

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕЙ И НЕИОНОГЕННЫХ ПАВ В КАЧЕСТВЕ ПРИЛИПАТЕЛЕЙ И СМАЧИВАТЕЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ШТАММОВ *BACILLUS VELEZENSIS* BZR 336G И *BACILLUS VELEZENSIS* BZR 517

А. И. Хомяк, Н. А. Жевнова, А. М. Асатурова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр биологической защиты растений», Краснодар, Россия

На современном рынке представлено множество решений и продуктов для обеспечения качества применения, снижения потерь и повышения эффективности биопрепаратов для защиты растений [1]. Адьюванты включают в себя широкий спектр химических веществ, которые обычно добавляют в баки опрыскивателей для повышения эффективности применения пестицидов [2]. Ассортимент адьювантов, доступных на рынке, обширен и включает в себя, в основном, минеральные и/или растительные масла, силиконы, поверхностно-активные вещества, эмульгаторы, органические смолы, ЭДТА и эфирные масла и т.д. [3]. Вспомогательные вещества, такие как масла, могут быть альтернативой для лучшего проникновения в листья, в то время как поверхностно-активные вещества уменьшают испарение [4]. Поскольку активными ингредиентами микробных биопрепаратов являются микроорганизмы, следует учитывать влияние адьювантов на их выживаемость и биологическую активность. Поэтому, цель исследований – подбор низкомолекулярных полиэтиленгликолей и неионогенных ПАВ в качестве прилипателей, совместимых с жидкими культурами (ЖК) штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517, перспективных для разработки биологических препаратов.

Объектами исследований служили штаммы *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 из биоресурсной коллекции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» (<https://fncbzr.ru/brk-i-unu/unique-installation-1/>). В качестве фитопатогена использована тест-культура гриба *Fusarium graminearum* Schwabe BZR F-4. В качестве прилипателей были протестированы низкомолекулярные полиэтиленгликоли (ПЭГи): ПЭГ-200, ПЭГ-300, ПЭГ-400, и неионогенные поверхностно-активные вещества (ПАВы): Твин-60, Твин-80, лаурет-2, глицерет-12, глицерет-26, ПЭГ-36 касторовое масло (КМ). Стандарт – штаммы *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 в форме жидкой культуры (ЖК) без добавления прилипателей.

Исследования проводили на базе лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ ФНЦБЗР с использованием материально-технической базы УНУ «Технологическая линия для получения микробиологических средств защиты растений нового поколения» (<https://fncbzr.ru/brk-i-unu/unique-installation-2/>).

Совместимость штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 с исследуемыми веществами определяли модифицированным методом диффузии в агар [5]. Жидкие культуры (ЖК) штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 получали методом периодического культивирования в конических колбах (350 мл) с объемом питательной среды 100 мл и предварительным внесением посевной (маточной) культуры (2.0 % от объема питательной среды). Инкубацию осуществляли в термостатированных системах культивации клеток New Brunswick Scientific Excella E25 (США) в течение 48 ч. при 180 об./мин [6]. Для определения влияния исследуемых веществ на количество колониеобразующих единиц (КОЕ) и антифунгальную активность, их смешивали с ЖК штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 в соотношении, рекомендованном производителем. КОЕ определяли методом последовательных разведений Коха [7]. Исследование антифунгальной активности проводили методом двойных (встречных) культур [5].

Повторность во всех опытах трехкратная. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием многогранового теста Дункана многофакторного дисперсионного анализа в среде программы STATISTICA 13.2.

В результате проведенных исследований обнаружено в большинстве случаев отсутствие ингибирующего действия со стороны исследуемых низкомолекулярных полиэтиленгликолей и неионогенных ПАВ, что говорит о возможности их совместного применения и использования в дальнейшей работе. Отмечено незначительное ингибирование штамма *B. velezensis* BZR 517 в смеси с Глицерет-12 и *B. velezensis* BZR 336g в смеси с Твин 60, более выраженное в чистом виде и менее выраженное в 50 % концентрации. Также отмечена зона ингибирования при использовании в 50 % концентрации Твин-80 в отношении обоих штаммов

Анализ влияния исследуемых прилипателей на количество колониеобразующих единиц показал, что для штамма BZR 336g данные, полученные в варианте с применением прилипателей ПЭГ-400, глицерет-12 и глицерет-26, статистически значимо отличались от стандарта без добавления прилипателей. Так, в ЖК штамма *B. velezensis* BZR 336g титр отмечен на уровне $2,5 \times 10^7$ КОЕ/мл, в то время как применение ПЭГ-400, глицерет-12 и глицерет-26 обеспечивало титр от 4,1 до $5,4 \times 10^8$ КОЕ/мл.

Установлено, что исследуемые вещества способны снижать антифунгальную активность штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517. Так, на протяжении всего периода инкубации антифунгальная активность в отношении *F. graminearum* BZR F-4 в варианте с применением ПЭГ-200 ниже, чем в стандарте.

Кроме того, достоверные снижения антифунгальной активности к двадцатым суткам инкубации отмечены для вариантов с применением Твин-60, Глицерет-26 и ПЭГ-36 КМ. Твин-80, Лаурет-2 и Глицерет-12 показали способность к увеличению антифунгальной активности штамма *B. velezensis* BZR 336g в течение всего периода инкубации. Штамм BZR 517 демонстрировал в целом более высокую и стабильную антифунгальную активность по сравнению с BZR 336 g. Наибольшее снижение активности по сравнению с контролем отмечено в варианте Глицерет-12. Снижение активности к 20-м суткам отмечено и в вариантах с ПЭГ-300 и ПЭГ-36 КМ. Также Твин-60 демонстрирует относительно низкие значения на 15-е и 20-е сутки.

Таким образом, наиболее оптимальными для штамма *B. velezensis* BZR 336g признаны ПЭГ-300, ПЭГ-400 и Лаурет-2, для штамма *B. velezensis* BZR 517 – ПЭГ-200, ПЭГ-400, Твин-80, Твин-60.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке эффективных формуляций биопрепаратов с пролонгированным действием и улучшенными физико-химическими свойствами.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2025-0003.

Литература

1. Borger C.P.D., Riethmuller G.P., Ashworth M., Minkey D., Hashem A., Powles S.B. Increased carrier volume improves preemergence control of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in zero-tillage seeding systems // *Weed Technol.* 2013. V. 27. № 4. P. 649–655.
2. Adetunji C.O., Jeevanandam J., Inobeme A., Olaniyan O.T., Anani O.A., Islam D.T.S. Application of bio-surfactant for the production of adjuvant and their synergetic effects when combined with different agro-pesticides // *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science.* Amsterdam: Elsevier, 2021. P. 255–277.
3. Eras-Muñoz E., Farré A., Sánchez A., Font X., Ge T. Microbial biosurfactants: A review of recent environmental applications // *Bioengineered.* 2022. V. 13. № 5. P. 12365–12391.
4. de Almeida D.G., da Silva M.D., do Nascimento Barbosa R., de Souza Pereira Silva D., da Silva R.O., de Souza Lima G.M., de Gusmão N.B., de Queiroz Sousa M.F.V. Biodegradation of marine fuel MF-380 by microbial consortium isolated from seawater near the petrochemical Suape Port, Brazil // *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 2017. V. 116. P. 73–82.
5. Ваксман З.А. Антагонизм микробов и антибиотические вещества. Москва: Гос. изд-во иностр. лит., 1947. 377 с.
6. Асатурова А.М. Изучение кинетики роста штаммов бактерий-антагонистов возбудителей фузариоза при периодическом культивировании // *Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИМК.* 2008. Вып. 1 (138). С. 79–82.
7. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии: учеб. пособие. Москва: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

УДК 636.5.034

DOI: <http://doi.org/10.20914/2304-4691-2025-3-33-36>

АНАЛИЗ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОТЕОМНЫХ ПРОФИЛЕЙ ШТАММА *YARROWIA LIPOLYTICA* PO1F И ЕГО ТРАНСФОРМАНТА С ИНТЕГРИРОВАННОЙ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ ФИТАЗОЙ ИЗ *PAENIBACILLUS* SP.

Исакова Е.П., Просвирин А.М., Кляйн О.И., Бирюкова Ю.К., Дерябина Ю.И.

Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

Дрожжи *Yarrowia lipolytica* являются биотехнологически значимым микроорганизмом, так как непатогенны, способны расти на широком диапазоне малоценных субстратов и отходах производств, повышают пищевую ценность продуктов [1, 2]. Эти дрожжи могут являться источником полиненасыщенных жирных кислот и некоторых витаминов, белков, липидов, других полезных биологически активных веществ. Также дрожжи *Y. lipolytica* нашли применение в производстве рекомбинантных белков для кормовых добавок, таких как целлюлазы, ксиланазы, фитазы. Важным их преимуществом для трансформации является хорошо аннотированный геном. Введение фитаз в рацион животных позволяет решить ряд проблем. Фитазы увеличивают высвобождение фосфора из фитатов – основной формы органического фосфора в кормах растительного происхождения, что способствует усвоению других питательных веществ корма, увеличивает конверсию корма, снижает экономические затраты [1, 2]. Экологическим аспектом использования фитазы является снижение количество фосфатов, попадающих в водоемы со сточными водами, как следствие, снижается эвтрофикация.