

ВПЛИВ ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНИХ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ЛЕКТИНОВУ АКТИВНІСТЬ І ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ АПАРАТ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ІНФІКУВАННЯ ЗБУДНИКОМ ЦЕРКОСПОРЕЛЬОЗУ

О.О. Панюта, В.Н. Белава, О.П. Ольхович, Н.Ю. Таран

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна
e-mail: panyuta@ukr.net*

Мета. Дослідити вплив фосфатмобілізувальних мікробних препаратів на лектинову активність і вміст фотосинтетичних пігментів проростків пшениці озимої за інфікування збудником церкоспорельозу. **Методи.** Мікробіологічні, фізіологічні, біохімічні, статистичні. **Результати.** Встановлено, що передпосівна обробка насіння пшениці мікробними препаратами сприяла підвищенню лектинової активності і вмісту фотосинтетичних пігментів у проростків дослідних сортів. За інфікування лектинова активність у проростків зростала, а вміст фотосинтетичних пігментів і білка – зменшувався. У інфікованих проростків за обробки препаратами лектинова активність, вміст фотосинтетичних пігментів були вищі, ніж в необроблених варіантах, а вміст білка змінювався залежно від сорту пшениці. **Висновки.** Інокуляція насіння пшениці фосфатмобілізувальними мікробними препаратами активує реакцію-відповідь, захищає фотосинтетичний та трансляційний апарати проростків від деградації за інфікування.

Ключові слова: фосфатмобілізувальні мікробні препарати, пшениця, церкоспорельоз, лектинова активність, білок, фотосинтетичні пігменти.

Основним способом традиційного захисту сільськогосподарських культур від фітопатогенів є хімічний. Проте, у сучасній системі захисту рослин від хвороб ведуть активний пошук принципово нових підходів, що передбачають заміну фунгіцидів імунізаторами.

У наш час для покращення росту сільськогосподарських культур та підвищення їх урожайності широко застосовують біопрепарати, створені на основі штамів мікроорганізмів, серед яких важливе місце належить фосфатмобілізувальним мікроорганізмам [1, 2]. Застосування мікробних препаратів у сільському господарстві дозволяє мінімізувати використання ксенобіотичних засобів та отримувати екологічно безпечну продукцію [2]. На жаль в науковій літературі не зустрічаються дані про використання фосфатмобілізувальних мікробних препаратів як імунізаторів рослин і про реакції на них захисних систем рослинного організму.

Першим етапом взаємодії рослини-живителя і патогену є міжклітинне розпізнавання партнерів, яке визначає подальший розвиток їхніх взаємовідносин. Розпізнавання патогену регулюється поверхневими трансмембранними рецепторами клітини – патерн-розпізнаючими рецепторами або PRRs (pattern recognition receptors), які розпізнають вуглеводи, що містяться

на поверхні патогену, або походять з клітинної стінки рослини внаслідок її пошкодження патогеном під час проникнення. Після розпізнавання PRRs-рецепторами молекул небезпеки активується патерн-індукована відповідь (PTI – pattern-triggered immunity), яка запускає внутрішньоклітинний сигналінг, що призводить до комплексної відповіді рослини, в результаті якої обмежується ріст патогену [3, 4].

Більшість відомих PRRs-рецепторів містять вуглеводспецифічні білки – лектини, які відповідають за розпізнавання вуглеводних структур патогену або похідних пошкодженої клітинної стінки рослини-живителя. Крім того, за дії біотичних стресорів лектини зв'язуються з інфекційними структурами патогенів, внаслідок чого відбувається пригнічення росту і розвитку останніх, та беруть участь у трансдукції сигналів [5].

Чутливим показником фізіологічного стану рослин за дії стресорів біотичної чи абіотичної природи є фотосинтез. Негативний вплив стресу на процеси фотосинтезу проявляється, насамперед, у зміні параметрів фотосинтетичного апарату, а саме – у зменшенні вмісту фотосинтетичних пігментів, які визначають увесь комплекс адаптаційних перебудов метаболічних процесів організму, що впливають на ріст і розвиток рослин [3, 6–12]. Важливе значення у підтриманні функціональності фотосинтетичного апарату у разі зараження рослин належить лектинам, які беруть участь у взаємодії з певними вуглеводами, що утворюються під час фотосинтезу. Саме за рахунок цього підтримується рівень метаболітів фотосинтезу [5]. Лектини входять до складу пігмент-білкового комплексу фотосистеми I [13].

У зв'язку з цим метою нашої роботи було дослідити вплив фосфатмобілізувальних мікробних препаратів на лектинову активність (ЛІА) і вміст фотосинтетичних пігментів проростків пшениці озимої за біотичного стресу, викликаного збудником церкоспорельозу – *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton (за Міжнародним каталогом назв грибів Index Fungorum сучасна назва цього гриба – *Oculimacula yallundae* (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams).

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження були проростки озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.) сприйнятливою до церкоспорельозу сорту Миронівська 808 (Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла, Україна) і резистентного сорту Roazon (Національний інститут агрономічних досліджень, Франція), які вирощували в умовах піщаної культури за температури 24°C, освітлення 6 клк, за 16-годинного фотоперіоду, використовували живильне середовище Хогланда-Арнона.

Стерилізоване перманганатом калію насіння пшениці інокулювали фосфатмобілізувальними мікроорганізмами *Achromobacter album* 1122 (препарат Альобактерин, Посвідчення про державну реєстрацію – серія А № 03695) і *Paenibacillus polymyxa* KB (препарат Поліміксобактерин, Посвідчення про державну реєстрацію – серія А № 03697), фосфатмобілізувальна активність яких становить 83,5 мг P₂O₅/100 мл розчину та 52,0 мг P₂O₅/100 мл розчину відповідно. Препарати були надані Інститутом сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України, м. Чернігів. Контрольні варіанти обробляли дистильованою водою.

Семидобові проростки досліджуваних сортів пшениці інокулювали суспензією конідій високовірulentного штаму 543 7/1 *P. herpotrichoides* (концентрація $5-7 \times 10^4$ колонієутворюючих одиниць у мілілітрі (КУО/мл)), який був люб'язно наданий лабораторією імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб Інституту захисту рослин НААН України. Маточний міцелій *P. herpotrichoides* вирощували та зберігали у пробірках на скошеному картопляно-глюкозному агаризованому середовищі (КГА) з додаванням антибіотика (гентаміцину сульфат 80 мг/л). Контрольні варіанти обробляли дистильованою водою. Відбір рослинного матеріалу проводили кожні 24 години протягом 5 діб.

Екстракцію розчинних лектинів та визначення ЛА проводили методом ратусеритроаглютинації [14]. Активність лектинів розраховували за формулою як величину, обернену до мінімальної концентрації білка, що викликала реакцію аглютинації, і визначали в $(\text{мкг/мл})^{-1}$. Вміст білка у виділених екстрактах визначали за методом Бредфорд [15]. Оптичну густину вимірювали на спектрофотометрі «Shimadzu UV-1800» (Японія) за довжини хвилі 595 нм.

Фотосинтетичні пігменти екстрагували зі свіжого рослинного матеріалу 96 %-вим етанолом. Загальний вміст хлорофілів *a* і *b* та суму каротиноїдів в екстракті визначали спектрофотометричним методом («Shimadzu UV-1800», Японія) за довжини хвиль 665, 649 та 440,5 нм. Вміст пігментів розраховували за стандартними формулами [16].

Усі отримані дані оброблені статистично з використанням критерію Стьюдента ($P \leq 0,05$) за допомогою програмного пакета Microsoft Excel.

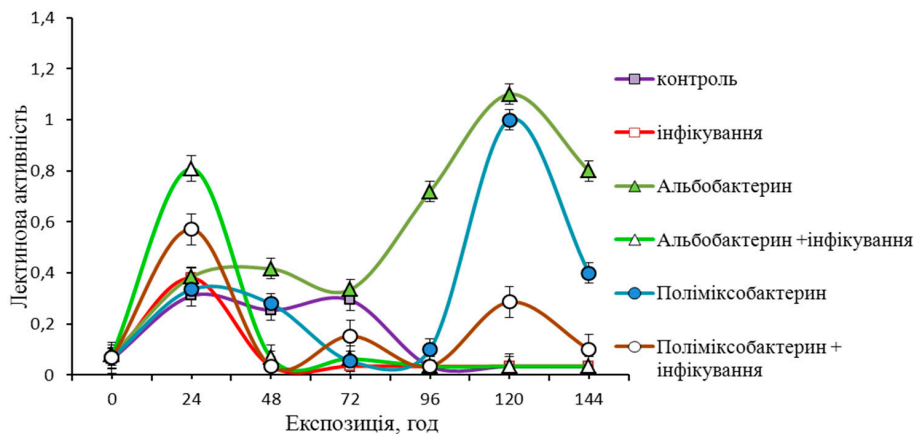
Результати. Однією з ознак реакції рослин на дію стресорів є зміна активності лектинів і лектиноподібних білків. У наших дослідженнях лектинова активність як в контролі, так і у проростків пшениці обох сортів, отриманих із насіння, обробленого фосфатмобілізувальними мікробними препаратами, характеризувалась наявністю двох максимумів (рис. 1).

У разі передпосівної обробки насіння пшениці фосфатмобілізувальними препаратами у проростків сорту Roazon за використання Альбобактерину ЛА була вищою порівняно з контролем впродовж експерименту, тоді як за використання Поліміксобактерину ЛА перевищувала контрольні значення лише після 96 год експозиції. У проростків пшениці сорту Миронівська 808 за використання Альбобактерину ЛА була вищою, ніж у контролі після 72 год експозиції, за використання Поліміксобактерину – впродовж 48-96 год (рис. 1).

За інфікування ЛА проростків пшениці дослідних сортів зростала через 24 год порівняно з необробленим препаратами контролем. У разі використання фосфатмобілізувальних препаратів зростання ЛА було вищим, ніж у необроблених варіантах. Варто звернути увагу на той факт, що у інфікованих проростків сорту Roazon через 24 год ЛА була вища, ніж у контролі за використання Альбобактерину – на 160 %, а за використання Поліміксобактерину – на 84 %, тоді як у інфікованих проростків сорту Миронівська 808 – у разі використання Альбобактерину – на 77 %, а у разі використання Поліміксобактерину – на 254 % (рис. 1). Слід зазначити, що найвищий рівень ЛА у інфікованих проростків обох сортів спостерігали

через 24 год після інфікування, що важливо для розвитку реакції-відповіді рослинного організму на патоген.

А



Б

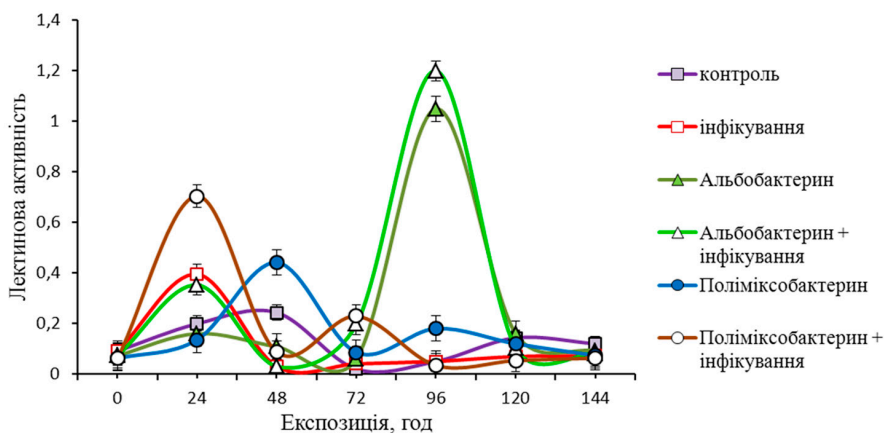


Рис.1. Лектинова активність (мкг/мл)⁻¹ проростків пшениці за інфікування: А – сорт Roazon, Б – сорт Миронівська 808

Якісним показником життєздатності рослинного організму є кількісний вміст білка, який залежить як від видових і сортових особливостей, так і від впливу факторів довкілля. За передпосівної обробки насіння пшениці фосфатмобілізувальними мікробними препаратами вміст білка у 8–12 добових проростках обох сортів був нижчим, ніж у контролі (табл. 1).

У разі інфікування вміст білка в необробленому препаратами варіанті сорту Roazon був нижчим, ніж у контролі на 36–48 % впродовж 96 год після інокуляції, але через 120 год зростав і перевищував контрольне значення на 25 %. Ймовірно, за цей час проростки резистентного сорту подолали стресове навантаження і відновили функціонування білок-синтезуючої системи, а отже і інтенсивність синтезу білка. У інфікованих проростків пшениці сприйнятливої сорту Миронівська 808 вміст білка впродовж експерименту був нижчим, ніж у контролі на 16–70 %.

У інфікованих проростків сорту Roazon, отриманих із насіння, обробленого препаратами Альбобактерин і Поліміксобактерин, вміст білка був нижчим, ніж в інфікованих проростків необробленого варіанту, і лише через 120 год у разі використання Альбобактерину перевищував значення необробленого варіанту. Проте у інфікованих проростків пшениці сорту Миронівська 808 за обробки мікробними препаратами вміст білка був вищим, ніж в інфікованому необробленому варіанті.

Таблиця 1

Вміст білка у листках проростків пшениці озимої за дії фосфатмобілізувальних препаратів в умовах біотичного стресу, (мг/г маси сирової речовини)

Варіант	24 год	48 год	72 год	96 год	120 год
Roazon					
контроль	31,88	31,25	17,66	26,56	22,50
інф.	18,75	20,00	10,94	13,75	28,13
А/б	18,76	21,15	15,00	15,47	10,92
А/б + інф.	14,36	14,61	10,20	8,12	42,20
П/б	20,63	22,90	13,34	13,13	10,94
П/б + інф.	15,94	18,75	10,62	5,63	10,00
Миронівська 808					
контроль	24,69	23,44	16,88	18,90	23,13
інф.	19,69	17,81	13,50	15,94	6,88
А/б	14,68	20,53	11,56	15,62	11,56
А/б + інф.	20,00	17,34	22,65	18,91	16,88
П/б	18,60	16,67	14,27	14,69	8,75
П/б + інф.	31,56	28,75	14,38	17,03	20,31

Примітка: похибка не перевищувала 5 %. “інф.” – інфікування, “А/б” – Альбобактерин, “П/б” – Поліміксобактерин.

Визначення вмісту фотосинтетичних пігментів у листках проростків озимої пшениці різних за стійкістю до збудника церкоспорельозу сортів показало, що у проростків пшениці обох сортів, отриманих із насіння, обробленого фосфатмобілізувальними мікробними препаратами Альбобактерин і Поліміксобактерин, загальний вміст фотосинтетичних пігментів був вищим, ніж у необробленому контролі (табл. 2). Слід зазначити, що максимальне зростання загального вмісту фотосинтетичних пігментів порівняно з контролем у проростків сорту Roazon відмічене за використання препарату Альбобактерин, а у проростків сорту Миронівська 808 – за використання препарату Поліміксобактерин.

Вміст хлорофілу *a* у проростків обох сортів за використання фосфатмобілізувальних мікробних препаратів був вищим порівняно з контролем, а вміст хлорофілу *b* зменшувався впродовж 48 год і зростав впродовж наступних годин експерименту. Кількість каротиноїдів у проростків обох сортів впродовж досліджу була на рівні контролю (табл. 3).

За інфікування збудником церкоспорельозу загальний вміст фотосинтетичних пігментів у проростків пшениці обох сортів був нижчим порівняно з контролем (табл. 2). Вміст хлорофілу *a* і хлорофілу *b* у проростків

пшениці сорту Roazon впродовж експерименту був нижчим від контролю (табл. 3). У проростків пшениці сорту Миронівська 808 вміст хлорофілу *a* був нижчим, ніж у контролі, тоді як вміст хлорофілу *b* зменшувався впродовж 48 год, а потім поступово зростав і через 120 год був вищим, ніж у контролі. Кількість каротиноїдів у проростків обох сортів впродовж 48 год була на рівні контролю, а починаючи з 72 год зменшувалася порівняно з контролем (табл. 3). Оскільки каротиноїди є складовою антиоксидантної системи пластид, такі зміни можуть свідчити про порушення антиоксидантної системи на рівні організму за інфікування.

Таблиця 2

Загальний вміст фотосинтетичних пігментів у листках проростків пшениці озимої за дії фосфатмобілізувальних препаратів в умовах біотичного стресу, (мг/г маси сирової речовини)

Варіант	24 год	48 год	72 год	96 год	120 год
Сорт Roazon					
контроль	1,50	1,50	1,33	2,10	1,08
інф.	1,25	1,05	0,50	0,70	0,48
A/б	1,46	2,45	2,40	2,73	2,10
A/б + інф.	1,90	1,72	1,01	1,81	0,90
П/б	2,11	2,40	1,80	2,20	1,82
П/б + інф.	2,12	1,41	1,62	0,82	0,71
Сорт Миронівська 808					
контроль	1,37	1,72	1,80	1,85	1,10
інф.	1,31	0,72	1,40	1,70	1,10
A/б	2,21	2,10	2,08	2,33	1,72
A/б + інф.	1,80	2,17	2,12	2,02	1,41
П/б	1,50	2,22	2,31	2,60	2,00
П/б + інф.	2,00	1,90	2,10	1,71	1,80

Примітка: див. табл. 1.

У інфікованих проростків пшениці обох сортів, отриманих із насіння, обробленого фосфатмобілізувальними мікробними препаратами, загальний вміст фотосинтетичних пігментів, вміст хлорофілів і каротиноїдів впродовж дослідів був вищий, ніж у інфікованому варіанті, необробленому препаратами (табл. 2, 3).

Для оцінки стану рослинного організму використовують співвідношення a/b та $(a+b)/$ каротиноїди. Відомо, що за несприятливих умов співвідношення a/b зменшується, а $(a+b)/$ каротиноїди – збільшується.

У разі передпосівної обробки насіння пшениці препаратами Альбобактерин і Поліміксобактерин співвідношення хлорофілів *a* і *b* було вищим або на рівні контролю (табл. 4).

За інфікування співвідношення a/b знижувалося або було на рівні контролю, що може свідчити про стресовий стан рослинного організму, викликаний патогеном. Проте співвідношення хлорофілів у інфікованих проростків, отриманих із насіння, обробленого мікробними препаратами, було вищим або на рівні інфікованих проростків необробленого варіанта.

Таблиця 3

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках проростків пшениці озимої за дії фосфатмобілізувальних препаратів в умовах біотичного стресу, (мг/г маси сирої речовини)

Варіант	24 год			48 год			72 год			96 год			120 год		
	ХЛ-Л а	ХЛ-Л в	кароти- ноїди	ХЛ-Л а	ХЛ-Л в	кароти- ноїди	ХЛ-Л а	ХЛ-Л в	кароти- ноїди	ХЛ-Л а	ХЛ-Л в	кароти- ноїди	ХЛ-Л а	ХЛ-Л в	кароти- ноїди
Сорт Roazon															
контроль	0,50	0,81	0,21	0,55	0,85	0,10	0,71	0,40	0,20	1,20	0,61	0,30	0,40	0,38	0,31
інф.	0,40	0,65	0,21	0,30	0,65	0,10	0,32	0,10	0,11	0,40	0,21	0,10	0,16	0,22	0,10
А/б	0,78	0,48	0,20	1,55	0,60	0,30	1,32	0,71	0,41	1,51	0,82	0,41	1,20	0,61	0,30
А/б + інф.	1,00	0,60	0,30	1,10	0,37	0,23	0,60	0,31	0,10	0,51	0,30	0,10	0,50	0,30	0,10
П/б	1,30	0,50	0,30	1,42	0,71	0,31	1,20	0,40	0,20	1,30	0,60	0,31	1,00	0,51	0,31
П/б + інф.	1,21	0,62	0,30	0,80	0,40	0,21	0,90	0,50	0,20	0,41	0,30	0,10	0,41	0,20	0,10
Сорт Миронівська 808															
контроль	0,50	0,67	0,20	0,57	1,05	0,10	1,00	0,55	0,25	1,11	0,51	0,25	0,51	0,30	0,30
інф.	0,40	0,70	0,20	0,20	0,41	0,10	0,82	0,40	0,20	1,00	0,51	0,20	0,40	0,51	0,20
А/б	1,10	0,78	0,31	1,20	0,62	0,30	1,20	0,58	0,30	1,30	0,72	0,31	0,91	0,51	0,31
А/б + інф.	0,91	0,61	0,31	1,31	0,52	0,37	1,20	0,61	0,30	1,10	0,61	0,31	0,80	0,40	0,20
П/б	0,91	0,41	0,20	1,30	0,61	0,30	1,31	0,60	0,41	1,51	0,82	0,30	1,10	0,60	0,30
П/б + інф.	1,10	0,62	0,32	1,10	0,50	0,30	1,20	0,61	0,30	1,00	0,50	0,20	1,00	0,51	0,30

Примітка: див. табл. 1.

Таблиця 4

Відношення вмісту хлорофілів *a/b* та суми хлорофілів до каротиноїдів

Варіант	24 год		48 год		72 год		96 год		120 год	
	<i>a/b</i>	$\frac{a+b}{c}$	<i>a/b</i>	$\frac{a+b}{c}$	<i>a/b</i>	$\frac{a+b}{c}$	<i>a/b</i>	$\frac{a+b}{c}$	<i>a/b</i>	$\frac{a+b}{c}$
Сорт Roazon										
контроль	0,66	7,27	0,65	9,80	1,86	5,53	2,01	5,47	1,37	2,66
інф.	0,63	3,15	0,44	9,23	2,36	6,47	1,69	6,52	0,61	5,69
A/б	1,73	6,10	2,59	6,74	1,84	5,64	1,80	5,65	1,83	5,70
A/б + інф.	1,55	6,04	3,03	5,78	1,80	5,87	1,74	7,59	1,67	5,41
П/б	2,40	6,95	2,10	5,95	2,92	6,58	2,37	6,10	1,90	5,88
П/б + інф.	1,90	5,44	1,96	6,22	1,88	6,05	1,76	9,48	1,89	5,87
Сорт Миронівська 808										
контроль	0,71	5,30	0,56	11,7	1,96	6,18	2,15	6,21	1,80	2,73
інф.	0,64	4,60	0,55	7,30	1,79	5,92	2,00	7,50	0,73	5,31
A/б	1,50	5,60	2,13	6,36	1,92	5,47	1,74	6,80	1,80	5,41
A/б + інф.	1,54	5,74	2,67	5,10	1,92	5,63	1,82	6,17	2,00	5,44
П/б	2,14	5,98	2,09	6,06	2,01	5,38	1,97	7,16	1,92	6,16
П/б + інф.	2,01	5,48	1,97	6,24	2,00	5,67	2,00	6,61	1,96	5,51

Примітка: див. табл. 1.

Обговорення. За інфікування у клітинах рослини-живителя відбуваються активні біохімічні зміни. Результати наших досліджень показали, що у разі передпосівної обробки насіння пшениці фосфатмобілізуючими препаратами лектинова активність у проростків обох сортів була вищою, ніж у контролі. У проростків резистентного сорту Roazon ЛА впродовж експерименту була вищою, ніж у необробленому контролі за використання Альбобактерину, тоді як ЛА у проростків сприйнятливої сорту Миронівська 808 була вищою, ніж у контролі через 72–120 год за використання Альбобактерину і 48–96 год за використання Поліміксобактерину.

Інфікування суспензією конідій збудника церкоспорельозу спричинило підвищення ЛА у проростків пшениці обох сортів порівняно з неінфікованими варіантами (рис. 1). Ряд дослідників виявили зростання ЛА у проростків ячменю за ураження *Fusarium culmorum* [17], у проростків пшениці за інфікування мікоплазмою (*Acholeplasma laidlawii* 118) [18], збудником фузаріозу (*Fusarium graminearum*) та альтернаріозу (*Alternaria* spp.) [19], оливкової плісняви (*Cladosporium graminum* Cda.) [20], збудником фузаріозної кореневої гнилі (*Fusarium oxysporum*) [21]. Зміна ЛА у інфікованих проростків пшениці обумовлена активацією синтезу захисних білків, у тому числі і лектинів, під впливом патогену і свідчить про розвиток реакції-відповіді.

За інфікування ЛА проростків, отриманих із насіння, обробленого фосфатмобілізуючими препаратами, була вища, ніж у необробленому варіанті. Ми не виявили відмінностей у часі відповіді – у проростків обох сортів за інфікування максимальне значення ЛА спостерігали через 24 год, але ступінь відповіді резистентного і сприйнятливої сортів відрізнявся.

Як маркер зміни інтенсивності обмінних процесів можна розглядати синтез білка. Різноманітні стресори (посуха, температурний стрес, засолення, патогенні мікроорганізми та ін.) спричиняють в клітинах деградацію трансляційного апарату, що призводить до зниження інтенсивності синтезу білка, кількісний вміст якого є якісним показником продуктивності та життєздатності рослинного організму [22]. Обробка рослин еліситорами, як правило, викликає індукцію синтезу білка [22]. Проте наші дослідження показали, що за передпосівної обробки насіння пшениці фосфатмобілізувальними мікробними препаратами Альбобактерин і Поліміксобактерин у концентраціях, які рекомендує виробник, вміст білка у 8–12 добових проростках обох сортів був нижчим, ніж у контролі (табл. 1).

У дослідженнях Капустіна із співробітниками [22] показано, що за обробки насіння тритікале розчинами, які містили низькі концентрації фітопротаноїдів, вміст білка в проростках знижувався, а в разі обробки розчинами з високими концентраціями фітопротаноїдів – зроставав.

У інфікованих проростків пшениці обох сортів вміст білка був нижчим, ніж у контролі. Подібне зниження вмісту білка виявили в проростках гороху за інфікування *Rhizobium leguminosarum* [23]. Відомо, що за інфікування у органах, що ростуть, білковий обмін специфічно змінюється в результаті взаємодії патогену і рослини-живителя. Як правило, це призводить до зменшення вмісту білка внаслідок його гідролізу протеїназами, адже білки можуть бути використані патогеном для живлення або рослиною-живителем для синтезу патоген-залежних або захисних білків лише після розщеплення до амінокислот [23].

Визначення вмісту білка у інфікованих проростків пшениці, отриманих із насіння, обробленого препаратами Альбобактерин і Поліміксобактерин, показало, що використані препарати захищали трансляційний апарат проростків пшениці сорту Миронівська 808 від деградації. Що свідчить про певну специфічність взаємодії дослідних сортів пшениці і використаних фосфатмобілізувальних препаратів.

Одним із перших на дію стресорів різної природи реагує фотосинтетичний апарат. Інфікування рослин супроводжується значними змінами кількості фотосинтетичних пігментів, ступінь яких залежить від стійкості рослин.

Передпосівна обробка насіння пшениці фосфатмобілізувальними мікробними препаратами Альбобактерин і Поліміксобактерин сприяла накопиченню фотосинтетичних пігментів у листках проростків, оброблених препаратами. Подібне підвищення вмісту фотосинтетичних пігментів виявлене у рослин огірка (*Cucumis sativus* L.) за передпосівної обробки насіння культурами мікоризних грибів *Glomus mosseae* (Nicol. and Gerd.) Gerd. and Trappe, *G. intraradices* Schenck and Smith і *Gigaspora margarita* (Becker and Hall) [10]. Також Кожухар і Кириченко [1] виявили підвищення вмісту хлорофілу у рослин пшениці за передпосівної обробки насіння бактеріальною композицією (робоча назва препарату «Коктейль») на основі ізолятів азотфіксуючих мікроорганізмів.

Зниження загального вмісту фотосинтетичних пігментів у проростків досліджуваних сортів за інфікування свідчить про кардинальні порушення метаболічних процесів. Отримані результати узгоджуються з даними інших дослідників, які виявили зниження вмісту фотосинтетичних пігментів за дії біотичного стресу у рослин квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) за інфікування грибом *Colletotrichum lindemuthianum* [8], у огірка (*C. sativus*) за інфікування грибом *Fusarium oxysporum* [10], у рослин сої (*Glycine soja* L.), інокульованих вірусом жовтої мозаїки квасолі [11], у рослин пшениці (*T. aestivum* L.) за ураження мікоплазмою *Acholeplasma laidlawii* [12] і вірусом жовтої карликовості ячменю [9]. Вміст хлорофілу в інфікованих рослинах знижується внаслідок того, що за патогенезу зростає активність ферменту хлорофілази, який каталізує деградацію хлорофілу [24].

У інфікованих проростків обох сортів, оброблених препаратами, вміст фотосинтетичних пігментів був вищий, ніж у інфікованому варіанті без обробки (табл. 3). У дослідженнях [10] встановлено значне підвищення вмісту хлорофілів і каротиноїдів у інфікованих *F. oxysporum* рослин огірка, отриманих із насіння, обробленого культурами мікоризних грибів порівняно з інфікованим варіантом. Як відомо, підвищення вмісту хлорофілів сприяє накопиченню органічних речовин, а збільшення кількості каротиноїдів, які захищають фотосинтетичний апарат від несприятливого впливу стресових факторів, може свідчити про вищу адаптаційну здатність проростків і рослин, отриманих із насіння, обробленого мікробними препаратами.

Порівняння співвідношення хлорофілів *a* і *b* в інфікованих проростках пшениці обох сортів підтвердило захисний вплив фосфатмобілізувальних мікробних препаратів Альбобактерин і Поліміксобактерин на фотосинтетичний апарат проростків за біотичного стресу. Зниження співвідношення суми хлорофілів до каротиноїдів також свідчить про позитивний вплив препаратів Альбобактерин і Поліміксобактерин на фотосинтетичний апарат проростків пшениці за інфікування (табл. 4).

Тобто, передпосівна обробка насіння пшениці фосфатмобілізувальними мікробними препаратами Альбобактерин і Поліміксобактерин захищає фотосинтетичні пігменти від руйнування у разі інфікування збудником церкоспорельозу.

Отже, показано, що інокуляція насіння пшениці сортів Roazon і Миронівська 808 фосфатмобілізувальними мікробними препаратами Альбобактерин і Поліміксобактерин активує реакцію-відповідь проростків на патоген, про що свідчить зростання лектинової активності, захищає трансляційний та фотосинтетичний апарати проростків пшениці від деградації у разі інфікування збудником церкоспорельозу. Виявлено специфічність взаємодії дослідних сортів пшениці і використаних фосфатмобілізувальних мікробних препаратів. Отже, обидва препарати здатні індукувати захисні реакції проростків пшениці досліджуваних сортів, але для сорту Roazon ефективнішим виявився Альбобактерин, а для проростків сорту Миронівська 808 – Поліміксобактерин.

ВЛИЯНИЕ ФОСФАТМОБИЛИЗИРУЮЩИХ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ЛЕКТИНОВУЮ АКТИВНОСТЬ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПРИ ИНФИЦИРОВАНИИ ВОЗБУДИТЕЛЕМ ЦЕРКОСПОРЕЛЛЕЗА

О.А. Панюта, В.Н. Белава, О.П. Ольхович, Н.Ю. Таран

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
ул. Владимирская, 64/13, Киев, 01601, Украина*

Резюме

Цель. Исследовать влияние фосфатмобилизирующих микробных препаратов на лектиновую активность и содержание фотосинтетических пигментов проростков пшеницы озимой при инфицировании возбудителем церкоспореллеза. **Методы.** Микробиологические, физиологические, биохимические, статистические. **Результаты.** Установлено, что предпосевная обработка семян пшеницы микробными препаратами способствовала повышению лектиновой активности и содержания фотосинтетических пигментов у проростков исследуемых сортов. При инфицировании лектиновая активность у проростков возрастала, а содержание фотосинтетических пигментов и белка – уменьшалось. У инфицированных проростков при обработке препаратами лектиновая активность и содержание фотосинтетических пигментов были выше, чем в необработанных вариантах, а содержание белка изменялось в зависимости от сорта пшеницы. **Выводы.** Установлено, что инокуляция семян пшеницы фосфатмобилизирующими микробными препаратами активирует ответную реакцию, защищает фотосинтетический и трансляционный аппараты проростков от деградации при инфицировании.

Ключевые слова: фосфатмобилизирующие микробные препараты, пшеница, церкоспореллез, лектиновая активность, белок, фотосинтетические пигменты.

EFFECT OF PHOSPHATE-MOBILIZED MICROBIAL PREPARATIONS ON LECTIN ACTIVITY AND PHOTOSYNTETIC APPARATUS OF WINTER WHEAT SEEDLINGS UNDER EYESPOT CAUSAL AGENT INFECTION

O.O. Panyuta, V.N. Belava, O.P. Olkhovych, N.Yu. Taran

*Taras Shevchenko National University of Kyiv,
64/13 Volodymyrska Street, Kyiv, 01601, Ukraine*

Summary

Aim. Investigate the effect of phosphate-mobilized microbial preparations on lectin activity and photosynthetic pigments content of winter wheat seedlings under eyespot causal agent infection. **Methods.** Microbiological, physiological, biochemical, statistical. **Results.** The presowing treatment of wheat seeds with microbial preparations lead to the increase of lectin activity and the photosynthetic pigments content in wheat seedlings of the experimental varieties. Lectin activity increased, but the photosynthetic pigments and protein content decreased under infection. The lectin activity and photosynthetic pigments content of infected seedlings for preparations treatment were higher, but protein content

changed depending on wheat variety. **Conclusions.** It was established that inoculation of wheat seeds with phosphate-mobilized microbial preparations activates the response reaction, protects photosynthetic and translational apparatus of seedlings from degradation under infection.

Keywords: phosphate-mobilized microbial preparations, wheat, eyespot, lectin activity, proteins, photosynthetic pigments.

1. Kozhukhar TV, Kyrychenko OV. [Influence of seeds bacterization and mineral fertilizers on chlorophyll content in leaves and growing of winter wheat plants]. Journal of Kharkov National Agrarian University. Series Biology. 2010; 1(19): 83–90. Ukrainian.
2. Skorokhod IO, Tserkovniak LS, Kurdish IK, Plotnikov VV, Gylchuk VG, Korniychuk OV. [Influence of granulated bacterial preparation complex action on the growth and yield of barley]. Microbiologichny Z. 2012; 74(3):23–28. Ukrainian.
3. Bilgin DD, Zavala JA, Zhu J, Clough SJ, Ort DR, DeLucia EH. Biotic stress globally downregulates photosynthesis genes. Plant, Cell and Environment. 2010; 33(10):1597–1613.
4. Lannoo N, Van Damme EJM. Lectin domains at the frontiers of plant defense. Frontiers in plant science. 2014; 5(article 397):1–16.
5. Yamaleeva AA. [Plant lectins and their biological role]. Ufa: Izd-vo Bashkirskogo universiteta; 2001. 202 p. Russian.
6. dos Santos RW, Schmidt ÉC, Martins R de P, Latini A, Maraschin M, Horta PA, et al. Effects of cadmium on growth, photosynthetic pigments, photosynthetic performance, biochemical parameters and structure of chloroplasts in the agarophyte *Gracilaria domingensis* (Rhodophyta, Gracilariales). American Journal of Plant Sciences. 2012; 3:1077–1084.
7. Ashraf M, Harris PJC. Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica. 2013; 51(2):163–190.
8. Lobato AKS, Gonçalves-Vidigal MC, Vidigal Filho PS, Costa RCL, Cruz FJR, Santos DGC, et al. Changes in photosynthetic pigment and carbohydrate content in common bean cultivars infected by *Colletotrichum lindemuthianum*. Plant, Soil and Environment. 2009; 55(2):58–61.
9. Nepliy L, Babayants O, Molodchenkova O, Lyashuk N. [Effect HPLC on quantitative content chlorophylls, carotenoids and total sugars in leaves of winter wheat in the southern field Ukraine]. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Biology. 2013; 63:29–33. Ukrainian.
10. Elwakil MA, Baka ZA, Soliman HM, Sadek MS. A modern tactic for reducing the biotic stress on cucumber plants caused by *Fusarium oxysporum*. Plant Pathology Journal. 2013; 12(1):26–31.
11. Kyrychenko AM. [Influence of bean yellow mosaic virus on metabolism of photosynthetic pigments, proteins and carbohydrates in *Glycine soja* L.]. Microbiol. Z. 2014; 76(1):47–51. Ukrainian.
12. Gulaeva AB, Tokovenko IP, Patyka VP. [Change in the photosynthetic apparatus winter wheat under the influence of *Acholeplasma laidlawii* strain 118]. Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology. 2015; 1(62):77–83. Ukrainian.

13. Kyrychenko OV. [Effect of presowing treatment of spring wheat seeds with wheat germ agglutinin on the chlorophyll content, lectin activity in leaves and nitrogen-fixing capacity of rhizospheric microorganisms]. The Ukrainian Biochemical Journal. 2008; 80(1):107–113. Ukrainian.
14. Pogorila NF, Surzhyk LM, Pogorila ZO. [New method of plant lectin testing]. Ukrainian Botanical Journal. 2002; 59(2):217–220. Ukrainian.
15. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 1976; 72(1-2):248–254.
16. Wintermans JFG, de Mots A. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. Biochimica et Biophysica Acta. 1965; 109:448–453.
17. Adamovskaya VG, Linchevsky AA, Molodchenkova OO, Cyselskaya LY. [Plant cell walls lectins of spring barley at the defeat of *Fusarium culmorum* and under the action of salicylic acid]. Physiology and biochemistry of cultivated plants. 2005; 37(3):267–278. Russian.
18. Trifonova TV, Maksyutova NN, Timofeeva OA, Chernov VM. [Change in lectin specificity of winter wheat seedlings in the course of infection with mycoplasmas]. Applied Biochemistry and Microbiology. 2004; 40(6):588–591. Russian.
19. Molodchenkova OO, Adamovskaya VG, Dosenko VYe, Tikhonov PS. [Lectin activity and expression of lectin genes of wheat seedlings at the infection of fungi pathogens and action of salicylic acid]. Journal of Kharkov National Agrarian University. Series Biology. 2012; 2(26):54–60. Russian.
20. Shaymullina GH, Khusainova RR, Nevmerzhtskaya YY, Timofeeva OA. [Lectin activity and composition in the wheat cell walls during infection fungal pathogens]. Izvestia of Samara scientific center of the Russian academy of sciences. 2013; 15(3):1697–1700. Russian.
21. Nevmerzhtskaya YY, Shaymullina GH, Timofeeva OA. [Activity of lectin proteins and antioxidant enzymes in the wheat germs, infected with micromycetes]. Izvestia of Samara scientific center of the Russian academy of sciences. 2016; 18(2):155–158. Russian.
22. Kapustin MA, Gavrilenko NV, Kurchenko VP, Lapkovskaja EM, Yurin VM, Pashkovskii FS, et al. [Influence of presowing treatment of seeds with synthetic prostaglandins on biochemical processes in acrospires of triticale of “Mikola” breed]. Proceedings of the Belarusian State University. 2011; 6(1):231–247. Russian.
23. Akimova GP, Sokolova MG. [Low temperature impact on protein content and peroxidase activity during pea inoculation with *Rhizobium leguminosarum*]. Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2010; 6(4):81–89. Russian.
24. Syvash OO, Zolotareva EK. [Chlorophyll catabolism in plants]. Journal of Kharkov National Agrarian University. Series Biology. 2013; 3(30):6–17. Russian.

Отримано 27.12.2017