

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ШТАММЫ *BACILLUS SUBTILIS*, ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЯКУТИИ

Тарабукина Н.П., (✉) Былгаева А.А., Степанова А.М., Парникова С.И., Неустроев М.П.

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова –
Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук»

Якутск, Россия

(✉) e-mail: agrobiotex@mail.ru

Скрининг природных микроорганизмов, обладающих сочетанием антагонистической и ферментативной активности, – одна из основных задач в разработке агробиотехнологических препаратов. С целью поиска перспективных в современной биотехнологии штаммов бактерий рода *Bacillus* проведены микробиологические исследования мерзлотных почв Центральной Якутии. Из среднесуглинистой мерзлотной почвы Хангаласского улуса выделено 14 изолятов. Из них три изолята при идентификации по физиолого-биохимическим свойствам отнесены к виду *Bacillus subtilis*, что подтверждено молекулярно-генетическими исследованиями по 16S pPNK. Установлено, что новые штаммы *B. subtilis* Bac-1p, *B. subtilis* Bac-2p, *B. subtilis* Bac-4p обладают выраженными антагонистическими свойствами по отношению к возбудителям сальмонеллезных и стрептококковых инфекций: *Sal. abortus equi* БН-12, *Str. equi* 5/1. Новые штаммы способны также к выработке ряда гидролитических ферментов (амилаза, ксиланаза, фитаза). В качестве контроля при определении количественных показателей ферментативной активности использованы штаммы бактерий *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5. Данные штаммы депонированы в коллекции микроорганизмов, используемых в животноводстве и в ветеринарии и являющихся основой пробиотических препаратов. Установлено, что штаммы *B. subtilis* Bac-1p, *B. subtilis* Bac-2p, *B. subtilis* Bac-4p по амилазной активности несколько уступают контрольным штаммам, но по ксиланазной и фитазной активности значительно их превосходят. Результаты проведенных исследований показали перспективность новых штаммов *B. subtilis* для дальнейшего изучения и возможность использования при разработке биологических препаратов для сельского хозяйства.

Ключевые слова: *Bacillus subtilis*, культурально-морфологические свойства, антагонистическая активность, ферментативная активность, амилаза, ксиланаза, фитаза

NEW PROMISING STRAINS OF *BACILLUS SUBTILIS* ISOLATED FROM FROZEN SOILS OF YAKUTIA

Tarabukina N.P., (✉) Byлгаева A.A., Stepanova A.M., Parnikova S.I., Neustroev M.P.

M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture - Division of Federal Research
Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”
Yakutsk, Russia

(✉) e-mail: agrobiotex@mail.ru

Screening of natural microorganisms possessing a combination of antagonistic and enzymatic activities is one of the main tasks in the development of agrobiotechnological preparations. Microbiological studies of permafrost soils of Central Yakutia were carried out with the aim of finding bacterial strains of the *Bacillus* genus that are promising in modern biotechnology. 14 isolates were isolated from the middle loamy permafrost soil of the Khangalassky ulus. Of these three isolates were identified as *Bacillus subtilis* species by their physiological and biochemical properties which was confirmed by molecular genetic studies on 16S pPNK. The new strains of *B. subtilis* Bac-1p, *B. subtilis* Bac-2p, and *B. subtilis* Bac-4p were found to possess marked antagonistic properties against Salmonellosis and streptococcal pathogens: *Sal. abortus equi* BN-12, *Str. equi* 5/1. New strains are also capable of producing a number of hydrolytic enzymes (amylase, xylanase, phytase). *B. subtilis* TNP-3 and *B. subtilis* TNP-5 bacterial strains were used as controls for determining quantitative indicators of enzymatic activity. These strains are deposited in the

collection of microorganisms used in animal husbandry and veterinary medicine and are the basis of probiotic preparations. *B. subtilis* Bac-1p, *B. subtilis* Bac-2p, and *B. subtilis* Bac-4p strains were found to be somewhat inferior to the control strains in amylolytic activity, but they were significantly superior in xylanase and phytase activities. The results of these studies have shown the potential of new *B. subtilis* strains for further study and the possibility of using them in the development of biological preparations for agriculture.

Keywords: *Bacillus subtilis*, cultural and morphological properties, antagonistic activity, fermentation activity, amilase, xylanase, phytase

Для цитирования: Тарабукина Н.П., Былгаева А.А., Степанова А.М., Парникова С.И., Неустроев М.П. Новые перспективные штаммы *Bacillus subtilis*, выделенные из мерзлотных почв Якутии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 2. С. 85–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-2-11>

For citation: Tarabukina N.P., Bylgaeva A.A., Stepanova A.M., Parnikova S.I., Neustroev M.P. New promising strains of *Bacillus subtilis* isolated from frozen soils of Yakutia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 2, pp. 85–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-2-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Спорообразующие бактерии рода *Bacillus* – перспективная группа микроорганизмов, которые продуцируют широкий спектр биологически активных веществ (БАВ): антибиотики, ферменты, регуляторы роста и другие соединения с антимикробными и ростостимулирующими свойствами [1]. Способность *Bacillus* к синтезу веществ антибиотической природы – один из ключевых факторов, определяющих природу антагонизма. Продукция БАВ обуславливает высокую бактерицидную и бактериостатическую активность в отношении патогенных грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также фунгицидную активность в отношении фитопатогенных грибов. В последние годы учеными активно исследуется комплекс литических ферментов бацилл как один из факторов, участвующих в проявлении антагонизма. Бактерии рода *Bacillus* привлекают внимание исследователей вследствие широкого распространения в природе, цикла развития, необычной устойчивости их спор к химическим, физическим и биологическим агентам. В настоящее время штаммы *Bacillus* используют для получения ферментов, антибиотиков, высокоочищенных биопрепаратов, моющих

дезинфицирующих средств, пробиотиков, биоинсектицидов, включая пищевые добавки и функциональные продукты питания.

Исследование ферментов имеет практическое значение в связи с их высокой каталитической активностью. К ферментам, имеющим высокую каталитическую активность при низких температурах, относят амилазы, липазы, протеазы, лактамазы, целлюлазы, ксиланазы, хитиназы и пектиназы. Большой интерес для исследователей представляют холодоактивные протеазы, нашедшие широкое применение в пищевой, фармацевтической промышленности, в производстве детергентов [2]. Вторую по значимости группу ферментов составляют амилазы, используемые в пищевой, текстильной и бумажной промышленности. Третья группа широко применяемых ферментов представлена липазами, выполняющими роль биокатализаторов в пищевой, бумажной и текстильной промышленности, производстве детергентов и др. [3].

В настоящее время актуален поиск наиболее перспективных микроорганизмов – высокоактивных продуцентов ферментов, так как производство препаратов на их основе занимает одно из ведущих мест в современной биотехнологии.

Цель исследования – определить перспективные штаммы микроорганизмов *Bacillus subtilis*, выделенных из мерзлотных почв Якутии.

Задачи исследования:

- идентифицировать по физиолого-биохимическим свойствам изоляты выделенных штаммов *B. subtilis*;
- изучить их антагонистические свойства;
- определить их ферментативную активность.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изоляты аэробных спорообразующих бактерий рода *Bacillus* выделены из образцов мерзлотной среднесуглинистой почвы Хангаласского района Республики Саха (Якутия), отобранных с использованием метода точечных проб, согласно ГОСТу¹.

Идентификацию изолятов бактерий рода *Bacillus* проводили по классификации, предложенной Gordon². При изучении культурально-морфологических свойств использовали микроскопию мазков выделенных и окрашенных по Граму изолятов. Подвижность выделенных бактерий определяли методом висячей капли. Наличие глобул в протоплазме клеток культур устанавливали с использованием мясо-пептонного агара (МПА) с 1%-й глюкозой. Галофильность определяли на мясо-пептонном бульоне (МПБ) с содержанием 2 и 7% хлористого натрия. Определение ацетилметилкарбинола, промежуточного продукта, образующегося при распаде глюкозы, – с помощью реакции Фогес-Проскауэра (среда Кларка).

Гидролиз крахмала изучали на картофельно-пептонном агаре с раствором люголя по появлению/отсутствию светлых зон гидролиза крахмала. Гидролиз казеина исследовали на молочном агаре по появлению зон гидролиза (прозрачных).

Для изучения антагонистической активности спорообразующих аэробных бактерий рода *Bacillus* использовали ГМФ – агар (ТУ 9385-058-39484474–2009) и ГМФ – бульон (ТУ 9385-059-39484474–2009). В качестве тест-культур использовали депонированные во Всероссийской коллекции микроорганизмов (ВГНКИ ветеринарных препаратов, Москва) штаммы бактерий *Salmonella abortus equi* БН-12, *Streptococcus equi* 5/1, предоставленные лабораторией ветеринарной биотехнологии Якутского НИИСХ.

Изучение антагонистической активности изолятов проводили диффузным способом на агаровой пластинке, содержащей односуточные бульонные культуры тест-штаммов: МПА – для сальмонелл и МПА с добавлением 1%-й глюкозы, а также 10%-й сыворотки крови лошадей – для стрептококков. Затем с помощью стерильного пробойника делали лунки диаметром 7 мм, на которые вносили 0,3–0,5 мл культуральной жидкости выделенных изолятов, для контрольной чашки в лунку вносили стерильный раствор NaCl. Чашки с посевами (по три повторности) помещали в термостат при температуре 37 °С на 24 ч. Учет результатов осуществляли по наличию зон лизиса тест-культур вокруг лунки с исследуемыми изолятами бактерий рода *Bacillus*.

Токсичность и токсигенность изолятов определяли на беспородных белых мышах. Наблюдение за лабораторными животными вели в течение 10 сут в строгом соответствии с межгосударственными стандартами³.

Ферментативную активность изолятов изучали в 1, 2, 3, 4, 5-суточной культуральной жидкости после центрифугирования и фильтрования. Для этого изоляты культивировали на МПБ при температуре 37 °С в течение 5 сут. Пробы культуральной жидкости отбирали каждые сутки.

Ферментативную активность определяли с помощью спектрофотометра СФЭК

¹ГОСТ 17.4.4.02–2017. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М., 2019. 12 с.

²Определитель бактерий Берджи: справочник; 9-е изд. М.: Мир, 1997. 26 с.

³ГОСТ 33216–2014 Методы испытания по воздействию химической продукции на организм человека. Острая пероральная токсичность. М., 2019.

UV-1280, амилаолитическую, фитазную и ксиланазную активность устанавливали согласно ГОСТам⁴⁻⁶. Ферментативную активность ферментов определяли по изменению оптической плотности и выражали в ед./мл культуральной жидкости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью идентификации выделенных изолятов провели изучение их культурально-морфологических и физиолого-биохимических свойств. В результате отобрано шесть изолятов, обладающих типичными свойствами бактерий рода *Bacillus*, характерных для первой морфологической группы (по Gordon). Все изоляты аэробы, спорообразующие, положительно окрашиваются по Граму, в основном подвижны, не образуют внутриклеточные глобулы (эндоспоры), каталазоположительные. Штаммы гидролизуют крахмал, частично разлагают казеин, в основном вызывают гидролиз крахмала, галофильны: многие растут в присутствии 7% NaCl, частично ферментируют углеводы (глюкоза, маннит, лактоза, арабиноза, ксилоза) с образованием кислоты. Выделенные изоляты несколько отличаются по биохимическим показателям, что, по сообщениям многих исследователей, характерно для видов этого рода [4]. Перспективными свойствами для возможного дальнейшего использования обладали три изолята: *B. subtilis* Bac-1p, *B. subtilis* Bac-2p, *B. subtilis* Bac-4p.

По литературным данным установлено, что аэробные спорообразующие бактерии рода *B. subtilis* являются природными антагонистами многих патогенных и условно-патогенных микроорганизмов⁷ [5]. Фактор их антагонизма основывается на способности синтезировать широкий спектр биологически активных веществ, таких как антибиотики, ферменты, бактериоцины, угнетающие рост и развитие патогенов [6, 7]. В свя-

зи с этим проведено изучение антагонистической активности выделенных изолятов по отношению к тест-культурам *Sal. abortus equi* БН-12, *Str. equi* 5/1. Результаты эксперимента показали наличие антагонистических свойств выделенных штаммов по отношению к возбудителям сальмонеллезной и стрептококковой инфекций (см. таблицу).

Проведенные исследования показали, что наиболее высокая антагонистическая активность отмечена у штамма *B. subtilis* Bac-2p: зона лизиса тест-культур составила по 20 мм.

В следующей серии исследований определяли токсичность и токсигенность выделенных штаммов. Гибели лабораторных животных не зафиксировано. Также не выявлены признаки интоксикации организма мышей на всем протяжении опыта. Статистически значимых различий между животными, получившими исследуемые штаммы, и контрольными по показателям массы тела и прироста массы тела ни у самцов, ни у самок не выявлено. Таким образом, исследуемые штаммы *B. subtilis* Bac-1p, *B. subtilis* Bac-2p, *B. subtilis* Bac-4p являются безопасными и не оказывают потенциально токсического эффекта при многократном внутрижелудочном введении.

В заключительном этапе исследований определяли ферментативную активность

Антагонистическая активность изолятов бактерий рода *Bacillus*, выделенных из мерзлотных почв, мм

Antagonistic activity of *Bacillus* genus bacterial isolates isolated from permafrost soils, mm

Штамм бактерий рода <i>B. subtilis</i>	Зона лизиса	
	<i>Sal. abortus equi</i>	<i>Str. equi</i>
<i>B. subtilis</i> Bac-1p	15	15
<i>B. subtilis</i> Bac-2p	20	20
<i>B. subtilis</i> Bac-4p	18	18

⁴ГОСТ 34440–2018. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения амилаолитической активности. М., 2019.

⁵ГОСТ 31487–2012. Препараты ферментные. Методы определения ферментативной активности фитазы. М., 2013.

⁶ГОСТ Р 55302–2012. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения ксиланазной активности. М., 2012.

⁷Леяк А.А., Штерншис М.В. Антагонистический потенциал сибирских штаммов *Bacillus* spp. в отношении возбудителей болезней животных и растений // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 1. С. 42–55.

выделенных штаммов *B. subtilis*, так как известно, что представители данного рода относятся к наиболее активным продуцентам гидролитических ферментов [8].

Амилолитическая активность основывается на способности фермента бактериальной α -амилазы катализировать гидролиз внеклеточного полисахарида до декстринов [9]. Амилолитическую активность новых штаммов *B. subtilis* Bac-1p, *B. subtilis* Bac-2p, *B. subtilis* Bac-4p определяли в сравнении с эталонными штаммами *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5, находящимися в коллекции лаборатории разработки микробных препаратов ЯНИИСХ⁸.

Сравнительный анализ пяти штаммов *B. subtilis* показал, что они обладают различной амилолитической активностью (см. рис. 1). Наивысшую активность α -амилазы в первые сутки культивации проявили штаммы *B. subtilis* Bac-1p (32,53 ед./дм³) и *B. subtilis* ТНП-5 (55,95), среднюю – *B. subtilis* ТНП-3 (26,76), *B. subtilis*

Bac-4p (25,303), наименьшую – *B. subtilis* Bac-2p (20,1 ед./дм³). Следует отметить, что штаммы *B. subtilis* Bac-1p, *B. subtilis* Bac-2p, *B. subtilis* Bac-4p хотя и обладают амилолитической активностью, но по количеству ферментов амилолитического комплекса уступают эталонным штаммам.

Известно, что микроорганизмы, обладающие амилолитической активностью, способны продуцировать также и другие внеклеточные гидролитические ферменты, такие как ксиланаза, пектиназа, хитиназа и др. [10]. Ксилан – основной структурный и второй по распространенности полисахарид в растительных клетках [11]. Ферментом, гидролизующим ксилан, является ксиланаза, относящаяся к группе гидролитических. В основу определения ксиланазной активности положено (детекция) определение начальной скорости образования восстанавливающих сахаров с помощью метода Шо-моди-Нельсона из ксилана.

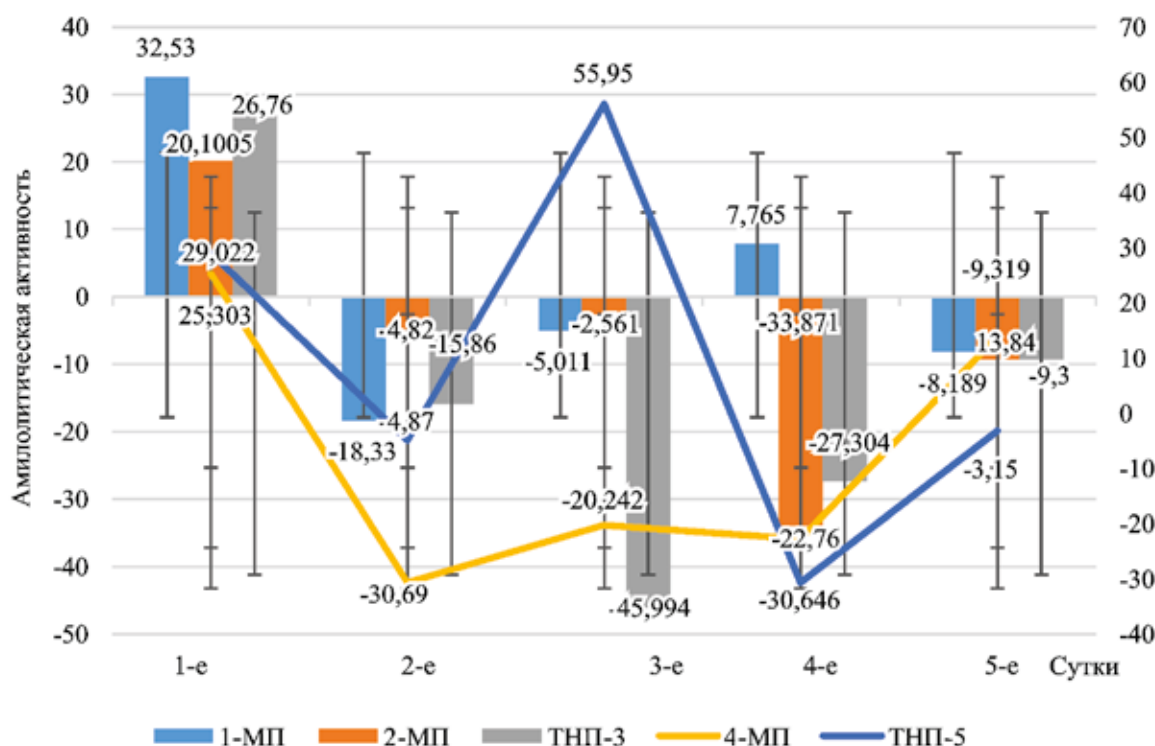


Рис. 1. Амилолитическая активность штаммов *B. subtilis* в зависимости от времени культивации, ед./дм³

Fig. 1. Amylolytic activity of *B. subtilis* strains depending on the cultivation time, units/m³

⁸ТУ 9384-003-00670203-06.

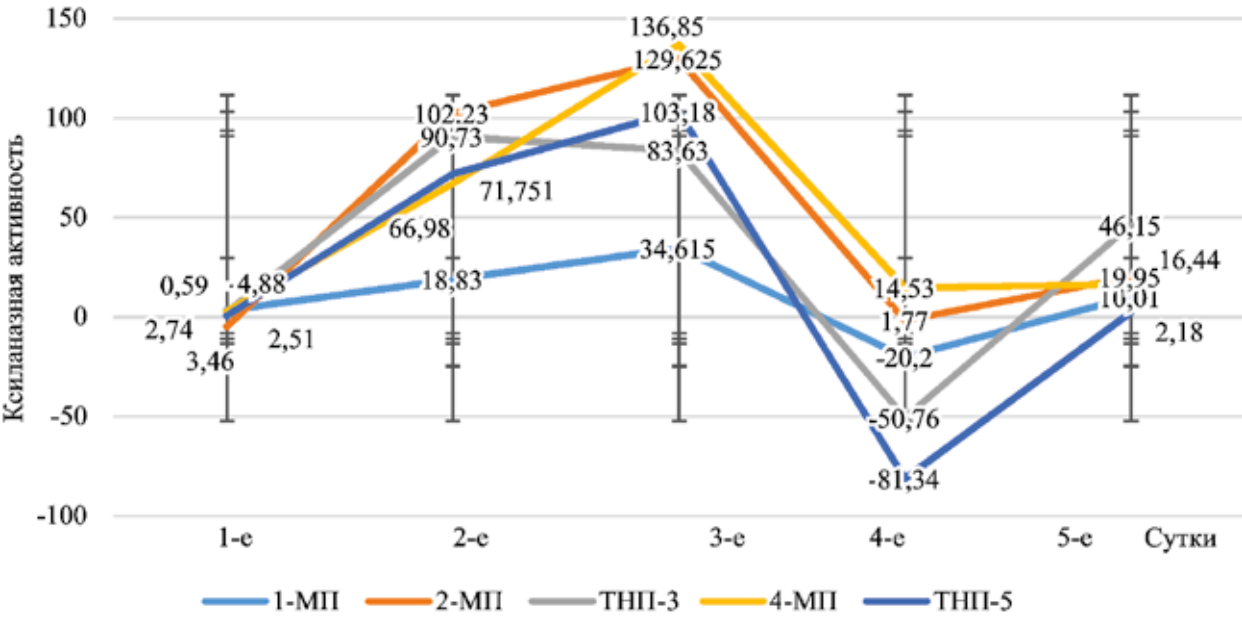


Рис. 2. Ксиланазная активность штаммов *B. subtilis* в зависимости от времени культивации, ед./дм³
Fig. 2. Xylanase activity of *B. subtilis* strains depending on the cultivation time, units/m³

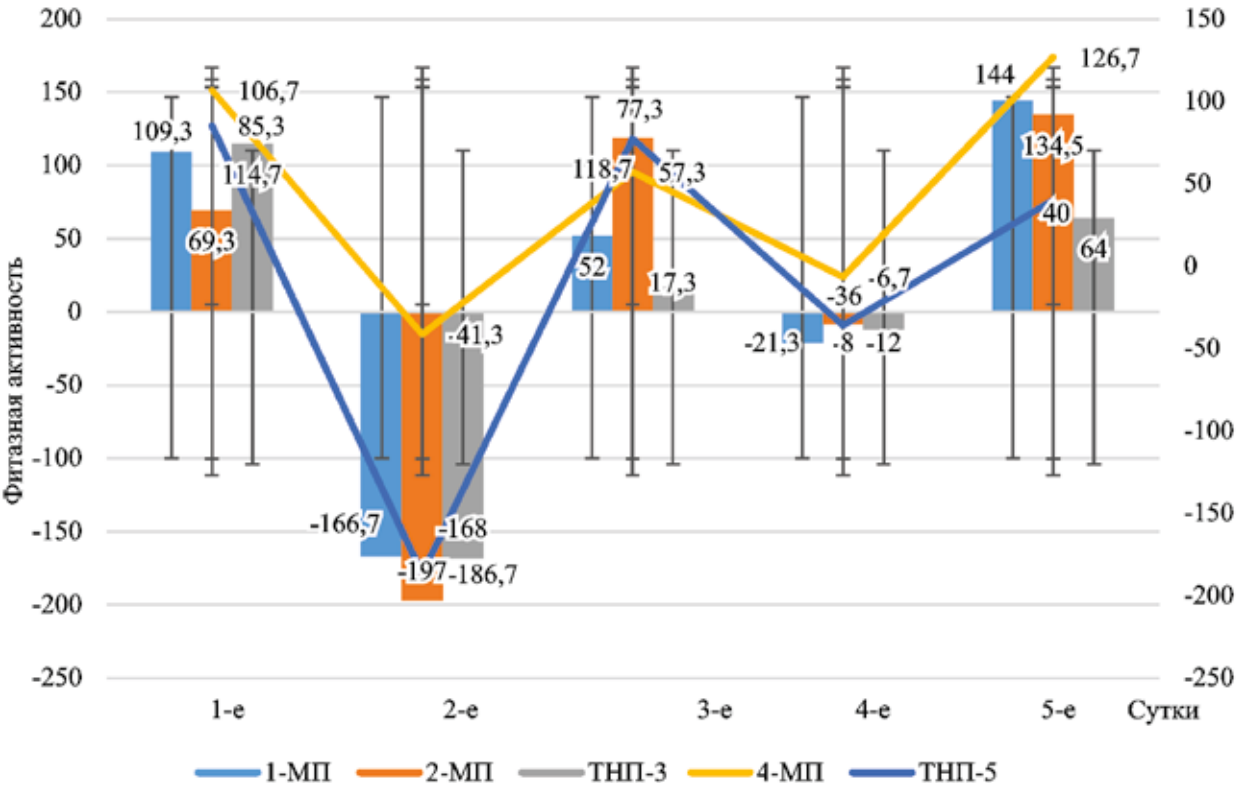


Рис. 3. Фитазная активность штаммов *B. subtilis* в зависимости от времени культивации, ед./дм³
Fig. 3. Phytase activity of *B. subtilis* strains depending on the cultivation time, units/m³

Пик ксиланазной активности исследуемых штаммов приходится на 3-и сутки культивации (от 100 ед.). Это штаммы *B. subtilis* Вас-4р (136,85 ед./дм³), *B. subtilis* Вас-2р (129,625), *B. subtilis* ТНП-5 (103,18 ед./дм³) (см. рис. 2). К концу наблюдения, на 5-е сутки, у всех исследованных штаммов *B. subtilis* зафиксировано снижение показателей ксиланазной активности. Таким образом, можно предположить, что ксиланазная активность штаммов *B. subtilis* набирает высокую активность на 2–3-и сутки культивации, затем постепенно снижаясь. При этом новые штаммы *B. subtilis* Вас-1р, *B. subtilis* Вас-2р, *B. subtilis* Вас-4р по ксиланазной активности превосходят признанные штаммы *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5.

Фитазную активность определяют по неорганическому фосфату, образовавшемуся при гидролизе фитиновой кислоты ферментом фитазой. Фитиновая кислота (фитат) характеризуется сильным отрицательным зарядом в строении, что снижает биодоступность фосфора, кальция, других катионов, некоторых аминокислот и углеводов, а также запускает ряд нежелательных цепных физиологических реакций [12].

Анализ показал, что штаммы *B. subtilis* обладают различной фитазной активностью (см. рис. 3). Наивысшей фитазной активностью, установленной на 5-е сутки, обладали штаммы *B. subtilis* Вас-1р (144,0 ед./дм³), *B. subtilis* Вас-2р (134,5) и *B. subtilis* ТНП-3 (126,7 ед./дм³). Пик фитазной активности у эталонных штаммов установлен на 1-е сутки: *B. subtilis* ТНП-3 (114,7 ед./дм³) и *B. subtilis* ТНП-5 (85,3 ед./дм³).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из мерзлотных среднесуглинистых почв Якутии выделено 14 изолятов бактерий рода *Bacillus*. Из них три изолята идентифицированы по физиолого-биохимическим свойствам и подтверждены молекулярно-генетическим исследованием как *B. subtilis* Вас-1р, *B. subtilis* Вас-2р, *B. subtilis* Вас-4р.

Новые штаммы *B. subtilis* Вас-1р, *B. subtilis* Вас-2р, *B. subtilis* Вас-4р, выделенные из мерзлотных почв Якутии, обладают

сочетанием антагонистической и ферментативной активности и перспективны для разработки лекарственных, ферментных, кормовых препаратов и добавок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлова Т.Н., Иркитова А.Н., Гребеницкова А.В. Антагонистическая активность *Bacillus subtilis* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (163). С. 141–145.
2. Римарева Л.В., Сербя Е.М., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А., Игнатова Н.И. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5. С. 62–74.
3. Мухаммедиев Р.С., Валиуллин Л.В., Бирюля В.В., Скворцов Е.В. Ферментативная активность ксиланаз и целлюлаз пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* // Ветеринарный врач. 2019. № 3. С. 19–23.
4. Русалеев В.С., Прунтова О.В., Васильев Д.А. Культурально-морфологические и биохимические свойства штаммов *Bacillus subtilis* // Ветеринария сегодня. 2019. № 1. С. 58–62. DOI: 10.29326/2304-196X-2019-1-28-58-62.
5. Евдокимова О.В., Мямин В.Е., Валентович Л.Н. Биохимическая и молекулярно-генетическая характеристика бактерий *Bacillus pumilus*, изолированных на территории Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. 2018. № 1. С. 38–49.
6. Владимиров Л.Н., Неустроев М.П., Тарабукина Н.П. Арктические штаммы *Bacillus subtilis* в современной микробиотехнологии // Ветеринария и кормление. 2020. № 2. С. 17–20. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814.
7. Скрыбина М.П., Степанова А.М., Тарабукина Н.П., Неустроев М.П. Ферментативная активность штаммов бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из мерзлотных почв // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2020. № 1 (33). С. 73–79. DOI: 10.36871/vet.can.hyg.ecol.202001011.
8. Донкова Н.В., Донков С.А. Свойства штаммов *Bacillus subtilis* как продуцентов амилаз при производстве сахаросодержащей кормовой добавки // Вестник КрасГАУ. 2020. № 5. С. 136–141. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-136-141.

9. Gandra J., Olivera E., Takiya C., Del Valle T., Renno F., Goes R., Escobar A. Amylolytic activity and chemical composition of rehydrated ground maize ensiled with α -amylase or glucoamylase // *The Journal of Agricultural Science*. 2019. Vol. 157 (5). P. 449–455. DOI: 10.1017/S0021859619000698.
10. Василова Л.Я., Каримова Л.И., Борисенков А.Г. Скрининг микроорганизмов – продуцентов ксиланаз // Башкирский химический журнал. 2019. Т. 26. № 1. С. 96–99. DOI: 10.17122/bcj-2019-1-96-99.
11. Gupta R.K., Gangoliya S.S., Singh N.K. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains // *Journal of food science and technology*. 2015. Vol. 52 (2). P. 676–684. DOI: 10.1007/s13197-013-0978-y.
12. Peralta A.G., Venkatachalam S., Stone S.C., Pattathil S. Xylan epitope profiling: an enhanced approach to study organ development-dependent changes in xylan structure, biosynthesis, and deposition in plant cell walls // *Biotechnology for Biofuels*. 2017. Vol. 10. Is. 1. P. 245. DOI: 10.1186/s13068-017-0935-5.
- isolated on the territory of Belarus. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Journal of the Belarusian State University. Biology*, 2018, no. 1, pp. 38–49. (In Belarus).
6. Vladimirov L.N., Neustroev M.P., Tarabukina N.P. Arctic strains of *Bacillus subtilis* of in modern microbiotechnology. *Veterinariya i kormlenie = Veterinaria i kormlenie*, 2020, no. 2, pp. 17–20. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814.
7. Skryabina M.P., Stepanova A.M., Tarabukina N.P., Neustroev M.P. Enzymatic activity of strains of bacteria *Bacillus subtilis* isolated from frozen soils. *Rossiiskii zhurnal Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii = The Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*, 2020, no. 1 (33), pp. 73–79. (In Russian). DOI: 10.36871/vet.can.hyg.ecol.202001011.
8. Donkova N.A., Donkov C.A. The properties of *Bacillus subtilis* strains as amylase producers in the production of sugar-containing fodder additive. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2020, no. 5, pp. 136–141. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-136-141
9. Gandra J., Olivera E., Takiya C., Del Valle T., Renno F., Goes R., Escobar A. Amylolytic activity and chemical composition of rehydrated ground maize ensiled with α -amylase or glucoamylase. *The Journal of Agricultural Science*, 2019, vol. 157 (5), pp. 449–455. DOI: 10.1017/S0021859619000698.
10. Vasilova L.Ya., Karimova L.I., Borisenkov A.G. Screening of microorganisms – producers of xylanase. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal = Bashkir Chemical Journal*, 2019, vol. 26, no. 1, pp. 96–99. (In Russian). DOI: 10.17122/bcj-2019-1-96-99.
11. Gupta R.K., Gangoliya S.S., Singh N.K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of food science and technology*, 2015, vol. 52 (2), pp. 676–684. DOI: 10.1007/s13197-013-0978-y.
12. Peralta A.G., Venkatachalam S., Stone S.C., Pattathil S. Xylan epitope profiling: an enhanced approach to study organ development-dependent changes in xylan structure, biosynthesis, and deposition in plant cell walls. *Biotechnology for Biofuels*, 2017, vol. 10, is. 1, pp. 245. DOI: 10.1186/s13068-017-0935-5.

REFERENCES

1. Orlova T.N., Irkitova A.N., Grebenshchikova A.V. Antagonistic activity of *Bacillus subtilis*. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2018, vol. 163, no. 5, pp. 141–145. (In Russian).
2. Rimareva L.V., Serba E.M., Sokolova E.N., Borshcheva Yu.A., Ignatova N.I. Enzyme preparations and biocatalytic processes in the food industry. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2017, vol. 86, no. 5, pp. 62–74. (In Russian).
3. Mukhammediev R.S., Valiullin L.V., Biryulya V.V., Skvortsov E.V. Enzymatic activity of xylanases and cellulases of probiotic strains *Bacillus subtilis*. *Veterinarnyi vrach = The Veterinary Vrach*, 2019, no. 3, pp. 19–23. (In Russian).
4. Rusaleyev V.S., Pruntova O.V., Vasilyev D.A. Cultural morphological and biochemical characteristics of *Bacillus subtilis* strains. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2019, no. 1, pp. 58–62. (In Russian). DOI: 10.29326/2304-196X-2019-1-28-58-62.
5. Evdokimova O.V., Myamin V.E., Valentovich L.N. Biochemical and molecular genetic characteristics of *Bacillus pumilus* bacteria

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тарабукина Н.П., доктор ветеринарных наук, профессор, заведующая лабораторией; e-mail: hotubact@mail.ru

✉ **Былгаева А.А.**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 677001, Республика Саха (Якутия), ул. Бестужева-Марлинского, 23/1; e-mail: agrobiotex@mail.ru

Степанова А.М., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; e-mail: hotubact@mail.ru

Парникова С.И., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; e-mail: hotubact@mail.ru

Неустроев М.П., доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий лабораторией; e-mail: mneyc@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Nadezhda P. Tarabukina, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor, Laboratory Head; e-mail: hotubact@mail.ru

✉ **Andzhela A. Byлгаeva**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher; **address:** 23/1, Bestuzheva-Marlinskogo St., Republic of Sakha (Yakutia), 677001, Russia; e-mail: agrobiotex@mail.ru

Anna M. Stepanova, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher; e-mail: hotubact@mail.ru

Svetlana I. Parnikova, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher, e-mail: hotubact@mail.ru

Mikhail P. Neustroev, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor, Laboratory Head; e-mail: mneyc@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 09.06.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 12.08.2022

Дата публикации / Published 20.03.2023