ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА СКЛАДУ МІКРОБІОМУ РИЗОСФЕРИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В ПРОЦЕСІ ОНТОГЕНЕЗУ

А. М. ГОНЧАР, аспірантка 2 року навчання кафедри ґрунтознавства
та охорони ґрунтів імені професора М.К. Шичули
E-mail: byasya40@gmail.com

О. Л. ТОНХА, доктор сільськогосподарських наук, професор
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0677-5494>
E-mail: oksana16095@gmail.com

М. В. ПАТИКА, член-кореспондент НААН України,
доктор сільськогосподарських наук, професор
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2506-8699>
E-mail: npatyka@nubip.edu.ua

О. С. МАКАРЧУК, кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3348-676X>
E-mail: mcar2010@ukr.net

Анотація. В агроєкосистемах мікроорганізми є основним чинником ґрунтоутворювального процесу, живлення рослин і фітосанітарного стану ґрунту. Усі заходи, які спрямовані на відновлення ґрунтової родючості та підвищення продуктивності, екологічної безпеки аграрного виробництва, тісно пов'язані з діяльністю мікроорганізмів. Підвищена локальна активність, біомаса й різноманітність мікробіоти є однією з найважливіших характеристик, які відрізняють ризосферу від загального обсягу ґрунту. Метою досліджень було вивчення чисельності та складу мікробного комплексу ризосфери зернових культур (пшениці озимої різних сортів вітчизняної селекції) у процесі онтогенезу. Для проведення комплексу мікробіологічних досліджень здійснено відбір та підготовку зразків ґрунту (чорнозем типовий) з дотриманням стандартних вимог пробопідготовки та зберігання проб у лабораторних умовах. Аналіз зразків ризосферного ґрунту проводили за варіантами різних сортів пшениці озимої вітчизняної селекції. Чисельність ґрунтових мікроорганізмів визначали методом посіву суспензій на поживні середовища за загальноприйнятими в мікробіології методиками. Визначення загальної мікробної біомаси в ґрунті здійснено

* Науковий керівник – доктор с.-г. наук, професор О. Л. Тонха.

регидраційним методом, а інтенсивність «дихання» ґрунту відповідно за виділенням CO_2 і поглинанням O_2 манометричним методом (апарат Варбурга). Встановлено, що сорти пшениці озимої впливали на формування мікробіому чорнозему типового. Чисельність та склад мікробного комплексу ризосфери пшениці озимої в процесі онтогенезу значно змінюється, особливо за співвідношенням чисельності споруутворюючих та неспорівих форм мікроорганізмів за однакових умов агротехніки вирощування культури. Загальний пул сапротрофних мікроорганізмів ризосфери демонструє варіабельність біомаси та зміни на користь екологопластичних бацил. Встановлено збільшення чисельності споруутворюючих бактерій до $4,2 \times 10^7$ КУО/г у варіантах вирощування певних сортів. Показано, що за вирощування різних сортів пшениці озимої спостерігається стабільні показники інтенсивності виділення CO_2 – від 5,2 до 7,0. Аналогічна динаміка простежується за показником поглинання O_2 (не більше 5,3-6,8).

Ключові слова: ґрунтові мікроорганізми, мікробна біомаса, сортова специфічність, інтенсивність виділення CO_2 , динаміка поглинання O_2 , споруутворюючі бактерії

Актуальність.

Мікробіом поліфункціональний і бере участь у ґрунтоутворенні, живленні рослин і формує фітосанітарний стан ґрунту. Мікроорганізми швидко реагують на зміну умов середовища й за гарного екологічного стану ґрунту супроводжується перебудовою в мікробному ценозі та його функціональній діяльності, а за поганого – до непередбачуваних наслідків та загибелі певних груп мікроорганізмів. Мікробний ценоз, пристосовуючись до нових умов існування, проявляє стійкість до них або необоротно змінює свої функціональні властивості, що позначається на родючості ґрунту (Булігін, Тонха, 2019). Агротехнології прямо чи опосередковано впливають на діяльність мікроорганізмів (Патика, Тонха та ін., 2019; Гадзало, Патика, Заришняк, 2015; 2019).

Різноманітність і структура бактеріального комплексу в ризосфері вельми диференційована залежно від генотипу рослини, типу ґрунту, рівня землеробства, а також особливостей і

морфології кореневої системи рослин (Berg, 2009). Отже, від сорту рослин, групи ризосферних мікроорганізмів залежить рівень генетичного потенціалу, що зумовлює формування рослинно-мікробних систем, ефективність симбіозу, доступність поживних речовин та імовірність розвитку збудників патогенної інфекції. Відомо, що в системі контролю чисельності мікроорганізмів провідна роль пов'язана саме з конкретним мікробіомом, який конкурує та проявляє біологічну активність (наприклад, антагоністичну щодо збудників хвороб рослин). Так, здатність споруутворюючих бактерій роду *Bacillus* нівелювати фітопатогенні організми може бути також зумовлена як високою швидкістю зайняття своєї екологічної ніші в ризосфері, так і біосинтезом антибіотичних речовин та інших антифунгіцидних метаболітів (Olanrewaju, Glick et. al, 2017; Чеботарь та ін., 2009).

На даний час рослинна ризосфера є унікальним ґрунтовим середовищем, особливість якого полягає в постійному надходженні низькомолекулярних

сполук у вигляді корневих ексудатів. У ризосфері підтримується велика кількість активної мікробіоти, біомаса й поліморфізм якої може бути вищим на кілька порядків, ніж у загальному показнику орного шару ґрунту. Накопичено багаторічний експериментальний матеріал щодо різноманітного значення ґрунтових мікроорганізмів в онтогенезі вищих рослин. Ризосфера рослин являє собою перспективний середовищний ресурс для пошуку нових універсальних агентів мікробних препаратів, що створюють потужний базис наукоємних біотехнологічних розробок для формування рослинно-мікробних взаємодій в агроценозах сільськогосподарських культур. За подальшого розвитку комплексних наукових досліджень основна увага зосереджена як на процесах, які протікають у ризосфері, так і пов'язаних із діяльністю людини, особливо з аграрним виробництвом (Патика, Тонха та ін., 2018; 2019). Відомості про особливості зміни чисельності та складу мікробіому ризосфери зернових культур (пшениці озимої) у процесі онтогенезу необхідно розширювати з врахуванням наявних сортів пшениці озимої.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Нині вже встановлені вагомі механізми колонізації мікроорганізмами рослинного організму та взаємодії з ним бактерій, які позитивно впливають на ріст і розвиток рослини, сприяють процесу мінерального живлення, захисту від патогенів та інше (Мошинець, Косаківська, 2010). Однак усе ще недостатньо вивчено мікробом ризосфери культурних рослин. На даний час актуальні дослідження мікробіому ризосфери пшениці озимої, властивості домінуючих видів ґрунтових мікроорганізмів,

можна ґрунтовно дослідити процеси, які відбуваються в конкретному середовищі (наприклад, активності мінералізаційних процесів за наявності спорових бактерій або мінералізація органічних сполук, забезпеченість органічним азотом, висока ферментативна активність, зміни умов аерації середовища та інше). За різними варіантами вирощування зернових культур та за їхнім сортовим різноманіттям виявляють як кількісні розбіжності в представленості певних типів мікроорганізмів, так і якісні зміни в складі мікробіому.

Підвищена локальна активність, біомаса й різноманітність мікробіоти є однією з найважливіших характеристик, які відрізняють ризосферу від загального обсягу ґрунту. Ризосфера характеризується великою кількістю поживних субстратів, які використовуються ґрунтовими бактеріями. Ґрунтові бактерії здатні на конкурентній основі заселяти коріння рослин і можуть бути як біодобривами або антагоністами (основа мікробних препаратів), або одночасно тим й інше. Так, різноманіття спорових бактерій, що домінують в агроценозах, визначає прямо або побічно процеси формування продуктивної біомаси культурних рослин – врожай (Mandic-Mulec et. al, 2015; Patyka, Bublik et. al, 2015).

Прокаріотний комплекс ґрунту завдяки різним механізмам взаємодії є взаємовигідним для рослин, зокрема, через оптимізацію надходження поживних речовин у рослини, антагонізм до інших мікроорганізмів, особливо патогенних, синтез регуляторів росту або посилення вторинних метаболічних шляхів, які безпосередньо пов'язані з підвищенням стресостійкості рослин (Смірнов, 2001). Дослідженнями Т.П. Гажеевої та ін. (2011) показано, що загальна чисельність мікроорганізмів

ризосфери активно змінюється за фазами розвитку зернових культур (*Triticum aestivum* L., *Hordeum distichon* L., *Avena sativa* L.). Прослідковуються певні однотипні зміни для ячменю, пшениці в стадію кушіння, де загальна чисельність мікроорганізмів мінімальна і надалі досягає максимальних показників на стадії колосіння. Зміна чисельності бактеріальних угруповань ризосфери в процесі вегетації пов'язана насамперед зі зміною складу й кількості корневих ексудатів рослин, які є джерелом живлення для мікроорганізмів.

Заселеність мікроміцетними формами та їхня видова структура як ризосфери, так і колосу може корелювати з темпами розвитку відповідних ізогенних ліній (наприклад, таких, що детермінуються домінантним/рецесивним станом генів *VRN*). Тому є припущення, що гени опосередковано, через участь у регуляції фізіолого-біохімічних процесів, можуть бути залучені у формуванні та функціонуванні мікоценозу пшениці м'якої (сорт Миронівська 808).

Доведено, що фактично будь-який агротехнічний прийом супроводжується помітною і статистично достовірною зміною структури мікробних угруповань, що в перспективі може бути використано для створення нових технологій управління ґрунтовою родючістю та універсальних підходів для аналізу агроecологічного стану ґрунтів за даними метабеномного аналізу (Патика та ін., 2016).

Багаторічні застосування високих доз мінеральних добрив пригнічують розвиток азотфіксувальних, целюлозоруйнівних, мікроорганізмів, амоніфікуючих, водночас зростає активність мінералізації та денітрифікації, що призводить до втрат гумусу ґрунту і спричиняє зниження його стабільності (Cerna et al., 2003).

Важливою характеристикою ризосферного мікробіому є співвідношення основних фізіологічних груп мікроорганізмів. Дослідження, які проведені Г. В. Добровольським, В. П. Патиною, В. В. Волкогоном, Г. О. Іутинською, Д. Г. Тихоненко, В. Т. Ємцевим, К. Б. Новосад, М. В. Патиною та іншими вченими створили фундаментальні основи сучасного уявлення про мікробіоту ґрунту. На сьогодні запровадження екологічно зорієнтованих технологій вирощування сільськогосподарських культур вимагає докладного вивчення особливостей функціонування агроценозів для встановлення закономірностей перебігу процесу формування продуктивності наземного фітоценозу та забезпечення сталого розвитку агросфери загалом.

Мета досліджень – вивчення чисельності та складу мікробного комплексу ризосфери зернових культур (пшениці озимої різних сортів вітчизняної селекції) у процесі онтогенезу.

Методи дослідження.

Дослідження проводили на базі Національного університету біоресурсів і природокористування України, кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикuli та відокремленого підрозділу НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Васильківський р-н, Київська обл.), у період весняної та літньої вегетації пшениці озимої (2019–2021 рр.). Тип ґрунту – чорнозем типовий глибокий малогумусний крупнопилуватий середньосуглинковий на лесовидному суглинку, найбільш поширений в умовах Правобережного Лісостепу України. Для проведення комплексу мікробіологічних досліджень здійснено відбір та підготовку зразків ґрунту з дотриманням стандартних вимог пробопідготовки та зберігання проб у лаборатор-

них умовах, згідно з ДСТУ 4287:2004. Ґрунтові проби досліджувались в чотириразовій повторності. Зразки ризосферного ґрунту відбирали з коріння рослин після їхнього ретельного струшування, у динаміці в основні фази органогенезу пшениці: виходу в трубку, колосіння, початку цвітіння та молочної стиглості, повторність трьохразова. Чисельність ґрунтових мікроорганізмів визначали методом посіву суспензій на поживні середовища за загальноприйнятими в мікробіології методиками: ГПА (Звягінцева), м'ясо-пептонний агар (МПА) для обліку мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту; крохмало-аміачний агар (КАА) – для мікроорганізмів, що засвоюють переважно азот мінеральних сполук; олігонітрофільні мікроорганізми на середовищі Ешбі; середовище Чапека й сусло-агар (СА) – для обліку мікриміцетів; целюлозоруйнуючі мікроорганізми – на середовищі Гетчінсона; крім того, враховувалися бактерії, що ростуть на агаризованій ґрунтовій витяжці (ГА). Ступінь домінування мікроорганізмів за показником вище 10,0 % визначали морфологічно. Визначення загальної мікробної біомаси в ґрунті здійснено регідратаційним методом (Благодатский, Благодатская, Горбенко, Паников, 1987). Інтенсивність «дихання» ґрунту визначали за виділенням CO_2 і поглинанням O_2 манометричним методом на апараті Варбурга. Статистичний аналіз проведено за програмою Statistica 8.0, дані обчислено за MS Excel.

Результати досліджень та їх обговорення.

Результати визначень чисельності ґрунтових мікроорганізмів під пшеницею озимою свідчать про варіабельність мікробної біомаси за сортовими варіантами. Так, спостерігалось збіль-

шення чисельності споруутворюючих бактерій: у варіантах вирощування сортів Трудівниця Миронівська, Манера Одеська, Лайнер, Легенда Білоцерківська та Поліська 90 удвічі (в середньому $4,2 \times 10^7$ КУО/г) у порівнянні з Міп Валенсія, Міп Дніпрянка та іншими сортами Селекційно-генетичного інституту НААН України ($2,0 \times 10^7$ КУО/г ґрунту). Це свідчить про активізацію бацилярних форм мікроорганізмів під час онтогенезу рослин пшениці (табл. 1, 1а).

У ризосфері сортів озимої м'якої пшениці зафіксовано розвиток вільно існуючих форм мікроорганізмів роду *Azotobacter*. Чисельність мікриміцетів за сортовими варіантами варіювала від 38,27 до 53,45 тис. КУО/г ґрунту.

Результати досліджень мікробіому ґрунту в агроценозі пшениці озимої продемонстрували значну диференціацію чисельності мікроорганізмів основних фізіологічних груп залежно від сорту рослин (табл. 2).

Чисельність олігонітрофільних бактерій в орному шарі ґрунту в посівах пшениці озимої упродовж вегетації зростала та варіювала в межах 169-302 млн КУО/г ґрунту (за виключенням варіанту із сортом пшениці Міп Дніпрянка), що свідчить про проходження азотфіксувальних процесів. Азот істотно впливає на формування елементів продуктивності рослин.

Відомо, що пшениця озима має тривалий період вегетації, восени сильно кущиться й розвиває потужну кореневу систему, рано навесні відновлює ріст і засвоює порівняно велику кількість азоту – від початку появи сходів до фази трубкування 75-90 % від загального його виносу. Отже, відновлення вегетації озимої пшениці навесні супроводжується інтенсивними ростовими процесами, у зв'язку з чим у рослин озимої пшениці виникає гостра потреба в поживних ресурсах.

Проте через низькі температури й підвищену вологість ґрунту, які пригнічують нітрифікацію, вміст азоту в кореневмісному шарі рано навесні, як правило, буває недостатнім, що зумовлює настання в озимій пшениці першого критичного періоду в азотному живленні рослин. Спостереження за біомасою бактерій (живим і чутливим компонентом органічної речовини) під різними сортами пшениці озимі свідчать про зростання цього показника із 6 до 9 т/га.

Вважається, що стан мікробних угруповань ґрунту залежить від систем землеробства (мінеральної або органічної), від використовуваних агротехнічних прийомів (застосування добрива, обробітку культур, виду сівозміни, техніки зароблення рослинних решток). Так, за варіантами дослідів міститься 75-132 млн стрептоміцетів в 1 г. Відносна кількість грибів у варіантах Міп Дніпрянка, Поліська 90, Намисто та Щедрівка Київська була вищою проти інших сортових варіантів (наприклад, Гарантія Одеська, Лісова пісня, Трудівниця Миронівська, див. табл. 2).

Чисельність бактерій на різних поживних середовищах (МПА, ГА, МПА +СА) не була стабільною та змінювалась у діапазоні від 5,8 до 231 x 10⁶ КУО/г сухого ґрунту.

Результати досліджень показали, що за вирощування різних сортів пшениці озимі спостерігається стабільні показники інтенсивності виділення CO₂ – від 5,2 до 7,0. Аналогічно спостерігали динаміку поглинання O₂ не більше 5,3-6,8 (табл. 3). Це свідчить про те, що в дослідному ґрунті створюються оптимальні умови для життєдіяльності мікроорганізмів, у результаті чого підвищується його біологічна активність.

1а. Мікробіологічний аналіз зразків, відібраних з ризосфери пшениці озимі різних сортів вітчизняної селекції (ВП НУБІП України «Агрономічна дослідна станція», 2019 – 2020 рр.)

Фізіологічні групи м/о / поживне середовище/ кількість однак	СОРТИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (Triticum aestivum L.)									
	Міп Валенсія	Міп Дніпрянка	Трудівниця Миронівська	Миронівська слава	Ветеран	Гарантія Одеська	Манера Одеська	Нива Одеська	Традіція Одеська	
м/о, (МПА), млн КУО/г	15,27±0,71	14,64±0,33	16,13±1,05	13,11±0,16	20,97±1,59	14,96±1,09	16,77±0,71	9,45±0,58	8,60±0,67	
м/о, (КАА), млн КУО/г	14,56±0,87	16,60±0,98	13,19±0,94	14,50±0,78	15,38±0,76	13,41±0,79	11,99±1,02	13,95±0,74	16,60±0,63	
Мікроміцети тис. КУО/г	47,60±1,05	38,90±1,20	43,0±0,98	38,27±0,95	40,9±1,02	39,0±0,93	51,2±1,08	37,8±0,88	39,9±0,91	
спорів бактерій (LB), млн КУО/г	1,98±0,68	1,67±0,78	4,0±1,05	2,0±0,65	2,1±0,86	1,88±0,92	3,79±0,82	1,66±0,66	1,72±0,83	
Примітка: м/о – мікроорганізми; млн КУО/г ґрунту; (тис. КУО/г ґрунту);										

2. Кількість і біомаса ґрунтових мікроорганізмів за вирощування різних сортів *Triticum* (2019 – 2021 рр.)

Варіант	Біомаса бактерій, т/га	Бактерії, на середовищах			Олігонітро- фільні бактерії	Мікроміцети	Стрептоміцети	Целюлозоруйну- ючі, тис/г сухого грунту
		МПА	МПА + СА	ГА				
		106 КУО/г сухого ґрунту						
Намисто	6,9	11	6,0	136	169	3,2	75,0	28,6
Гарантія Одеська	7,7	27	8,1	179	192	2,9	89,3	26,1
Лісова пісня	8,4	31	9,2	199	223	2,8	92,1	36,5
Трудівниця Миронівська	8,8	36	9,4	217	298	2,9	111,0	33,7
Міп Дніпрянка	6,9	21	7,3	154	1871	3,6	98,0	22,7
Міп Валенсія	8,5	32	8,8	200	265	2,6	132,0	35,5
Поліська 90	5,7	14	5,8	127	176	3,4	87,0	26,4
Щедрівка Київська	6,6	19	6.4	135	183	3,0	79,2	27.5
Традиція Одеська	7,1	24	7.4	165	193	2,7	90,4	30,2
Манера Одеська	9,1	39	9.1	231	302	2,5	101,2	34,6
Лайнер	8,4	33	8,7	202	244	2,8	112,3	31,2
Валенсія	8,5	35	8,6	210	276	2,8	130,0	33,0
НСР _{0,5}	1,0	2,4	1,2	23,0	20,1	0,4	17,0	2,7

3. Інтенсивність виділення CO₂ і поглинання O₂ у ґрунті під час вирощування пшениці за різних агротехнологій

Варіант	Інтенсивність виділення CO ₂ і поглинання O ₂ в мкг/г час	
	CO ₂	O ₂
Намисто	5,7	5,5
Гарантія Одеська	6,4	6,4
Лісова пісня	5,9	5,7
Трудівниця Миронівська	6,0	5,9
Міп Дніпрянка	5,9	5,9
Міп Валенсія	6,1	6,0
Поліська 90	5,2	5,3
Щедрівка Київська	5,6	5,5
Традиція Одеська	6,0	5,9
Манера Одеська	7,0	6,8
Лайнер	6,7	6,6
Валенсія	6,7	6,5

Примітка: $x/P = 0,05$; $t_{sl} = 3,11$

Отже, за результатами аналізу чисельності мікроорганізмів ризосфери пшениці озимої встановлено, що сортова специфічність мала значний вплив на формування мікробіому в різні фази росту й розвитку рослин, що, очевидно, є інтегральним показником функціональної та метаболічної активності ґрунтових мікроорганізмів.

Встановлено, що чисельність та склад мікробного комплексу ризосфери пшениці озимої в процесі онтогенезу значно змінюється, особливо за співвідношенням чисельності спороутворюючих та неспорувих форм мікроорганізмів за однакових умов агротехніки вирощування культури. Загальний пул сапротрофних мікроорганізмів ризосфери змінюється на користь екологопластичних бацил, тому пошукові дослідження біоагентів роду *Bacillus* актуальні для аграрної науки та практики. Подальші комплексні аналізи будуть сфокусовані через призму оцінки різноманіття ізолятів за результатами мікробіологічних, фізіолого-біохімічних, молекулярно-біологічних методів досліджень.

Висновки та перспективи досліджень.

У результаті проведених мікробіологічних досліджень із визначення чисельності та складу мікробіому пшениці озимої показано варіабельність мікробної біомаси за сортовими варіантами. Встановлено активізацію бацилярних форм мікроорганізмів за онтогенезу рослин (збільшення чисельності спороутворюючих бактерій до $4,2 \times 10^7$ КУО/г у варіантах вирощування окремих сортів). Значна диференціація спостерігається під час аналізу чисельності мікроорганізмів основних фізіологічних груп залежно від сорту рослин. Так, зафіксовано розвиток вільно

існуючих форм мікроорганізмів роду *Azotobacter*. Чисельність мікроміцетів за сортовими варіантами варіювала від 38,27 до 53,45 тис. КУО/г ґрунту. А чисельність олігонітрофільних бактерій в орному шарі ґрунту в посівах пшениці озимої упродовж вегетації зростала до 169-302 млн КУО/г ґрунту, що свідчить про проходження азотфіксувальних процесів. За показником біомаси бактерій під різними сортами пшениці озимої показано стабільне зростання із 6 до 9 т/га. Водночас чисельність бактерій на різних поживних середовищах (МПА, ГА, МПА +СА) не стабільна та змінна в діапазоні від 5,8 до 231×10^6 КУО/г сухого ґрунту. Встановлено, що за вирощування різних сортів пшениці озимої спостерігається стабільні показники інтенсивності виділення CO_2 – від 5,2 до 7,0. Аналогічні спостереження щодо процесу поглинання O_2 (не більше 5,3-6,8).

References

1. Gadzalo YA.M., Patyka M.V., Zaryshnyak A.S., Patyka T.I. (2019). Ahromikrobiologiya z osnovamy biotekhnologiyi. [Agromicrobiology with the basics of biotechnology]: monography. K.: Aharna nauka NAAN, 204.
2. Gadzalo Y.M., Patyka M.V., Zarishnyak A.S. (2015). Agrobiologiya rizosfery rasteniy. [Agrobiology of the rhizosphere of plants]: monography. K.: Aharna nauka NAAN, 368.
3. Patyka M.V., Tonkha O.L., Sinchenko V.M., Honchar A.M., Patyka T.I. (2019). Osoblyvosti formuvannya strukturovo-funktsional'nogo skladu mikrobiomu chornozemu tsilynnoho v stepu Ukrainy. [Peculiarities of formation of structural-functional composition of virgin chernozem microbiome in steppe of Ukraine]. Microbiological journal. Vol. 81, №4.P. 90-106. <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.04.090>
4. Bulyhin S. Yu. Biological evaluation of the rationality of soil usage in agriculture /Bulyhin

- S. Yu., Tonkha O. L. //Agricultural science and practice, 2019 Vol. 5 P. 23-29. <https://doi.org/10.15407/agrisp5.01.023>
5. (2020) The activity of the microbial groups of maize root-zone in different crop rotations. Ukrainian journal of ecology. Volume: 10, Issue: 2. 137-140. https://doi.org/10.15421/2020_76
6. Berg G. (2009). Plant–microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. Applied Microbiology and Biotechnology. Vol. 84. P. 11–18.
7. Olanrewaju O.S., Glick B. R., Babalola O.O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. World Journal of Microbiology and Biotechnology. Vol. 33. №11. P. 197–204. doi: 10.1007/s11274-017-2364-9
8. Chebotar' V.K. (2009). Antifungal'nyye i fitostimuliruyushchiye svoystva rizosfernogo shtamma *Bacillus subtilis* produtsenta biopreparatov. [Antifungal and phytostimulating properties of the rhizosphere *Bacillus subtilis* strain as a producer of biological products]. Applied Biochemistry and Microbiology. Vol. 45. №4. P. 465-469. DOI: 10.1134/S0003683809040127
9. Patyka M.V., Tonkha O.L., Patyka T.I., Veretyuk S.V., Kirovants M.O. (2018). Otsinka metahe-nomu prokariotnoho kompleksu chornozemu za ahrarnoho vykorystannya [Estimation of methagenome of prokaryotic chernozem complex by agricultural use]. Microbiological journal. Vol. 80. №6. P. 109-122. <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.06.109>
10. Mandic-Mulec I., Stefanic P., van Elsas J.D. (2015). Ecology of Bacillaceae. Microbiology Spectrum. Vol. 45. №3(1). P. 1-24.
11. Patyka N.V., Bublik N.A., Patyka T.I. (2015). Rhizosphere trophic chains: role and stability in soil processes and ecosystems. Journal of Characterization and Development of Novel Materials. Vol. 7, № 3. P. 413-418.
12. Smirnov V.V., Sorokulova I.B., Pinchuk I.V. (2000). Bakterii roda *Bacillus* – perspektivnyy istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv. [Bacteria of the genus *Bacillus* are a promising source of biologically active substances]. Microbiological journal. Vol. 63. №1. P. 72–78.
13. Gazheeva T.P., Gordeeva T.H., Maslennikova S.N. (2011). Dynamics of the number and composition of microorganisms of the rhizosphere of some cereal plants in the process of their growth and development. Bulletin of the OSU. № 12 (131). P. 328–330.
14. Avksent'yeva, O. O., Vinnikova, O. I. (2018). Mikromitsety ryzosfery ta filosfery izohen-nykh za henamy VRN liniy pshenytsi (*Triticum aestivum* L.) u zv'yazku z tempamy rozvytku ta produktyvnistyu. [Micromycetes of the rhizosphere and filosphere of wheat lines (*Triticum aestivum* L.) isogenic by VRN genes due to the rate of development and productivity]. Bulletin of VN Karazin Kharkiv National University. Biology Series, 30 (30). P. 77-86. <https://doi.org/10.26565/2075-5457-2018-30-9>
15. Patyka M.V., Kolodyazhnyy O.YU., Ibatullin I.I. (2016). Otsinka metahe-nomu ta detektsiya funktsional'no znachushchykh polimorfizmiv prokariot hruntu z vykorystannyam metodu pirosekvenuvannya. [Evaluation of metagenomas and detection of functionally significant polymorphisms of soil prokaryotes using the method of pyrosequencing]. Microbiological journal. Vol. 78. №2. P. 43-50. <http://microbiolj.org.ua/ua/archiv/2016-tom-78/2-mar-apr-tom-78/2016-78-2-05>
16. Moshynets O.V., Kosakivska I.V. (2010). Phytosphere ecology: plant-microbial interactions. 2. Phytosphere as a niche for plant-microbial interactions. Functional microbial activity and its influence on plants. The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University: Series Biology. Vol. 3. P. 6–22.
17. Iutyn'ska, H. O. Gruntova mikrobiolohiya. (2006). [Soil microbiology] Kyiv: Aristey, 284 p.
18. Novosad K.B., Havva D.V., Rev't'ye A.V., Fisun M.M. (2010). Biohennist' chornozemiv ty-povykh Ukrayins'koho stepovoho pryrod-noho zapovidnyka (viddilennya «Mykhay-livs'ka tsilyna». [Biogenicity of chernozems

- typical of the Ukrainian steppe nature reserve (branch «Mykhailivska virgin land»]. Visnyk KhNAU. №5. P. 67-75.
19. Dobrovol'skiy G.V., Kust G.S., Chernov I.YU. (2012). Pochvy v biosfere i zhizni cheloveka [Soils in the biosphere and human life. Moscow: FGBOU VPO MGUL, 2012. 584 p.
 20. Volkohon V.V., Pyrih O.V., Brytan T.YU. (2018). Spryamovanist' gruntovo-mikrobiolohichnykh protsesiv za vplyvu orhanichnykh i mineral'nykh dobryv [Orientation of soil-microbiological processes under the influence of organic and mineral fertilizers]. Bulletin of Agricultural Science. №6. C. 5 – 11. doi: 10.31073/agrovisnyk201806-01
 21. Cerna B., Elhottova D., Santruckova H. (2003). Functional groups of soil microbial community. Structure and Function of Soil Microbiota. P. 3-6.
 22. Zvyagintsev D.G. (1991). Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil microbiology and biochemistry]. M.: MSU Publishing House, 304 p.

A.N. Honchar, O.L. Tonkha, N.V. Patyka, O.S. Makarchuk (2021). PECULIARITIES OF CHANGE IN NUMBER AND COMPOSITION OF WINTER WHEAT RHIZOSPHERE MICROBIOME IN THE PROCESS OF ONTOGENESIS. PLANT AND SOIL SCIENCE, 12(3): 56–65. <https://doi.org/10.31548/agr2021.03.056>

Abstract. In agroecosystems, microorganisms are the main factor in the soil formation process, plant nutrition and phytosanitary condition of the soil. Therefore, all measures aimed at restoring soil fertility and increasing productivity, environmental safety of agricultural production are closely linked to the activities of microorganisms. Increased local activity, biomass and diversity of microbiota are one of the most important characteristics that distinguish the rhizosphere from the total soil volume. The aim of the research was to study the number and composition of the microbial complex of the rhizosphere of cereals (winter wheat of different varieties of domestic selection) in the process of ontogenesis. To conduct a set of microbiological studies, soil samples were taken and prepared (typical chernozem) in compliance with the standard requirements for sample preparation and storage of samples in the laboratory. The analysis of rhizosphere soil samples was performed according to the variants of different varieties of winter wheat of domestic selection. The number of soil microorganisms was determined by the method of inoculation of suspensions on nutrient media according to generally accepted methods in microbiology. Determination of the total microbial biomass in the soil was carried out by the rehydration method, and the intensity of «respiration» of the soil, respectively, by the release of CO₂ and O₂ absorption by the manometric method (Warburg apparatus). It is established that varietal specificity is significantly related to the peculiarities of microbiome formation in different phases of plant growth and development, which is an integral indicator of functional and metabolic activity of soil microorganisms. The number and composition of the microbial complex of winter wheat rhizosphere in the process of ontogenesis changes significantly, especially in the ratio of the number of spore-forming and non-spore forms of microorganisms under the same conditions of crop cultivation. The total pool of saprotrophic microorganisms of the rhizosphere demonstrates the variability of biomass and changes in favor of ecoplastic *Bacillus*. An increase in the number of spore-forming bacteria to 4.2 x 10⁷ CFU/g in the variants of growing certain varieties was found. It is shown that in the cultivation of different varieties of winter wheat there are stable indicators of the intensity of CO₂ emissions - from 5.2 to 7.0. A similar trend can be traced to the absorption of O₂ (not more than 5.3-6.8).

Keywords: soil microorganisms, microbial biomass, varietal specificity, intensity of CO₂ release, dynamics of O₂ absorption, spore-forming bacteria