

УДК 581.1:58.01/07:579.64: 631.427.22
DOI: 10.15587/2519-8025.2019.158380

МІКРОБІОЦЕНОЗ РИЗОСФЕРИ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗА ДІЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ

© Г. Б. Гуляєва

Мета дослідження. Оцінити зміни у мікробіоценозі ризосфери пшениці ярої за передпосівної обробки насіння цитратами біогенних металів, створеними на основі нанотехнологій та інокуляції у ґрунт консорціуму корінних мікроорганізмів за дії цих заходів на ферментативну активність тканин листків і продуктивність рослин пшениці.

Методи. Мікробіологічні методи – посіву на тверді поживні середовища для визначення вмісту основних груп ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері рослин; біохімічні – з метою визначення активності антиоксидантних ферментів каталази і пероксидази; біометричні – для визначення маси 1000 зерен і зернової продуктивності на дослідних ділянках; статистичні.

Результати дослідження. У польових дослідах на посівах пшениці ярої сорту Печерянка показано, що за передпосівної обробки насіння 1 %-ними розчинами біологічно активних речовин у складі композитів цитратів наночасток Ag+Cu та Co+Cu+Zn+Fe+Mn+Mo+Mg (Аватар-1) та іонів I-Se і внесення у ґрунт консорціуму ґрунтово-корисних мікроорганізмів (біопрепарат (БП) Екстракон) відмічались зміни співвідношення основних мікробних угруповань у складі мікробіоценозу ґрунту: аеробних азотфіксаторів, актиноміцетів, грибною мікрофлори, оліготрофних бактерій, що певним чином корелювало із зерною продуктивністю.

Висновки. 1. Встановлено, що у ризосфері пшениці ярої змінювалося співвідношення мікробних угруповань, зокрема відсоток груп аеробних азотфіксаторів збільшувався відносно контролю в наступній послідовності – у фазу колосіння: БП Екстракон>Екстракон+I-Se, а у фазу молочної стиглості – у наступній послідовності: БП Екстракон+I-Se>БП Екстракон>Аватар-1>Ag-Cu. На варіанті із передпосівною обробкою I-Se переважали актиноміцети, а у фазу молочної стиглості – грибна мікрофлора.

2. Активність каталази і пероксидази в тканинах листків за передпосівної обробки біологічно активними речовинами була нижче, ніж на контролі, окрім варіанту передпосівної обробки цитратами наночасток Ag-Cu, де каталазна активність децю зростала – на 7,9 %.

3. Виявлено, що показники зернової продуктивності поліпшувались найбільш істотно за інокуляції у ґрунт консорціуму корінних мікроорганізмів, а також за обробки, що сприяла збільшенню у ризосфері ґрунту аеробних азотфіксаторів, так зернова продуктивність зростала на варіантах у послідовності: БП Екстракон>БП Екстракон+I-Se>Аватар-1>Ag+Cu, знижуючись на варіанті із обробкою I-Se

Ключові слова: *Triticum aestivum*, пшениця, мікробіоценоз, мікроорганізми, каталаза, пероксидаза, наночастки, азотфіксатори, актиноміцети, мікроміцети

1. Вступ

Дбайливе відношення до родючої частини ґрунту, що є цінним ресурсом й потребує обов'язкового мір по збереженню і відродженню особливо актуальне за умов планетарної глобальної деградації земель [1]. Зокрема на сьогодні увага вчених і сучасного агробізнесу прикута до мікробіологічних технологій у землеробстві, а отже і до мікробіоценозу, що є важливою частиною ґрунту і складається з основних груп мікроорганізмів, співвідношення яких визначає біологічну активність ґрунту й інтенсивність біохімічних процесів, що протікають в ньому [2]. Корисні ґрунтові мікроорганізми відіграють важливу роль, завдяки стимуляції біологічного перетворення різних пулів вуглецю, а також макро- та мікроелементів, полегшуючи відносини ґрунт-рослина-мікроорганізм. Відіграючи значну роль у круговороті поживних речовин, ґрунтові мікроорганізми підтримують здоров'я ґрунту і його родючість. Ферменти, які екскретуються ними, дозволяють поліпшити поглинання поживних речовин рослинами, які ростуть в екосистемах. Проте, застосування певних технологій у рослинництві може впливати на їх активність в тій чи іншій мірі. У зв'язку із цим існує нагальна необхід-

ність враховувати вплив технологічних заходів також і на здоров'я ґрунту [3].

Разом із тим, у сучасному сільському господарстві велике значення приділяється впровадженню нанотехнологій, які здатні скоротити використання природних ресурсів за умов застосування інтелектуальних технологій для точного землеробства [4].

2. Літературний огляд

На сьогодні відомо, що на формування кореневого мікробіому, опосередкованого хімічним складом корневих ексудатів, суттєво впливає рослинний метаболізм [5], зокрема вміст у ексудатах захисних фітогормонів, у тому числі, саліцилової кислоти [6]. У зв'язку із цим, варто враховувати вплив застосування нових перспективних технологій у рослинництві, зокрема на основі наночасток та їх похідних, на склад ґрунтової мікрофлори від якого залежить біологічна активність ґрунту, його родючість [7].

Застосування нанотехнологій, що широко використовується у різних сферах сільськогосподарського виробництва дозволяє мінімізувати хімічне навантаження на оточуюче середовище [8, 9]. Відомо, що розмір наночасток складає менш ніж 100 нм. Біо-

генні елементи, завдяки хелатуванню молекулами води і високій дифузійній здатності, легко проникають крізь клітинну мембрану й починають швидко діяти на активні центри ферментів. Завдяки корпускулярним, квантовим, хвильовим й іншим властивостям, ці сполуки володіють здатністю швидко діяти на фізіологічні і біохімічні процеси в живих організмах, активізуючи обмін речовин [8]. Варто відмітити, що завдяки широкому спектру властивостей наночасток у формі аквахелатів, застосовують у якості антисептиків, добрив, фунгіцидів й інсектицидів [8]. Здатністю нейтралізувати сполуки реакційно-активного кисню, зокрема супероксидний аніонний радикал, гідроксильний радикал, перекис водню, володіють декі з них. Наноаквахелати також можуть брати участь у окислювально-відновних реакціях, бути кофакторами ферментів, універсальними переносниками [8, 9]. Слід також відмітити, більш пролонговану дію наночасток та їх сполук порівняно із солями поживних речовин. Разом із тим, економічна вигідність і екологічна безпечність є важливою перевагою застосування цитратів наночасток [8, 9]. Проте вплив наноаквахелатів біогенних металів на співвідношення основних мікробних угруповань у складі мікробіоценозу ґрунту: аеробних азотфіксаторів, актиноміцетів, грибно́ї мікрофлори, оліготрофних бактерій, при застосуванні нанотехнологій у рослинництві для підвищення стійкості і продуктивності культурних рослин вивчено недостатньо.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – оцінити зміни у мікробіоценозі ризосфери пшениці ярої за передпосівної обробки насіння цитратами біогенних металів, створеними на основі нанотехнологій та інокуляції у ґрунт консорціуму корінних мікроорганізмів за одночасного впливу цих заходів на параметри ферментативної активності тканин листків і продуктивності рослин пшениці.

Для досягнення мети були поставлені такі задачі:

1. Дослідити чисельність основних груп мікроорганізмів у ризосфері рослин за передпосівної обробки насіння розчинами біологічно активних препаратів: цитратів нанорозмірних біогенних елементів та інокуляції консорціумом корінних мікроорганізмів;
2. Визначити активність антиоксидантних ферментів каталази і пероксидази в тканинах листків за дії дослідних біологічно активних речовин;
3. Оцінити вплив дослідних біологічно активних речовин на зернову продуктивність пшениці ярої.

4. Матеріали і методи досліджень

Зміни чисельності основних груп ґрунтової мікрофлори у ризосфері пшениці ярої досліджували за дії передпосівної обробки насіння біологічно активними речовинами, виготовлених на основі нанотехнологій: 1 %-м розчином цитратів нанорозмірних біогенних елементів Ag+Cu – з препарату «Шумерське срібло» із вмістом цитрату Ag і Cu, концентрацією наночасток кожного елементу – 250 мг/л й лимонної кислоти (виробник ТОВ «Нанома-

теріали і нанотехнології», Україна); 1 %-м розчином композиції цитратів нанорозмірних біогенних елементів Co+Cu+Zn+Fe+Mn+Mo+Mg, виготовленим із мікродобрива Аватар-1 органік за складом композиції наночасток Co – 0,0001–0,0025 %; Cu – 0,01–0,08 %; Zn – 0,001–0,007 %; Fe – 0,0015–0,008 %; Mn – 0,0005–0,005 %; Mo – 0,00001–0,0025 %; Mg – 0,01–0,08 % та лимонної кислоти – 0,5–10 мг/л й очищеної води (виробник ТОВ «Аватар», Україна); 1 %-м розчином біологічного препарату (БП) I-Se, виготовленого з препарату «Йодіс-концентрат плюс Se» із вмістом іонів I (80 мг/дм³) та цитрату Se й очищеної води (виробник тов. НВК Йодіс, Україна); БП Екстракон (Україна), що складається із консорціуму ґрунтових целюлозолітичних і гетеротрофних мікроорганізмів, інокульованих у торфоподібний субстрат: *Sporocytophaga mixococcoides*, *Sorangium cellulosum*, *Cellvibrio mixtus*, *Trichoderma viridae*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Bacillus subtilis*, *B. sphaericus*, *B. megaterium*, *B. pumilus*, вносили у ґрунт дослідних ділянок перед посівом насіння. Вищезгадані мікроорганізми знаходяться у функціонально-активному стані й тісно пов'язані трофічними зв'язками.

Пшеницю м'яку яру сорту Печерянка вирощували на дослідних ділянках Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного у 2017–2018 рр. Повторність трикратна. Площа дослідної ділянки 50 м², ґрунт дерново-підзолистий. У ґрунт перед посівом вносили азотно-фосфорно-калійне добриво (N–16 %; P–16 %; K–16 %).

Схема дослідів:

- 1 – контроль (без обробки насіння);
- 2 – фон: додавання у ґрунт консорціуму агрономічнокорисних целюлозолітичних і гетеротрофних мікроорганізмів у складі біологічного препарату біопрепарату (БП) Екстракон (без обробки насіння);
- 3 – передпосівна обробка (п.о.) насіння 1 %-м р-ном БП I-Se на фоні додавання у ґрунт БП Екстракон;
- 4 – п.о. 1 %-м р-ном БП I-Se;
- 5 – п.о. 1 %-м р-ном композиції наночасток Ag+Cu;
- 6 – п.о. 0,1 %-м розчином композиції наночасток Co+Cu+Zn+Fe+Mn+Mo+Mg (мікродобриво Аватар-1).

Відбір зразків ґрунту здійснювали у фазу колосіння-цвітіння у п'яти точках кожної ділянки, методом конверту. Для аналізу застосовували середню пробу. Чисельність основних груп мікрофлори визначалась у трикратній повторюваності методом мікробіологічного посіву ґрунтової суспензії на тверді поживні середовища ґрунту у колонійутворювальних одиницях (КУО): на середовищі Звягінцева – загальний вміст мікроорганізмів у ґрунті; на середовищі Ешбі – загальна кількість груп аеробних азотфіксаторів (олігонітрофіли, азотобактер); мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук і актиноміцетів – на крохмально-аміачний агар (КАА); грибно́ї мікрофлори – на Сусло-агарі; на голодному агарі (ГА) – оліготрофних бактерій [9].

Вимірювання активності антиоксидантних ферментів (каталази (ЕС 1.11.1.6) і пероксидази (ЕС 1.11.1.7)) проводили в тканинах листків. Активність

каталази визначали методом перманганометрії, визначаючи вміст нерозкладеного ферментом перекису водню шляхом титрування перманганатом калію до утворення стійкого рожевого кольору [10]. Активність каталази (ЕС 1.11.1.6), яка була відображена в кількості O_2 , що утворюється в результаті активності ферменту протягом 60 с від 1 г вологої маси визначали у $мкм^3 O_2 \cdot g \cdot 60 c^{-1}$. Активність неспецифічних пероксидаз (ЕС 1.11.1.7) досліджували методом Бояркіна на основі вимірювання швидкості окислення бензидину (1,1'-біфеніл-4,4-діамін) до результуючого синього кольору. Швидкість зміни кольору робочого розчину визначали за швидкістю зміни оптичної густини при ФЕК ($\lambda = 670$ нм). Активність пероксидази вимірювали у відносних одиницях для кожної вологої маси – $g^{-1} \cdot s^{-1}$.

Статистичну обробку одержаних результатів виконували з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel. На діаграмах представлені похибки середньої арифметичної. Достовірність різниці між варіантами оцінювали за допомогою програмного пакету ANOVA.

5. Результати та обговорення

За аналізування ґрунтових зразків, відібраних у фазу колосіння-цвітіння виявлено зростання загальної чисельності мікроорганізмів у ризосфері пшениці на всіх варіантах дослідження, але найбільш суттєве – на варіанті передпосівної обробки насіння 1 %-м р-ном БП I-Se як за додавання БП Екстракон, так і природному фоні (рис. 1).

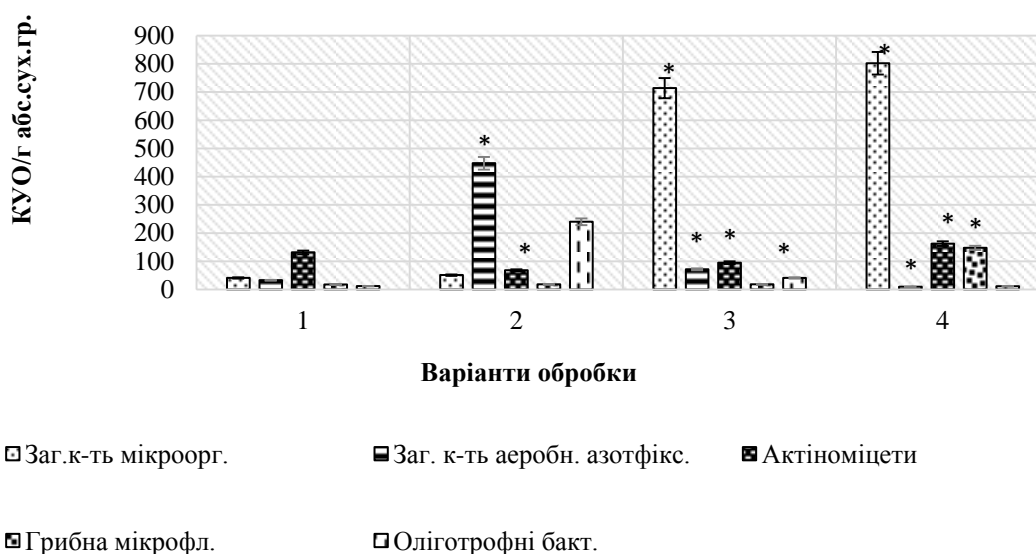


Рис. 1. Чисельність основних мікробних угруповань ґрунту дослідних ділянок (фаза колосіння-цвітіння), варіанти: 1 – Контроль; 2 – БП Екстракон; 3 – БП Екстракон+I-Se; 4 – I-Se (*– різниця достовірна із контролем при $p \leq 0,05$)

Разом із тим, загальна кількість груп аеробних азотфіксаторів, що є основними постачальниками для рослин біологічного азоту, найбільш чисельною була на фоні із БП Екстраконом, трохи менше зростаючи на варіанті 3 – за передпосівної обробки 1 %-м БП I-Se+БП Екстракон (рис. 2). Варто відмітити, що на фоні БП Екстракон у ризосфері рослин також суттєво збільшувався вміст оліготрофних бактерій, за деякого зниження мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук і актиноміцетів. Показано, що обробка 1 %-м розчином БП I-Se на природному фоні, хоча і призводила до зростання загальної чисельності основних груп ґрунтових мікро-

організмів, проте це відбувалося за рахунок стимуляції росту грибної мікрофлори та мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук і актиноміцетів.

За відбору зразків ґрунту у фазу молочної стиглості контрольні зразки відрізнялись помітним зростанням кількості оліготрофних бактерій за меншого вмісту грибної мікрофлори (рис. 2). Варто відмітити, що оліготрофні бактерії здатні рости при низьких концентраціях субстрату (наприклад, вуглецю – у наномольному концентраційному діапазоні), маючи підвищену здатність до використання субстрату.

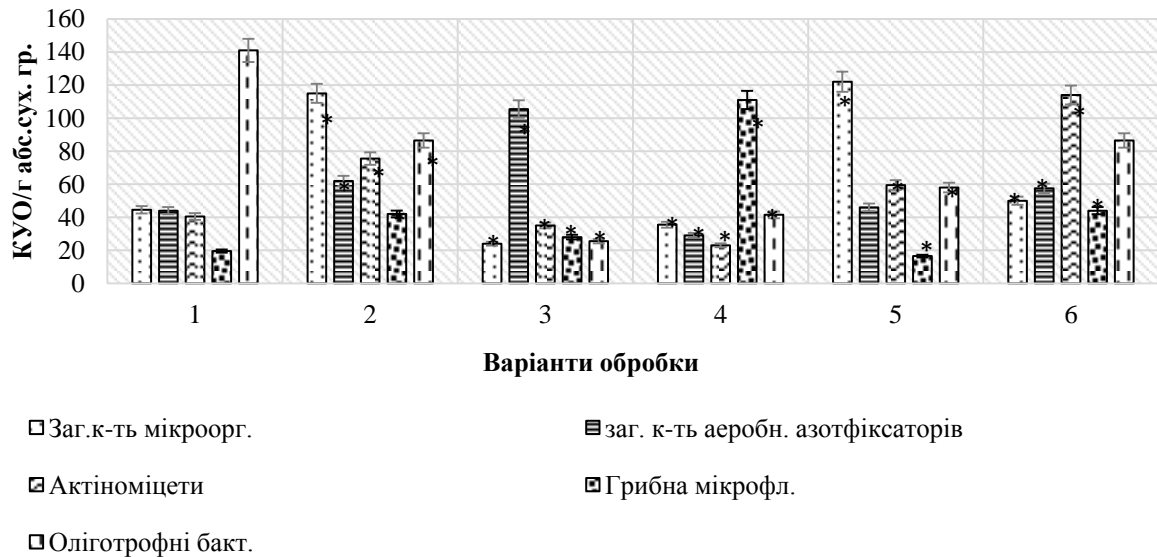


Рис. 2. Чисельність основних мікробних угруповань ґрунту дослідних ділянок (фаза молочної стиглості), варіанти: 1 – контроль; 2 – БП Екстракон; 3 – БП Екстракон+I-Se; 4 – I-Se; 5 – Ag+Cu; 6 – Аватар-1: * – різниця достовірна із контролем при $p \leq 0,05$

Ці групи мікроорганізмів визначаються переважно на пізній стадії сукцесії, коли ресурси легкодоступного субстрату вичерпуються та у великій кількості виявляються за умов органічного землекористування [11].

В зразках дослідних ділянок на варіанті внесення БП Екстракон за збільшення загальної кількості мікроорганізмів – більше ніж у тричі, переважали група аеробних азотфіксаторів, вміст яких був на 41 % більше контролю, оліготрофні бактерії (хоча їх вміст відносно контролю був нижчим), актиноміцети. Вміст останніх відносно контролю зростав істотно – на 86,4 %.

Відома суттєва роль актиноміцетів, зокрема *Streptomyces* як біодобрих для стимулювання росту й підвищення врожайності, особливо пшениці завдяки їх як антимікробному потенціалу, так і здатності продукувати фітогормони, сидерофори, аміак і ціаністий водень, розчиняти важкодоступні фосфати [12, 13].

На варіанті за передпосівної обробки 1 %-м р-ном БП I-Se та інокуляції БП Екстракон суттєво збільшувався вміст аеробних азотфіксаторів – у 2,4 рази, а на варіанті передпосівної обробки 1 %-м р-ном БП I-Se спостерігалось суттєве зростання вмісту грибної мікрофлори – у 2,4 рази до контролю (див. рис.2). За передпосівної обробки 1 % Ag-Cu також відмічалось зростання загальної кількості мікроорганізмів, що відбувалося за рахунок переважного збільшення актиноміцетів – на 46,9 % за умов пригнічення грибної мікрофлори і оліготрофних бактерій – на 15,4 % та 58,9 % відповідно. На варіанті із обро-

бою 1 %-м р-ном Аватар-1 відносно контролю, загальна кількість мікроорганізмів зростала – на 12,4 %, аеробних азотфіксаторів – на 30,7 %, актиноміцетів – у 2,8 разів, грибної мікрофлори – у 2,3 %, а оліготрофних бактерій – на 38,7 %.

Дослідження активності антиоксидантних ферментів каталазної і пероксидазної – у фазу колосіння-цвітіння – виявило зниження пероксидазної активності на всіх варіантах обробки (рис. 3, б). Каталазна активність була також менше ніж в листках контрольних рослин на варіантах: 3 (п.о. БП Екстракон+I-Se), 4 (п.о. I-Se) і 5 (п.о. Аватар-1) та була у межах контролю – за інокуляції у ґрунт БП Екстракон. Деяке зростання каталазної активності в тканинах листків на варіанті п.о. Ag-Cu – на 7,3 % могло свідчити про підвищення рівня стійкості до впливу біотичних факторів (рис. 3, а).

Варто відзначити, що такий важливий елемент продуктивності, як маса 1000 зерен, що визначали після збору урожаю у кінці вегетації, найбільше зростала на варіанті внесення у ґрунт БП Екстракон – на 12,5 % та дещо – на 6,7 % на варіанті п.о. Ag-Cu (рис. 4, а).

На варіанті із п.о. Аватар-1 спостерігалась лише тенденція до збільшення цього показника. Зернова продуктивність знижувалась на варіанті із обробкою I-Se на 31,2 % та зростала на варіантах: 2 (БП Екстракон), 3 (БП Екстракон+I-Se), 5 (п.о. Ag+Cu) і 6 (п.о. Аватар-1) – на 38,9; 19,1; 6,7 і 12,1 % відповідно (рис. 4, б).

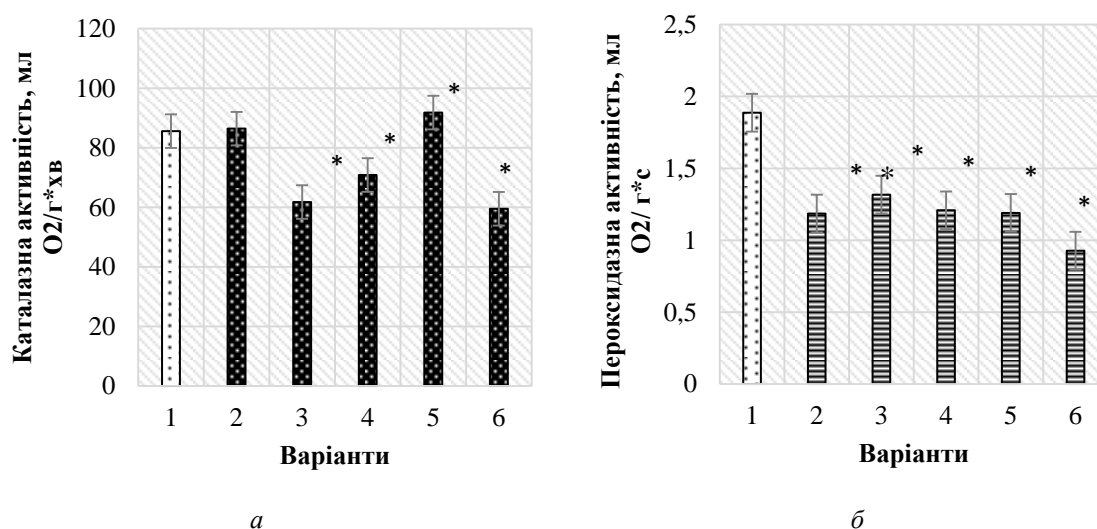


Рис. 3. Ферментативна активність тканин листків у фазу колосіння-цвітіння за передпосівної обробки насіння розчинами біологічно активних речовин: а – каталазна і б – пероксидазна, варіанти: 1 – контроль; 2 – БП Екстракон; 3 – БП Екстракон+I-Se; 4 – I-Se; 5 – Ag+Cu; 6 – Аватар-1 (* – різниця достовірна із контролем при $p \leq 0,05$)

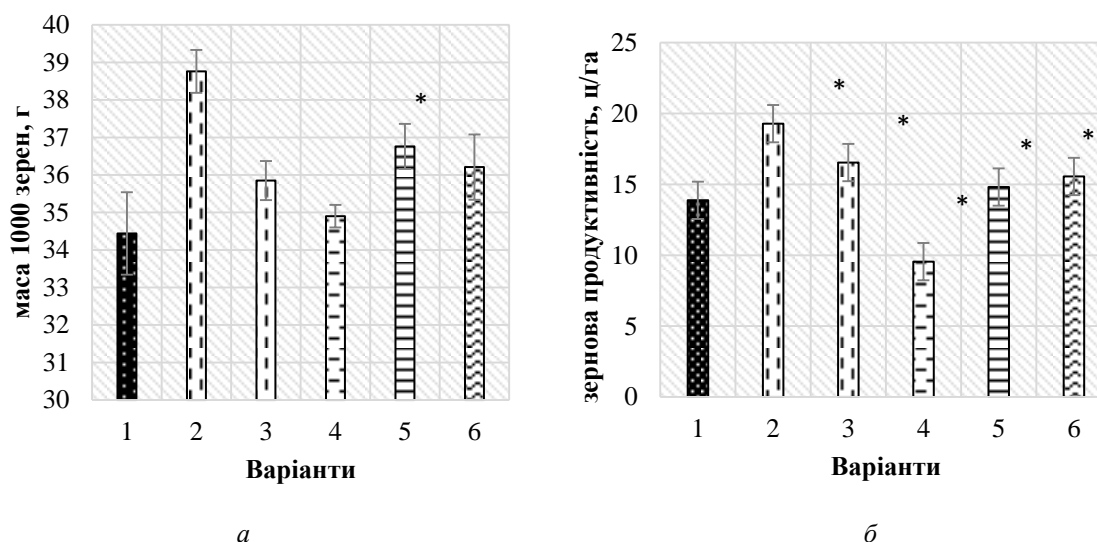


Рис. 4. Продуктивність пшениці ярої сорту Печерянка за позакореневої обробки біологічно активними речовинами: а – маса 1000 зерен; б – зернова продуктивність пшениці, варіанти: 1 – контроль; 2 – БП Екстракон; 3 – БП Екстракон+I-Se; 4 – I-Se; 5 – Ag+Cu; 6 – Аватар-1 (фаза повної стиглості зерна, середнє за 2017–2018 рр.); * – різниця достовірна із контролем при $p \leq 0,05$

Отже, найбільш істотний вплив на зернову продуктивність пшениці ярої виявився за внесення консорціуму ґрунтово-корисних мікроорганізмів у складі БП Екстракон, що свідчить про суттєвий вплив мікробіому, що складається з мікроорганізмів, поєднаних трофічними зв'язками, на формування продуктивності рослин пшениці. Разом із тим, за сумісної з інюкацією у ґрунт БП Екстракон передпосівної обробки насіння I-Se, розвиток аеробних азотфіксаторів, що є основними постачальниками для рослин біологічного азоту та оліготрофних бактерій (у фазу молочної стиглості), був менш інтенсивним порівняно із внесенням БП Екстракон без передпосівної обробки, чим, напевне, і обумовлене менш істотне зростання продуктивності на цьому варіанті. Суттєве збільшення частки грибно-

мікрофлори й актиноміцетів за зниження розвитку аеробних азотфіксаторів в умовах передпосівної обробки насіння I-Se корелювало з істотним зниженням зернової продуктивності. Разом із тим, значне збільшення загальної кількості ґрунтових мікроорганізмів на варіанті п.о. Ag-Cu за рахунок зростання відсотку актиноміцетів при зниженні вмісту грибно-ї мікрофлори і оліготрофних бактерій, відносно контролю, сприяло не досить значному підвищенню продуктивності рослин пшениці – на 6,7 %, але можливого збільшенню стійкості, про що свідчить підвищення каталазної активності тканин. Обробка Аватар-1 сприяла загальному зростанню всіх груп досліджуваних мікроорганізмів із переважанням груп актиноміцетів і оліготрофних бактерій, що сприяло помірному зростанню продуктивності рос-

лин пшениці ярої – на 12 %. Таким чином, передпосівна обробка насіння пшениці біологічно активними речовинами завдяки дії на метаболізм рослин, і, відповідній зміні хімічного складу кореневих екзо-метаболітів, впливає на розвиток і співвідношення мікробних угруповань ризосфери ґрунту та поліпшує зернову продуктивність пшениці.

6. Висновки

1. Встановлено, що у ризосфері пшениці ярої змінювалося співвідношення мікробних угруповань, зокрема відсоток груп аеробних азотфіксаторів збільшувався відносно контролю в наступній послідовності – в фазу колосіння: БП Екстракон>>Екстракон+I-Se, а в фазу молочної стиглості – у наступній послідовності: БП Екстракон+I-Se>БП Екст-

ракон>Аватар-1>Ag-Cu. На варіанті із передпосівною обробкою I-Se переважали актиноміцети, а в фазу молочної стиглості – грибна мікрофлора.

2. Активність каталази і пероксидази в тканинах листків за передпосівної обробки біологічно активними речовинами була нижче, ніж на контролі, окрім варіанту Ag-Cu, де каталазна активність дещо зростала – на 7,9 %.

3. Виявлено, що показники зернової продуктивності поліпшувались найбільш істотно за інокуляції у ґрунт консорціуму корінних мікроорганізмів, а також за обробки, що сприяла збільшенню у ризосфері ґрунту аеробних азотфіксаторів, так зернова продуктивність зростала на варіантах у послідовності: БП Екстракон>БП Екстракон+I-Se>Аватар-1>Ag+Cu, знижуючись на варіанті із обробкою I-Se.

Література

1. Kertész Á. The global problem of land degradation and desertification // Hungarian Geographical Bulletin. 2009. Vol. 58, Issue 1. P. 19–31.
2. Гринченко Т. О., Маклюк О. І., Журавльова І. М. Вплив триходерміну на функціонально-структурні особливості та біохімічну активність мікробного ценозу чорнозему типового за умов забруднення важкими металами // Збірник наукових праць ХНПУ ім. Г.С. Сковороди. Біологія та валеологія. 2012. № 14. С. 149–157.
3. Strength of Microbes in Nutrient Cycling: A Key to Soil Health / Sahu N. et. al. // Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture. 2017. P. 69–86. doi: http://doi.org/10.1007/978-981-10-5589-8_4
4. Sekhon B. S. Nanotechnology in agri-food production: an overview // Nanotechnol Sci Appl. 2014. Issue 7. P. 31–53. doi: <http://doi.org/10.2147/nsa.s39406>
5. Sasse J., Martinoia E., Northen T. Feed Your Friends: Do Plant Exudates Shape the Root Microbiome? // Trends in Plant Science. 2018. Vol. 23, Issue 1. P. 25–41. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.09.003>
6. Salicylic acid modulates colonization of the root microbiome by specific bacterial taxa / Lebeis S. L. et. al. // Science. 2015. Vol. 349, Issue 6250. P. 860–864. doi: <http://doi.org/10.1126/science.aaa8764>
7. Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture / Duhan J. S. et. al. // Biotechnology Reports. 2017. Vol. 15. P. 11–23. doi: <http://doi.org/10.1016/j.btre.2017.03.002>
8. Liu R., Lal R. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions // Science of The Total Environment. 2015. Vol. 514. P. 131–139. doi: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.104>
9. The effect of colloidal solution of molybdenum nanoparticles on the microbial composition in rhizosphere of Cicer arietinum L / Taran N. et. al. // Nanoscale Research Letters. 2014. Vol. 9, Issue 1. P. 289. doi: <http://doi.org/10.1186/1556-276x-9-289>
10. Effect of Nanoaquacitrates on Physiological Parameters of Fodder Galega Infected with Phytoplasma / Huliaieva H. et. al. // Ecological Chemistry and Engineering S. 2018. Vol. 25, Issue 1. P. 153–168. doi: <http://doi.org/10.1515/eces-2018-0011>
11. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / Волкогон В. В. та ін.; ред. Волкогон В. В. Київ: Аграр. наука, 2012. 464 с.
12. Ho A., Lonardo D. P. D., Bodelier P. L. E. Revisiting life strategy concepts in environmental microbial ecology // FEMS Microbiology Ecology. 2017. Vol. 93, Issue 3. doi: <http://doi.org/10.1093/femsec/fix006>
13. Anwar S., Ali B., Sajid I. Screening of Rhizospheric Actinomycetes for Various In-vitro and In-vivo Plant Growth Promoting (PGP) Traits and for Agroactive Compounds // Frontiers in Microbiology. 2016. Vol. 7, Issue 1334. P. 1–11. doi: <http://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01334>

*Рекомендовано до публікації д-р біол. наук Патики В. П.
Дата надходження рукопису 22.01.2019*

Гуляєва Ганна Борисівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Відділ фітопатогенних бактерій, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного Національної академії наук України, вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, Україна, 03143
E-mail: ab_k@ukr.net