

УДК 577.114:575.224

© 2019

ВПЛИВ ЛІПОПОЛІСАХАРИДІВ *PSEUDOMONAS SYRINGAE PV.* *ATROFACIENS* НА ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ АПАРАТ ПШЕНИЦІ

Л.М. Буценко¹, Л.А. Пасічник², Г.Б. Гуляєва³, В.П. Патица⁴

^{1,3}кандидати біологічних наук

²доктор біологічних наук

⁴доктор біологічних наук, академік НААН

Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України

вул. Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна

e-mail: ¹plant_path@ukr.net, ²imv_phyto@ukr.net,

³ab_k@ukr.net, ⁴patykavolodymyr@gmail.com

Надійшла 7.10.2019

Мета. Вивчення впливу ліпополісахаридів фітопатогенних бактерій *Pseudomonas syringae pv. atrofaciens* (McCulloch 1920) Young, Dye & Wilkie 1978 на фізіолого-біохімічні процеси та функціонування фотосинтетичного апарату в рослинах пшениці. **Методи.** Класичні мікробіологічні, біохімічні, статистичні. **Екстрагування** ЛПС здійснено 0,85% розчином хлориду натрію. **Вимірювання індукції флуоресценції** проведено приладом «Floratest». **Результати.** Виявлено стимулювальний вплив ЛПС різних штамів *P. syringae pv. atrofaciens* на пігментний склад листків рослин пшениці ярої сорту Печерянка. Установлено істотне зниження фонові флуоресценції у листках пшениці ярої сорту Печерянка. За дії ЛПС *P. syringae pv. atrofaciens* 9417 і *P. syringae pv. atrofaciens* 9780 — на 38,7 і 37,4% відповідно, за дії ЛПС *P. syringae pv. atrofaciens* УКМ В-1011 — на 16,6%, тоді як у варіанті з ЛПС *P. syringae pv. atrofaciens* 9400 фонові флуоресценція достовірно не відрізнялася від контролю. Ліпополісахариди *P. syringae pv. atrofaciens* 9417 і ЛПС *P. syringae pv. atrofaciens* 9780 пригнічували перебіг темної фази фотосинтезу. **Висновки.** Ліпополісахариди *P. syringae pv. atrofaciens* спричиняють зростання вмісту фотосинтетичних пігментів — хлорофілів *a* і *b* при зменшенні вмісту каротиноїдів (для ЛПС *P. syringae pv. atrofaciens* 9417 і ЛПС *P. syringae pv. atrofaciens* 9780), яке супроводжується зниженням функціональної активності фотосинтетичного апарату, що поширюється не лише на «світлову» ланку фотосинтезу, а й на ефективність «темних» реакцій циклу Кальвіна, знижуючи їх ефективність.

Ключові слова: фітопатогенні бактерії, екзометаболіти, індукція, фотосинтетичні пігменти, флуоресценція, пероксидаза, каталаза, фотосистема.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201911-07>

Фітопатогенні грамнегативні бактерії мають у зовнішній мембрані клітинної стінки високоактивні біополімери — ліпополісахариди (ЛПС), які завдяки своєму поверхневому розташуванню відіграють значну роль у взаємодії прокариотів із макроорганізмами.

Зокрема, ЛПС фітопатогенних бактерій під час потрапляння в рослину індують синтез низки біоактивних медіаторів: продуктів генів захисту та антимікробних метаболітів і спричиняють зміни перебігу звичайних фізіолого-біохімічних процесів

у рослинних клітинах [1]. Оброблення рослин ЛПС *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas aeruginosa* і *Pectobacterium carotovorum* активує гормон-залежну NO-синтазу та індукує утворення оксиду азоту та активних форм кисню (АФК) [2, 3], ЛПС *Ralstonia solanacearum* активують розчинну пероксидазу [4], ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 та ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 спричиняють підвищення пероксидазної активності в проростках *Allium cepa* [5].

Одним із перших етапів реакції рослини на біотичний стрес є утворення АФК, зокрема пероксиду водню і супероксиданіон-радикалу [6]. Індукування оксидативного стресу та синтез АФК відбувається за участі інтактних клітин мікроорганізмів і окремих їхніх компонентів, скажімо ЛПС [6]. Установлено, що АФК впливають на генетичний матеріал організмів, зокрема різке зростання вмісту цих сполук може спровокувати пошкодження ДНК. Вважають, що мутагенна активність ЛПС для клітин ссавців опосередкована АФК [7]. Нами раніше було виявлено, що ЛПС збудника базального бактеріозу пшениці властива геномодульвальна активність у *A. сера*-тесті, яка може бути опосередкована утворенням АФК [5].

Отже, ЛПС відіграють важливу роль у процесах патогенезу і здатні індукувати захисні реакції у рослин. Проте взаємодія ендотоксинів із макроорганізмами є складною і сьогодні вивчена недостатньо.

Мета досліджень — вивчення впливу ліпополісахаридів штамів збудника базального бактеріозу пшениці *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* (McCulloch 1920) Young, Dye & Wilkie 1978 на перебіг фізіолого-біохімічних процесів у клітинах рослини-хазяїна.

Методика досліджень. Вивчали ЛПС штамів *P. syringae* pv. *atrofaciens*, які були ізольовані нами під час багаторічного моніторингу збудника в посівах зернових культур і зберігаються у колекції відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України (табл. 1).

Ліпополісахариди *P. syringae* pv. *atrofaciens* отримували екстрагуванням 0,85% розчином хлориду натрію, очищуючи ультратраєнтрифугуванням і ліофільно

висушували [8]. Для досліджень готували розчини ЛПС концентрацією 5 мг/мл у стерильній водогінній воді.

У дослідах використано насіння пшениці ярої сорту Печерянка. Повторність дослідів — 3-разова, у кожному досліді використано не менше 30 насінин. Насіння промивали спочатку в проточній, а потім у стерильній водах і розкладали на стерильний фільтрувальний папір у чашки Петрі (по 10 насінин). У чашки з насінням вносили по 5 мл розчинів ЛПС досліджуваних штамів. Пророщування здійснювали за температури 21°C, періодично зволожуючи чашки стерильною водогінною водою. Вимірювання фізіолого-біохімічних показників паростків пшениці здійснювали на 7–8-му добу від початку експерименту [8].

Активність пероксидази в рослинах пшениці визначали методом Бояркіна і виражали в ум. од. на 1 мг сирі маси тканини. Активність каталази — титриметричним методом і виражали в мл $O_2 \cdot g^{-1} \cdot xv^{-1}$ [9]. Пігментний склад листків визначали в 7-ми добових рослин методом екстрагування ДМСО з подальшою спектрометрією. Для встановлення впливу ЛПС на стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці ярої сорту Печерянка застосовували біофізичний метод вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ). Дані фіксували портативним приладом вітчизняного виробництва «Floratest» із визначеними параметрами [8, 10]. Вимірювання ІФХ проводили через 5 діб після обробки насіння ЛПС. Отриманий масив цифрових даних представляли в графічному вигляді. Розраховували відповідні критичні параметри ІФХ, що є відображенням змін у функціональних ланках фотосинтетичної системи [11, 12]. Досліджувані параметри: фонові флуоресценція (F_0); кількість Q_B -невідновлювальних комплексів, що не беруть участі в лінійному транспорті електронів: $K_{pl} = (F_{pl} - F_0) / (F_m - F_0)$; ефективність фотохімії фотосистеми (ФС) II: $F_v = (F_m - F_0) / F_m$; гасіння флуоресценції: $qF = (F_m - F_0) / F_v$; параметр, що відображає активність рибубіозобісфосфаткарбоксілази (основного ферменту циклу Кальвіна): $K_i = (F_m - F_0) / F_m$ [10]. Обчислювання проводили з використанням електронних таблиць Excel. Дані

1. Характеристика досліджуваних штамів *P. syringae* pv. *atrofaciens*

Номер штаму	Джерело виділення	Агресивність для пшениці	Серологічна група
УКМ В-1011	Патотиповий штам	4	IV
9400	Пшениця сорту Рання 93, Київська обл.	4	II
9417	Пшениця сорту Рання 93, Київська обл.	0	IV
9780	Пшениця сорту Подолянка, Полтавська обл.	1	II

обробляли статистично за допомогою програми Statistica 8.0.

Результати досліджень. Ліпополісахариди фітопатогенних бактерій мають визнаний статус факторів патогенності [1, 4]. Однак детальніший аналіз даних щодо впливу цих біополімерів на рослини підтверджує, що вони можуть проявляти токсичну активність і бути стимуляторами росту для рослин [13, 14]. При цьому результат впливу ЛПС на рослинні клітини залежить від властивостей (походження, методу виділення, концентрації) самого ЛПС і від властивостей рослини (фаза розвитку, сорт). Тому дослідження впливу ЛПС фітопатогенних бактерій на рослини не втрачають актуальності.

Під час вивчення впливу ЛПС збудника базального бактеріозу на рослини пшениці ярої сорту Печерянка виявлено істотний стимулювальний вплив обробки ЛПС різних штамів *P. syringae* pv. *atrofaciens* на пігментний склад листків рослин пшениці. Найбільше зростання вмісту хлорофілів *a* і *b* (на 70,0 і 72,7% відповідно) спостерігали

за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1011 (табл. 2).

Уміст хлорофілу *a* в листках пшениці ярої сорту Печерянка за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 і *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 зростав на 10%, за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 — на 15% (див. табл. 2). У листках паростків пшениці ярої сорту Печерянка за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 і 9417 концентрація хлорофілу *b* зростала на 9,1%, тоді як за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 — на 18,2%. Уміст каротиноїдів у листках паростків пшениці ярої сорту Печерянка, які є захисними пігментами, за вирощування у розчинах ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1011 і *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 був на рівні контрольних рослин, а із застосуванням ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 знижувався на 14,3%. У варіанті із застосуванням ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 він знижувався на 28,6% (див. табл. 2).

Антиоксидантна система, зокрема її компоненти — каталаза і пероксидаза, є одним із механізмів системної фітостійкості. Ці

2. Вплив ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на вміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці ярої сорту Печерянка

ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> (штам)	Пігменти							
	Хлорофіл <i>a</i> , мг/г	% до контролю	Хлорофіл <i>b</i> , мг/г	% до контролю	Хлорофіл <i>a+b</i> , мг/г	% до контролю	Каротиноїди, мг/г	% до контролю
Контроль	0,20±0,01	100,0	0,11±0,01	100,0	0,31±0,01	100,0	0,07±0,003	100,0
УКМ В-1011	0,34±0,02*	170,0	0,19±0,01*	172,7	0,53±0,01*	170,9	0,07±0,003	100,0
9400	0,22±0,01*	110,0	0,12±0,01	109,1	0,34±0,01	109,7	0,07±0,003	100,0
9417	0,22±0,01*	110,0	0,12±0,01	109,1	0,34±0,01	109,7	0,06±0,003*	85,7
9780	0,23±0,01*	115,0	0,13±0,01	118,2	0,36±0,01*	116,1	0,05±0,002*	71,4

*Статистично достовірні відмінності від контролю при $P < 0,05$.

3. Вплив ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на активність оксидоредуктаз рослин пшениці ярої сорту Печерянка

ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> (штам)	Каталазна активність		Пероксидазна активність	
	мл O ₂ · г ⁻¹ · хв ⁻¹	% до контролю	ΔD ₆₇₀ · г ⁻¹ · с ⁻¹	% до контролю
Вода (контроль)	189,6±9,4	100,0	4,45±0,22	100,0
УКМ В-1011	146,2±7,3*	77,1	3,88±0,19*	87,2
9400	174,3±8,7	94,5	4,57±0,22	102,6
9417	184,5±9,2	97,3	4,67±0,23	104,9
9780	191,5±9,5	101,0	4,64±0,23	104,3

* Статистично достовірні відмінності від контролю при P<0,05.

ферменти підтримують фітоімунитет рослин завдяки своїй здатності до деактивації вільних радикалів і їх похідних, що руйнують рослинну клітину [6].

За дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1011 каталазна активність у листках паростків пшениці ярої сорту Печерянка зменшувалася на 22,9 %, тоді як за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417, *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 та *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 каталазна активність достовірно не відрізнялася від контролю (табл. 3).

Пероксидазна активність у листках паростків пшениці ярої сорту Печерянка знижувалася у варіанті з розчином ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1011 і достовірно не відрізнялася від контролю за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* штамів 9417, 9780 і 9400 (див. табл. 3).

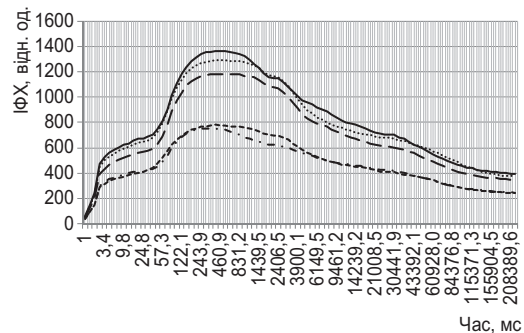
Слід зауважити, що за вивчення впливу ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на рослини цибулі ріпчастої сорту Халцедон нами не було виявлено достовірного впливу ЛПС на каталазну активність, водночас активність пероксидази збільшувалася [5].

Наступним етапом досліджень було визначення фотохімічної активності паростків пшениці ярої сорту Печерянка біофізичним методом індукції флуоресценції хлорофілу. Флуоресціює переважно хлорофіл а фотосистеми II (ФС II). Зміна його флуоресценції відображає зміни окисно-відновного стану реакційних центрів (РЦ) цієї фотосистеми [15–17]. Отримані індукційні криві Каутського наведено на рисунку.

Для детального аналізу впливу ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на фотосинтетичний апарат рослин було розраховано критичні

параметри цих кривих, що відображають функціональний стан ФС II.

Такий показник, як фонові флуоресценція (F₀) характеризується емісією фотонів на початку швидкої фази флуоресценції, коли всі реакційні центри молекул хлорофілів-уловлювачів відкриті, і поглинута енергія мігрує по пігментній матриці. Зазвичай така флуоресценція мінімальна — близько 3%, а її зростання свідчить про порушення зв'язків між молекулами хлорофілу, їх деградацію чи синтез нових молекул [11]. Величина F₀ зростає за дії будь-яких стресових чинників — підвищення температури, дефіциту живлення, дії фітопатогенів тощо, отже, зменшується частка поглинутої енергії збудження [11, 12, 18]. Нами виявлено значне зниження фонові флуоресценції у листках пшениці ярої сорту Печерянка, яке відбувалося у варіантах із обробкою



Індуковані зміни флуоресценції хлорофілу в листках рослин пшениці ярої сорту Печерянка за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens*: — — вода (контроль); - - - ЛПС УКМ В-1011; — ЛПС 9400; - - - - ЛПС 9417; - - - - ЛПС 9780

ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* штамів 9417 і 9780 (на 38,7 і 37,4% відповідно), за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1011 — на 16,6%, тоді як у варіанті з ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 фонові флуоресценція достовірно не відрізнялася від контролю (табл. 4). Таке зменшення корелювало зі зростанням загального вмісту хлорофілу в листках (див. табл. 2).

Інший розрахунковий показник — K_1 , що відповідає потенційній ефективності фотохімії ФС II та збагаченню листків фотохімічно активними центрами і відображає ефективність запасання енергії світла на початкових етапах фотосинтезу, дорівнював контролю у паростків пшениці ярої сорту Печерянка за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1011 і 9400. У варіанті з обробкою ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 цей показник дещо знижувався, особливо він зменшувався у варіанті із ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780, де також відзначено істотне пригнічення вмісту каротиноїдів (див. табл. 2). Таке зниження K_1 свідчить про деструктивний вплив досліджуваних ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 і ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 на функціональну активність первинних процесів фотосинтезу в листках пшениці. Отже, хоча за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 та ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 уміст хлорофілу в листках зростав, але його функціональна активність пригнічувалася.

За показником K_{pl} збільшення якого свідчить про сповільнення лінійного транспорту електронів до реакційних центрів ФС II (що є показником стресу), нами виявлено найбільше зростання його величин за дії ЛПС

P. syringae pv. *atrofaciens* 9780, тоді як застосування ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 та ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 не впливало на цей показник (див. табл. 4).

Величина коефіцієнта індукції, що корелює з активністю ключового ферменту циклу Кальвіна рибулозобісфосфаткарбоксілазою і опосередковано відповідає ефективності перебігу темної фази фіксації вуглецю, зростала лише за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 на 5,2%. За дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1011, ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 та ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 величина коефіцієнта індукції (K_i) була на рівні контролю (див. табл. 4).

Величина параметра гасіння флуоресценції (qF) у варіантах із застосуванням ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* штамів УКМ В-1011 і 9400 досягала контрольного рівня (див. табл. 4). Цей параметр знижувався за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 на 11,5% та ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 — на 14,3%. Слід зазначити, що зміни параметра гасіння флуоресценції відображають зміни окисно-відновного стану компонентів у ланцюзі електронного транспорту й первинного переносника електронів Q_A . Зростання qF пов'язане з активуванням реакцій, які відбуваються з використанням АТФ і НАДФН₂, що пришвидшує окиснення компонентів у ланцюзі електронного транспорту, відтік електронів від Q_A й залучення їх у реакціях циклу Кальвіна [11, 12]. Згідно з отриманими нами даними ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 і ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 пригнічували ці процеси, сповільнюючи перебіг темної фази фотосинтезу.

4. Термінальні параметри індукції флуоресценції хлорофілу рослин пшениці ярої сорту Печерянка за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens*

ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> (штам)	Параметри флуоресценції хлорофілу				
	F_0	$K_1 = F_v/F_0$	K_{pl}	K_i	qF
Вода (контроль)	470±23,5	0,64±0,03	0,220±0,01	0,77±0,03	2,44±0,12
УКМ В-1011	392±19,6	0,65±0,03	0,213±0,01	0,77±0,03	2,39±0,12
9400	448±22,4	0,65±0,03	0,215±0,01	0,81±0,04*	2,45±0,12
9417	288±14,4	0,63±0,03	0,225±0,01	0,69±0,03	2,16±0,11
9780	294±14,7	0,60±0,03	0,239±0,01	0,74±0,04	2,09±0,10

* Статистично достовірні відмінності від контролю при $P < 0,1$.

За дії ЛПС усіх штамів *P. syringae* pv. *atrofaciens* у листках 7-добових рослин пшениці ярої сорту Печерянка збільшувалася кількість хлорофілів *a* + *b*, що супроводжувалося зниженням функціональної

активності фотосинтетичного апарату. Це поширювалося не лише на світлову ланку фотосинтезу, а й на ефективність темнових реакцій циклу Кальвіна, знижуючи їх ефективність.

Висновки

Досліджувані ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* спричиняли зростання вмісту фотосинтетичних пігментів — хлорофілів *a* і *b* зі зниженням вмісту каротиноїдів (для ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 і ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780). Також

відзначено тенденцію до сповільнення «світлової» і «темнової» фаз фотосинтезу. Слід зауважити, що ступінь прояву пригнічувального впливу ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на процеси фотосинтезу залежав від штаму, з якого виділяли біополімер.

Буценко Л.Н.¹, Пасичник Л.А.², Гуляева А.Б.³, Патыка В.Ф.⁴

Институт микробиологии и вирусологии имени Д.К. Заболотного НАН Украины, ул. Заболотного, 154, г. Киев, 03143, Украина; e-mail: ¹plant_path@ukr.net, ²imv_phyto@ukr.net, ³ab_k@ukr.net, ⁴patykovolodymyr@gmail.com

Влияние липополисахаридов *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* на фотосинтетический аппарат пшеницы

Цель. Изучение влияния липополисахаридов фитопатогенных бактерий *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* (McCulloch 1920) Young, Dye & Wilkie 1978 на физиолого-биохимические процессы в растениях пшеницы. **Методы.** Классические микробиологические, биохимические, статистические. Экстрагирование ЛПС осуществлено 0,85% раствором хлорида натрия. Индукцию флуоресценции измеряли прибором «Floratest». **Результаты.** Выявлено стимулирующее влияние обработки ЛПС различных штаммов *P. syringae* pv. *atrofaciens* на пигментный состав листьев растений пшеницы яровой сорта Печерянка. Установлено существенное снижение фоновой флуоресценции в листьях пшеницы яровой сорта Печерянка. При обработке ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 и *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 — на 38,7 и 37,4% соответственно, при обработке ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1011 — на 16,6%, тогда как в варианте с ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 фоновая флуоресценция достоверно не отличалась от контроля. Липополисахариды *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 и ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 угнетали темновую фазу фотосинтеза. **Выводы.** Липополисахариды *P. syringae* pv. *atrofaciens* вызывают увеличение количества фотосинтетических пигментов — хлорофиллов *a* и *b* при снижении содержания каротиноидов (для ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 и ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780), которое сопровождается снижением функциональной активности

фотосинтетического аппарата, что распространяется не только на «световую» фазу фотосинтеза, но и на эффективность «темновых» реакций цикла Кальвина, снижая их эффективность.

Ключевые слова: фитопатогенные бактерии, экзометаболиты, индукция, фотосинтетические пигменты, флуоресценция, пероксидаза, каталаза, фотосистема.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk201911-07>

Butsenko L.¹, Pasichnyk L.², Hulciaeva H.³, Patyka V.⁴

D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine, 154 Zabolotnoho Str., Kyiv, 93143, Ukraine; e-mail: ¹plant_path@ukr.net, ²imv_phyto@ukr.net, ³ab_k@ukr.net, ⁴patykovolodymyr@gmail.com

Influence of lipo-polysaccharides of *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* on photosynthetic apparatus of wheat

The purpose. Study influence of lipo-polysaccharides (LPS) of phytopathogenic bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* (McCulloch 1920) Young, Dye and Wilkie 1978 on physiological-biochemical processes in plants of wheat. **Methods.** Classical microbiologic, biochemical, statistical. Extraction of LPS is realized by 0,85% solution of chloride of sodium. Induction of fluorescence was measured by device «Floratest». **Results.** Stimulating influence of treatment with LPS of various strains of *P. syringae* pv. *atrofaciens* on pigment compound of leaves of plants of summer wheat of grade Pecherianka is determined. Essential lowering background fluorescence in leaves of summer wheat of grade Pecherianka is fixed. At treating with LPS of *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 and *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 — on 38,7 and 37,4% accordingly, at treating with LPS of *P. syringae* pv. *atrofaciens* UKM V-1011 — on 16,6%, whereas in alternative with treating with LPS of *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 background fluorescence authentically did not differ from the control. Lipo-polysaccharides

of *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 and LPS of *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780 oppressed dark phase of photosynthesis. **Conclusions.** Lipo-polysaccharides of *P. syringae* pv. *atrofaciens* cause increase of amount of photosynthetic pigments — chlorophylls *a* and *b* at simultaneous lowering in content of carotenoids (for LPS of *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 and LPS of *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9780) which is accompanied

by lowering of the functional activity of photosynthetic apparatus. That spread not only to «light» phase of photosynthesis, but also on efficiency of «dark» responses of cycle of Calvin, reducing their efficiency.

Keywords: *phytopathogenic bacteria, exo-metabolites, induction, photosynthetic pigments, fluorescence, peroxidase, catalase, photosystem.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-07>

Бібліографія

1. Dow M., Newman M.A., von Roepenack E. The induction and modulation of plant defense responses by bacterial lipopolysaccharides. *Annual Review of Phytopathol.* 2000. V. 38. P. 241–261. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.38.241>

2. Delledonne M. NO news is good news for plants. *Current Opinion in Plant Biology.* 2005. V. 8. P. 390–396. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2005.05.002>

3. Zeidler D., Zähringer U., Gerber I. et al. Innate immunity in *Arabidopsis thaliana*: lipopolysaccharides activate nitric oxide synthase (NOS) and induce defense genes. *Proc Nat Acad Sci USA.* 2004. V. 101. № 44. P. 15811–15816. <https://doi.org/10.1073/pnas.0404536101>

4. Newman M.A., Dow J.M., Molinaro A., Parrilli M. Priming, induction and modulation of plant defense responses by bacterial lipopolysaccharides. *J. Endotoxin Res.* 2007. V. 13. P. 68–79. <https://doi.org/10.1177/0968051907079399>

5. Буценко Л.М. Вплив ліпополісахаридів *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* на фізіолого-біохімічні процеси у клітинах *Allium cepa*. *Мікробіол. журн.* 2016. Т. 78, № 5. С. 65–74. <https://doi.org/10.15407/microbiolj78.05.065>

6. Колупаев Ю.Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции. *Вісник Харківського НАУ. Серія Біологія.* 2007. Т. 3. № 12. С. 6–26.

7. Kovalchuk O., Walz P., Kovalchuk I. Does bacterial infection cause genome instability and cancer in the host cell? *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis.* 2014. V. 761. С. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2014.01.004>

8. Патица В.П., Пасічник Л.А., Гвоздяк Р.І. та ін. Фітопатогенні бактерії. Методи досліджень: монографія. Т. 2; за ред. В.П. Патики. Вінниця: Віндрук, 2017. 432 с.

9. Воскресенская О.Л., Алябышева Е.А., Половникова М.Г. Большой практикум по биоэкологии: учеб. пособие. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т. Ч. 1. 2006. 107 с.

10. Гуляева Г.Б., Пасічник Л.А., Патица В.П. Функціональна активність фотосинтетичного апарату пшениці ярої за штучного зараження

штамами *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* різного походження. *Вісник Харківського НАУ. Серія: Біологія.* 2016. Т. 2. № 24. С. 84–93.

11. Брайон О.В., Корнєєв Д.Ю., Снегур О.О., Китаєв О.І. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: методичні вказівки. Київ: Київський університет, 2000. 15 с.

12. Корнєєв Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев: Альтерпрес, 2002. 191 с.

13. Грицай Р.В., Яковлева Л.М., Варбанець Л.Д. Фітотоксичні властивості ліпополісахаридів *Ralstonia solanacearum*. *Мікробіол. журн.* 2014. Т. 76. № 2. С. 29–34.

14. Пастощук А.Ю., Сквіка Л.М., Буценко Л.М., Патица В.П. Вплив збудника базального бактеріозу на пшеницю різних сортів. *Мікробіологія і біотехнологія.* 2018. № 2(42). С. 39–48.

15. Fromme P., Kern J., Loll B. et al. Functional implications on the mechanism of the function of photosystem II including water oxidation based on the structure of photosystem II. *Philos Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 2002. V.357(1426). P. 1337–1344. <https://doi.org/10.1098/rstb.2002.1143>

16. Henriques F.S. Leaf Chlorophyll Fluorescence: Background and Fundamentals for Plant Biologists. *Bot. Rev.* 2009. V. 75. № 3. P. 249–270. <https://doi.org/10.1007/s12229-009-9035-y>

17. Stirbet A., Govindjee. Chlorophyll a fluorescence induction: a personal perspective of the thermal phase, the J–I–P rise. *Photosynth Res.* 2012. V. 113. P. 15–61. <https://doi.org/10.1007/s11120-012-9754-5>

18. Гольцев В.Н., Каладжи Х.М., Паунов М. и др. Использование переменной флуоресценции хлорофилла для оценки физиологического состояния фотосинтетического аппарата растений. *Физиология растений.* 2016. Т. 63. № 6. С. 881–907. <https://doi.org/10.7868/s0015330316050055>

19. Патица В.П., Гуляева Г.Б., Буценко Л.М. та ін. Антиоксидантна і фотохімічна активність фотосинтетичного апарату пшениці ярої за дії *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*. *Вісник аграрної науки.* 2016. № 1. С. 27–31. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201601-05>