

5 Vega, F. Fungal Entomopathogens / F. Vega, H.K. Kaya [et al.] // Insect Pathology — San Diego, CA: Academic Press. — 2012. — P. 171-220.

6 Севницкая, Н.Л. Перспективы совместного использования энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. и химического инсектицида Каратэ@зеон против короеда типографа / Н.Л. Севницкая // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. — 2013. — №1. — С. 19–23.

7 Севницкая, Н.Л. Продуктивность и вирулентность энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. при культивировании на разных питательных средах / Н.Л. Севницкая // Труды БГТУ. — 2016. — №1. — С. 177–181.

8 Production of cuticle - degrading proteases by *Beauveria bassiana* and their induction in different media / P. Dhar, G. Kaur // African Journal of Biochemistry Research. — 2010. — Vol. 4(3). — P. 65-72.

9 Инсектицидные препараты на основе энтомопатогенных грибов / Т. В. Артюшкина, А. В. Носова, Ю. А. Рыбаков // Биотехнология. — 2023 — , Т.39, № 6, — С. 97–107.

## **МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ И ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИИ *BACILLUS THURINGIENSIS* В ЛЕСНОМ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ**

**Синдревич Т.Р., Гракович А.И.,**

*студентки 2 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь*

Научный руководитель – Держинский Е.А., канд. биол. наук, доцент

Впервые объектом пристального научного внимания *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 стала в 1901 году благодаря работам японского исследователя Сигэтанэ Исиватари. Выделив палочковидную бактерию из погибших личинок тутового шелкопряда (*Bombyx mori*), он положил начало изучению микроорганизма, который, как выяснилось позднее, обладает уникальной способностью к спорообразованию и синтезу параспоральных кристаллических белков [1]. Являясь естественным обитателем почвы, данный микроорганизм относится к группе аэробных перитрихов: его подвижность обеспечивается жгутиками, расположенными по всей поверхности клетки. Широкий температурный диапазон роста бактерии (от +5 °С до +45 °С) свидетельствует о ее высокой экологической пластичности и способности колонизировать различные климатические зоны [2, 3]. Главной особенностью *B. thuringiensis*, определяющей ее научную и практическую ценность, является уникальный механизм взаимодействия с насекомыми. В процессе споруляции бактерия продуцирует инсектицидные кристаллы (ИКК), или δ-эндотоксины, состоящие из особых белков – токсинов Cry. Эти белки экологически безопасны: они неактивны в кислой среде желудочно-кишечного тракта позвоночных, но становятся летальными для насекомых в щелочных условиях их средней кишки. В зависимости от подвида *B. thuringiensis*, синтезируемый токсин может поражать строго определенные отряды насекомых, или же быть для них безопасным, что подчеркивает высокую избирательность действия. Инсектицидное действие кристаллов протекает поэтапно. Сначала параспоральные включения лизируются внутри тела насекомого, и в щелочной среде расщепляются дисульфидные связи, высвобождая протоксин. Затем протоксин активируется трипсиноподобными ферментами, превращаясь в токсический белок, который связывается со специфическими рецепторами на мембране эпителиальных клеток средней кишки. Альфа-спиральный домен токсина встраивается в цитоплазматическую мембрану, формируя поры. Это разрушает мембранный потенциал, вызывает осмотический дисбаланс и некроз эпителия. В итоге щелочное содержимое кишки проникает в гемолимфу, провоцируя паралич и гибель насекомого [3].

Таким образом, *B. thuringiensis* представляет собой уникальный пример микроорганизма, чья экологическая пластичность и способность к синтезу варибельных параспоральных белков обеспечивают высокоселективный механизм поражения насекомых-вредителей, что делает ее незаменимой основой для создания эффективных и экологически безопасных биопрепаратов.

Цель работы: изучить механизмы действия *B. thuringiensis* на насекомых-вредителей и обосновать перспективы ее применения для защиты лесного и сельского хозяйства.

**Материал и методы.** Работа базируется на анализе большого количества литературных источников информации, посвященным различным аспектам биологии бактерий рода *Bacillus*. В ней использованы аналитический и сравнительно-сопоставительный методы исследований.

**Результаты и их обсуждение.** Главной особенностью *B. thuringiensis*, определяющей ее научную и практическую ценность, является продукция в процессе споруляции параспоральных кристаллов, состоящих из белков Cry и Cyt ( $\delta$ -эндотоксинов) [1]. Эти белки обладают уникальной избирательностью: разные подвиды *B. thuringiensis* (например, *B. t. kurstaki*, *B. t. israelensis*, *B. t. tenebrionis*) продуцируют токсины, специфичные для насекомых из отрядов Чешуекрылые, Двукрылые или Жесткокрылые. Структурно Cry-токсины состоят из трех доменов, где домен I отвечает за встраивание в мембрану, а домен II – за специфичное связывание с рецепторами. Благодаря высокой эффективности и экологичности (отсутствие накопления в биосфере, быстрое разложение на свету) препараты на основе *B. thuringiensis* (например, на основе штаммов *B. t. kurstaki* для борьбы с гусеницами или *B. t. israelensis* для борьбы с личинками комаров) получили мировое признание как альтернатива химическим пестицидам [4]. *B. thuringiensis* также используется для создания трансгенных растений, экспрессирующих гены токсинов. Зарегистрированы случаи развития устойчивости у насекомых, механизмы которой включают: нарушение активации токсина, изменение или потерю рецепторов на мембране кишечника, усиление иммунных реакций. Это требует постоянного мониторинга и разработки стратегий, предотвращающих резистентность (например, чередование токсинов) [5].

**Заключение.** Таким образом, *Bacillus thuringiensis* представляет собой уникальный природный ресурс, механизм действия которой эволюционно адаптирован для на высокоселективного поражения насекомых-вредителей при безопасности для позвоночных. Несмотря на существующие ограничения (риск развития резистентности, чувствительность к факторам среды), *B. thuringiensis* остается золотым стандартом биопестицидов. Дальнейшее развитие этой области будет определяться успехами в преодолении устойчивости насекомых и создании новых высокоэффективных штаммов и препаративных форм, что позволит полностью реализовать потенциал этой бактерии для устойчивого сельского хозяйства и борьбы с переносчиками заболеваний.

1 Долженко, Т.В. Бактериальные инсектоакарициды для защиты растений: изучение и перспективы применения // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. – 2021. – Vol. 3 (160). – С. 50–61.

2 Leon, L. *Bacillus thuringiensis* characterization: morphology, physiology, biochemistry, pathotype, cellular, and molecular aspects / L. Rabinovitch, A. Vivoni, V. Machado, N. Knaak, D.L. Berlitz, R. A. Polanczyk, L.M. Fiuza // *Bacillus thuringiensis* and *Lysinibacillus sphaericus* / L. Fiuza, R. Polanczyk, N. Crickmore (eds). – Cham: Springer, 2017. – P. 1–18. DOI:10.1007/978-3-319-56678-8\_1.

3 Li, K. An overview of the production and use of *Bacillus thuringiensis* toxin / K. Li, M. Chen, J. Shi, T. Mao // Open Life Sciences. – 2024. – Vol. 19 (1). – P. 1–12. DOI: 10.1515/biol-2022-0902

4 Белов, Д.А. Химические методы и средства защиты растений в лесном хозяйстве и озеленении: учебное пособие для студентов / Д.А. Белов. – М.: МГУЛ, 2003. – 128 с.

5 George, H. How to use *Bacillus thuringiensis* (Bt) to control insect pests / H. George. – Text : electronic // Gardener's Path. – 2023. – URL: <https://gardenerspath.com/how-to/organic/bacillus-thuringiensis> (date of access: 06.03.2026).

## ОСНОВНЫЕ БОЛЕЗНИ И ВРЕДИТЕЛИ КАРТОФЕЛЯ, ВЫРАЩИВАЕМОГО В УСЛОВИЯХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

**Сипачёва Е.Д.,**

студентка 3 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Мерзвинский Л.М., канд. биол. наук, доцент

Картофель является одним из важнейших сельскохозяйственных культур, обеспечивающих продовольственную безопасность и экономическую стабильность страны. Однако, выращивание данного овоща связано с рядом сложностей, таких как развитие заболеваний, появление вредителей, которые могут значительно снизить урожайность и качество картофеля. Среди заболеваний чаще всего встречаются фитофтороз, парша обыкновенная, рак, мозаика, а среди вредителей – колорадский жук, проволочник и тля.