1	0,24	44,0
		3	8,12	7,30	11,6	29,0	0,70	13,3
		4	11,2	22,0	23,6	43,3	5,21	10,7
		5	3,25	8,13	24,0	202,5	2,44	75,3
	фундазол	1*	6,8	22,6	22,4	25,6	1,49	56,7
		2	3,90	5,60	20,3	46,6	0,30	0
		3	9,96	9,96	14,2	37,2	2,87	10,7
		4	13,5	15,4	28,4	58,8	15,7	16,0
		5	22,9	30,5	51,8	71,5	2,41	3,30
	<i>Br. japonicum</i> 71Г	1*	6,41	17,0	28,7	17,7	1,52	39,0
		2	12,6	18,5	34,7	37,5	0,35	29,6
		3	20,1	14,8	16,3	34,1	7,95	2,70
		4	12,3	21,6	27,0	47,8	2,89	48,0
		5	4,90	17,6	39,8	213,2	17,2	67,3
	<i>Br. japonicum</i> 71Г+ комплекс штамів <i>B. subtilis</i>	1*	6,43	17,2	28,6	17,9	1,53	57,2
		2	6,65	13,3	16,8	51,6	0,11	56,3
		3	28,0	29,5	27,3	90,9	2,27	51,3
		4	14,7	23,7	42,5	57,5	44,1	25,6
		5	4,20	15,2	21,4	112,6	12,6	2,70

1	2	3	4	5	6	7	
Ґрунт міжряддя**	1*	4,50	16,9	27,0	11,6	0,92	57,0
	2	6,57	10,8	20,1	71,1	0,75	20,9
	3	15,0	17,7	14,6	113,5	0,29	1,40
	4	13,1	9,25	17,3	58,6	2,31	0,70
	5	4,39	8,80	15,2	116,8	0,54	0
НІР ₀₅		2,40	3,05	4,21	15,2	0,54	5,07

Примітка: тут і в інших таблицях: 1* – сівба, 2 – фаза початку цвітіння, 3 – фаза формування бобів; 4 – фаза наливу насіння, 5 – фаза повного досягання; ** – ґрунт міжряддя варіанту *Br. japonicum* 71T+ комплекс штамів *B. subtilis*.

У фазу формування бобів кількість амоніфікаторів інтенсивніше зростає за оброблення *Br. japonicum* 71T і комплексом штамів *B. subtilis* – у 2,5 і 3,5 рази, відповідно. Причиною цього може бути виділення корінням бактеризованих рослин більшої кількості білкових і білковоподібних ексудатів, ніж у контрольних рослин. У фазу наливу насіння вміст амоніфікаторів у ризосфері рослин за різних видів оброблення стає приблизно однаковим, а наприкінці вегетації зростає за оброблення фундазолом. Таким чином, вивчення стану мікробіоценозу ризосфери рослин необхідно проводити у фази кінця цвітіння і початку формування бобів, коли різниця між варіантами найбільш значна і помітна. Імовірність формування колоній амоніфікаторів істотно зростає з початком посухи, причому її величина у мікроорганізмів ґрунту міжрядь значно менша, ніж у мікроорганізмів ризосфери рослин (табл. 4). Ця закономірність спостерігається і для мікроорганізмів інших фізіологічних груп. Можливо, в умовах стресу рослини підтримують мікроорганізми ризосфери в активнішому стані, ніж у ґрунті міжрядь.

Вміст нітратного і, особливо, амонійного азоту в ризосфері рослин наприкінці вегетації перевищує аналогічні показники ґрунту міжрядь. Це може свідчити про те, що у ризосфері рослин накопичується азот, зв'язаний як в процесі асоціативної азотфіксації цілим рядом мікроорганізмів, у тому числі і інтродукованими брадіризобіями [14], так і в результаті амоніфікації білків і амінокислот кореневих ексудатів. Різниця вмісту азоту в ґрунті ризосфери у варіантах дослідження обумовлена, на наш погляд, також різною інтенсивністю росту рослин і величиною сформованого врожаю.

Таблиця 2. Вплив комплексного бактеріального оброблення на кількість мікроорганізмів циклу перетворення вуглецю ценозу ризосфери бактеризованих рослин сої сорту Київська 27, чорноземно-лучний малогумусний легкосуглинковий ґрунт, 2004 р.

Варіанти дослідів		Целюзоруйнівні мікроорганізми, млн/г	Педофори, млн/г	Автохтонна мікрофлора, тис./г	Стрептоміцети, млн/г	Мікроміцети, тис./г	Мікроорганізми, що розчиняють мінеральні фосфати, млн/г	Мікроорганізми, що розчиняють органічні фосфати, млн/г	
Ризосфера	контроль	1	31,3	23,2	6500	не визн.	43,0	5,30	4,00
		2	16,8	13,2	48,0	не визн.	85,5	5,60	10,4
		3	17,0	13,5	730,1	0,38	60,3	0,12	5,40
		4	12,7	29,7	1020	3,86	41,1	2,73	12,8
		5	17,9	18,3	610,0	0	37,4	1,63	2,03
	фундазол	1	22,0	28,9	5850	не визн.	35,1	6,90	4,40
		2	12,1	42,8	30,5	не визн.	16,4	10,6	9,39
		3	21,0	11,1	716,0	0,38	40,6	3,45	13,4
		4	17,6	25,8	595,0	2,62	25,8	4,12	16,8
		5	45,4	103,6	1413	5,22	33,9	17,7	6,83
	<i>Br. japonicum</i> 71Г	1	32,1	20,9	6397	не визн.	35,0	5,10	4,62
		2	30,6	26,4	11,8	не визн.	35,9	5,92	15,8
		3	18,2	15,3	412,0	1,13	58,3	3,03	15,4
		4	12,7	28,5	840,0	0,80	16,6	5,40	33,2
		5	48,0	47,15	1000	2,87	47,1	8,61	4,10
	<i>Br. japonicum</i> 71Г+ комплекс штамів <i>V.subtilis</i>	1	32,3	20,7	6399	не визн.	35,3	5,30	4,34
		2	12,1	57,1	62,6	не визн.	32,5	6,30	14,1
		3	28,4	39,8	617,0	1,51	56,0	5,30	34,8
		4	28,6	22,4	816,0	0,38	22,8	4,14	38,4
		5	26,0	29,0	1016	0,42	39,9	8,40	8,40
Ґрунт міжряддя	1	42,9	10,6	3625	не визн.	27,0	6,10	4,20	
	2	33,6	11,6	30,9	не визн.	31,7	10,1	14,3	
	3	15,0	20,0	1027	0,76	30,6	0,77	21,5	
	4	8,48	15,0	971,0	1,93	11,6	1,16	12,0	
	5	16,4	16,4	760,0	0,01	34,4	5,60	5,20	
НІР ₀₅		2,20	4,51	8,62	0,42	4,00	1,32	4,21	

Таблиця 3. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів та агрохімічні властивості ґрунту ризосфери і міжрядь при вирощуванні бактеризованих рослин сої сорту Київська 27, польовий дослід, чорноземно-лучний малогумусний легкосуглинковий ґрунт, 2004 р.

Варіанти дослідів		Коефіцієнт мінералізації-імобілізації азоту	Індекс педотрофності	Активність мінералізації гумусу, %	Ступінь рухомості фосфатів, P_2O_5 мг/100 г	Вміст фосфору, мг на 100 г	Вміст калію, K_2O мг на 100 г	Вміст азоту нітратів, мг/кг	Вміст амонійного азоту, мг/кг	
Ризосфера	контроль	1	5,19	4,70	28,0	0,15	17,2	14,6	9,0	22,1
		2	3,67	5,50	0,36	0,11	15,2	10,8	6,9	17,3
		3	0,90	0,66	5,40	0,09	17,5	11,8	43,6	19,2
		4	1,96	2,65	3,43	0,17	17,0	11,8	7,8	26,6
		5	2,50	5,63	3,33	0,09	10,4	12,3	8,7	12,8
	фундазол	1	3,32	4,25	20,2	0,16	15,9	12,8	7,4	23,9
		2	1,44	10,9	0,08	0,08	16,0	10,5	5,5	18,4
		3	1,00	1,11	6,45	0,05	9,56	9,75	30,9	11,9
		4	1,14	1,91	2,31	0,21	15,8	12,8	3,9	16,9
		5	1,33	4,52	1,36	0,09	11,6	12,3	4,4	14,8
	<i>Br.jaropiscum</i> 71Г	1	2,65	3,26	30,6	0,13	15,3	13,1	13,5	19,7
		2	1,47	2,09	0,04	0,10	13,9	9,75	12,2	17,3
		3	0,74	0,76	2,70	0,27	12,3	9,75	34,7	15,4
		4	1,76	2,32	2,94	0,07	11,6	12,8	3,1	16,0
		5	3,59	9,62	2,12	0,08	9,38	10,8	7,8	12,5
	<i>Br. jaropiscum</i> 71Г+ комплекс штамів <i>B. subtilis</i>	1	2,67	3,20	30,9	0,12	15,5	13,2	7,4	22,0
		2	2,00	8,59	0,11	0,07	13,8	8,63	5,5	18,9
		3	1,05	1,42	1,55	0,09	16,3	11,0	27,5	15,4
		4	1,61	1,52	3,64	0,21	12,5	15,4	3,5	19,2
		5	3,62	6,90	3,50	0,07	9,87	10,5	7,8	9,3
Ґрунт міжряддя	1	3,75	2,35	34,2	0,09	12,9	11,8	12,0	20,2	
	2	1,64	1,77	0,27	0,09	13,6	13,3	24,6	20,6	
	3	1,18	1,33	5,14	0,08	12,7	9,75	19,5	13,1	
	4	0,71	1,15	6,47	0,08	11,6	10,8	3,9	16,6	
	5	2,00	3,74	5,91	0,09	10,4	8,63	5,5	7,13	

Таблиця 4. Імовірність формування колоній мікроорганізмів еколого-трофічних груп чорноземно-лучного малогумусного ґрунту ризосфери бактеризованих рослин сої, од. · год⁻¹ · 10⁻²

Варіанти досліду		Амоніфікуючі бактерії	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофільні бактерії	Денітрифікуючі бактерії	Педотрофи	Целлозоруйнівіні бактерії	
Ризосфера	контроль	1	2,36	0,90	1,70	1,07	1,50	0,98
		2	7,50	4,20	10,6	0	8,30	15,6
		3	2,60	1,60	1,90	1,12	1,60	2,50
		4	не визн.	не визн.	не визн.	0	не визн.	1,60
		5	1,99	2,23	1,21	0,37	1,90	0,94
	фундазол	1	5,30	0,86	1,70	0,30	1,26	1,30
		2	9,90	8,40	6,90	0,06	2,80	11,5
		3	2,50	0,89	2,70	0	1,67	3,20
		4	не визн.	не визн.	не визн.	0,26	не визн.	2,90
		5	1,34	1,00	2,60	0,09	0,85	3,23
	<i>Br. japonicum</i> 71Г	1	3,71	0,65	1,68	0,68	1,21	1,23
		2	9,90	5,30	10,0	1,40	11,6	11,5
		3	3,70	2,00	2,30	0,15	2,50	2,90
		4	не визн.	не визн.	не визн.	0,18	не визн.	2,70
		5	2,89	1,13	2,12	0	1,74	2,09
	<i>Br. japonicum</i> 71Г+ комплекс штамів <i>B. subtilis</i>	1	3,70	0,63	1,69	0,70	1,23	1,22
		2	8,90	6,60	7,60	0	6,70	18,2
		3	2,30	2,10	3,30	0,06	3,60	1,70
		4	не визн.	не визн.	не визн.	0,88	не визн.	2,91
		5	3,20	1,33	2,17	0	2,10	2,07
Ґрунт міжряддя	1	3,46	0,20	1,65	0,67	0,86	1,40	
	2	3,60	3,20	8,40	0	4,50	9,50	
	3	2,55	2,50	2,80	0,06	3,10	3,30	
	4	не визн.	не визн.	не визн.	1,43	не визн.	4,22	
	5	1,26	1,09	3,84	0,37	2,60	5,45	

Кількість олігонітрофілів, як і чисельність мікроорганізмів інших еколого-трофічних груп, зменшується у фазу початку цвітіння, однак на відміну від інших груп, зниження чисельності подовжується до фази наливу насіння (табл. 1). Це обумовлено, можливо тим, що вміст мінерального азоту в ґрунті достатній для розвитку мікроорганізмів і олігонітрофіли не мають селективних переваг до початку інтенсивного росту рослин. Імовірність формування колоній олігонітрофілів різко збільшується в період посухи, коли кількість мікроорганізмів зменшується. Однак, у фазу формування бобів вона знижується, незважаючи на зменшення кількості мікроорганізмів. Таким чином, збільшення імовірності формування колоній олігонітрофілів у другому періоді спостережень обумовлено тільки стресовими умовами – посухою, оскільки з відновленням вологості ґрунту ІФК різко знижується, незважаючи на зменшення кількості мікроорганізмів.

Чисельність денітрифікаторів у другу фазу спостережень зменшується порівняно з сівбою: у контролі – в 4,8 рази, за оброблення фундазолом – в 5,0 разів, *Br. japonicum 71T* – в 4,3 рази, комплексом штамів *B. subtilis* – в 14,0 разів, в ґрунті міжрядь – в 1,2 рази (табл. 1). За нестачі вологи процес денітрифікації різко уповільнюється, особливо в ризосфері рослин, оброблених комплексом штамів *B. subtilis*. До фази наливу насіння кількість денітрифікувальних мікроорганізмів поступово збільшується, за виключенням варіанту *Br. japonicum 71T*, в якому максимальна кількість денітрифікаторів була досягнута дещо раніше – у фазу формування бобів. Необхідно відмітити, що протягом всього періоду вегетації кількість денітрифікаторів у ризосфері бактеризованих рослин була меншою, ніж у контролі і за оброблення фундазолом. Так, в період наливу насіння кількість денітрифікаторів за оброблення *Br. japonicum 71T* була меншою, ніж в контролі, на 80 %, комплексом штамів *B. subtilis* – на 18 %, у фазу повної стиглості аналогічні показники становили 42 і 49 %, відповідно. Таким чином, бактеризація насіння сої азотфіксуючими і фосфатмобілізуючими мікроорганізмами може перешкоджати непродуктивним втратам азоту внаслідок денітрифікації.

Раніше, на основі дворічних досліджень було показано, що в ризосфері бактеризованих рослин сої інгібується розвиток вільноіснуючих азотфіксаторів, зокрема, азотобактеру. Результати вивчення динаміки розвитку азотобактера підтверджують цей

висновок: його кількість поступово зменшується за фазами онтогенезу рослин: у варіанті з *Br. japonicum* 71T у другу фазу спостережень – в 1,3 раза, у третю фазу – в 14,4 раза. За оброблення насіння фундазолом азотобактер не виявляється у ризосфері рослин у фазу цвітіння, в подальшому його вдається культивувати в незначній кількості. Найдовше популяція азотобактеру підтримується в ризосфері рослин, насіння яких було оброблено комплексом штамів *B. subtilis* – до четвертої фази спостережень, потім його кількість зменшується в 2 рази (фаза наливу насіння) і в 20 разів – наприкінці вегетації.

Кількість мікроміцетів протягом всього вегетаційного періоду була максимальною в ризосфері контрольних рослин (табл. 2). Так, у період цвітіння кількість мікроміцетів у контролі перевищувала їх кількість у варіанті з *Br. japonicum* 71T в 2,4 раза, при застосуванні комплексу штамів *B. subtilis* – у 2,6 раза, у фазу наливу насіння ці показники становили відповідно – 2,5 і 1,8 раза. Під впливом фундазолу кількість мікроміцетів у ризосфері рослин спочатку зменшується (у 2,1 раза) порівняно з їх кількістю до сівби, потім показники знову зростають, але досягають рівня інших варіантів тільки у фазу наливу насіння, що свідчить про закінчення безпосередньої дії фундазолу. Наприкінці вегетації кількість мікроміцетів в усіх варіантах досліду, у тому числі ґрунту міжрядь, стає однаковою. Таким чином, комплексне бактеріальне оброблення насіння сої дозволяє суттєво покращити санітарний стан ризосфери вегетуючих рослин за рахунок пригнічення розвитку мікроміцетів, серед яких можуть бути збудники грибних захворювань і токсиноутворювачі.

Чисельність педотрофів у ризосфері бактеризованих рослин, також, як і в попередні роки, значно перевищує їх кількість у ґрунті міжрядь, особливо у фазу цвітіння і наприкінці вегетації (табл. 2). Однак, встановлено відмінності від попередніх даних: у ризосфері рослин, бактеризованих комплексом штамів *B. subtilis*, кількість педотрофів протягом інтенсивного вегетативного росту була вищою, ніж в інших варіантах. За оброблення фундазолом кількість педотрофів, на відміну від мікроорганізмів інших груп, істотно збільшується у фазу цвітіння і наприкінці вегетації. Відповідно змінюється й індекс педотрофності, який характеризує ступінь освоєння органічної речовини ґрунту мікрофлорою: під дією фундазолу в другий період спостережень він стає дуже високим,

однак вже у фазу формування бобів зменшується до величини, однакової з іншими варіантами. Наприкінці вегетації індекс педотрофності знову зростає, особливо у варіанті з *Br. japonicum* 71T.

Кількість автохтонної мікрофлори, яка приймає участь в розкладанні гумусових речовин, була максимальною навесні, до сівби, потім різко зменшувалась у всіх варіантах досліду в 117-540 разів, максимально – у варіанті *Br. japonicum* 71T. У фазу формування бобів кількість автохтонних мікроорганізмів максимально зростає у ґрунті міжрядь, мінімально – у ризосфері варіантів з *Br. japonicum* 71T і комплексом штамів *B. subtilis*. Коефіцієнт мінералізації гумусу максимальний навесні, у другу фазу спостережень – у ризосфері контрольних рослин і ґрунті міжрядь (табл. 3). У період активного вегетативного розвитку рослин мінімальне значення коефіцієнту мінералізації гумусу спостерігається в ризосфері рослин, бактеризованих *Br. japonicum* 71T і комплексом штамів *B. subtilis*, що свідчить, на наш погляд, про інтенсивне виділення рослинами вуглеводів, які легко утилізуються, що дозволяє уповільнити розкладання гумусу. Наприкінці вегетації кількість автохтонної мікрофлори знову зростає, максимально – у варіантах з бактеризованими рослинами і з фундазолом, можливо, через припинення виділення корневих ексудатів унаслідок скорочення вегетаційного періоду за цих варіантів оброблення. Звертає на себе увагу низьке значення коефіцієнту мінералізації гумусу. Можливою причиною цього можуть бути характеристики ґрунту, оскільки і в міжряддях значення коефіцієнту також низьке.

У фазу цвітіння рослин кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів, як і автохтонних, зменшується, але не так істотно (табл. 2). Стан мікробіоценозу ризосфери у варіанті з *Br. japonicum* 71T відрізняється від мікробіоценозу інших бактеризованих рослин: кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів зменшується не у другій фазі, а пізніше – у фазу формування бобів. Це стосується і деяких інших груп мікроорганізмів. Можливо це обумовлено неоднаковою швидкістю росту рослин, бактеризованих різними мікроорганізмами і різним часом початку фаз росту. ІФК целюлозоруйнівних мікроорганізмів у фазу цвітіння істотно – в 10-15 разів – збільшується, у фазу формування бобів – зменшується і залишається на однаковому рівні до закінчення вегетації (табл. 4).

Фосфатмобілізувальні мікроорганізми – єдина група,

чисельність бактерій якої не зменшується в період посухи за всіх варіантів оброблення (табл. 2). Протягом інтенсивного вегетативного росту чисельність фосфатмобілізувальних мікроорганізмів була максимальною у варіанті оброблення комплексом штамів *B. subtilis*, можливо через інтродукцію великої кількості цих мікроорганізмів. У фазу наливу насіння кількість фосфатмобілізувальних мікроорганізмів стає приблизно однаковою в ризосфері бактеризованих рослин, мінімальною – в ґрунті міжрядь і ризосфері контрольних рослин. Моноінокуляція *Br. japonicum* 71T дозволяє підтримувати в ризосфері таку ж кількість фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, як і за оброблення комплексом штамів *B. subtilis*, що підтверджено попередніми дослідженнями. Це свідчить про те, що рослини при достатньому рівні азотного живлення регулюють кількість аборигенних фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, від чисельності і біохімічної активності яких залежить оптимальність фосфатного живлення.

Раніше нами для характеристики фосфатмобілізувальних мікроорганізмів запропоновано показник питомої фосфатрозчинювальної активності мікроорганізмів на агаризованому середовищі – K_r , який є відношенням радіусу зони розчинення $Ca_3(PO_4)_2$ до радіусу колонії [5]. Вивчення цього показника в динаміці розвитку рослин показало, що навесні він достатньо високий, у період посухи – зменшується, максимально – у варіанті з *Br. japonicum* 71T і комплексом штамів *B. subtilis*. На наш погляд, це свідчить про більш адекватну поведінку бактеризованих рослин в умовах стресу і про тісніший взаємозв'язок рослин з мікрофлорою ризосфери. В період посухи, коли припиняється активний вегетативний ріст, не існує необхідності в активному розчиненні фосфатів. З відновленням вологості ґрунту активність мобілізації мінеральних важкорозчинних сполук фосфору зростає, особливо в ризосфері бактеризованих рослин. Важливою для величини K_r є також чисельність фосфатмобілізувальних мікроорганізмів. При зниженні чисельності бактерій величина K_r зростає. Так, у ґрунті міжрядь у фазу формування бобів вміст фосфатмобілізувальних мікроорганізмів мінімальний – $0,77 \cdot 10^6$ кл/г ґрунту, при цьому питома фосфатрозчинна активність окремих КУО дуже висока – $K_r = 1,35$. Тобто, порівнювати варіанти дослідів за питомою фосфатрозчинною активністю необхідно за умови приблизно однакового вмісту мікроорганізмів у ґрунті. Протягом всього онтогенезу K_r у варіантах

Таблиця 5. Фітотоксичні властивості чорноземно-лучного малогумусного ґрунту ризосфери бактеризованих рослин сої сорту Києвська 27

Варіанти досліду			Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г		
			стебел	коренів	загальна маса
Ризосфера	контроль	1	5,12	7,48	12,6
		2	1,44	2,52	3,96
		3	1,76	1,36	3,12
		4	1,32	1,32	2,64
		5	5,84	5,72	11,56
	фундазол	1	7,08	10,1	17,2
		2	1,40	2,36	3,76
		3	1,76	1,92	3,68
		4	1,20	2,12	3,32
		5	4,92	4,32	9,28
	<i>Br. jaronicum</i> 71Г	1	6,32	9,44	15,8
		2	0,96	1,88	2,84
		3	2,08	3,80	5,88
		4	1,24	3,24	6,60
		5	5,52	6,56	12,1
	<i>Br. jaronicum</i> 71Г+ комплекс штамів <i>B. subtilis</i>	1	6,32	9,44	15,8
		2	0,80	1,52	2,32
		3	1,96	3,20	5,16
		4	1,68	4,12	5,80
		5	6,20	6,20	12,4
Ґрунт міжряддя	1	6,72	10,7	17,4	
	2	0,84	1,48	2,32	
	3	1,40	2,48	3,88	
	4	1,40	0,68	2,08	
	5	8,08	8,96	17,0	
НІР ₀₅		0,52	0,81		

обробки *Br. japonicum* 71T і комплексом штамів *B. subtilis* був стабільно високим і перевищував питому фосфатрозчинну активність у варіанті з фундазолом. В ризосфері контрольних рослин після цвітіння K_r також був високим, що ми пов'язуємо з низькою чисельністю мікроорганізмів.

Кількість мікроорганізмів, що розчиняють орґанофосфати, протягом всього онтогенезу була максимальною також у ризосфері бактеризованих рослин. Так, у фазу формування бобів вона була вищою, ніж в контролі, за оброблення *Br. japonicum* 71T – в 2,9 раза, комплексом штамів *B. subtilis* – в 6,4 раза, у фазу наливу насіння відповідні показники становили 200 %.

Найменша токсичність ґрунту ризосфери відмічена в період цвітіння-наливу бобів за оброблення *Br. japonicum* 71T і комплексом штамів *B. subtilis* (табл. 5). Вага коріння тест-культури у варіантах оброблення комплексом штамів *B. subtilis* перевищувала контрольні показники в 2,4 раза, показник ґрунту міжряддя – в 1,3 раза. Таку значну різницю можна розглядати вже не як зниження токсичності ґрунту ризосфери бактеризованих рослин, а як стимулювальний вплив на ріст і розвиток рослин тест-культури. Тобто, в ризосфері бактеризованих рослин сої створюються умови, які сприяють розвитку не тільки рослини-живителя, а й інших, що свідчить про достатньо неспецифічний характер стимулювання.

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що рослини, бактеризовані азотфіксувальними і фосфатмобілізувальними мікроорганізмами, відрізняються не тільки чисельністю мікроорганізмів певних еколого-трофічних груп у ризосфері, а й динамікою їх розвитку, що свідчить про більш глибоку фізіолого-біохімічну перебудову метаболізму бактеризованих рослин, наслідком якої є прискорення їх вегетативного розвитку.

1. Ботвинко И.В. Экзополисахариды бактерий //Успехи микробиологии. – 1985. – Вып. 20. – С. 79–122.

2. Демкина Т.С., Золотарева Б.Н. Микробиологические процессы в почвах при различных уровнях интенсификации земледелия //Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур. – Вильнюс, 1986. – С. 101–103.

3. Дем'янюк О.С., Пономаренко С.В. Кількісна характеристика мікробного ценозу ґрунту цукрових буряків при застосування органічних та мінеральних добрив //Матер. Всеукр. конфер. молодих вчених “Засади

сталого розвитку аграрної галузі?». – К., 2002. – С. 96–97.

4. Кожевин П.А., Кожевина Л.С., Болотина И.Н. Определение состояния бактерий в грунте // Докл. АН СССР. – 1987. – Т. 297, № 5. – С. 1247–1249.

5. Малиновская И.М. Определение фосфатрастворяющей активности микроорганизмов на жидкой и агаризованной средах Муромцева // Агроекол. журн. – 2002. – № 3. – С. 68–71.

6. Малиновська І.М. Агроекологічні основи мікробіологічної трансформації біогенних елементів ґрунту: Автореф. дис... док. біол. наук. – К., 2003. – 34 с.

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

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

9. Мишустин Е.Н., Рунов Е.В. Успехи разработки принципов микробиологического диагностирования состояния почв // Успехи соврем. биол. – 1957. – Т. 44. – С. 256–267.

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

11. Мікроорганізми та альтернативне землеробство / Патики В.П., Тихонович І.А., Філіп'єв І.Д. та ін.; За ред. В.П. Патики. – К.: Урожай, 1993. – 176 с.

12. Патики В.П., Шерстобоева О.В., Малиновська І.М. та ін. Рекомендації по ефективному застосуванню мікробіологічних препаратів у сучасному ресурсозберігаючому землеробстві // Мін. АПК, Інст. с.-г. мікробіол. – Чернігів, 1999. – 22 с.

13. Поташова Л.Н. Влияние комплексной бактеризации и стимуляции на корневую микрофлору фасоли // Научные основы стабилизации производства продукции растениеводства: Тезисы доп. междунар. конфер. – Харьков, 1999. – С. 191–192.

14. Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж. Мир микробов. – М.: Изд-во “Мир”, 1979. – Т. 3. – 486 с.

15. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

16. Шерстобоева О.В. Реакція мікробного угруповання кореневої зони озимої пшениці на інтродукцію діазотрофів // Агроекол. журн. – 2003. – № 3. – С. 42–47.

17. Ellwood D.C., Keevil C.W., March P.D. et al. Surface-associated growth // Phil. Trans. Roy. Soc. London. – 1982. – V. 297. – P. 1084.

18. Saurbeck D., Helali H., Nonnen S. Consumption and turnover of photosynthetic in the rhizosphere depending of plant species and growth conditions // 12 Intern. Congr. ISSS (New Delhi, 1982). – New Delhi, 1982. – P. 239–249.

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОБИОЦЕНОЗА РИЗОСФЕРЫ РАСТЕНИЙ СОИ, БАКТЕРИЗОВАННЫХ АЗОТФИКСИРУЮЩИМИ И ФОСФАТМОБИЛИЗИРУЮЩИМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

Малиновская И.М.

Национальный научный центр "Институт земледелия УААН", пгт. Чабаны

Изучение динамики развития микробиоценоза ризосферы в онтогенезе растений показало существенное влияние бактеризации на численность и активность микроорганизмов основных эколого-трофических групп. Интродукция в ризосферу сои азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов приводит к перестройке биохимических и функциональных взаимоотношений между растением-хозяином и микробиоценозом его ризосферы. Это проявляется в повышении количества микроорганизмов иммобилизирующих субстраты корневых выделений, принимающих участие в минерализационных процессах и замедлении разложения гумуса

Ключевые слова: *ризосфера, микробиоценоз, фосфатмобилизирующие, азотфиксирующие микроорганизмы, соя*

DYNAMICS OF THE FORMING OF RHIZOSPHERE MICROBIOCENOSIS OF SOYBEAN PLANTS UNDER THE TREATMENT BY NITROGENFIXING AND PHOSPHATEMOBILIZING BACTERIA

Malinovska I.M.

Institute of Agriculture, UAAS, Chabani

It was investigated forming of microbiocenosis of rhizosphere of soybean plants under the treatment by nitrogenfixing and phosphatemobilizing bacteria. It was shown, that the treatment of soybean seeds by nitrogenfixing and phosphatemobilizing bacteria had a substantial influence on quantity and activity of microorganisms of the main ecological-trophic groups.

Introduction of nitrogenfixing and phosphatemobilizing bacteria in rhizosphere of soybean plants led to transformation of interaction between plant-hosts and their microbiocenosis. In particular, it was increased quantity of microorganisms, which uptake some root excretion, take part in processes of mineralization as well as slowing down of decomposition of humus.

Key words: *rhizosphere, nitrogenfixing and phosphatemobilizing bacteria, soybean*