

Л.М. Буценко

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,  
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143, Україна

## ВПЛИВ ЛІПОПОЛІСАХАРИДІВ *PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *ATROFACIENS* НА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У КЛІТИНАХ *ALLIUM CERA*

**Мета.** Вивчити вплив ліпополісахаридів (ЛПС) штамів *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* на деякі фізіолого-біохімічні процеси у клітинах *Allium sera*. **Методи.** ЛПС екстрагували 0,85 % розчином NaCl. Для вивчення фітотоксичності насіння цибулі пророщували у розчинах ЛПС та визначали схожість і довжину корінця. Мутагенну активність ЛПС вивчали у *A. sera*-тесті. Ферментативну активність та вміст малонового альдегіду визначено за використання класичних методів. **Результати.** Встановлено, що ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* пригнічують процеси поділу рослинних клітин та індують деструктивні зміни хромосом у клітинах апікальної меристеми корінців *Allium sera*. Після оброблення проростків *A. sera* ЛПС вірулентного штаму *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 у концентраціях від 1,0 до 10,0 мг/мл зростає пероксидазна активність. ЛПС авірулентного штаму *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 незначно підвищує пероксидазну активність у концентраціях 10,0; 5,0 і 2,5 мг/мл та не впливає на неї у концентрації 1,0 мг/мл. У проростках цибулі не спостерігали статистично значущих змін каталазної активності за дії на них розчинів ЛПС. Вміст малонового альдегіду у проростках *A. sera* зростає після їхнього оброблення ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* у концентраціях 5,0 і 2,5 мг/мл. Вміст цього продукту перекисного окиснення ліпідів за вказаних умов перевищує контрольний показник у 1,8–3,7 разів. **Висновки.** Встановлено, що за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* підвищується пероксидазна активність та збільшується вміст малонового альдегіду у рослинних клітинах. Фітотоксичну та генотоксичну активність ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* може бути обумовлено появою активних форм кисню під дією досліджуваних біологічно активних речовин.

*К л ю ч о в і с л о в а:* *P. syringae* pv. *atrofaciens*, ліпополісахарид, генотоксична активність, фітотоксична активність, активні форми кисню.

Важливим компонентом зовнішньої мембрани бактерій роду *Pseudomonas* є ліпополісахарид (ЛПС), який бере участь у процесах патогенезу, надає бактеріям таких властивостей, як токсигенність та імуногенність. ЛПС відіграє важливу роль у життєдіяльності бактерій: підтримує структуру зовнішньої мембрани та бере участь у регуляції її проникності; зумовлює стійкість до антибіотиків і детергентів; слугує рецептором для бактеріофагів; є одним з факторів патогенності [3]. У рослині цей біополімер індуює синтез низки біоактивних медіаторів, зокрема, продуктів генів захисту і антимікробних метаболітів [12].

Як правило, проникнення патогену в організм хазяїна індуює у нього стрес. Одним з перших етапів відповіді рослини на біотичний стрес є утворення активних форм кисню (АФК), зокрема пероксиду водню і супероксиданіон-радикалу. АФК генеруються у рослинній клітині і за нормальних умов, проте під час стресу їхній рівень значно зростає. Вказані сполуки задіяні у процесах росту і розвитку рослини, а також у її реакціях

на зміни умов навколишнього середовища [5]. Пероксид водню є сигнальною молекулою, яка бере участь в активації відповіді рослинної клітини на проникнення фітопатогенів. Індукування оксидативного стресу та синтез АФК відбувається як за участі інтактних клітин мікроорганізмів, так і окремих їхніх компонентів, наприклад, ЛПС. Відомо, що АФК впливають на генетичний матеріал організмів, зокрема різке зростання вмісту цих сполук може спровокувати пошкодження ДНК [5].

З огляду на викладене вище можна підсумувати, що у питанні взаємодії мікроорганізмів з рослинами велика увага приділяється індуванню стресу і захисних відповідей макроорганізму на ураження патогеном, а також впливу прокаріотичних організмів на стабільність генетичного апарату еукаріот. В якості рослинного тест-об'єкта для вивчення цих питань найчастіше обирають *Allium cepa* L. (цибулю ріпчасту) [1, 2, 17].

Метою нашої роботи було вивчення впливу ліпополісахаридів *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* на деякі фізіолого-біохімічні процеси у клітинах *Allium cepa*.

**Матеріали і методи.** Об'єктами дослідження були вірулентний штам 9400 та авірулентний штам 9417 *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* (McCulloch, 1920) Young, Dye & Wilkie, 1978.

Ліпополісахариди (ЛПС) із клітин *P. syringae* pv. *atrofaciens* екстрагували 0,85 % розчином NaCl на магнітній мішалці при температурі 4 °C упродовж 4–5 год [4]. Для вивчення фітотоксичності ЛПС насіння цибулі ріпчастої (*Allium cepa*) сорту Халцедон пророщували 96 год у їхніх розчинах. Через 96 год після початку пророщування визначали схожість насіння та вимірювали довжину кожного корінця.

Мутагенну активність у *A. cepa*-тесті вивчали згідно рекомендацій J. Rank [17]. Проростки *A. cepa* довжиною 0,5–0,7 мм вирощували 24 год у розчинах ЛПС. Фіксували корінці у суміші етанолу і оцтової кислоти (3:1) протягом доби. Корінці, відмиті від фіксатора у 80 % етанолі, мацерували у 1N HCl 30 хв, забарвлювали у 1 % розчині ацетоорсеїну та відмивали у 45 % розчині оцтової кислоти упродовж 10 хв. Цитогенетичний аналіз здійснювали на препаратах апікальної меристеми корінців. Мікроскопіювали препарати з імерсією при збільшенні у 1350 разів під мікроскопом МБИ-3. Визначали частоту аберантних анафаз і телофаз (ЧААТ) та кількість аберацій на аберантну клітину (КАБАК) [6, 7].

Для визначення мітотичного індексу (МІ) підраховували кількість клітин у різних фазах мітозу у 10 випадково вибраних полях зору у кожному препараті.

Для вивчення впливу ЛПС на оксидативний стан *A. cepa* проростки насіння цибулі вирощували протягом 24 годин у розчинах ЛПС. Проростки розтирали у фарфоровій ступці з 0,05 M Na-фосфатним буфером (рН 7,0). У надосадовій рідині визначали пероксидазну, каталазну активність та вміст малонового альдегіду.

Для визначення пероксидазної активності застосовували експрес-метод, запропонований R.P.F. Gregory [13], який ґрунтується на окисненні аскорбінової кислоти. Каталазну активність визначали за методом H. Luck [16]. Визначення кількості малонового альдегіду (МА) проводили за ме-

тодом М. Uchiyama і М. Mihara [19]. Результати вимірювання ферментативної активності і вмісту МА представляли як відсоток від контролю. Контролем слугував екстракт проростків цибулі, що росли у дистильованій воді.

Наявність статистично значущих відмінностей між дослідом та контролем оцінювали у програмі Statistica 5.0.

**Результати та їх обговорення.** Для визначення токсичності ліпополісахаридів (ЛПС) *Pseudomonas syringae* щодо рослинного тест-об'єкта насіння цибулі сорту Халцедон вирощували у їхніх розчинах концентраціями від 1,0 до 10,0 мг/мл.

Встановлено, що ЛПС штаму *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 є фітотоксичним для *Allium cepa* сорту Халцедон у концентрації 5 мг/мл та вище (табл. 1). Так, у концентрації 10 мг/мл він зменшує довжину корінців цибулі на 59 %, а у концентрації 5 мг/мл – на 44 %. Водночас у концентрації 1 мг/мл цей препарат майже не впливає на ріст корінців цибулі.

ЛПС штаму *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 також є токсичним для *A. cepa* сорту Халцедон у концентраціях 5,0 мг/мл і більше (табл. 1). Він пригнічує ріст корінців *A. cepa* у концентрації 10 мг/мл на 71 %. У концентрації 5,0 мг/мл вказаний ЛПС зменшує ріст корінців цибулі на 57 %. У концентрації 1,0 мг/мл ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 суттєво не впливає на ріст корінців *A. cepa*.

Отже, ЛПС вірулентного штаму *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 та авірулентного *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 виявляють однаковий токсичний вплив на насіння та проростки *A. cepa* сорту Халцедон. У концентраціях 5,0 і 10,0 мг/мл виявляється токсична дія ЛПС обох штамів *P. syringae* pv. *atrofaciens*.

Важливим показником токсичного впливу досліджуваних сполук на тест-об'єкти є мітотичний індекс (МІ). Інгібування МІ вивчали за пророщування насіння цибулі в розчинах ЛПС досліджуваних штамів концентрацією 1,0, 5,0 та 10,0 мг/мл (табл. 1). ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 у концентраціях 10,0 і 5,0 мг/мл інгібував мітотичну активність на 84 і 67 % відповідно порівняно з контролем. МІ у клітинах апікальної меристеми корінців цибулі, пророщених у розчині ЛПС концентрацією 1 мг/мл, не має значних відмінностей від контролю (інгібування МІ на 15 %). У разі пророщування насіння цибулі у розчинах ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 з концентраціями 10,0 та 5,0 мг/мл МІ зменшується на 67 та 59 % відповідно (табл. 1). ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 є неактивним у концентрації 1,0 мг/мл.

Здатність ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* ушкоджувати хромосоми рослинних клітин була нами показана раніше [1, 2]. Так, встановлено, що за вирощування корінців цибулі у розчинах ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 у концентраціях 5,0 та 2,5 мг/мл частота аберантних анафаз і телофаз (ЧААТ) становить 16,4 та 13,4 % відповідно, що має статистично значущі відмінності від контролю (4,6 %). В апікальній меристемі корінців цибулі, вирощених у розчині ЛПС концентрацією 1,0 мг/мл ЧААТ становить 5,2 %, що не має статистично значущих відмінностей від аналогічного показника у контролі (табл. 2) [1, 2].

Таблиця 1

**Вплив ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на проростання насіння  
*A. сера* сорту Халцедон**

Досліджуваний ЛПС	Концентрація ЛПС, мг/мл	Схожість насіння, %	Середня довжина корінця, мм	Довжина корінця у % до контролю	Мітотичний індекс, %	Інгібування мітотичного індексу, %*
<i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> 9400	10,0	19	5,0±1,1	41	14,6±7,0	84
	5,0	20	6,8±2,5	56	29,4±3,6	67
	1,0	37	11,3±1,0	93	74,7±3,0	15
<i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> 9417	10,0	13	3,5±0,8	29	29,5±7,8	67
	5,0	21	5,2±0,8	43	36,5±5,2	59
	1,0	29	10,5±0,7	86	89,4±7,3	
Контроль		42	12,2±1,6	100	88,5±6,4	

**Примітка:** «\*» – інгібування мітотичного індексу обраховували лише за наявності статистично значущих відмінностей.

Деструктивна дія на хромосоми *A. сера* була виявлена і у ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417. Так, у разі вирощування проростків цибулі у розчинах ЛПС концентраціями 5,0 та 2,5 мг/мл, ЧААТ підвищується у 3,5 та 1,8 рази відповідно порівняно з контролем, а у концентрації 1,0 мг/мл вплив на ЧААТ не спостерігали (табл. 2).

Окрім того, ЛПС вірулентного штаму *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 збільшує рівень ушкодженості аберантних клітин, підвищуючи кількість КАБАК у концентраціях 5,0 і 2,5 мг/мл у 2,1 та 1,6 разів (табл. 2). Водночас такого ефекту не спостерігали за дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 на клітини цибулі.

Таблиця 2

**Вплив ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на частоту аберацій  
у клітинах *A. сера***

Досліджуваний ЛПС	Концентрація, мг/мл	Частота аберантних анафаз і телофаз, %	Кількість аберацій на аберантну клітину, шт
<i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> 9400	5,0	16,4±4,1*	3,4±0,9
	2,5	13,4±1,3*	2,5±1,4
	1,0	5,2±0,8	1,9±0,6
<i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> 9417	5,0	11,0±1,2*	1,0±0,1
	2,5	5,7±0,2*	1,0±0,1
	1,0	3,2±0,4	1,3±0,4
Контроль		4,6±1,9	1,3±0,5

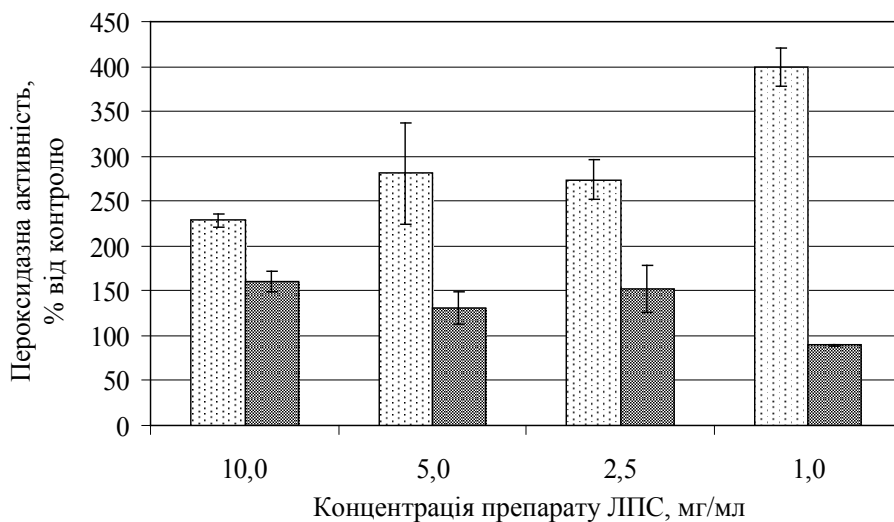
**Примітка:** «\*» – наявність статистично значущих відмінностей.

Отже, ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 та *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 виявляють здатність порушувати цілісність хромосом у рослинних клітинах. Питання механізму та специфічності дії ЛПС грамнегативних фітопатогенних бактерій різних видів щодо еукаріотичних рослинних клітин залишається відкритим. Відомо, що виникнення мутацій у клітинах людини і тварин за участю ЛПС пов'язане із оксидативним стресом [18]. Ймовірно, що такі самі процеси відбуваються і за дії ЛПС на рослинні клітини. Проте дані літератури щодо здатності ЛПС підвищувати вміст кисневих радикалів у рослинах суперечливі [12].

Рівень АФК у клітинах регулюється ферментними системами антиоксидантного захисту, зокрема супероксиддисмутазою, каталазою, пероксидазою [5]. Для виявлення у проростках цибулі оксидативного стресу, індукованого дією ЛПС, ми визначали пероксидазну і каталазну активність, а також вміст малонового альдегіду (МА).

Серед зазначених ферментів велика увага звертається на вивчення участі пероксидази у життєдіяльності рослин. Цей фермент активує пероксид водню, внаслідок чого останній набуває здатності окислювати феноли і ароматичні аміни, діючи як донор електронів. Пероксидаза задіяна як у знешкодженні пероксиду водню, так і в утворенні цієї молекули [5]. Вона відіграє істотну роль у життєдіяльності рослин: процесах органогенезу, регуляції росту, старіння, катаболізму ауксину, захисті від патогенів, регенерації клітин та синтезі клітинної стінки [8].

Розчини ЛПС *P. syringae* pv. *atofaciens* 9400 та *P. syringae* pv. *atofaciens* 9417 впливають на пероксидазну активність проростків *A. cepa*. При цьому у концентраціях від 1,0 до 10,0 мг/мл ЛПС вірулентного штаму *P. syringae* pv. *atofaciens* 9400 більше сприяє підвищенню ферментативної активності у проростках цибулі, ніж ЛПС авірулентного штаму *P. syringae* pv. *atofaciens* 9417 (рис. 1). Так, ЛПС авірулентного штаму виявляє менші ефекти у концентраціях 10,0; 5,0 і 2,5 мг/мл та не діє у концентрації 1,0 мг/мл. Найвища пероксидазна активність спостерігається при вирощуванні проростків *A. cepa* у розчині ЛПС вірулентного штаму концентрацією 1 мг/мл. За цих умов показники активності зростають у 4,0 рази.



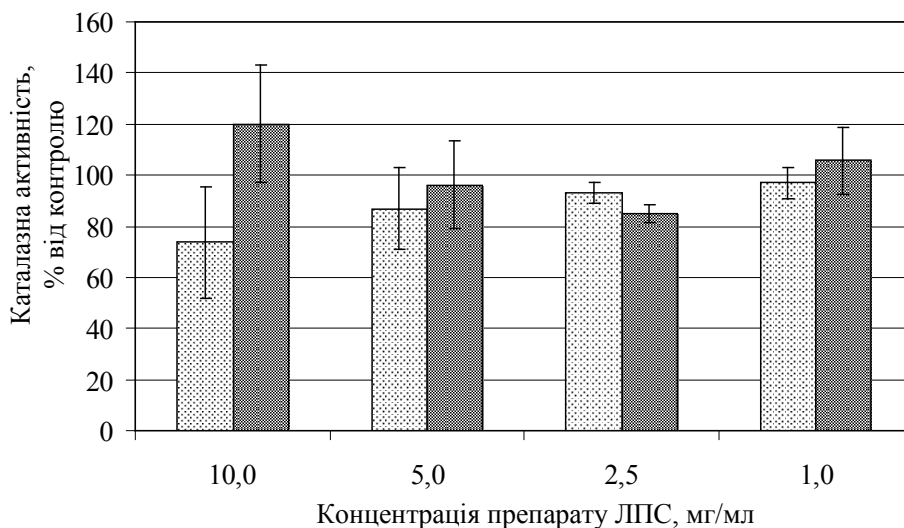
▨ - *P. syringae* pv. *atofaciens* 9400, ■ - *P. syringae* pv. *atofaciens* 9417.

**Рис. 1.** Вплив ЛПС *P. syringae* pv. *atofaciens* на пероксидазну активність проростків *A. cepa*

Каталаза задіяна переважно у захисті організму від дії АФК. Вміст цього ферменту може збільшуватися після індукування оксидативного стресу у рослин, проте у деяких випадках, зокрема при інфікуванні мікроорганізмами, його активність не змінюється або навіть пригнічується [5]. МА є біомаркером перекисного окиснення ліпідів і, водночас, може пошкоджувати такі макромолекули, як білки та ДНК [11].



У проростках цибулі не спостерігали значної зміни каталазної активності за дії на них розчинів ЛПС. Так, під час росту тест-об'єкта у водних розчинах *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 у концентраціях від 1,0 до 10,0 мг/мл каталазна активність рослинних екстрактів не мала статистично значущих відмінностей від контрольного варіанту (рис. 2). У разі пророщування цибулі у розчині ЛПС авірулентного штаму *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 концентрацією 10,0 мг/мл каталазна активність дещо знижувалася (76 % від контролю). За використання цього біополімеру у концентраціях 5,0, 2,5, 1,0 мг/мл каталазна активність рослинних екстрактів не відрізнялася від контрольного варіанту (рис. 2).

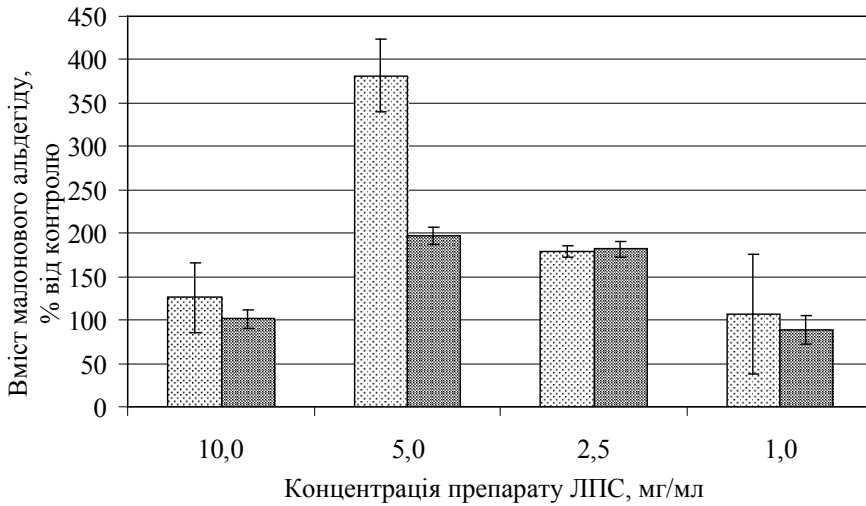


■ - *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400, ■ - *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417.

**Рис. 2.** Вплив ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на каталазну активність у проростках *A. cepa*

МА є продуктом перекисного окиснення ліпідів і його наявність часто використовують як маркер оксидативного стресу [13].

За дії на тест-об'єкт ЛПС як вірулентного штаму *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400, так і авірулентного *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 у концентраціях 5,0 і 2,5 мг/мл зростає вміст МА у рослинних екстрактах проростків цибулі. Вміст цього продукту окиснення ліпідів при цьому перевищує контрольний показник у 1,8–3,7 разів (рис. 3). Необхідно зауважити, що вміст МА збільшується у разі дії на рослини ЛПС у тих концентраціях, які спричинюють підвищення частоти хромосомних аберацій у апікальній меристемі корінців *A. cepa*. Отже, одержані результати дають підстави вважати, що деструкція хромосом у клітинах апікальної меристеми цибулі опосередкована оксидативним стресом, який індукується ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens*.



▨ - *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400, ■ - *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417.

**Рис. 3.** Вплив ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на вміст малонового альдегіду у проростках *A. cepa*

Таким чином, оброблення ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* призводить до підвищення пероксидазної активності у проростках *A. cepa*. Зростання такої антиоксидантної активності свідчить про стресову дію ЛПС досліджуваних штамів на тест-організм. Здатність активувати пероксидазу була виявлена і у інших бактерій [12, 14]. Наприклад, виявлено, що *P. fluorescens* бере участь в активації ферментів захисної системи у *A. cepa* var. *aggregatum*, зокрема хітинази, пероксидази і поліфенолоксидази [14]. Підвищення активності пероксидази виявлено також за впливу ЛПС фітопатогенних бактерій на *Nicotiana tabacum* [12]. Водночас відомо, що ураження фітопатогенами рослин може не впливати на активність каталази [15], а у разі індукування мікроорганізмами реакції надчутливості у рослин спостерігається навіть інгібування цього ферменту.

Отже, показано здатність ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* змінювати фізіологічний стан рослинного тест-об'єкта, зокрема його оксидативний стан. Про такі зміни свідчить зростання пероксидазної активності, а також інтенсифікація процесів перекисного окиснення ліпідів. За дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 і *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 зростає вміст індикатора оксидативного стресу МА передусім у тих концентраціях, у яких ці ЛПС підвищують ЧААТ у клітинах апікальної меристеми *A. cepa*. Таким чином, можна припустити, що пошкоджувальна дія ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на генетичний апарат *A. cepa* опосередкована оксидативним стресом. Проте для всебічної характеристики дії ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* на стрес у рослин необхідно в подальшому дослідити вплив бактерій на інші ферментні та неферментні ланки антиоксидантного захисту та встановити закономірності утворення окремих типів АФК в організмі рослинного тест-об'єкта.

**Л.Н. Буценко**

Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного  
НАН Украины,  
ул. Академика Заболотного, 154, Киев, 03143, Украина

**ВЛИЯНИЕ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ *PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV.  
*ATROFACIENS* НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
В КЛЕТКАХ *ALLIUM CEPA***

Резюме

**Цель.** Изучить влияние липополисахаридов (ЛПС) штаммов *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* на некоторые физиолого-биохимические процессы в клетках *Allium cepa*. **Методы.** ЛПС экстрагировали 0,85 % раствором NaCl. Для изучения фитотоксичности семена лука проращивали в растворах ЛПС и определяли их всхожесть и длину корешка. Мутагенную активность ЛПС определяли в *A. cepa*-тесте. Ферментативную активность и содержание малонового альдегида определено с использованием классических методов. **Результаты.** Установлено, что ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* угнетают процессы деления растительных клеток и индуцируют деструктивные изменения хромосом в клетках апикальной меристемы корешков *Allium cepa*. После обработки проростков *A. cepa* ЛПС вирулентного штамма *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 в концентрациях от 1,0 до 10,0 мг/мл увеличивается пероксидазная активность. ЛПС авирулентного штамма *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 незначительно увеличивает пероксидазную активность в концентрациях 10,0; 5,0 и 2,5 мг/мл и не влияет на нее в концентрации 1,0 мг/мл. В проростках лука не наблюдали статистически значимых изменений каталазной активности при действии на них растворов ЛПС. Содержание малонового альдегида в проростках *A. cepa* увеличивается после их обработки ЛПС *P. syringae* в концентрациях 5,0 и 2,5 мг/мл. Содержание этого продукта перекисного окисления липидов в таких условиях превышает контрольные показатели в 1,8–3,7 раза. **Выводы.** Установлено, что при действии ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* повышается пероксидазная активность и увеличивается содержание малонового альдегида в клетках растения. Фитотоксическую и генно-токсическую активность ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* может быть обусловлено появлением активных форм кислорода под действием исследованных биологически активных веществ.

**Ключевые слова:** *P. syringae* pv. *atrofaciens*, липополисахарид, генно-токсическая активность, фитотоксическая активность, активные формы кислорода.

**L.M. Butsenko**

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine,  
154 Acad. Zabolotny St., Kyiv, 03143, Ukraine

**INFLUENCE OF *PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *ATROFACIENS*  
LIPOPOLYSACCHARIDES ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL  
PROCESSES IN *ALLIUM CEPA* CELLS**

Summary

**Aim.** To investigate the effect of *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* strains lipopolysaccharides (LPS) on some physiological and biochemical processes in the *Allium cepa* cells. **Methods.** LPS was extracted with 0.85 % NaCl solution. To study the phytotoxicity, onion seeds were germinated in the LPS solution and determined their germina-



tion and root length. Mutagenic activity of LPS was determined in *A. cepa*-test. Enzyme activity and malondialdehyde content determined using classical methods. **Results.** It is established, that *P. syringae* pv. *atrofaciens* LPS inhibit the processes of plant cell division and induce destructive changes of chromosomes in the cells of *Allium cepa* root apical meristem. After treatment, the *A. cepa* seedlings LPS of virulent strain *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9400 at concentrations ranging from 1.0 to 10.0 mg/ml peroxidase activity increases. LPS of avirulent strain *P. syringae* pv. *atrofaciens* 9417 significantly increases the peroxidase activity at concentrations 10.0; 5.0 and 2.5 mg/ml and it does not affect at a concentration 1.0 mg/ml. The onion seedlings did not observe statistically significant changes catalase activity when exposed to LPS solutions. The content of malonaldehyde in *A. cepa* seedlings increased after LPS *P. syringae* treatment in concentrations of 5.0 and 2.5 mg/ml. The content of this product of lipid peroxidation in these conditions exceeds the benchmark of 1.8–3.7 times. **Conclusions.** It is established that the action of LPS *P. syringae* pv. *atrofaciens* increased peroxidase activity and increases the content of malondialdehyde in the plant cells. Phytotoxic and genotoxic activity of *P. syringae* pv. *atrofaciens* LPS may be due to the appearance of reactive oxygen species under the influence of studied biologically active substances.

*Key words:* *P. syringae* pv. *atrofaciens*, lipopolysaccharide, genotoxic activity phytotoxic activity, reactive oxygen species.

1. Богдан Ю.М., Буценко Л.М., Пасічник Л.А., Гвоздяк Р.І. Вивчення мутагенної активності ліпополісахариду *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* 9400 у *Allium cepa*-тесті // Наукові записки НаУКМА: Біологія та екологія. – 2008. – Том 80. – С. 22–26.
2. Богдан Ю.М., Буценко Л.М., Пасічник Л.А., Гвоздяк Р.І. Вплив ліпополісахариду *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* 9417 на процеси мутагенезу в про- та еукаріотній системах // Biopolymers and Cell. – 2010. – V. 26, N 1. – P. 23–28.
3. Варбанец Л.Д., Винарская Н.В. Структура, функция, биологическая активность эндотоксинов грамотрицательных бактерий // Сучасні проблеми токсикології. – 2002. – № 1. – С. 9–13.
4. Здоровенко Г.М., Яковлева Л.М., Гвоздяк Р.І., Захарова І.Я., Кошечкина Л.П. Выделение, химический состав и серологическая характеристика полисахарида *Pseudomonas wieringae* // Микробиологический журнал. – 1982. – Т. 44, № 4. – С. 65–70.
5. Колупаев Ю.Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. – 2007. – Вип. 3 (12). – С. 6–26.
6. Куцоконь Н.К., Безруков В.Ф., Лазаренко Л.М., Рашидов Н.М., Гродзинський Д.М. Кількість аберацій на аберантну клітину як параметр хромосомної нестабільності. 1. Характеристика дозових залежностей // Цитологія і генетика. – 2003. – Т. 37, № 4. – С. 20–25.
7. Куцоконь Н.К., Лазаренко Л.М., Безруков В.Ф., Рашидов Н.М., Гродзинський Д.М. Кількість аберацій на клітину як параметр хромосомної нестабільності. 2. Порівняльний аналіз впливу факторів різної природи // Цитологія і генетика. – 2004. – Т. 38, № 1. – С. 55–62.

8. *Сергеева Л.Е.* Изменение культурных клеток под воздействием стресса. – К.: Логос, 2001. – 98 с.
9. *Соловьева Т.Ф., Оводов Ю.С.* Липополисахарид-белковые комплексы внешней мембраны грамотрицательных бактерий // *Биоорганическая химия.* – Т. 9, № 6. – С. 725–733.
10. *Chen S., Schopfer P.* Hydroxyl-radical production in physiological reactions: A novel function of peroxidase // *European Journal of Biochemistry.* – 1999. – Vol. 260. – P. 726–735.
11. *Dalle-Donne I., Rossi R., Colombo R., Giustarini D., Milzani A.* Biomarkers of oxidative damage in human disease // *Clinical Chemistry.* – 2006. – Vol. 52. – P. 601–623.
12. *Dow M., Newman M.A., von Roepenack E.* The induction and modulation of plant defense responses by bacterial lipopolysaccharides // *Annual Review of Phytopathol.* – 2000. – Vol. 38. – P. 241–261.
13. *Gregory R.P.F.* A rapid assay for peroxidase activity // *Biochemical Journal.* – 1966. – Vol. 101. – P. 582–583.
14. *Karthikeyan M., Jayakumar V., Radhika K., Bhaskaran R., Velazhahan R., Alice D.* Induction of resistance in host against the infection of leaf blight pathogen (*Alternaria palandui*) in onion (*Allium cepa* var *aggregatum*) // *Indian Journal of Biochem. and Biophys.* – 2005. – Vol. 42. – P. 371–377.
15. *Kwon S.-I., Anderson A.J.* Differential production of superoxide dismutase and catalase isozymes during infection of wheat by a *Fusarium proliferatum*-like fungal isolate // *Physiological and Molecular Plant Pathology.* – 2001. – Vol. 58. – P. 73–81.
16. *Luck H.* Catalase // *Methods in enzymatic analysis* / H.-U. Bergmeyer ed. – London : Academic Press, 1963. – P. 855–894.
17. *Rank J., Nielsen M.H.* A modified *Allium* test as a tool in the screening of the genotoxicity of complex mixtures // *Hereditas.* – 1993. – Vol. 118. – P. 49–53.
18. *Suliman H.B., Carraway M.S., Piantadosi C.A.* Postlipopolysaccharide oxidative damage of mitochondrial DNA // *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* – 2003. – Vol. 167. – P. 570–579.
19. *Uchiyama M., Mihara M.* Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test // *Anal. Biochemistry.* – 1978. – Vol. 86, N 1. – P. 271–278.

Отримано 10.05.2016