

вузлових коренів і листків, а маса 100 сухих рослин дорівнювала всього 4–5 г (табл. 1).

Значну різницю у показниках рослин після попередників, які вивчали, спостерігали і у фазу виходу в трубку. Висота рослин залежно від сортів по чорному пару становила 48,04–56,02 см, після ячменю ярого – 29,02–32,58 см, причому кращі показники після обох попередників відмічали у сорту 'Пилипівка'. Середня кількість пагонів на 1 рослину по чорному пару була 3,4–5,4 шт., а після ячменю ярого – 2,6–3,2 шт., вузлових коренів відповідно 17,8–23,0 та 4,6–6,4 шт., листків – 9,0–14,8 та 5,2–6,4 шт. Абсолютно суха маса 100 рослин по чорному пару була у межах 203,8–354,0 г, а після ячменю ярого – 32,6–39,4 г.

До настання фази колосіння стан рослин пшениці озимої після стерньового попередника значно покращився. Висота рослин в цю фазу розвитку залежно від сортів по чорному пару становила 91,24–114,5 см, після ячменю ярого – 63,88–83,26 см, середня кількість пагонів на 1 рослину – 2,0–2,5 та 1,6–2,4 шт., вузлових коренів – 16,8–19,6 та 10,6–17,4 шт., листків – 6,2–8,2 та 5,6–8,0 шт. Абсолютно суха маса 100 рослин

по чорному пару була у межах 434,6–509,8 г, а після ячменю ярого – 236,6–387,6 г. Максимальні значення висоти рослин, як і у фазу виходу в трубку, були у сорту 'Пилипівка'.

Таким чином, в умовах Північного Степу за посушливого осіннього періоду 2015 р. та достатньої кількості вологи у весняні місяці 2016 р. зберігалася контрастна різниця у біометричних показниках рослин по пару та після стерньового попередника як на час відновлення весняної вегетації, так і в період виходу рослин в трубку. На час колосіння рослини пшениці озимої після попередників, які вивчали, також різнилися за висотою та масою. Що стосується таких показників, як середня на 1 рослину кількість пагонів, вузлових коренів та листків, то відмінності у фазі колосіння майже нівелювалися. Результати проведених досліджень у нетиповому за погодними умовами 2015–2016 вегетаційному році показали пластичність такої культури, як пшениця озима, а також вирішальне значення оптимального поєднання гідротермічних елементів у найбільш критичні фази росту та розвитку рослин.

УДК 633.111.1: 632.4: 661.743

ФОРМУВАННЯ НЕСПЕЦИФІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДО АЛЬТЕРНАРІОЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ БІОТИЧНИХ ЕЛІСІТОРІВ

¹к.б.н. І.В. Жук, ¹д.б.н., проф. О.П. Дмитрієв
²к.б.н. Г.М. Лісова, ²Л.О. Кучерова

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київ
Україна, 03680, вул. акад. Заболотного, 148, e-mail: iren_v_zhuk@ukr.net

²Інститут захисту рослин НААН України, Київ, Україна, 03022, вул. Васильківська, 33 e-mail: mail_gl@ukr.net

Показано, що бурштинова та лимонна кислоти в якості біотичних еліситорів при ураженні пшениці озимої сорту Поліська 90 збудником альтернаріозу в умовах Правобережного Лісостепу України індукували зростання пулу ендогенного пероксиду водню та стимулювали процеси росту та реалізації потенційної продуктивності рослин

Ключові слова: *Triticum aestivum L., Alternaria spp., бурштинова кислота, лимонна кислота, пероксид водню*

Інноваційність агробіотехнологій передбачає екологічну безпеку як один з постулатів сучасного землеробства. Відомо, що інтенсивне використання пестицидів може створювати ризики для здоров'я людини при накопиченні їх залишкових концентрацій у складі готової сільськогосподарської продукції. Недостатній захист зернових культур від ураження грибними фітопатогенами не тільки знижує їх врожайність, але й загрожує забрудненню зерна мікотоксинами, здатними викликати тяжкі алергічні захворювання.

Використання індукторів системної стійкості рослин – біотичних еліситорів – дозволяє змен-

шити ураження зернових культур патогенними мікроорганізмами. Стимуляція адаптивного потенціалу вже відомих сортів дозволяє більш повно реалізувати їх продуктивність на природному інфекційному фоні в польових умовах та зменшити витрати на селекцію нових сортів зі специфічною генетичною стійкістю при відомій високій варіабельності збудників хвороб.

На сьогодні практичне використання вже відомих еліситорів обмежене в силу ряду причин, тому актуальним є пошук нових, більш ефективних сполук та їх комбінацій з підвищеною швидкістю поширення і тривалістю збереження захисного ефекту в тканинах рослин.

Метою роботи було з'ясувати можливості індукування імунного потенціалу рослин пшениці озимої в умовах природного інфекційного фону за допомогою двох біотичних еліситорів (бурштинової та лимонної кислоти).

Об'єкт досліджень – сорт озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L. – 'Поліська 90'. Оригігатор сорту – Національний науковий центр "Інститут землеробства НААН України". Рослини вирощували в умовах Правобережного

Лісостепу. Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що найбільш ефективною концентрацією лимонної кислоти для індукції неспецифічної стійкості є 0,1 мМ. У польовому досліді рослини пшениці обприскували 0,1 мМ водним розчином бурштинової та 0,1 мМ розчином лимонної кислоти у фазі виходу в трубку.

Лабораторними методами діагностовано ураження листків пшениці озимої збудником альтернаріозу *Alternaria spp.*

В якості маркера індукованої стійкості визначали спектрофотометрично вміст пероксиду водню в прапорцевих листках за реакцією з сульфатом титану.

У цей же період визначали морфометричні параметри – висоту рослин, довжину колоса та прапорцевого листка. Після дозрівання зерна проводили аналіз структури врожаю. Повторність дослідів триразова. Результати обробляли статистично з використанням програмного пакету Microsoft Excel.

Показано, що вплив на пул ендогенного пероксиду водню у неінфікованих рослин пшениці озимої сорту Поліська 90 як лимонної, так і бурштинової кислот був незначним, однак збудник альтернаріозу індукував «окиснювальний вибух», в ході якого вміст пероксиду водню зростає майже в 4 рази, порівняно з контролем. Дія лимонної кислоти у оброблених рослин при ураженні збудником альтернаріозу проявилась у зменшенні ендогенного пулу пероксиду водню до рівня, що однак був вищий за контрольний. Бурштинова кислота, навпаки, індукувала значне зростання вмісту пероксиду водню в уражених збудником *Alternaria spp.* листках пшениці озимої.

Відомо, що в рослинній клітині градієнт H_2O_2 створюється за рахунок мембранного транспорту аквапоринами, кальцій-залежної активації НАДФ Н-оксидази та активності антиоксидантних ферментів. Каталаза утилізує пероксид водню, пероксидази послідовно відновлюють до води та послідовно окиснюють вторинний відновник (глутатіон або аскорбат). Зміни у балансі між дисульфідними та сульфгідрильними групами протеїніназ внаслідок дії пероксиду водню забезпечують внутрішньоклітинний сигналінг та регуляцію генної експресії. Лимонна кислота як учасник циклу Кребса здатна стимулювати енергетичний обмін в рослинних клітинах. Бурштинова кислота є субстратом для ферменту-мішені дії класу фунгіцидів, спрямованих у тому числі й проти альтернаріозу.

Одержані дані свідчать, що бурштинова кислота стимулювала ріст рослин пшениці озимої сорту Поліська 90 як інфікованих альтернаріозом, так і неінфікованих. Однак достовірного

впливу лимонної кислоти на висоту уражених рослин пшениці озимої в польових умовах не відзначено. Виявилось, що обидві кислоти стимулювали ріст та розвиток прапорцевих листків пшениці озимої сорту Поліська 90 при природному ураженні збудником альтернаріозу.

Показано підвищення продуктивності в умовах природного інфекційного фону пшениці озимої сорту Поліська 90 обома біотичними елісаторами за рахунок формування більшої кількості зернівок, зростання їх маси та виповненості. Відзначено, що формування неспецифічного фітоімунітету до збудника альтернаріозу в польових умовах відбувалось при пригніченні симптомів ураження збудниками інших поширених грибних захворювань – септоріозу та буррої іржі вже на ранніх етапах їх проникнення та розвитку за рахунок, ймовірно, прискореного розвитку гіф *Alternaria spp.* та токсичного впливу альтернарієвої кислоти на процеси метаболізму.

Таким чином, обидві кислоти можуть використовуватись в якості біотичних елісаторів для захисту рослин пшениці при природному інфекційному фоні. Відзначено їх стимулюючий вплив на процеси росту та розвитку рослин, який проявлявся у видовженні стебла та листків та більш повної реалізації потенційної продуктивності. Показано, що метаболічні зміни, індуковані бурштиновою кислотою, активували захисні реакції проти інфікування збудником альтернаріозу за рахунок активації антиоксидантної системи. Зокрема, за рахунок зростання пулу ендогенного пероксиду водню, який, як відомо, є сигнальним посередником і бере участь в регуляції експресії захисних генів задіяних у формуванні неспецифічного імунітету. Важливою при цьому є роль пероксидаз, які беруть участь у лігніфікації клітинних стінок, що перешкоджає просуванню інфекційних гіф гриба. Ймовірно, задіяні також механізми знешкодження токсинів *Alternaria spp.*, дія яких спрямована на утворення некротичних вегетативних органів рослин для некротрофного розвитку гриба.

Отже, неспецифічний імунітет рослин пшениці озимої за дії біотичних елісаторів формується в умовах природного інфекційного фону за рахунок механізмів антиоксидантного захисту, внутрішньоклітинного сигналінгу при окиснювального вибуху. Оскільки елісатори захисних реакцій рослин діють за тим же принципом, за яким рослини захищаються у природних умовах, їх практичне використання не буде порушувати екологічну рівновагу та дозволить зменшити залишкові концентрації пестицидів та накопичення токсичних метаболітів грибних фітопатогенів у продукції рослинництва.