

УДК 636.084/619

ИЗУЧЕНИЕ АНТИФУНГАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ *BACILLUS SUBTILIS* И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ПЛЕСНЕВЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОРМОВ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Павлов А.Г., лаборант-исследователь,
тел.: 89969142241, deanonbitard@gmail.com

ФГБНУ «Якутский научно исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова», обособленное подразделение ФИЦ ЯНЦ СО РАН

Ключевые слова: *Bacillus subtilis*, биозащита, антифунгальная активность, микотоксины, корм, Якутия.

В статье рассматриваются биологические свойства и антифунгальная активность пробиотических штаммов *Bacillus subtilis*, по отношению к плесневым грибам *Aspergillus*, *Penicillium* и *Fusarium*. Особое внимание уделено перспективам использования *Bacillus subtilis* в условиях экстремального климата Республики Саха (Якутия). Обоснована эффективность применения антифунгальных штаммов *Bacillus subtilis* при профилактике плесневения сена.

Введение. Проблема микологической порчи кормов, в частности сена, имеет острое значение для сельскохозяйственных регионов с суровыми климатическими условиями, к которым относится Республика Саха (Якутия). Заражение сена плесневыми грибами не только ухудшает его питательную ценность, но и приводит к образованию микотоксинов, представляющих серьезную опасность для здоровья сельскохозяйственных животных. Микотоксикозы вызывают снижение продуктивности, расстройства пищеварения, репродуктивные нарушения, иммунодефицитные состояния и могут привести к падежу скота [1].

В условиях Якутии длительность зимнего периода сухой климат в летнее время, резкие перепады температур и сложности с обеспечением герметичности хранения сенажа способствуют

образованию конденсата, что создаёт благоприятные условия для развития плесневых грибов. Наиболее распространёнными загрязнителями кормов являются плесневые грибы родов *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, синтезирующие токсины различной степени токсичности [2]. Применение химических консервантов (пропионовая кислота, сорбат калия и др.) ограничено их стоимостью, логистическими сложностями и санитарными нормами [3]. В этом контексте интерес представляет использование пробиотических и антифунгальных микроорганизмов – в частности, бактерий рода *Bacillus*, обладающих выраженной антифунгальной активностью.

Bacillus subtilis – грамположительная, спорообразующая бактерия, повсеместно распространённая в почве, на растительных остатках и в кишечнике животных. Одним из важнейших признаков этих микроорганизмов является способность синтезировать широкий спектр вторичных метаболитов с антимикробной активностью. К числу таких соединений относятся сурфактины, итурины, и другие. Они обладают фунгицидным или фунгистатическим действием, подавляя рост, споруляцию и метаболическую активность патогенных грибов [4].

Актуальность. Заражение кормов плесневыми грибами – серьёзная проблема для животноводства Якутии. Суровый климат региона способствует развитию токсигенных грибов, что снижает качество кормов и угрожает здоровью животных. Существующие химические методы защиты имеют недостатки, поэтому применение экологически безопасных биопрепаратов на основе *Bacillus subtilis* является перспективным решением.

Цель исследования. Изучение антифунгальной активности штаммов *Bacillus subtilis* и разработка эффективных биопрепаратов для профилактики плесневой порчи сена в условиях Республики Саха (Якутия).

Задачи исследования

- Анализ биологических свойств и механизмов антифунгального действия *Bacillus subtilis*.
- Оценка эффективности штаммов *B. subtilis* в подавлении роста патогенных грибов, таких как *Aspergillus*, *Penicillium* и *Fusarium*.
- Изучение перспектив локализации производства биопрепаратов с учётом региональных особенностей.

Многочисленные исследования подтвердили эффективность *Bacillus subtilis* в борьбе с наиболее распространёнными грибковыми патогенами кормов [5], включая *Fusarium spp.* (вызывающие фузариозы), *Alternaria tenui*, *Phytophthora infestans* (возбудитель фитофтороза), *Aspergillus flavus* и *A. niger* (продуценты опасных микотоксинов), *Botrytis sorokiniana*, а также дрожжеподобные грибы *Candida albicans* и *Cryptococcus neoformans*. Антифунгальное действие обеспечивается комплексом метаболитов: циклические липопептиды (итурин, фенгицин, сурфактин) нарушают целостность клеточных мембран, полиеновые антибиотики (гексаены) блокируют рост гриба, а гидролитические ферменты (хитиназы, протеазы) разрушают клеточные стенки грибов [6].

Механизмы антифунгального действия делают *Bacillus subtilis* высокоэффективным средством биоконтроля. Однако для успешного подавления патогенов в кормах критически важно обеспечить равномерное распределение бактерий по всему объёму субстрата. Наиболее технологичным решением является применение бактериальных штаммов в виде жидких суспензий, что позволяет обеспечить равномерное распределение по массе сена, подавляя развитие токсигенных грибов. Обработка может проводиться на стадии заготовки или перед укладкой в хранилища, что особенно актуально для Якутии, где экстремальные условия способствуют контаминации кормов. Оптимальным считается внесение препарата при влажности корма 18–22%, что соответствует нормальным условиям сбора и сушки сена в регионе. Например, использование препарата «Сахабактисубтил» на основе штаммов *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5 не только снизило уровень микотоксинов, но и улучшило иммунобиологические показатели молодняка крупного рогатого скота, повысив бактерицидную и лизоцимную активность крови [7, 8].

Особенности природно-климатических условий Республики Саха требуют подбора устойчивых штаммов *B. subtilis*, способных сохранять антифунгальную активность при низких температурах и высокой амплитуде влажности воздуха. Применение пробиотического препарата «Сахабактисубтил» доказало свою высокую эффективность в борьбе с плесневыми грибами в кормах. Результаты исследований показали, что обработка сена и сенажа этим препаратом снижает

количество условно-патогенных микроорганизмов, таких как стафилококки (на 97,1%) и эшерихии (на 66,4%), а также значительно уменьшает общее микологическое загрязнение (на 89,4%). В частности, в опытных образцах сена количество выделяемых грибов рода *Aspergillus* сократилось с 73,1 до 6,06 КОЕ/г, а грибов рода *Mucor* — с 8,0 до 4,1 КОЕ/г. При этом корма сохраняют свои питательные свойства и могут быть использованы для скармливания животным без длительного карантина [9].

На сегодняшний день в России зарегистрированы и активно применяются биопрепараты, в состав которых входят различные штаммы *B. subtilis* [10,11,12]. Однако для условий Якутии необходима локализация производств или адаптация формул с учётом региональной специфики. Это позволит создать устойчивую и эффективную систему профилактики плесневения кормов в рамках концепции экологически чистого животноводства.

Заключение. Использование бактерий *Bacillus subtilis* в качестве биологического средства защиты сена от плесневения в условиях Республики Саха (Якутия) является перспективным направлением, обладающим высоким потенциалом внедрения. Благодаря способности продуцировать широкий спектр антифунгальных соединений, адаптивности к низким температурам и экологической безопасности, штаммы *B. subtilis* могут стать основой для новых поколений кормовых консервантов. Перспективы дальнейших исследований включают подбор высокоактивных штаммов местного происхождения, разработку комбинированных формул с пролонгированным действием и оптимизацию методов их применения на практике. Развитие данного направления позволит значительно повысить качество и безопасность кормов, снизить затраты на лечение животных и обеспечить стабильное развитие аграрного сектора в условиях Арктической зоны.

Библиографический список:

1 Тарабукина, Н.П. Профилактика микотоксикозов сельскохозяйственных животных в условиях Республики Саха (Якутия): Метод. рек. / Н. П. Тарабукина, М. П. Неустроев, А. А. Былгаева. – Якутск: Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2004. – 16 с. – EDN VNDBRJ.

2 Былгаева, А. А. Микобиота сена с естественных сенокосов Центральной Якутии / А. А. Былгаева // Кормопроизводство. – 2020. – № 9. – С. 39-43. – DOI 10.25685/KRM.2020.9.2020.005. – EDN XFZVBK.

3 Никифорова М. П. Состав для хранения зерна, пищевых продуктов, семян злаковых, бобовых и комбикормов // Патент России № 2632977 С1. 2017.

4 Максимов И. В., Абизгильдина Р. Р., Пусенкова Л. И. Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 2011. – Т. 47. – №. 4. – С. 373-385.

5 Ongena M., Jacques P. Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol // Trends in Microbiology. – 2008. – Vol.16, № 3. – P. 115–125.

6 Сидорова Т. М., Асатурова А. М., Хомяк А. И. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – №. 1. – С. 29-37.

7 Неустроев М. П., Тарабукина Н. П., Былгаева А. А. Способ биологической борьбы с плесневением сена // Патент России № 2292132, С2. 2007. EDN: MDOPNL

8 Превентивные меры при контаминации сена плесневыми грибами / А.А. Былгаева, Н.П. Тарабукина, М.П. Неустроев и др. // Кормопроизводство. – 2019. – № 11. – С. 37-41. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.43417

9 Былгаева, А.А. Эффективный и экологически безопасный способ борьбы с плесневением сена и сенажа в условиях Крайнего Севера / А. А. Былгаева // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее: сборник статей XIII Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 ч., Пенза, 05.12.2017 года. Том Часть 1. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 240-244. – DOI 10.18411/978-5-907023-2017-240-244.

10 Коробова Л.Н., Гаврилец Т.В. Применение бактофита: и прибавка урожая, и оздоровление почвы // Защита и карантин растений. – 2006. – №. 4. – С. 47-48.

11 Максимов И.В., Пусенкова Л.И., Абизгильдина Р.Р. Влияние биопрепаратов на основе эндофитной бактерии *Bacillus subtilis* 26Д на

поствегетационное сохранение защитного потенциала клубней картофеля против патогенов // Агрохимия. – 2011. – №. 6. – С. 43-48.

12 Устюжанинова Л.В., Завалин Р.Ю. Сравнительный анализ существующих биоинсектицидов РФ // Общество. Наука. Инновации (НПК-2021). – 2021. – С. 79-85.

**STUDY OF THE ANTIFUNGAL ACTIVITY OF BACILLUS
SUBTILIS AND PROSPECTS OF THEIR USE FOR PREVENTION
OF MOLD IN PLANT FODDER IN THE REPUBLIC OF SAKHA
(YAKUTIA)**

Pavlov A.G.

Keywords: *Bacillus subtilis, bioprotection, antifungal activity, mycotoxins, feed, Yakutia.*

This article discusses the biological properties and antifungal activity of probiotic Bacillus subtilis strains in relation to the mold fungi Aspergillus, Penicillium, and Fusarium. Particular attention is given to the potential applications of Bacillus subtilis in the extreme climate of the Republic of Sakha (Yakutia). The effectiveness of Bacillus subtilis antifungal strains in preventing hay mold was proven.