

**І.В. Драгоров¹, Н.О. Леонова¹, С.В. Лапа¹, Л.А. Данкевич¹,
С.Ф. Падалко², Л.В. Бобик², Л.В. Авдєєва¹**

¹Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,
вул. Заболотного, 154, Київ МСП, 03680, Україна,
тел.: +38 (044) 526 24 09, e-mail: igordragovoz@ukr.net

²Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, вул. Васильківська, 31/17,
Київ, 03022, Україна

ФІТОСТИМУЛЮВАЛЬНА, АНТАГОНІСТИЧНА АКТИВНІСТЬ ТА БІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ШТАМУ *BACILLUS SUBTILIS* ІМВ В-7243

Мета. Дослідити природу фітостимулювальної активності екзометаболітів штаму *Bacillus subtilis* ІМВ В-7243, його антагоністичну активність та оцінити біологічну ефективність допосівної бактеризації сої в польових умовах. **Методи.** Фітогормональні сполуки визначали методом спектроденситометричної тонкошарової хроматографії, етилен – методом газової хроматографії, антагоністичну активність – методом радіальних штрихів проти збудників бактеріальних хвороб сої. **Результати.** Фітостимулювальна активність екзометаболітів *B. subtilis* ІМВ В-7243 зумовлена присутністю в їх складі фітогормонів-стимуляторів (ауксинів, цитокінінів). Показана здатність штаму проявляти середній та високий рівень антагонізму до збудників бактеріальних хвороб сої. **Висновки.** Наявність серед екзометаболітів фітогормонів-стимуляторів та певний рівень антагоністичної активності штаму *B. subtilis* ІМВ В-7243 щодо збудників бактеріальних хвороб сої позитивно впливає на біологічну ефективність в польових умовах.

Ключові слова: *Bacillus subtilis*, екзометаболіти, фітостимулювальна активність, фітогормони, антагоністична активність, соя.

Серед бактерій, що стимулюють ріст рослин (plant growth promoting rhizobacteria – PGPR-бактерії) на особливу увагу заслуговують аеробні споруотворювальні бактерії роду *Bacillus*, що характеризуються потужним біосинтетичним потенціалом в поєднанні з високою екологічною пластичністю (сапробіонти, епіфіти, ендofіти) [5, 7].

Відомо, що для PGPR-бактерій, зокрема, роду *Bacillus*, притаманним є позитивний (прямий і опосередкований) вплив на рослини. Вважається, що здатність до синтезу гормонів – одна з основних властивостей ризосферних, епіфітних, ендofітних і симбіотичних бактерій, що стимулюють ріст рослин [7, 9]. Тому дослідження фітостимулювальної та антагоністичної активностей бацил при створенні мікробних препаратів широкого спектру дії для рослинництва є досить актуальним.



У зв'язку з цим, метою роботи було дослідити природу фітостимулювальної активності екзометаболітів штаму *B. subtilis* ІМВ В-7243, його антагоністичну активність та оцінити біологічну ефективність допосівної бактеризації сої в польових умовах.

Матеріали і методи

Об'єктом дослідження був штаму *B. subtilis* ІМВ В-7243, що зберігається в Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Штаму виділений з ґрунту і є вільноіснуючим сапробіонтом. До його характерних особливостей слід віднести специфічну антагоністичну дію щодо фітопатогенних бактерій зернобобових культур. Як контроль використовували штаму-еталон *B. amyloliquefaciens* ІМВ В-7100, що є основою біопрепарату фітодоктор, дозволеного до використання в Україні, та застосовується для захисту зернобобових культур від хвороб.

Культивування *B. subtilis* ІМВ В-7243 проводили в колбах ємністю 750 мл при 200 об/хв за 37 °С впродовж 18–24 год на рідкому поживному синтетичному середовищі з рН до 6,5–7,0 такого складу (%): глюкоза – 2,00; натрію цитрат – 1,29; амонію фосфат двозаміщений – 4,75; калію фосфат однозаміщений – 9,60; натрію гідроксид – 0,18.

Середовище засівали 18-годинною культурою бацил в експоненційній фазі росту. Рідку культуру штаму *B. subtilis* ІМВ В-7243 з титром 10^9 КУО/мл центрифугували 30 хв при 15000g і температурі 4 °С. Надосадову рідину використовували для аналізу на загальну фітостимулювальну активність екзометаболітів, специфічного біотестування та якісного і кількісного визначення фітогормонів фізико-хімічними методами.

Для дослідження індукції ризогенезу використовували двотижневі живці квасолі сорту Лопата. Варіантами досліду були експериментально підібрані розведення 1:150, 1:200 культуральної рідини штаму *B. subtilis* ІМВ В-7243. За контроль слугували відстояна водопровідна вода та препарат-еталон – індоліл-3-оцтова кислота (ІОК) у концентрації 10^{-5} М. Основними показниками фізіологічної активності досліджуваних розчинів слугували: кількість коренів, маса коренів та довжина ділянки, що утворювала корені.

Позаклітинні фітогормони виділяли з культуральної рідини штаму *B. subtilis* ІМВ В-7243 методом перерозподілу фітогормонів у двох фазах розчинників, що не змішуються між собою як описано в роботі [2]. Отримані екстракти (випарені та перерозчинені в етанолі) використовували для специфічного біотестування (ауксинова активність) і подальшого хроматографічного аналізу фітогормонів.

Для визначення ауксинової активності застосовували відрізки колеоптилів озимої пшениці сорту Альбатрос одеський. Варіантами досліду були розведення екстрактів культуральної рідини *B. subtilis* ІМВ В-7243 1:200, 1:300, 1:400 та 1:500. За контроль слугували препарат-еталон – ІОК (10^{-5} М) та відстояна водогінна вода.



Отримані етанольні екстракти культуральної рідини *B. subtilis* ІМВ В-7243 використовували для проведення якісного і кількісного аналізу фітогормональних сполук методом спектроденситометричної тонкошарової хроматографії [8]. Кількісне визначення ауксинів, цитокінінів та абсцизової кислоти (АБК) проводили за допомогою сканувального спектроденситометра «Сорбфіл» (Росія). Кількість синтезованих позаклітинних фітогормонів розраховували у мікрограмах на грам абсолютно сухої біомаси (АСБ) продуцента.

Етилен визначали методом газової хроматографії [13]. Газову суміш аналізували на газовому хроматографі «Хром-5» (Чехія) з полум'яно-іонізаційним детектором (тверда фаза – β - β' оксидопропіонітрил). Кількість етилену розраховували за калібрувальним графіком, побудованим згідно розведень етилену і виражали у молях за годину на грам АСБ продуцента. Експерименти проводили у 5-ти кратній повторності.

Антагоністичні властивості штаму *B. subtilis* ІМВ В-7243 та штаму *B. amyloliquefaciens* ІМВ В-7100 визначали методом радіальних штрихів [4]. Як тест-культури збудників бактеріальних хвороб сої використовували штами: *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (збудник пустульного бактеріозу або іржаво-бурої плямистості), *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* (збудник кутастої плямистості), *Pseudomonas savastanoi* pv. *tabaci* (збудник дикого опіку), *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (збудник облямівчастої плямистості, поліфар) та *Pantoea agglomerans* (збудник смугастості стебла) у концентрації 10^7 КУО/мл. Зони затримки росту враховували через 24 год інкубації. Ступінь антагоністичної активності штамів визначали за розміром зон затримки росту культур фітопатогенних бактерій.

Польові досліді по визначенню ефективності дії штамів *Bacillus* проводили у дослідно-виробничому відділі ІФРГ НАН України, смт. Глеваха, Києво-Святошинський район. Насіння сої сорту Устя (сорт середньостійкий до бактеріальних хвороб) обробляли у вологий спосіб у день сівби суспензіями бактерій у концентрації 1×10^7 КУО/мл штаму *B. amyloliquefaciens* ІМВ В-7100 та *B. subtilis* ІМВ В-7243. Насіння висівали на ділянках площею $12,5 \text{ м}^2$ по 500 насінин на кожну. Повторність дослідів – 4-х кратна.

Динаміку захворювань та вплив біопрепаратів на врожайність сої аналізували відповідно до загальноприйнятих методик [6] у фазу сходів, цвітіння та наливу бобів. В польових умовах аналізували ураження рослин сої на кутасту плямистість, збудником якої є *P. savastanoi* pv. *glycinea*.

Для оцінки достовірності експериментальних даних, представлених в роботі, використовували параметричні критерії нормального розподілу, розраховуючи середнє арифметичне ($X_{\text{ср.}}$) і середнє квадратичне відхилення ($S_{\text{ср.}}$) за рівня значущості $<0,05$. Аналіз проводили із застосуванням пакета комп'ютерних програм *STATISTICA 6.0* і *Microsoft Excel*.



Результати і обговорення

За попередніх досліджень загальної ростової активності екзометаболітів штаму *B. subtilis* IMB B-7243 на зернових культурах (озима пшениця, кукурудза, ячмінь) встановлено, що розведення культуральної рідини у 50–100 разів підвищували лабораторну схожість насіння та стимулювали нагромадження надземної маси та коренів у 7-денних проростків (неопубліковані дані).

Отримані результати показали позитивний вплив екзометаболітів штаму *B. subtilis* IMB B-7243 на ризогенез квасолі сорту Лопата (табл. 1). Препарат-еталон ІОК підвищував середню кількість та масу коренів на 9–13% відносно контролю. Аналогічна стимуляція ризогенезу спостерігалася при дослідженні розведення надосадової рідини 1:150. Відбувалося збільшення кількості коренів на 9% і приріст їх біомаси на 11%, відповідно. Обробка рослин розведенням 1:200 призводила до значного приросту (на 21%) кількості утворених коренів, середня маса їх при цьому зростала порівняно з контролем на 17%. Отримані дані свідчать про наявність фітостимулювальних речовин ауксинової природи серед екзометаболітів штаму *B. subtilis* IMB B-7243.

Специфічну ауксинову активність екзометаболітів штаму *B. subtilis* IMB B-7243 визначали за допомогою біотестування. Так, при дослідженні ауксинової активності показано приріст довжини колеоптилів озимої пшениці сорту Альбатрос одеський з вираженою концентраційною залежністю (рис. 1), що свідчить про наявність у культуральній рідині штаму порівняно високої кількості ауксинів. Розведення екстракту у 200–500 разів призводило до стимуляції видовження колеоптилів на 8–22%, порівняно з контролем (вода). Максимальний прояв біологічної активності спостерігався за розведення екстракту у 400 разів, але він був дещо меншим за дії препарату-еталона ІОК (25%).

Таблиця 1

Вплив культуральної рідини *B. subtilis* IMB B-7243 на ризогенез живців квасолі сорту Лопата

Table 1

Influence of cultural liquid *B. subtilis* IMB B-7243 on bean cultivar Lopata rhizogenesis

Варіанти дослідів	Середня кількість коренів на рослину		Середня маса коренів на рослину	
	шт.	%	г	%
Контроль (обробка водою)	19,6±0,9	100	0,209±0,010	100
Індоліл-3-оцтова кислота, 10 ⁻⁵ М	22,1±1,3*	113	0,328±0,016*	109
Надосадова рідина <i>B. subtilis</i> IMB B-7243, розв. 1:150	21,4±1,2*	109	0,331±0,019*	111
Надосадова рідина <i>B. subtilis</i> IMB B-7243, розв. 1:200	23,8±1,7*	121	0,345±0,021*	117

Примітка: * – різниця достовірна відносно контролю при p<0,05.

Note: * – significant difference relative to control at p <0,05



Отже, отримані результати засвідчили присутність ауксинів серед екзо-метаболітів досліджуваного штаму, а прояв їх біологічної активності залежав від ступеня розведення екстракту.

Проведені дослідження показали, що штаму *B. subtilis* IMB B-7243 притаманний середній рівень синтезу ауксинів (121,6 мкг/г АСБ), серед яких фізіологічно активна ІОК складає лише 2,6% від загального пулу синтезованих сполук (рис. 2). Відомо, що здатність PGPR-бактерій синтезувати ауксини пов'язують зі стимуляцією росту коренів [15]. Для деяких видів рослин також показано, що низькі концентрації екзогенних ауксинів підвищують швидкість подовження коренів [14]. Ймовірно, досліджуваний нами сапробіонтний штам продукує ауксини за оптимальної для видовження коренів концентрації. На користь такого припущення свідчать результати, отримані при біотестуванні культуральної рідини.

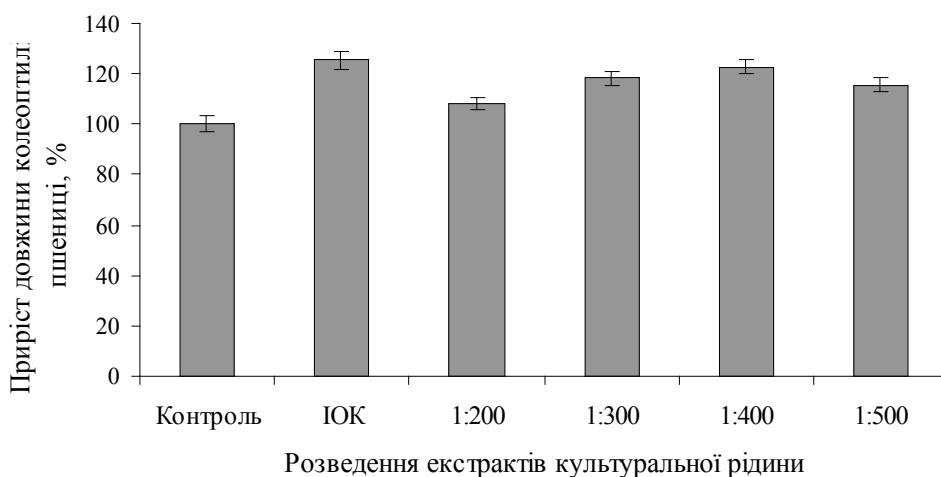


Рис. 1. Приріст довжини відрізків колеоптилів озимої пшениці сорту Альбатрос одеський за дії екстрактів культуральної рідини *B. subtilis* IMB B-7243 за 24 год

Fig. 1. Growth of winter wheat coleoptels (cultivar Albatros odeskyi) under the extract influence of cultural liquid *B. subtilis* IMB B-7243 for 24 hours

Нами показано, що штам здатний до синтезу досить високого рівня цитокинінів (312,8 мкг/г АСБ), серед пулу яких більше 80% представлено транспортною формою – зеатин-рибозидом (рис. 2). Отримані дані свідчать про біологічні особливості досліджуваного штаму бацил, пов'язані, ймовірно, з формуванням ефективних взаємовідносин з рослиною через обмін екзометаболітами. Відомо, що при інокуляції рослин цитокинін-синтезувальними бактеріями стимулюється накопичення біомаси як пагонів, так і коренів рослин [1].

Штам *B. subtilis* IMB B-7243 також синтезує невелику кількість фітогормонів-інгібіторів: АБК та етилену (рис. 2). Фізіологічна доцільність синтезу штамом АБК, ймовірно, може бути пов'язана з важливою її функцією

для рослини у регуляції водного режиму. Саме в такий спосіб АБК здатна позитивно впливати на ріст рослинних клітин шляхом розтягнення [12]. Тому позаклітинна АБК, що синтезується штамом (5,8 мкг/г АСБ), через кореневу систему може потрапляти до рослини і включатися в метаболізм.

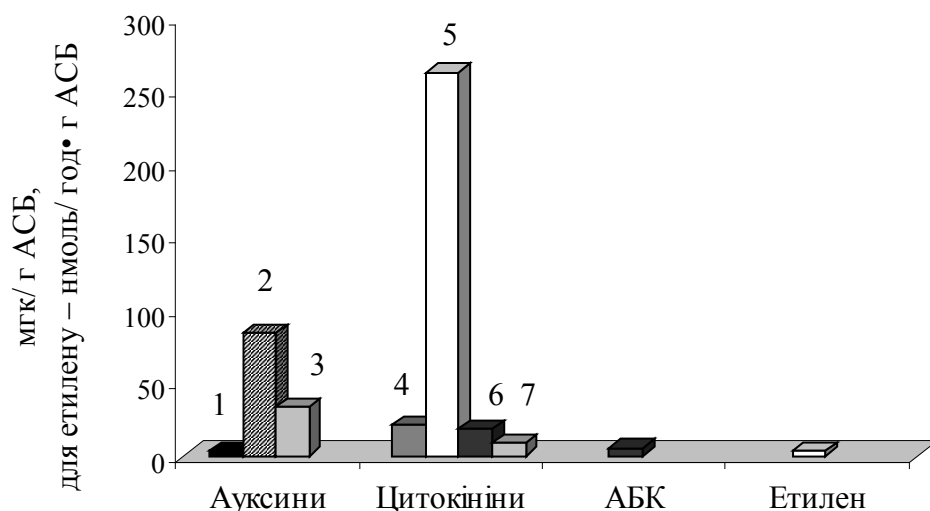


Рис. 2. Вміст позаклітинних фітогормонів-стимуляторів та інгібіторів у штаму *B. subtilis* IMB B-7243.

1 – ІОК; 2 – індол-карбінол; 3 – індоліл-3-оцтової кислоти гідразид; 4 – зеатин; 5 – зеатин-рибозид; 6 – ізопентеніладенін; 7 – ізопентеніладенозин.

Fig. 2. Extracellular phytohormones-stimulators and inhibitors content in *B. subtilis* IMB B-7243 strain.

1 – indole-3-acetic acid; 2 – indole-3-carbinol; 3 – indole-3-acetic hydrazide; 4 – zeatin; 5 – zeatin-riboside; 6 – isopentenyl adenine; 7 – isopentenyl adenosine.

Стосовно здатності штаму синтезувати екзогенний етилен (3,7 нмоль/год•г АСБ) слід зауважити, що доцільність його синтезу бацилами та вплив газоподібного гормону на рослину поки не зовсім зрозумілі. Зокрема відомо, що до синтезу етилену здатні певні види бактерій, а його низькі концентрації можуть стимулювати ріст рослин і перш за все – коренів [11]. З іншого боку, він відіграє важливу роль при формуванні системної стійкості до фітопатогенів, виконуючи роль сигнальних молекул [10]. Тому, яким чином екзогенний етилен в низьких концентраціях може впливати на рослину, особливо за дії стресових чинників – предмет подальших досліджень. Отже, штам *B. subtilis* IMB B-7243 в умовах *in vitro* здатний до синтезу трьох класів фітогормонів стимулювальної дії: ауксинів, цитокінінів та гіберелінів, що показано в попередніх дослідженнях [2]. Він продукує також екзогенні гормони-інгібітори: абсцизову кислоту та етилен. Щодо ролі окремих класів фітогормонів при формуванні асоціативних зв'язків, то вона різниться між собою. Тим не менше, результатом такої взаємодії

мікро- та макроорганізму є стимуляція росту і розвитку рослини, її захист від фітопатогенів та, як результат, стабілізація або підвищення продуктивності.

Раніше нами було досліджено антагоністичні властивості як еталонного штаму *B. amyloliquefaciens* IMB B-7100, так і досліджуваного *B. subtilis* IMB B-7243 щодо деяких колекційних штамів фітопатогенних бактерій і грибів – збудників бактеріальних та грибних хвороб зернобобових культур [3]. Враховуючи, що в структурі посівних площ зернобобових соя займає провідне місце і розглядається як одна із стратегічних та рентабельних культур, наступним етапом наших досліджень була перевірка в лабораторних та польових умовах ефективності використання штамів проти свіжевиділених збудників бактеріальних хвороб сої.

Встановлено, що штами *B. amyloliquefaciens* IMB B-7100, який використовували для порівняння біологічної активності, та *B. subtilis* IMB B-7243 мають порівняно високі рівні антагоністичної активності до всіх збудників найбільш шкодочинних захворювань сої (табл. 2).

Таблиця 2

**Антагоністична активність бактерій роду *Bacillus*
до збудників бактеріальних хвороб сої**

Table 2

**Antagonistic activity of genus *Bacillus* bacteria
to the agents of soybean bacterial diseases**

Тест культури	Зони затримки росту тест-культур, мм	
	<i>B. amyloliquefaciens</i> IMB B-7100	<i>B. subtilis</i> IMB B-7243
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>glycines</i> 8 штамів	25,0 ± 0,3	35,0 ± 0,5
<i>P. savastanoi</i> pv. <i>glycinea</i> , 4 штама	15,0 ± 0,4	15,0 ± 0,4
<i>P. savastanoi</i> pv. <i>tabaci</i> , 2 штама	8,0 ± 0,1	12,0 ± 0,2
<i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i> , 2 штама	10,0 ± 0,5	13,0 ± 0,4
<i>P. agglomerans</i> 2 штама	15,0 ± 0,2	20,0 ± 0,1

Примітка: різниця достовірна при $p < 0,05$ для всіх варіантів.

Note: the difference is significant at $p < 0,05$ for all variants.

Зокрема, обидва штами є високоактивними по відношенню до збудників пустульного бактеріозу та бактеріальної смугастості стебла сої. Крім того, вони є середньо- та низькоактивними до збудників решти бактеріальних захворювань сої (кутаста плямистість, дикий опік, тощо). Також слід відмітити, що рівень антагоністичної активності штаму *B. subtilis* IMB B-7243 до всіх збудників бактеріальних хвороб сої є дещо вищим порівняно з аналогічними показниками штаму *B. amyloliquefaciens* IMB B-7100.



Отримані в лабораторних умовах результати підтвердилися при проведенні польових досліджень. Зокрема, передпосівна обробка насіння сої штамми *B. amyloliquefaciens* IMB B-7100 та *B. subtilis* IMB B-7243 пригнічувала розвиток та поширення кутастої плямистості (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив передпосівної обробки насіння сої штамми *B. amyloliquefaciens* IMB B-7100 та *B. subtilis* IMB B-7243 на ураження збудником кутастої плямистості сої та її продуктивність

Table 3

Pretreatment of soybean seeds influence by strains *B. amyloliquefaciens* IMB B-7100 and *B. subtilis* IMB B-7243 on soybean lesion by angular spot pathogen and its productivity

Варіанти	Ураження рослин <i>P. savastanoi</i> pv. <i>glycinea</i>						Урожай, ц/га
	Поширення хвороби, %			Розвиток хвороби, %			
	фаза сходів	фаза цвітіння	фаза наливу бобів	фаза сходів	фаза цвітіння	фаза наливу бобів	
Контроль (обробка водою)	28,7±0,1	76,5±0,1	50,0±0,1	9,5±0,1	48,5±0,1	22,5±0,2	30,3
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> IMB B-7100	16,1±0,1	58,0±0,1	34,7±0,1	6,7±0,1	19,0±0,2	9,9±0,2	29,8
<i>Bacillus subtilis</i> IMB B-7243	8,1±0,2	37,5±0,2	20,6±0,1	1,1±0,1	12,6±0,3	11,8±0,2	33,6
НІР ₀₅							1,9

Примітка: різниця достовірна відносно контролю при $p < 0,05$ для штамів *B. amyloliquefaciens* IMB B-7100 і *B. subtilis* IMB B-7243; НІР₀₅ – найменша істотна різниця при 5% рівні значущості.

Note: significant difference relative to control at $p < 0,05$ for *B. amyloliquefaciens* IMV B-7100 and *B. subtilis* IMV B-7243 strains; LSD05 – the least significant difference at the 5% significance level.

Слід також відмітити, що обробка штамом *B. subtilis* IMB B-7243 була більш ефективною порівняно з аналогічною обробкою штамом *B. amyloliquefaciens* IMB B-7100 практично на всіх фазах онтогенезу сої. Ефективна допосівна бактеризація насіння в подальшому також позитивно вплинула і на продуктивність. Так, протягом вегетаційного періоду спостерігалось суттєве зниження ураження рослин збудником кутастої плямистості, результатом чого стало підвищення продуктивності сої на 3,3 ц/га (більш, ніж 10%). Обробка штамом, що є основою біопрепарату Фітодоктор, майже не вплинула на показник продуктивності, в той же час мав місце фітопротекторний ефект.

Таким чином, наявність серед екзометаболітів фітогормонів-стимуляторів та певний рівень антагоністичної активності штаму *B. subtilis* IMB B-7243 щодо збудників бактеріальних хвороб сої позитивно вплинули на продуктивність культури в польових умовах.



**И.В. Драгоров¹, Н.О. Леонова¹, С.В. Лапа¹, Л.А. Данкевич¹,
С.Ф. Падалко², Л.В. Бобик², Л.В. Авдеева¹**

¹Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины, ул. Заболотного, 154, Киев, 03680, Украина, тел.: +38 (044) 526 24 09, e-mail: igordragovoz@ukr.net

²Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, ул. Васильковская, 31/17, Киев, 03022, Украина

ФИТОСТИМУЛИРУЮЩАЯ, АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШТАММА *BACILLUS SUBTILIS* IMB B-7243

Реферат

Цель. Исследовать природу фитостимулирующей активности экзометаболитов штамма *Bacillus subtilis* IMB B-7243, его антагонистическую активность и оценить биологическую эффективность предпосевной бактеризации сои в полевых условиях. **Методы.** Фитогормональные соединения определяли методом спектроденситометрической тонкослойной хроматографии, этилен – методом газовой хроматографии, антагонистическую активность – методом радиальных штрихов против возбудителей бактериальных заболеваний сои. **Результаты.** Фитостимулирующая активность экзометаболитов *B. subtilis* IMB B-7243 обусловлена присутствием в их составе фитогормонов-стимуляторов (ауксинов, цитокининов). Показана способность штамма проявлять средний и высокий уровень антагонизма к возбудителям бактериальных болезней сои. **Выводы.** Присутствие среди экзометаболитов фитогормонов-стимуляторов и определенный уровень антагонистической активности штамма *B. subtilis* IMB B-7243 по отношению к возбудителям бактериальных болезней сои позитивно повлияют на биологическую эффективность в полевых условиях.

Ключевые слова: *Bacillus subtilis*, экзометаболиты, фитостимулирующая активность, фитогормоны, антагонистическая активность, соя.

**I.V. Dragovoz¹, N.O. Leonova¹, S.V. Lapa¹, L.A. Dankevich¹,
S.F. Padalko², L.V. Bobyk², L.V. Avdeeva¹**

¹Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NASU, 154, Zabolotny St., Kyiv, MSP 03680, Ukraine, tel.: +38 (044) 526 24 09, e-mail: igordragovoz@ukr.net

²Institute of Plant Physiology and Genetics, NASU, 31/17, Vasylykivska St., Kyiv, Ukraine, 03022

PHYTOSTIMULATING, ANTAGONISTIC ACTIVITY AND BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF STRAIN *BACILLUS SUBTILIS* IMB B-7243

Summary

Aim. Research of the exometabolites phytostimulating activity nature of the strain *Bacillus subtilis* IMB B-7243 and its antagonistic activity and estimation of the biological effectiveness of pre-bacterization soybean in the field experiment. **Methods.** Phytohormones were determined by spectrodensitometric thin layer chromatography,



ethylene – by gas chromatography method, antagonistic activity – by radial strokes against pathogens of soybean bacterial diseases. **Results.** Phytostimulating activity of the exometabolites *B. subtilis* IMB B-7243 due to the presence in their composition phytohormones-stimulants (auxins, cytokinins). The ability of the strain to demonstrate middle and high level of antagonism to the agents of soybean bacterial diseases has been shown. **Conclusions.** Presence of phytohormones-stimulants from the exometabolites and a certain level of the antagonistic activity of the strain *B. subtilis* IMB B-7243 with respect to the agents of soybeans bacterial diseases had a positive impact on the biological effectiveness in the field.

Key words: *Bacillus subtilis*, exometabolites, phytostimulating activity, phytohormones, antagonistic activity, soybean.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Архипова Т.Н., Веселов С.Ю., Мелентьев А.И., Мартыненко Е.В., Кудоярова Г.Р. Сравнение действия штаммов бактерий, различающихся по способности синтезировать цитокинины, на рост и содержание цитокининов в растениях пшеницы // Физиология растений. – 2006. – Т. 53, № 4. – С. 506–510.
2. Драговоз І.В., Леонова Н.О., Лапа С.В., Піскова О.В., Крючкова Л.О., Авдєєва Л.В. Синтез позаклітинних фітогормонів штамми *Bacillus*, виділеними з різних природних джерел // Мікробіол. журнал. – 2013. – 75, № 3. – С. 41–46.
3. Драговоз І.В., Пасічник Л.А., Жукова Д.А., Лапа С.В., Крючкова Л.О., Авдєєва Л.В. Антагоністична активність штамів *Bacillus amyloliquefaciens* – перспективних агентів біоконтролю зернових культур // Мікробіол. журнал. – 2014. – Т. 76, № 5. – С. 15–19.
4. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. – М.: Изво МГУ, 1994. – 512 с.
5. Кудоярова Г.Р., Курдиш И.К., Мелентьев А.И. Образование фитогормонов почвенными и ризосферными бактериями как фактор стимуляции роста растений // Изв. Уфимского науч. центра РАН. – 2011, № 3–4. – С. 5–16.
6. Методики випробування і застосування пестицидів // С.О. Трибель, Д.Д. Сігарьова, М.П. Секун, О.Р. Іващенко та ін. За ред. проф. С.О. Трибеля. – К.: Світ. – 2001. – 448 с.
7. Моргун В.В., Коць С.Я., Кириченко Е.В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение // Физиология и биохимия культ. растений. – 2009. – Т. 41, № 3. – С. 187–207.
8. Савинский С.В., Кофман И.Ш., Кофанов В.И., Стасевская И.Л. Методические подходы к определению фитогормонов с помощью спектроденситометрической тонкослойной хроматографии // Физиол. и биохим. культ. раст. – 1987. – Т. 19, № 2. – С. 210–215.
9. Цавкелова Е.А., Климова С.Ю., Чердынцева Т.А., Нетрусов А.И. Микроорганизмы – продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение // Прикл. биохим. микробиол. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 133–143.



10. *Çakmakçı R., Erat M., Erdoğan Ü., Dönmez M.F.* The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* – 2007. – 170, № 2. – P. 288–295.
11. *Dodd I.C., Zinovkina N.Y., Safronova V.I., Belimov A.A.* Rhizobacterial mediation of plant hormone status // *Ann. Appl. Biol.* – 2010. – 157. – P. 361–379.
12. *Fricke W., Akhiyarova G., Veselov D., Kudoyarova G.* Rapid and tissue-specific changes in ABA and in growth rate in response to salinity in barley leaves // *J. Exper. Botan.* – 2004. – 55. – P. 1115–1123.
13. *Kurchii B.A.* Acetylcholine and ethylene: do they share similar receptors and biological action? // *Ukr. Bioorganica Acta.* – 2009. – № 1. – P. 36–44.
14. *Silva T., Davies P.J.* Elongation rates and endogenous indoleacetic acid levels in roots of pea mutants differing in internode length // *Physiol. Plantarum.* – 2007. – 129. – P. 804–812.
15. *Spaepen S., Vanderleyden J., Remans R.* Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signalling // *FEMS Microbiol. Rev.* – 2007. – 31, № 4. – P. 425–448.

Стаття надійшла до редакції 08.09.2014 р.

