



ВПЛИВ ОКСИДУ АЗОТУ ТА ЩАВЛЕВОЇ КИСЛОТИ НА УРАЖЕННЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) СЕПТОРІОЗОМ

Грина В. Жук^{1*}, Г.М. Лісова², З.М. Довгаль², О.П. Дмитрієв¹

Анотація. Реалізація продуктивності сучасних сортів пшениці обмежується втратами врожаю від грибкових захворювань, які інтенсивно розвиваються в умовах підвищеної вологості та температури повітря. Застосування елісаторів – один з шляхів індукції фітоімунітету зернових та мінімізації пестицидного навантаження на навколишнє середовище. Встановлено, що адитивна дія елісатора (щавлевої кислоти) та сигнальної молекули NO зменшує стрес за дії біотичного чинника – збудника септоріозу у двох сортів ярої м'якої пшениці *Triticum aestivum* – 'Недра' та 'Етюд' в умовах польового досліду. При цьому дія щавлевої кислоти зменшувала втрати врожаю за рахунок зниження ступеню ураження зернівок патогеном. Донор NO виявляв властивості сигнальної молекули та регулятора росту в умовах біотичного стресу, що сприяло реалізації потенційної продуктивності пшениці.

Ключові слова: *Triticum aestivum*, *Septoria tritici*, септоріоз, зернівки, морфометрія, оксид азоту, щавлева кислота

¹ Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, вул. Заболотного, 148, Київ, 03680, Україна;
* iren_zhuk@mail.ru

² Інститут захисту рослин НААН України, вул. Васильківська, 33, Київ, 03022, Україна

Вступ

Реалізація продуктивності сучасних сортів пшениці обмежується втратами врожаю від грибкових захворювань, які інтенсивно розвиваються в умовах підвищеної вологості та температури повітря (Захаренко *и др.* 2003; Шакирова 2001). Гриби вражають всі частини рослини, але особливе значення для врожаю має ушкодження репродуктивних органів грибами роду *Septoria* (Бабаянц *и др.* 1988). Ушкодження зернівок спричиняє втрати врожаю і погіршує його якість.

Використання екологічно безпечних засобів боротьби з захворюваннями та посилення імунітету рослин є актуальною проблемою сучасної біологічної науки. А застосування елісаторів – один з шляхів індукції фітоімунітету зернових та мінімізації пестицидного навантаження на навколишнє середовище (Дмитрієв *и др.* 2005). До найбільш поширених сполук цього класу належать саліцилова кислота та хітозани. Однак пошук нових ефективних елісаторів триває. Останні роки увагу дослідників привернули такі сполуки природного

походження як щавлева кислота та оксид азоту (Beligni & Lamattina 1999; Cessna *et al.* 2000; Дмитрієв 2004). Переважна більшість досліджень присвячена вивченню ураження грибами листків, стебла та кореневої системи (Kayashima & Katayama 2002; Lin *et al.* 2012; Xu *et al.* 2005) і майже відсутні роботи по вивченню ураженню грибами репродуктивних органів.

Метою наших досліджень було вивчити вплив патогена на морфоструктуру зернівок пшениці та рослин, і можливості використання щавлевої кислоти та донору оксиду азоту для підвищення стійкості рослин пшениці до септоріозу.

Матеріали і методи дослідження

Об'єктом досліджень були сорти ярої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L. – 'Недра' та 'Етюд', які вирощували в умовах дрібноділянкових польових дослідів на сірому лісовому ґрунті в Київській області з використанням типової для зони агротехніки. Обробка рослин водним розчином щавлевої кислоти (10^{-4} М) та 0,5 мМ розчином

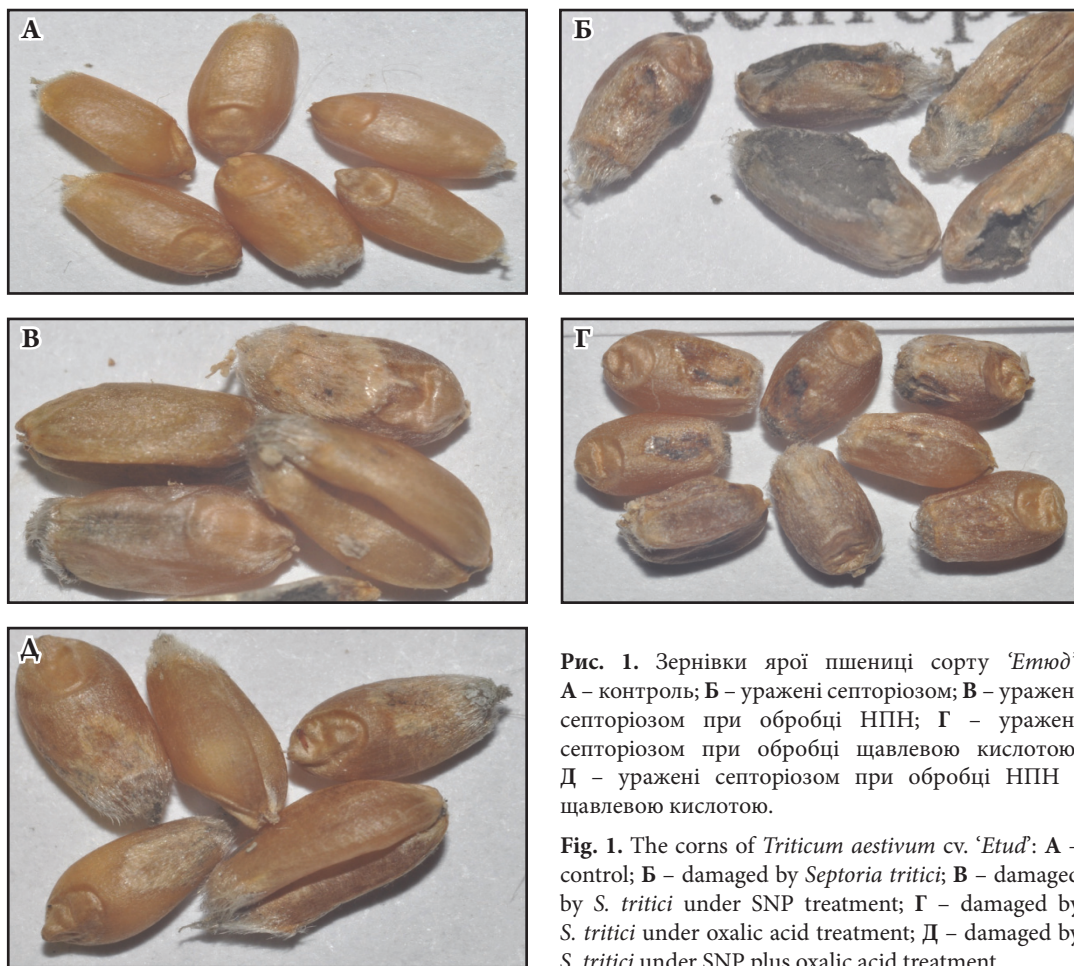


Рис. 1. Зернівки ярої пшениці сорту 'Етюд': А – контроль; Б – уражені септоріозом; В – уражені септоріозом при обробці НПН; Г – уражені септоріозом при обробці щавлевою кислотою; Д – уражені септоріозом при обробці НПН і щавлевою кислотою.

Fig. 1. The corns of *Triticum aestivum* cv. 'Etюд': А – control; Б – damaged by *Septoria tritici*; В – damaged by *S. tritici* under SNP treatment; Г – damaged by *S. tritici* under oxalic acid treatment; Д – damaged by *S. tritici* under SNP plus oxalic acid treatment.

донору оксиду – нітропрусиду натрія (НПН) проводилась у фазі виходу в трубку з одночасною інокуляцією збудником септоріозу *Septoria tritici* Blotch. Оцінку ураження та ступеня розвитку хвороби проводили у фазі молочно-воскової стиглості зерна, використовуючи дев'ятибальну шкалу Саарі та Прескотта (БАБАЯНЦ *и др.* 1988). У цей же період визначали морфометричні параметри – висоту рослин, довжину колоса та прапорцевого листка. Після дозрівання зерна проводили аналіз структури врожаю.

Результати та їх обговорення

Детальне вивчення розвитку гриба на поверхні зернівок проводили на прикладі сорту 'Етюд' як найбільш чутливого

до ураження *S. tritici*. Показано, що у контрольному варіанті в умовах польового досліду зараження зернівок грибковими захворюваннями не відзначали (Рис. 1 А). Зернівки мали правильну форму, були добре розвиненими і виповненими.

Після штучного зараження рослин у фазі виходу в трубку виявлено значне ураження зернівок (Рис. 1 Б). Найбільше зараження грибом відзначали в ендоспермальній частині зернівки. Розвиток грибкового міцелію руйнував оболонки ендосперму, гіфи гриба проникали в тканини ендосперму на значну глибину і спричиняли утворення некротичних плям. На місці ураження листків утворювались плями різного кольору – світлі, бурі, жовті, світло-бурі, нерідко з темною облямівкою.

Табл. 1. Вплив обробки донором NO та щавлевою кислотою на морфометричні параметри та продуктивність рослин ярої пшениці.

Table 1. The influence of NO donor and oxalic acid treatment on morphometric parameters and productivity of *Triticum aestivum* plants.

Сорт	Висота стебла, см	Довжина листка, см	Довжина колоса, см	Колосків у колосі шт.	Зерен в колосі, шт.
Етюд, контроль	55,7±4,0	17,3±0,3	8,0±0,4	14±2	43±2
Етюд, септоріоз	49,3±4,1	14,2±0,3	7,3±0,4	13±2	34±2
Етюд, НПН+септоріоз	60,6±2,8	16,5±0,4	6,9±0,3	12±2	34±2
Етюд, щавлева к-та +септоріоз	46,3±2,6	18,0±0,4	7,2±0,3	13±1	32±2
Етюд, НПН+щавлева к-та +септоріоз	53,5±3,0	18,7±0,4	6,9±0,3	13±2	45±3
Етюд, НПН	55,5±3,2	18,1±0,3	7,1±0,3	13±2	39±3
Етюд, НПН+щавлева к-та	54,2±2,5	16,6±0,3	6,2±0,3	11±2	36±3
Етюд, щавлева к-та	55,1±3,0	16,7±0,4	7,0±0,3	12±2	31±3
Недра, контроль	96,0±4,0	24,0±0,4	10,9±0,4	17±2	39±3
Недра, септоріоз	93,4±2,6	20,8±0,4	11,4±0,4	16±2	42±2
Недра, НПН+септоріоз	97,8±2,6	22,1±0,4	11,4±0,4	18±2	50±2
Недра, щавлева к-та +септоріоз	98,4±3,0	19,4±0,4	11,4±0,4	18±2	50±2
Недра, НПН+щавлева к-та+септоріоз	94,8±2,6	19,5±0,4	10,0±0,4	17±2	47±2
Недра, щавлева к-та	98,6±2,6	23,2±0,4	11,8±0,4	17±2	68±3
Недра, НПН	98,4±2,6	22,3±0,4	10,6±0,4	17±2	57±2
Недра, НПН+щавлева к-та	96,1±2,6	23,2±0,4	10,3±0,4	16±2	43±2

У рослин, які були заражені грибом у фазу виходу у трубку та одночасно оброблені донором оксиду азоту, виявлено зменшення ураження тканин зернівок патогеном (Рис. 1 В). Вендоспермальній частині зернівки виявлені незначні темні плями, які свідчать про слабкий розвиток грибової мікоризи і підвищення стійкості до проникнення гіф гриба до тканин зернівки.

Обробка рослин ярої пшениці щавлевою кислотою у фазу виходу в трубку спричиняла зменшення ступеня ураження

зернівок пшениці септоріозом (Рис. 1 Г). Грибна мікориза була слабо розвинена, некротичні плями мали невеликі розміри та спостерігались лише у частини зернівок (Рис. 1 Г).

У рослин ярої м'якої пшениці, що були оброблені у фазу виходу в трубку щавлевою кислотою та донором оксиду азоту (НПН) та заражені збудником септоріозу, прояви грибового захворювання у зернівок були незначними. Зернівки були виповненими, добре розвиненими (Рис. 1 Д).

За шкалою Саарі та Прескотта оцінювали ступінь ураження септоріозом листків пшениці. У центрі уражених септоріозом листків пшениці містились пікніди у вигляді дрібних чорних крапок, оточені жовто-бурими хлоротичними плямами. Обробка щавлевою кислотою та донором оксиду азоту (НПН) зменшувала ступінь прояву захворювання, ступінь ураження поверхні листків знижувався на 10-15%.

За дії елісатора (щавлевої кислоти) у більш стійкого сорту ярої пшениці 'Недра' збільшувалась кількість зерен в колосі та висота рослин (Табл. 1). Однак це не вплинуло на довжину колосу та кількість колосків в колосі, що обумовлене тим, що ці ознаки менш чутливі до дії біотичних чинників середовища. У більш чутливого до грибкових захворювань сорту 'Етюд' обробка щавлевою кислотою зменшувала негативний вплив ураження септоріозом на ріст та розвиток прапорцевого листка.

За дії донору оксиду азоту висота інфікованих рослин ярої пшениці сортів 'Етюд' та 'Недра' зростала і навіть перевищувала рівень контрольного варіанту (Табл. 1.). Сумісна обробка донором оксиду азоту стимулювала ріст пагонів лише у стійкого сорту 'Недра' за умов ураження збудником септоріозу.

Також нами показано, що NO стимулював збільшення кількості зерен в колосі (Табл. 1). Достовірної відмінності між довжиною колоса та кількістю колосків у колосі між варіантами не знайдено.

Встановлено, що адитивна дія елісатора (щавлевої кислоти) та сигнальної молекули NO зменшувала дію біотичного чинника (збудника септоріозу) у двох сортів ярої м'якої пшениці *T. aestivum* – 'Недра' та 'Етюд' в умовах польового дослідження. При цьому дія щавлевої кислоти знижувала втрати врожаю за рахунок зниження ступеню ураження зернівок патогеном. Донор NO виявляв властивості сигнальної молекули та регулятора росту в умовах дії біотичного стресу, що сприяло реалізації потенційної продуктивності пшениці.

Висновки

Встановлено, що адитивна дія елісатора (щавлевої кислоти) та сигнальної молекули NO зменшує ураження зернівок ярої пшениці та стресове навантаження в умовах дії біотичного чинника (збудника септоріозу), що підвищує імунітет та сприяє реалізації потенційної продуктивності рослин пшениці.

Використані джерела

- БАБАЯНЦ А.Т., МЕШТЕРХАЗИ А., ВЕХТЕР Ф. и др. 1988.** Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага.
- ДМИТРИЕВ А.П. 2004.** Сигнальная роль оксида азота у растений. *Цитология и генетика* **38** (4): 67–75.
- ДМИТРИЕВ А.П., ГРОДЗИНСКИЙ Д.М., ПОЛИЩУК В.П. 2005.** Индуцирование системной устойчивости у растений биогенными индукторами. *Вісник Харківського націон. аграрного університету. Сер. Біологія* **3**: 24–36.
- ЗАХАРЕНКО В.А., ОВСЯНКИНА А.В., САНИН С.С. 2003.** Карты распространения вредных организмов, патотипов, генов вирулентности возбудителей болезней, фитофагов, энтомопатогенов на территории Российской Федерации. Россельхозакадемия, Москва.
- ШАКИРОВА Ф.М. 2001.** Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Гилем, Уфа.
- BELIGNI M.V., LAMATTINA L. 1999.** Nitric oxide counteracts cytotoxic processes mediated by reactive oxygen species in plant tissues. *Planta* **208** (2): 337–344.
- CESSNA S.G., SEARS V.E., DICKMAN M.B., LOW P.S. 2000.** Oxalic acid, a pathogenicity factor for *Sclerotinia sclerotiorum* suppresses the oxidative burst of the host plant. *Plant Cell* **12**: 2191–2199.
- KAYASHIMA T., KATAYAMA T. 2002.** Oxalic acid is available as a natural antioxidant in some systems. *Biochim. Biophys. Acta* **1573**: 1–3.
- LIN A., WANG Y., TANG J., XUE P., LI C., LIU L., HU B., YANG F., LOAKE G.J., CHU C. 2012.** Nitric oxide and protein S-nitrosylation are integral to hydrogen peroxide-induced leaf cell death in rice. *Plant Physiol.* **158**: 451–464.
- XU M.-J., DONG J.-F., ZHU M.-Y. 2005.** Nitric oxide mediates the fungal elicitor-induced hypericin production of *Hypericum perforatum* cell suspension cultures through a jasmonic-acid-dependent signal pathway. *Plant Physiol.* **139**: 991–998.

THE INFLUENCE OF NITRIC OXIDE AND OXALIC ACID ON *TRITICUM AESTIVUM* L. INFECTED BY *SEPTORIA TRITICI* BLOTCH.

IRYNA V. ZHUK^{1*}, G.M. LISOVA², Z.M. DOVGAL², O.P. DMITRIEV¹

Abstract. The realization of productivity of *Triticum aestivum* L. modern cultivars is limited by yield losses caused by fungus diseases which intensively develop under high level of humidity and air temperatures. The usage of elicitors is the way to induce the plant immunity of cereals and minimize the pesticide pollution of the environment. It is established that the additive effect of elicitor (oxalic acid) and NO signal molecule decrease the stress after the action of biotic factor (*Septoria tritici* Blotch) in two spring wheat cultivars – ‘Nedra’ and ‘Etud’ in the field experiment conditions. The effect of oxalic acid was to decrease the yield losses by the way of decreasing the degree of corns’ infection by pathogen. NO donor manifests the qualities of signal molecule and growth regulator under biotic stress that promoted the realization of wheat potential productivity.

Key words: *Triticum aestivum*, *Septoria tritici*, leaf blotch, corn, morphometry, nitric oxide, oxalic acid

¹ Institute of Cell Biology and Genetic Engineering NAS of Ukraine, 148 Zabolotnogo str., Kiev, 03680, Ukraine;

* iren_zhuk@mail.ru

² Institute of Plant Protection, National Academy of Agrarian Sciences, 33 Vasilkivska str., Kiev, 03022, Ukraine