

УДК 661.686:631.544:631.153.7

СТАН МІКРОБНОГО ЦЕНОЗУ ҐРУНТУ ПІД РІЗНИМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ КУЛЬТУРАМИ ЗА ВНЕСЕННЯ СУМІШІ КРЕМНІЄВМІСНИХ МІНЕРАЛІВ

Н. Е. Елланська, Н. В. Заїменко, О. П. Юношева

Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України
вул. Тимірязєвська, 1; м. Київ, 01014, Україна; e-mail: ellanskaya@bk.ru

В умовах стаціонарного дослідю вивчали особливості формування мікробних ценозів у ризосфері рослин цукрового буряку, сої та кукурудзи за внесення у ґрунт кремнієвмісних сумішей. Показано, що чисельність представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів варіює залежно від культури та внесеної суміші. Найбільшими змінами характеризувалися угруповання мікроорганізмів ґрунту з-під сої та кукурудзи, особливо за внесення мінералізованих сапропель. Позитивний вплив на мікробіоту ризосферного ґрунту цукрового буряку справляли суміші: верховий торф + кремнієвмісні мінерали та силікат калію + кремнієвмісні мінерали + сапропель. Процеси мінералізації органічної речовини ґрунту були досить збалансованими.

Ключові слова: мікробне угруповання, мінералізація, кремнієвмісні суміші, цукровий буряк, кукурудза, соя.

З-поміж важливих причин, які обмежують використання територій у відкритому ґрунті та площ у закритому ґрунті, слід зазначити несприятливу реакцію ґрунтового розчину (насамперед існування кислого середовища, тобто підвищені концентрації H^+ та Al^{3+}). За даними Державного агентства земельних ресурсів України площа кислих ґрунтів становить близько 9,5 млн. га. В останні роки в Україні, як і всьому світі, поширилися процеси вторинного підкислення ґрунтів, спричинені кислотними опадами та незбалансованим застосуванням мінеральних добрив. Внаслідок цього підкислюються навіть нейтральні за своєю природою чорноземи. Зниження кислотності ґрунту призводить до зміни його фізичних та хімічних характеристик, порушення функціональних та структурних властивостей біоти і, в кінцевому результаті, впливає на продуктивність та життєвість рослин [1].

Дане питання привертає увагу багатьох науковців, які проводять пошук шляхів відродження родючості, у т. ч. засобів меліорації кислих ґрунтів (локального, фітобіологічного) [2].

Одним із екологічно безпечних шляхів

підвищення продуктивності сільськогосподарських культур на таких ґрунтах є застосування природних кремнієвмісних мінералів дрібнодисперсної фракції з високою сорбційною здатністю (анальцим, трепел та інші) [3]. Відомо, що кремній відзначається позитивним впливом на функціональний стан живих організмів, сприяє стимуляції розвитку кореневої системи, покращує агрофізичні показники ґрунту за рахунок збільшення вологості, створює хімічне депо макро- і мікроелементів, підвищує стійкість рослин до абіотичних стрес-факторів [4; 5]. Біологічна дія препаратів посилюється за рахунок сумісного застосування малих доз наночастинок кремнієвмісних мінералів та органічних речовин.

Ґрунтові мікроорганізми виконують різноманітні екологічні функції, основними з яких є забезпечення певних етапів колообігу біогенних елементів та підтримання гомеостазу ґрунтової екосистеми. Вплив кремнієвмісних сполук на мікробіологічну активність ґрунту викликає великий інтерес, оскільки навіть незначна зміна звичного для мікроорганізмів оточення впливає на інтенсивність багатьох мікробіологічних процесів,

у зв'язку з чим змінюється і дія мікробіоти на обмін речовин у рослинах [4; 6]. Тому вивчення такої динамічної системи, як мікробні угруповання, вплив на них різноманітних чинників, має велике значення [7].

Зважаючи на викладене вище, метою нашої роботи було дослідження мікробіологічного стану ґрунту під різними сільськогосподарськими культурами за внесення кремнієвмісних сумішей.

Матеріали й методи. Матеріалом досліджень слугували зразки ґрунту, відібрані на дослідних полях Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (с. Солонівки Кагарлицького р-ну Київської обл.), розміщених на чорноземі малогумусному (рН 5,48–6,22; вміст гумусу 2,0–2,1 %). У польових експериментах вивчали вплив чотирьох сумішей на основі природних кремнієвмісних мінералів (анальциму — мінералу з групи водних цеолітів класу силікатів, хімічна формула $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ та трепелу — тонкопористої опалової осадової породи класу діатомітів), які видобуваються в Україні, сапропелю і торфу (300 кг/га) на розвиток ґрунтової мікробіоти за умов закислення ґрунтів (табл. 1). Зразки відбирали у два строки — через 2 (I) та 4 (II) місяці після внесення сумішей. На дослідних площах вирощували цукровий буряк (гібриди Стандарт і Кварта), кукурудзу (гібрид Орбіт), сою (гібрид Сузір'я).

Таблиця 1. Склад сумішей кремнієвмісних мінералів з органічними добавками

№	Склад
1	контроль
2	70 % трепел, 30 % верховий торф
3	70 % трепел, 30 % анальцим
4	50 % трепел, 15 % анальцим, 25 % силікат калію, 10 % сапропель
5	7 % трепел, 3 % анальцим, 90 % сапропель

Мікробіологічні аналізи проводили за загальноприйнятими методиками [8]. На м'ясо-пептонному агарі (МПА) враховували чисельність амоніфікаторів, на крохмалоаміачному агарі (КАА) — мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральний азот і актиноміцетів, кількість мікроміцетів — на

середовищі Чапека. Чисельність азотфіксуювальних мікроорганізмів визначали методом аплікацій на поверхню агаризованого середовища Ешбі [9]. Співвідношення окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів (коєфіцієнт мінералізації-іммобілізації) розраховували за К. І. Андреюк та співавт. [10], показник трансформації органічної речовини визначали за В. Д. Мухую [11].

Статистичну обробку даних проводили за допомогою пакета програм Microsoft Excel 2007.

Результати та обговорення. Ґрунти є основним місцем життєдіяльності різноманітних мікроскопічних грибів. Виділяючи велику кількість ферментів, гриби першими беруть участь у розкладанні рослинних решток та мінералізації органічних речовин [12]. У результаті проведених досліджень встановлено, що мікроміцети у ґрунті під цукровими буряками обох гібридів та кукурудзою активніше розвивалися (зростання чисельності) за внесення суміші № 2 у другий строк відбору зразків (рис. 1А). Для сої характерним було підвищення чисельності мікроорганізмів цієї групи за внесення сумішей № 4 та 5. Як відомо, зростання кількості мікроміцетів позитивно впливає на ефективність процесів мінералізації органічних сполук. Звертає на себе увагу досить різноманітний за складом видовий спектр мікроміцетів. Якщо у перший строк відбору зразків провідна роль у деструкції органічних решток належала представникам родів *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, то у другий строк переважали швидкорослі види, які відносяться до родів *Mucor*, *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Fusarium*.

На відміну від попередньої групи мікроорганізмів, чисельність актиноміцетів зростала у ґрунті під цукровими буряками у перший строк відбору зразків, особливо за внесення суміші № 2 (рис. 1Б). За інших варіантів їх кількість була менша, ніж у контролі. У другий строк виявлено значне зниження чисельності актиноміцетів за всіх варіантів внесення сумішей. У ґрунті під соєю та кукурудзою особливих змін чисельності мікроорганізмів цієї групи у перший строк не від-

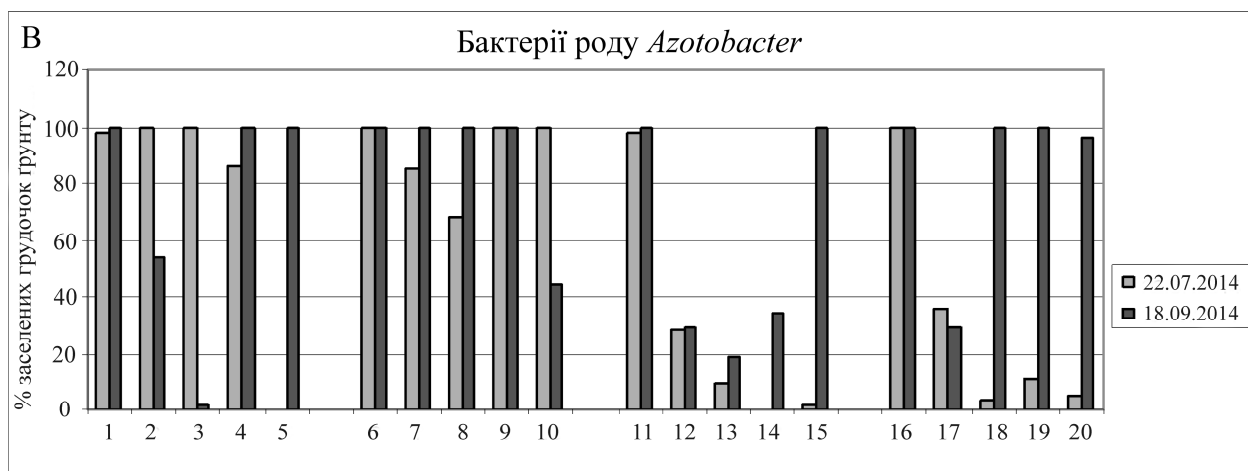
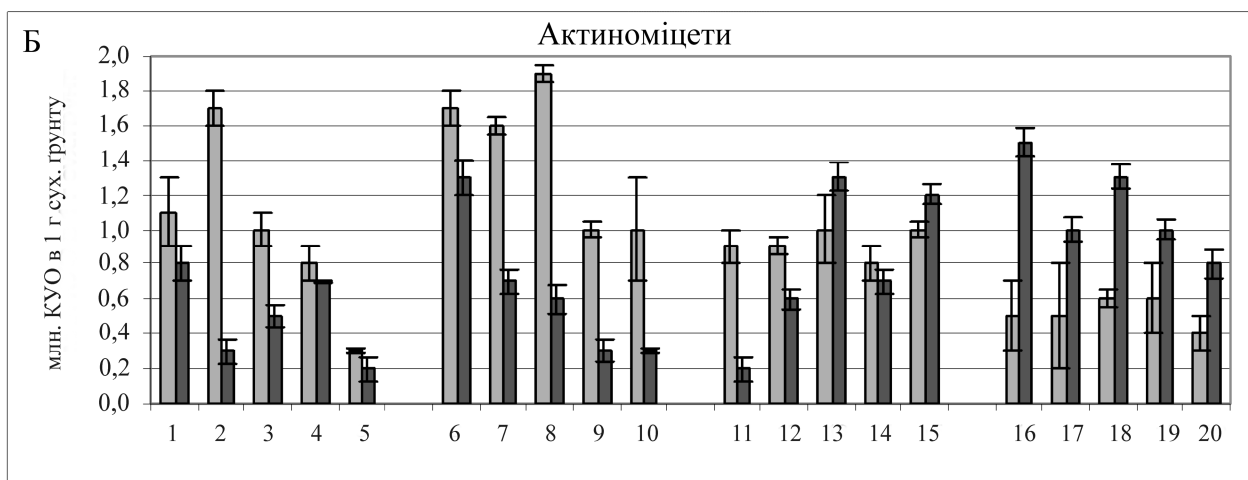
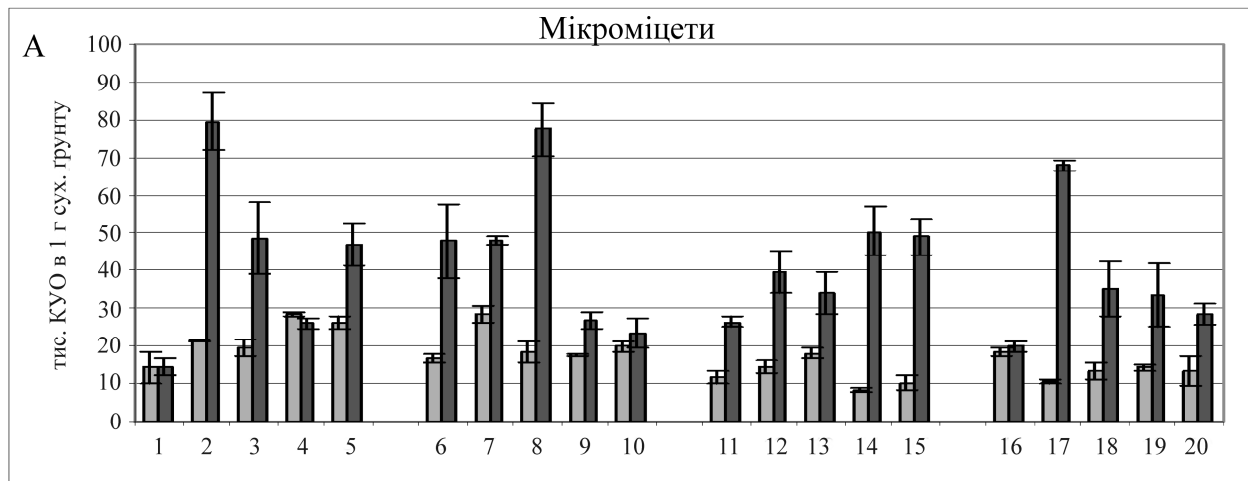


Рис. 1. Чисельність мікроорганізмів окремих таксономічних груп закисленого ґрунту з-під різних сільськогосподарських культур за внесення суміші кремнієвмісних мінералів: **цукровий буряк, гібрид Стандарт:** 1 — контроль; 2 — 70 % трепел, 30 % верховий торф (суміш № 2); 3 — 70 % трепел, 30 % анальцим (суміш № 3); 4 — 50 % трепел, 15 % анальцим, 25 % силікат калію, 10 % сапропель (суміш № 4); 5 — 7 % трепел, 3 % анальцим, 90 % сапропель (суміш № 5); **цукровий буряк, гібрид Кварта:** 6 — контроль; 7 — суміш № 2; 8 — суміш № 3; 9 — суміш № 4; 10 — суміш № 5; **соя:** 11 — контроль; 12 — суміш № 2; 13 — суміш № 3, 14 — суміш № 4; 15 — суміш № 5; **кукурудза:** 16 — контроль; 17 — суміш № 2; 18 — суміш № 3; 19 — суміш № 4; 20 — суміш № 5.

мічено, в той час як у другий строк у ризосфері рослин сої значно зростає їх кількість у порівнянні з контролем (найбільше — за внесення сумішей № 3 та 5), чого не можна сказати про зміни у ризосферному ґрунті рослин кукурудзи, хоча варіант № 3 показав найкращі результати.

Щодо мікроорганізмів, які беруть участь у трансформації сполук азоту, то за дії сумішей № 2 та № 4 зростає вміст амоніфікаторів у ризосфері цукрового буряку. Слід відмітити різницю в чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів у ґрунті під різними гібридами (табл. 2). У ризосфері рослин сої кількість амоніфікаторів знижувалась у порівнянні з контролем в обидва строки спостережень. У ґрунті під кукурудзою особливих змін чисельності цієї групи мікроорганізмів внесення сумішей не викликало, за виключенням варіанту № 4. У той же час, ця суміш та суміш № 5 призвели до зменшення вмісту мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральний азот, як у ризосфері цукрових буряків, так і рослин сої у перший термін відбору зразків (табл. 2). До другого строку усі показники вирівнювалися. Відомо, що загальна чисельність амоніфікаторів та мікроорганізмів, які засвоюють мінеральний азот, свідчить про інтенсивність мікробіологічних процесів трансформації органічних та мінеральних сполук азоту і, чим більша їх кількість, тим інтенсивніше відбуваються ці процеси, тим вище активність ґрунту [13].

Коефіцієнт мінералізації-іммобілізації свідчить про відсутність напруженості мінералізаційних процесів у ґрунті (див. табл. 2). Виключення складала ризосфера кукурудзи за внесення сумішей № 2 та № 3, коли значення коефіцієнта були максимальними — 2,5 та 3,2 відповідно, що свідчить про посилення за цих умов процесів мінералізації органічної речовини в ґрунті, в тому числі й гумусу.

Динаміка показників трансформації органічних сполук ґрунту мала протилежну до показників коефіцієнту мінералізації-іммобілізації закономірність (див. табл. 2). Найбільших значень вони сягали у ґрунті під соєю за всіх варіантів, а найменших — у ґрунті під кукурудзою.

Особливо чутливою групою мікроорганізмів, що реагує на зовнішнє втручання, виявилися азотфіксувальні бактерій роду

Azotobacter — внесення сумішей справило інгібуючу дію на їх розвиток, особливо у перший строк відбору зразків і найсильніше це проявилось у ґрунті під соєю та кукурудзою (рис. 1В). До другого строку відбору зразків вміст азотобактера за внесення сумішей № 4 та № 5 набував таких самих значень, як і в контролі.

Таким чином, можна констатувати, що аналіз кількісного складу різних екологічних груп мікроорганізмів та їх активність дозволяє надати оцінку спрямованості процесів гумусоутворення, які відбуваються у ґрунті за дії внесених кремнієвмісних сумішей. Не відмічено переважання якогось одного складу сумішей над іншими. Виявлено специфічність дії сумішей на ризосферну мікробіоту дослідних культур. Позитивний вплив на мікробіоту ґрунту цукрового буряку справляли суміші № 2 та № 4. Найбільш чутливо реагували мікроорганізми ризосферного ґрунту рослин сої та кукурудзи, особливо за внесення мінералізованих сапропелів. Процеси мінералізації органічної речовини ґрунту були досить збалансовані. Виявлено різницю у чисельному складі мікроорганізмів під різними гібридами цукрового буряку. Вірогідно, значна відмінність у кореневих виділеннях генетично різнорідних гібридів («Стандарт» — німецької селекції, а «Кварта» — вітчизняної) обумовлює і специфіку формування мікробоценозу.

Внесення кремнієвмісних сумішей призводить спочатку до «розбалансування» у мікробному ценозі, а з часом стабілізує та активізує діяльність мікроорганізмів. Доведено нешкідливість мінералів для ґрунтової мікробіоти, про що свідчить високий рівень загальної чисельності та відсутність різкої флуктуації досліджуваних груп мікроорганізмів. Проведені дослідження свідчать про важливе значення кремнієвмісних сумішей у підвищенні адаптивного потенціалу рослин до закислення ґрунтів, вірогідно, вони сприяють оптимізації умов для надходження поживних елементів та перебігу процесів гуміфікації. Встановлено, що за присутності кремнієвмісних сумішей (особливо № 1 та № 2) спостерігалось збільшення продуктивності всіх досліджуваних культур: цукрового буряку на 9,7–41 %, сої — на 6,2–50 %, кукурудзи — на 5,5–30,6 %.

Таблиця 2. Чисельність мікроорганізмів, що засвоюють різні форми азоту, та показники інтенсивності мінералізаційних процесів ризосферного ґрунту за внесення сумішей кремнієвмісних мінералів

Варіанти дослідів	Амоніфікатори, млн. КУО / г сух. ґрунту		Мікроорганізми, які засвоюють мінеральний азот, млн. КУО / г сух. ґрунту		Коефіцієнт мінералізацій-іммобілізації		Показник трансформації органічної речовини	
	I*	II	I	II	I	II	I	II
Цукровий буряк, гібрид Стандарт								
Без кремнієвмісних сумішей (контроль)	6,2 ± 0,3	3,5 ± 0,7	10,9 ± 0,2	8,2 ± 0,2	1,8	2,3	9,7	5,1
70 % трепел, 30 % верховий торф	3,9 ± 0,8	6,3 ± 0,1	8,0 ± 0,1	8,1 ± 0,3	2,1	1,3	5,7	11,1
70 % трепел, 30 % анальцим	4,7 ± 1,6	5,4 ± 0,3	8,8 ± 0,5	10,8 ± 0,4	1,9	2,0	7,1	8,1
50 % трепел, 15 % анальцим, 25 % силікат калію, 10 % сапропель	7,3 ± 0,4	6,5 ± 0,8	5,5 ± 0,2	11,2 ± 0,1	0,8	1,7	17,1	10,4
7 % трепел, 3 % анальцим, 90 % сапропель	4,7 ± 1,3	3,4 ± 0,3	3,1 ± 0,2	7,9 ± 0,3	0,7	2,3	11,1	6,0
Цукровий буряк, гібрид Кварта								
Без кремнієвмісних сумішей (контроль)	3,8 ± 1,0	5,6 ± 1,1	6,7 ± 0,3	9,6 ± 0,2	1,8	1,7	5,8	8,9
70 % трепел, 30 % верховий торф	5,5 ± 0,6	5,5 ± 0,5	4,9 ± 0,2	9,3 ± 0,1	0,9	1,7	11,6	8,7
70 % трепел, 30 % анальцим	6,4 ± 1,7	5,4 ± 0,4	10,1 ± 0,6	8,2 ± 0,2	1,6	1,5	10,3	9,1
50 % трепел, 15 % анальцим, 25 % силікат калію, 10 % сапропель	4,6 ± 1,0	7,5 ± 0,7	5,0 ± 0,4	8,6 ± 0,2	1,1	1,1	8,7	14,6
7 % трепел, 3 % анальцим, 90 % сапропель	2,6 ± 0,4	8,0 ± 0,5	2,7 ± 0,2	8,7 ± 0,4	1,0	1,1	5,3	15,2
Соя								
Без кремнієвмісних сумішей (контроль)	7,0 ± 1,3	9,0 ± 0,6	11,4 ± 0,3	10,6 ± 0,2	1,6	1,2	11,5	16,3
70 % трепел, 30 % верховий торф	6,8 ± 0,7	8,3 ± 0,1	11,3 ± 0,4	9,1 ± 0,1	1,7	1,1	10,6	15,8
70 % трепел, 30 % анальцим	6,6 ± 0,1	8,5 ± 1,0	8,0 ± 0,3	7,9 ± 0,4	1,2	0,9	12,2	18,2
50 % трепел, 15 % анальцим, 25 % силікат калію, 10 % сапропель	6,4 ± 2,2	6,9 ± 0,4	6,4 ± 0,7	10,5 ± 0,3	1,0	1,5	12,8	11,6
7 % трепел, 3 % анальцим, 90 % сапропель	6,1 ± 0,3	5,5 ± 0,4	6,1 ± 0,3	8,8 ± 0,1	0,8	1,6	17,6	8,9
Кукурудза								
Без кремнієвмісних сумішей (контроль)	4,4 ± 0,3	6,0 ± 0,4	4,4 ± 0,3	9,4 ± 0,4	1,4	1,6	5,4	9,6
70 % трепел, 30 % верховий торф	4,7 ± 0,2	4,4 ± 0,6	4,7 ± 0,2	11,0 ± 0,1	1,8	2,5	4,1	6,2
70 % трепел, 30 % анальцим	6,3 ± 0,5	4,6 ± 0,4	6,3 ± 0,5	9,5 ± 0,4	3,2	2,2	2,6	6,7
50 % трепел, 15 % анальцим, 25 % силікат калію, 10 % сапропель	7,4 ± 1,0	7,6 ± 0,3	7,4 ± 1,0	8,5 ± 0,1	1,9	1,1	6,0	14,6
7 % трепел, 3 % анальцим, 90 % сапропель	6,5 ± 0,3	5,7 ± 0,3	6,5 ± 0,3	10,7 ± 0,4	1,7	1,9	6,1	8,6

Примітка: * — строки відбору зразків: I — через 2 місяці після внесення сумішей; II — через 4 місяці.

1. Alexander M. Effects of acid precipitation on biochemical activities in soil / M. Alexander // Ecological impact of acid precipitation : proceedings of International Conference. — Oslo, 1980. — P. 47–52.

2. Балюк С. А. Сучасна парадигма, систематика та проблеми інноваційного розвитку меліорації земель / С. А. Балюк, Р. С. Трускавецький, М. І. Ромашенко // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2014. — Спец. вип. до ІХ з'їзду Укр. товариства ґрунтознавців та агрохіміків, 30 червня – 1 липня 2014 р., Миколаїв. — Кн. 1. — С. 24–38.

3. Silicon in plants: facts vs. concepts / E. Epstein, L. E. Datnoff, G. H. Snyder and G. H. Korn-dooer., eds. // Silicon in Agriculture. — Amsterdam : Elsevier, 2001. — P. 1–16.

4. Заїменко Н. В. Наукові принципи структурно-функціонального конструювання штучних біогеоценозів у системі ґрунт – рослина – ґрунт / Н. В. Заїменко. — К : Наук. думка, 2008. — С. 303.

5. Роль кремніємістких мінералів у функціонуванні екосистеми: ґрунт – рослина – ґрунт / Н. В. Заїменко, Б. О. Іваницька, Н. І. Довгалюк, Н. О. Міськів // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. — Т. 1. — К. : Логос, 2009. — С. 265–271.

6. Елланська Н. Е. Вплив кремніємістких

наноматеріалів на мікробіоценоз ґрунту під цукровими буряками / Н. Е. Елланська, Н. В. Заїменко, Е. П. Юношева // Агрохімія і ґрунтознавство. — Харків, 2014. — С. 274–276.

7. Микроорганизмы ризосферы — полный мониторинг / [В. А. Кордюм, Е. В. Мошинец, М. В. Царенко и др.] // Ґрунтознавство. — 2008. — Т. 9, № 1–2. — С. 53–63.

8. Практикум із загальної мікробіології / [О. С. Радченко, Л. Г. Степура, І. В. Домбровська та ін.]. — К. : Фітосоціоцентр, 2011. — 168 с.

9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. — М. : Изд-во МГУ, 1991. — 303 с.

10. Андреев К. І. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / [К. І. Андреев, Г. О. Іутинська, А. Ф. Антипчук та ін.]. — К. : Обереги, 2001. — 240 с.

11. Муха В. Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов / В. Д. Муха // Сб. тр. Харьков. с.-х. ин-та. — Харьков, 1980. — Т. 273. — С. 13–16.

12. Канівець В. І. Життя ґрунту / В. І. Канівець. — К. : Аграрна наука, 2001. — 131 с.

13. Муха В. Д. Естественно-антропогенная эволюция почв / В. Д. Муха ; под ред. А. С. Максимова. — М. : Колос, 2004. — 271 с.

СОСТОЯНИЕ МИКРОБНОГО ЦЕНОЗА ПОЧВ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ ПРИ ВНЕСЕНИИ СМЕСЕЙ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ

Н. Э. Элланская, Н. В. Заименко,
Е. П. Юношева

Национальный ботанический сад
им. Н. Н. Гришко НАН Украины, г. Киев

В условиях стационарного опыта изучали особенности формирования микробных ценозов в ризосфере растений сахарной свёклы, сои и кукурузы под влиянием внесённых в почву кремнийсодержащих смесей. Показано, что численность представителей отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов варьирует в зависимости от культуры и внесённой смеси. Наибольшими изменениями характеризуются сообщества почвенных микроорганизмов под соей и кукурузой, особенно при внесении минерализо-

THE SOIL MICROBIAL COENOSIS STATE UNDER VARIOUS CROPS IN CASE OF INTRODUCING THE MIXTURE OF SILICON-CONTAINING MINERALS

N. E. Ellanska, N. V. Zaimenko,
O. P. Yunosheva

M. M. Gryshko National Botanical Gardens,
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

In the conditions of stationary experiment the features of the formation of microbial coenosis in the rhizosphere of sugar beet, soybean and corn plants were studied in case of introducing silicon-containing mixtures into the soil. It was shown that the number of representatives of separate eco-trophic groups of microorganisms varies depending on the culture and introduced mixture. Soil microbial communities from under soybean and corn were characterized by the biggest changes, especially in case of mineralized sapropel introduction. Positive

ванных сапропелей. Положительное влияние на микробиоту ризосферной почвы под сахарной свёклой осуществляли смеси: верховой торф + кремнийсодержащие минералы и силикат калия + кремнийсодержащие минералы + сапропель. Процессы минерализации органического вещества почвы были достаточно сбалансированными.

Ключевые слова: микробные сообщества, минерализация, кремнийсодержащие смеси, сахарная свёкла, кукуруза, соя.

effect on sugar beet rhizospheric soil microbiota was made by mixtures: high-bog peat + silicon-containing minerals and potassium silicate + silicon-containing minerals + sapropel. The processes of soil organic matter mineralization were quite balanced.

Key words: microbial community, mineralization, silicon-containing mixtures, sugar beet, corn, soybean.