

## ВПЛИВ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ НА ЛІЗУЮЧУ АКТИВНІСТЬ ШТАМУ *BACILLUS* *AMILOLIQUEFACIENS* IMB B-7571

*Н.П. Рибальченко, М.А. Хархота, Л.В. Авдєєва*

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,  
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143, Україна  
e-mail: nrybalchenko@ukr.net*

**Мета.** Дослідити вплив умов культивування на лізуючу активність штаму *Bacillus amiloliquefaciens* IMB B-7571. **Методи.** Лізуючу активність досліджували при сумісному культивуванні штаму *B. amiloliquefaciens* IMB B-7571 і ціанобактерій *Anabaena hassalii*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae* у живильних середовищах LB, NBY та глюкозо-мінеральному. Визначення температурного та рН-оптимумів, дослідження ростової активності штаму *B. amiloliquefaciens* IMB B-7571 проводили за загальноприйнятими методами. **Результати.** Максимальна лізуюча активність штаму *B. amiloliquefaciens* IMB B-7571 проявлялась на 24-ту годину його культивування на середовищі LB. Рівень лізису тест-культур ціанобактерій досліджуваним штамом сягав 54,76 % щодо *M. aeruginosa*, 53,6% щодо *M. pulvereae* та 58,3% щодо *A. hassalii*. Біологічна активність штаму *B. amiloliquefaciens* IMB B-7571 суттєво залежить від температури його культивування та значення рН. Лізуюча активність реєструвалась за температури 35°C при рН 7,0. **Висновки.** Отримані результати сприятимуть подальшим дослідженням, спрямованим на створення біопрепарату з лізуючою активністю на основі досліджуваного штаму.

*Ключові слова:* *B. amiloliquefaciens*, лізуюча активність, ціанобактерії.

Протягом останніх десятиліть внаслідок урбанізації та зміни клімату евтрофікація (цвітіння) води стала серйозною проблемою в усьому світі [1]. Зростання чисельності ціанобактерій загрожує безпеці водних екосистем і призводить до економічних втрат через збільшення мутності води, видалення кисню, зменшення біорізноманіття водних організмів та зниження рекреаційної діяльності [2, 3].

Існує декілька підходів вирішення проблеми контролю цвітіння води. Зазвичай вони поділяються на три категорії: застосування фізичних методів, що включають ультрафіолетове опромінення, ультразвукову обробку [4, 5]; хімічних методів, а саме: використання традиційних алгіцидів –  $\text{CuSO}_4$  і хлорування; а також біологічних методів [6]. Перші два методи ефективні проти ціанобактерій, однак у них є певні недоліки, наприклад, висока вартість, вторинне забруднення водою та нецільове використання, токсичність для водних організмів та людей [7].

Останнім часом біологічні агенти контролю, такі як рослини, найпростіші, віруси та бактерії, привернули увагу дослідників через їх альгіцидний потенціал та екологічну безпеку [8]. Серед усіх організмів найбільш вагому роль у лізисі водоростей у водних екосистемах відіграють бактерії. Однак на прояв ними альгіцидної активності можуть негативно впливати чимало різних факторів.

В наших попередніх дослідженнях за результатами скринінгу, проведеного серед бактерій роду *Bacillus*, було відібрано штам *Bacillus sp.* 10.1., високоактивний щодо мікроскопічних водоростей *Anabaena hassalii*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae*. На основі фізіолого-біохімічних властивостей досліджуваний штам був віднесений до виду *B. amyloliquefaciens* та депонований у Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України як *Bacillus amyloliquefaciens* IMB B-7571. На основі нуклеотидної послідовності гену 16S рРНК, а також профілю поліморфних нуклеотидів штам віднесено до виду *Bacillus velezensis*, внесено та зареєстровано у GenBank під номером KX962173 [9].

З огляду на вищевикладене, метою нашої роботи було дослідження впливу умов культивування на лізуючу активність штаму *B. amyloliquefaciens* IMB B-7571.

**Матеріали і методи.** Об'єктом досліджень був штам *B. amyloliquefaciens* IMB B-7571, виділений з ґрунту, що має виражену альгіцидну активність щодо синьо-зелених водоростей *Anabaena hassalii*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae*.

Культури ціанобактерій були отримані з робочої колекції відділу антибіотиків Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Досліджувані штами мікроводоростей *Anabaena hassalii*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae* вирощували в 100 мл рідкого середовища BG-11 [10] за кімнатної температури 25 – 30°C без аерації і освітленні день-ніч 14 діб.

Для підбору живильного середовища, оптимального для росту і прояву альгіцидної активності штаму *B. amyloliquefaciens* IMB B-7571 використовували середовища: LB (Luria-Bertani) (г/л): пептон – 10,0, дріжджовий екстракт – 5,0, NaCl – 10,0, агар-агар – 1,05, рН – 7,0; Nutrient Broth Yeast extract (NBУ) (г/л): пептон – 8,0, дріжджовий екстракт – 3,0, агар-агар – 15,0, рН – 7,1; глюкозо-мінеральне середовище (г/л):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 9,6;  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  – 4,75;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,18; натрія цитрат – 1,29; глюкоза – 10, рН – 6,8.

Досліджуваний штам культивували у колбах об'ємом 750 мл на кругових качалках з частотою обертів 240 об/хв за температури 37°C 24 год. Культуральну рідину відокремлювали від біомаси центрифугуванням (6000 об/хв, 10 хв) [11] та використовували для дослідження альгіцидної активності.

Температурний оптимум для прояву альгіцидної активності штамом *B. amyloliquefaciens* IMB B-7571 визначали шляхом інкубації протягом 24 год на середовищі LB при різних значеннях температури: +25, 30 та 35°C.

Визначення рН-оптимуму проводили шляхом культивування досліджуваного штаму на тому ж середовищі із значеннями рН від 5,0 до 9,0 протягом 24 год. рН середовища доводили до відповідних значень за допомогою стерильних розчинів 0,5н NaOH та 0,1н HCl.

Вплив часу культивування на лізуючу активність штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 вивчали шляхом інкубації досліджуваного штаму протягом 24, 48 та 72 год на середовищі LB на кругових качалках з частотою обертів 240 об/хв за температури 37°C. На 24, 48 та 72 год вирощування культуральну рідину відокремлювали від біомаси центрифугуванням та використовували для дослідження лізуючої активності.

Лізуючу активність досліджували за інкубації ціанобактерій з центрифугатом культуральної рідини штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571. Для кількісної оцінки альгіцидного ефекту до рідкої культури синьо-зелених водоростей додавали центрифугат культуральної рідини у співвідношенні 1:1, після 24 год інкубації при 37 C<sup>0</sup> визначали остаточну оптичну густину (ОГ). Лізуючу активність визначали (ЛА) за формулою:

$$\text{ЛА (\%)} = \frac{\text{ОГ}_n - \text{ОГ}_T}{\text{ОГ}_n} \times 100$$

де ОГ<sub>n</sub> – оптична густина початкова, ОГ<sub>T</sub> – оптична густина після інкубації протягом T год відповідно.

Лізуючу активність вимірювали на спектрофотометрі при довжині хвилі 580 нм, контролем слугувало рідке LB середовище.

Лізуюча активність в наших експериментах вважалась високою, якщо оптична густина дорівнювала або була більша за 50% у порівнянні з контролем. Відповідно меншу за 50% лізуючу активність вважали низькою.

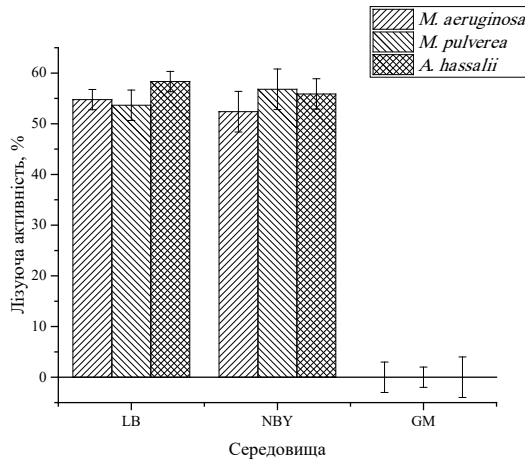
Ростову активність штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 в періодичній культурі досліджували на середовищі LB. Рідке поживне середовище LB засівали однодобовою культурою, що була вирощена на вищевказаному середовищі. Норма внесення інокуляту кожної культури бактерій складала 5%, що відповідало 10<sup>7</sup> колонієутворюючих одиниць на 1 мл середовища (КУО/мл).

Визначення концентрації життєздатних клітин проводили шляхом висіву 0,1 мл відповідного розведення на середовище LB з наступним підрахунком КУО в 1 мл культуральної рідини.

Статистичне опрацювання одержаних результатів здійснювали з використанням програмного пакета для персональних комп'ютерів *Microsoft Excel*. Достовірність результатів досліджень оцінювали за t-критерієм Стьюдента.

**Результати.** Відомо, що склад поживного середовища значно впливає на ріст та біосинтетичну активність мікроорганізмів. Досить часто ці показники не корелюють між собою. Тому для визначення впливу складу живильного середовища на ріст і альгіцидну активність штаму *Bacillus amiloligefaciens* IMB B-7571 вирощували на трьох різних середовищах – LB (Luria-Bertani), Nutrient Broth Yeast extract (NBY) та глюкозо-мінеральному середовищі.

Встановлено, що досліджуваний штам характеризувався високою ростовою активністю на всіх вказаних живильних середовищах, але по-різному проявляв лізуючу активність. Найбільш сприятливими для її прояву були середовища LB та NBY (рис.1).



**Рис.1.** Лізуюча активність штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571, вирощеного на різних живильних середовищах

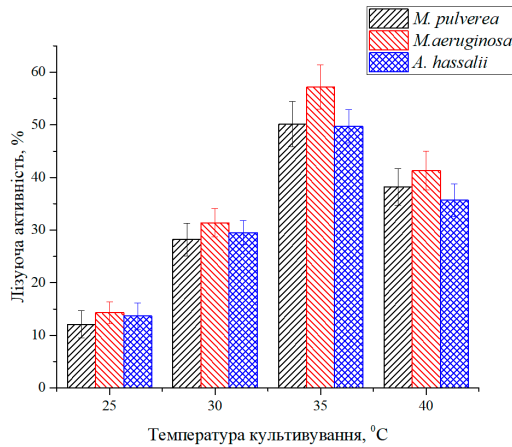
Штам, вирощений на середовищі LB, проявляв найвищу лізуючу активність щодо мікроскопічних водоростей *Microcystis aeruginosa*, *M. pulverea*, *Anabaena hassalii*. Рівень лізису тест-культур ціанобактерій досліджуваним штамом сягав 54,7 % щодо *M. aeruginosa*, 53,6% щодо *M. pulverea* та 58,3% щодо *A. hassalii* (рис. 1).

Також достатньо високі значення альгіцидної активності зареєстровані при рості досліджуваного штаму на середовищі NBY. Лізуюча активність за цих умов щодо тест-культур ціанобактерій коливалась в межах 52,3 – 56,8 %. Незважаючи на інтенсивний ріст *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 на глюкозо-мінеральному середовищі, досліджуваний штам не проявляв альгіцидну активність.

Отже, найбільш сприятливими для продукції екзометаболітів з альгіцидною активністю виявилися середовища LB та NBY, які мають схожий склад та містять достатню кількість пептону та дріжджового екстракту.

Температура і рН середовища, оптимальні для росту мікроорганізмів, здебільшого є оптимальними і для синтезу вторинних метаболітів. Для оцінки впливу температури на продукцію штамом *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 екзометаболітів з альгіцидною активністю досліджуваний штам культивували при різних температурах: +25, 30, 35°C, а отриману в цих умовах культуральну рідину використовували в подальших дослідках. Отримані результати свідчать, що лізуюча активність культуральної рідини штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 значно залежить від температури культивування (рис. 2).

Так, за температури +25 та +30°C лізуюча активність була низькою та не перевищувала 31 %. Оптимальною температурою для синтезу досліджуваним штамом екзометаболітів з альгіцидною активністю є 35°C. Лізуюча активність за цих умов щодо тест-культур ціанобактерій коливалась в межах 49,7 – 57,2 %. Слід відзначити, що рівень альгіцидної активності, який спостерігався при даній температурі, залишається незмінним протягом тривалого часу. При підвищенні температури культивування до 40°C і вище альгіцидна активність культуральної рідини знижувалась порівняно з відповідними показниками при 35° C. Таким чином, біологічна

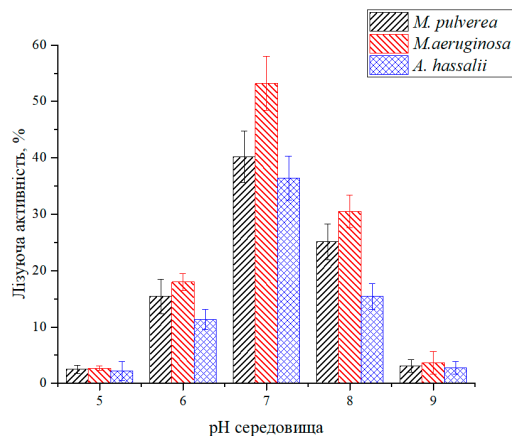


**Рис.2.** Вплив температури культивування на лізуючу активність штаму *B. amiloliquefaciens* IMB B-7571

активність штаму *B. amiloliquefaciens* IMB B-7571 суттєво залежить від температури його культивування.

Ще одним не менш важливим фактором, який впливає на синтез метаболітів з альгіцидною активністю досліджуваного штаму *B. amiloliquefaciens* IMB B-7571, є початкова кислотність середовища культивування (рис. 3).

Було встановлено, що лізуюча активність культуральної рідини штаму поступово збільшувалась при підвищенні початкового рН середовища культивування від 5,0 до 7,0. За вирощування досліджуваного штаму бактерій при рН 7,0 лізуюча активність була найбільшою і становила 53,2 % щодо *M. aeruginosa*, 40,2 % щодо *M. pulvereae* та 36,4 % щодо *A. hassalii*. При зміні рН в обидва боки від оптимального рівень його альгіцидної активності знижувався. Кислотні значення рН (нижче 5,0), а також лужні (вище 9,0) були несприятливими для синтезу досліджуваним штамом екзометаболітів з альгіцидною активністю.



**Рис. 3.** Вплив рН середовища культивування на лізуючу активність штаму *B. amiloliquefaciens* IMB B-7571

На синтез альгіцидів та прояв штамом-продуцентом лізуючої активності впливала також тривалість культивування досліджуваного штаму. Максимальний ступінь лізису в наших експериментах спостерігався на 24-ту годину культивування ціанобактерій *M. aeruginosa* з центрифугатом культуральної рідини штаму *B. amiloliguefaciens* ІМВ В-7571 та становив 56%. Значно нижчою лізуюча активність за таких умов була щодо *M. pulverea* – 22,7 % та *A. hassalii* – 31,4 % (рис. 4).

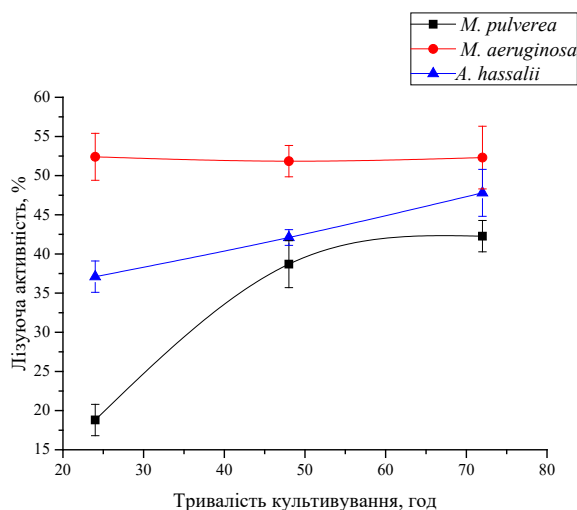


Рис. 4. Залежність ступеня лізису клітин ціанобактерій від тривалості культивування штаму *B. amiloliguefaciens* ІМВ В-7571

При подальшому культивуванні протягом 48 та 72 год лізуюча активність щодо *M. aeruginosa* залишалась незмінною та була на рівні 56%. Для інших тест-культур ціанобактерій – *M. pulverea* та *A. hassalii* – лізуюча активність поступово підвищувалась на 48 год культивування та становила 41,9 і 36,8 % відповідно, на 72 год – 43,0 і 38,4 % відповідно.

За вирощування досліджуваного штаму методом періодичного глибинного культивування в оптимальних умовах виділяють фази росту бактеріальної популяції, що характеризують загальну закономірність росту і розмноження бактеріальних клітин. В наших експериментах відмічено, що експоненційній фазі росту культури передувала лаг-фаза тривалістю до 3 год. Логарифмічна фаза росту штаму *B. amiloliguefaciens* ІМВ В-7571 закінчувалася на 10 год культивування. Далі культура вступала у фазу уповільнення росту, яка продовжувалася близько 2 год, після чого досліджуваний штам переходив до стаціонарної фази росту, що закінчувалася на 18 год культивування і змінювалася фазою відмирання. Максимальна концентрація бактеріальних клітин становила  $4,6 \pm 0,2 \times 10^9$  КУО/мл на 18 год культивування на середовищі LB при рН 7,0 і температурі 35° С. Отримані дані характерні для бактерій роду *Bacillus* та вказують на швидке старіння культури.

Слід відзначити, що протягом 36 год культивування штаму *B. amiloliguefaciens* ІМВ В-7571 рН середовища знижувалося від  $7,0 \pm 0,3$  до  $6,3 \pm 0,2$  відповідно, що вказує на розкладання вуглеводів з утворенням органічних

кислот. Спороутворення штаму бацил розпочиналося на 19 год культивування відповідно. На 36 годину культивування 15 % бактеріальних клітин утворювали ендоспори, тоді як відомо, що для більшості бактерій роду *Bacillus* відповідний показник становить близько 90%. Ростові показники штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 представлені в табл. 1.

**Таблиця 1**

**Ростові показники штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 впродовж логарифмічної фази росту**

Штам	Кількість життєздатних клітин, КУО/мл	Кількість клітинних поділів	Час генерації, год	Питома швидкість росту, год <sup>-1</sup>
<i>B. amiloligefaciens</i> IMB B-7571	4,6±0,2×10 <sup>9</sup>	7,5±0,15	0,8±0,06	0,8±0,05

Таким чином, аналізуючи одержані результати, ми встановили, що на продукування штамом *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 екзометаболітів з альгіцидною активністю впливають різні умови культивування, такі як температура, рН, тривалість культивування та живильне середовище. Дослідження вищевказаних параметрів дало нам змогу встановити оптимальні умови культивування для прояву досліджуванним штамом альгіцидної активності.

**Обговорення.** Застосування альгіцидних бактерій є одним із перспективних шляхів конторолі «цвітіння» води. Однак багато різних факторів можуть впливати на прояв ними альгіцидної активності [12, 13].

Відомо, що на ріст та продукування вторинних метаболітів мікроорганізмів значною мірою впливають джерела вуглецевого, азотного живлення та деякі іони металів [14]. Але досить часто певні штами бацил, вирощені на середовищах, що забезпечують їм найкращий ріст, не проявляють високого рівня біологічної активності. Тому підбір середовища культивування – важливий та необхідний етап біотехнологічних досліджень. Співвідношення компонентів живильного середовища може різко змінювати ріст і біосинтетичну активність мікроорганізмів.

Найкращими джерелами вуглецевого та азотного живлення для більшості мікроорганізмів є глюкоза і пептон. Дріжджовий екстракт найчастіше доповнює пептон у складі живильних середовищ для культивування різних мікроорганізмів. Досліджуваний штам *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 активно накопичував біомасу на всіх використаних живильних середовищах, однак альгіцидна активність була відмічена на середовищах LB та NBY, де в якості джерела азоту виступає пептон. Отже, в наших експериментах живильні середовища на основі пептону або дріжджового екстракту є оптимальними для росту штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 та продукції ним екзаметаболітів з альгіцидною дією. Застосування простих цукрів як єдиних джерел вуглеводів у поживному глюкозо-мінеральному середовищі в наших експериментах сприяло накопиченню біомаси бацил, однак не стимулювало прояв ними альгіцидної активності.

Температура, як один з важливих чинників, регулює ріст мікроорганізмів, чинить вплив не лише на швидкість розмноження клітин, але і на інтенсивність біосинтетичних процесів в них, та в кінцевому результаті – на склад продуктів, що синтезуються. Крім того, температура може впливати та активність ферментів з альголітичною активністю. Кислотність і лужність поживного середовища також можуть впливати на активність бактерій, які лізують водорості. За нашими даними, оптимальне рН, при якому *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 лізує клітини ціанобактерій, знаходиться в діапазоні рН 7,0 – 8,0, що підтверджує дані літератури про те, що саме рН 7,5 – 8,5 є сприятливим для росту альгіцидних бактерій та прояву ними їх лізуючої активності щодо ціанобактерій [17].

За даними літератури, бактерії роду *Bacillus* здатні продукувати екзо-метаболіти білкової природи, зокрема, лізуючі ферменти, похідні амінокислот (дикетопіразини) та значно рідше індольні чи фенольні речовини, які також можуть бути продуктами метаболізму амінокислот. Досліджуваний нами штам *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 також продукує активні метаболіти, які значно впливають на ріст клітин ціанобактерій. Лізис тест-культур ціанобактерій залежить від тривалості культивування штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571. Максимальний ступінь лізису в наших експериментах спостерігався на 24 год культивування ціанобактерій *M. aeruginosa* з центрифугатом культуральної рідини штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571 та становив 56%. Слід відзначити, що лізуюча активність штаму щодо ціанобактерій *M. aeruginosa* зберігається на рівні 56% на 48 і 72 год культивування. Для інших тест-культур ціанобактерій *M. pulvereae* та *A. hassalii* рівень лізису був нижчим і не перевищував 43%. Це пояснюється тим, що альгіцидні бактерії мають видову та штамову специфічність та можуть по-різному проявляти лізуючу активність щодо різних культур мікрободоростей.

Як правило, альгіцидні бактерії пригнічують ріст водоростей або лізують клітини водоростей шляхом прямої або непрямой дії. Більшість альгіцидних бактерій інгібують або лізують ріст водоростей шляхом секреції позаклітинних сполук, які токсичні для клітин водоростей [18]. Тільки деякі альгіцидні бактерії пригнічують ріст водоростей через безпосередній контакт або проникнення в клітину водоростей [19]. В культуральній рідині штаму *B. amiloligefaciens* IMB B-7571, звільненій від бактеріальних клітин, присутні певні бактеріальні метаболіти, які і забезпечують альгіцидну активність досліджуваних бацил. Тобто, альгіцидний ефект не пов'язаний з безпосереднім контактом бактеріальної клітини з клітиною водоростей, а в повній мірі залежить від екзометаболітів бактерій роду *Bacillus*.

Отримані результати будуть сприяти подальшим дослідженням, спрямованим на створення біопрепарату з лізуючою активністю на основі досліджуваного штаму.



# ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ЛИЗИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ ШТАММА *BACILLUS AMILOLIQUEFACIENS* ИМВ В-7571

Н.П. Рыбальченко, М.А. Хархота, Л.В. Авдеева

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

## Резюме

**Цель.** Исследовать влияние условий культивирования на лизирующую активность штамма *Bacillus amiloliquefaciens* ИМВ В-7571. **Методы.** Лизирующую активность исследовали при совместном культивировании штамма *B. amiloliquefaciens* ИМВ В-7571 и цианобактерий *Anabaena hassalii*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae* в питательных средах LB, NBY и глюкозо-минеральной среде. Определение температурного и pH-оптимумов, исследование ростовой активности штамма *B. amiloliquefaciens* ИМВ В-7571 проводили согласно общепринятым методикам. **Результаты.** Максимальная лизирующая активность штамма *B. amiloliquefaciens* ИМВ В-7571 проявлялась на 24-й час его культивирования на среде LB. Уровень лизиса тест-культур цианобактерий исследованным штаммом достигал 54,76 % относительно *M. aeruginosa*, 53,65% – *M. pulvereae* и 58,33% – *A. hassalii*. Биологическая активность штамма *B. amiloliquefaciens* ИМВ В-7571 существенно зависит от температуры его культивирования и значения pH. Лизирующая активность регистрировалась при температуре 35°C при pH 7,0. **Выводы.** Полученные результаты будут способствовать дальнейшим исследованиям, направленным на создание биопрепарата с лизирующей активностью на основе изученного штамма.

**Ключевые слова:** *B. amiloliquefaciens*, лизирующая активность, цианобактерии.

# INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS ON LYSING ACTIVITY OF *BACILLUS AMILOLIQUEFACIENS* STRAIN IMV-7571

N.P. Rybalchenko, M.A. Kharkhota, L.V. Avdeeva

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine,  
154 Akad. Zabolotny Str., Kyiv, 03143, Ukraine

## Summary

**Aim.** To investigate the influence of cultivation conditions on lysing activity of *Bacillus amiloliquefaciens* strain IMV B-7571. **Methods.** Lysing activity was determined by co-cultivating the strain *B. amiloliquefaciens* IMV B-7571 and cyanobacterium *Anabaena hassalii*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae* in LB, NBY and glucose-mineral nutrient media. Determination of temperature and pH-optimum, study of the growth activity of strain *B. amiloliquefaciens* IMV B-7571 were studies by conventional methods. **Results.** The most lysis activity of strain *B. amiloliquefaciens* IMV B-7571 was at the 24th hour of its cultivation on LB medium. The level of lysis of test cultures cyanobacteria by the strain *B. amiloliquefaciens* IMV B-7571 was 54.76% for *M. aeruginosa*, 53.65% for *M. pulvereae* and 58.33% for *A. hassalii*. The biological activity of strain *B. amiloliquefaciens* IMV B-7571 significantly depends on its cultivation temperature and pH. Lysing activity

was recorded at a temperature of 35°C at pH 7.0. **Conclusions.** The obtained results will contribute to further research aimed at developing a biological bioproduct with lysing activity based on strain *B. amyloliquefaciens* IMV B-7571.

*Keywords:* *B. amyloliquefaciens*, lysing activity, cyanobacteria.

1. Huanling X., Xianzhu D., Jing L., Xiaohui Z., Caiyun Y., Feng L. A *Bacillus* sp. strain with antagonistic activity against *Fusarium graminearum* kills *Microcystis aeruginosa* selectively. *Science of the Total Environment*. 2017; 5(3):155-62.
2. Carmichael W.W., Boyer G.L. Health impacts from cyanobacteria harmful algae blooms: implications for the North American great lakes. *Harmful Algae* 2016; 54:194–212.
3. Rastogi R.P., Madamwar D., Incharoensakdi A. Bloom dynamics of cyanobacteria and their toxins: environmental health impacts and mitigation strategies. *Front. Microbiol.* 2015; 6:1254.
4. Ou H., Gao N., Deng Y., Qiao J., Wang, H. Immediate and long-term impacts of UVC irradiation on photosynthetic capacity, survival and microcystin-LR release risk of *Microcystis aeruginosa*. *Water Res.* 2012; 46:1241–1250.
5. Shao J., Li R., Lepo J.E., Gu J.D. Potential for control of harmful cyanobacterial blooms using biologically derived substances: problems and prospects. *J. Environ. Manag.* 2013; 125:149-155.
6. Moreira C., Ramos V., Azevedo J., Vasconcelos V. Methods to detect cyanobacteria and their toxins in the environment. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2014; 98:8073–8082.
7. Zheng X., Zhang B., Zhang J., Huang L., Lin J., Li X., et al. A marine algicidal actinomycete and its active substance against the harmful algal bloom species *Phaeocystis globosa*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2013; 97:9207–9215.
8. Zhang B. H., Ding Z. G., Li H. Q., Mou X. Z., Zhang Y. Q., Yang J. Y., et al. Algicidal activity of *Streptomyces eurocidicus* JXJ-0089 metabolites and their effects on *Microcystis* physiology. *Appl. Environ. Microbiol.* 2016; 82:5132–5143.
9. Rybalchenko N.P., Kharkhota M.A., Zelena L.B., Avdeeva L.V. Taxonomic position of the strain *Bacillus* sp. 10.1 as effective algicidal agent. *Microbiol. Z.* 2017; 79(6):95–104.
10. Steiner R.Y., Kunisawa R., Mandel M., Cohen-Bazire G. Purification and properties of unicellular blue-green algae (Order *Chroococcales*). *Bacteriol. Rev.* 1971; 35:171–205.
11. Haiyan P., Wenrong H. Litic characteristics and identification of two alga-lysing bacterial strains. *J. of Ocean University of China*. 2006; 5(4):368–374.
12. Nakamura N., Nakano K., Sugiura N., Matsumura M. A novel cyanobacteriolytic bacterium, *Bacillus cereus*, isolated from a eutrophic lake. *J Biosci Bioeng.* 2003; 95:179–184.
13. Mu R.M., He Y.J., Liu S.X., Wang X.R., Fan Z.Q. The algicidal characteristics of one algae-lysing FDT5 bacterium on *Microcystis aeruginosa*. *Geomicrobiol. J.* 2009; 26:516–521.
14. Pirog T.P., Kuzminska U.V. Influence of conditions of cultivation of microorganisms - producers of exopolysaccharides and their synthesis and physical and chemical properties. *Biopolymers and cell.* 2003; 19(5):393–413.

15. Ruimin M., Yujie H., Sixiu L., Xiangrong W., Zhengqiu F. The Algicidal Characteristics of One Algae-Lysing FDT5 Bacterium on *Microcystis aeruginosa*. Geomicrobiology Journal. 2009; 26:516–521.
16. Tujimura S., Ishikawa K., Tsukada H. Effect of temperature on growth of the cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* in Lake Biwa and Lake Yogo. Phycol. Res. 2001; 49:275–280.
17. Li H.J., Hao M.L., Liu J.X., Chen C., Fan Z.Q., Wang X.R. Effect of pH on biologic degradation of *Microcystis aeruginosa* by alga-lysing bacteria in sequencing batch biofilmreactors. Front Environ Sci Eng. 2012; 6:224–230.
18. Ren H., Zhang P., Lui C., Xue Y., Lian B. The potential use of bacterium strain R219 for controlling of the bloom-forming cyanobacteria in freshwater lake. World J. Microbiol. Biotechnol. 2010; 26:465–472.
19. Lei X., Li D., Li Y., Chen Z., Chen Y., Cai G., Yang X. et al. Comprehensive insights into the response of *Alexandrium tamarense* to algicidal component secreted by a marine bacterium. Frontiers in Microbiology. 2015; 6:1–12.

Отримано 21.01.2019