

Научная статья/Research article

УДК 636.085.6: 579.67: 632.4

DOI: 10.36718/1819-4036-2026-2-188-198

Александр Игоревич Герасимович<sup>1✉</sup>, Ольга Александровна Шевчук<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup>overvalera@gmail.com

<sup>2</sup>karaulnykh2018@bk.ru

## ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ *BACILLUS SUBTILLIS* И КОМПЛЕКСОМ *LACTOBACILLIS* НА КАЧЕСТВО СИЛОСА И МОЛОКА

Цель исследования – выявить влияние бактериальных инокулянтов на основе *Bacillus subtilis* и комплекса молочнокислых бактерий (*Lactobacillus brevis*, *L. plantarum*, *L. kefir*) на процесс силосования кукурузы, включая оценку их консервирующего эффекта, динамику ферментации, снижение микотоксикогенной нагрузки и улучшение питательных свойств силоса. Исследование проводилось в условиях производственного опыта, заложенного в ООО «Приамурье» Тамбовского района Амурской области в 2021–2023 гг. Для заготовки силоса использовали гибрид кукурузы Машук 171, инокулированный биоаквасками на основе *Bacillus subtilis* и лактобактерий *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus kefir*. В контрольный вариант – без добавок. В эксперименте участвовали три группы черно-пестрых коров голштинской породы, сформированные в сухостойный период по принципу сбалансированных групп-аналогов (контрольная (основной рацион) и две опытные (основной рацион + силос инокулированный разными видами бактерий). Обработка биомассы кукурузы инокулянтами ускорила процесс ферментации, снизила рН до 3,95–3,98 к 60-му дню силосования, способствовала увеличению концентрации молочной кислоты до 72,7 г/кг сухого вещества, приводила к подавлению развития токсигенных грибов, содержание Т-2 токсина снизилось на 8–14 %, а афлатоксинов — на 25–30 % по сравнению с контролем. Применение бактериальных препаратов улучшило питательную ценность силоса: содержание сахаров возросло до 20,96 г/кг, каротина — до 25,19 мг/кг, а уровень сырой клетчатки снизился на 13–16 %. Важным преимуществом инокулянтов стало повышение аэробной стабильности силоса, снизились риск его порчи при хранении и вероятность микотоксикозов у сельскохозяйственных животных. Полученные данные подтверждают, что использование бактериальных консервантов является эффективным способом повышения качества кукурузного силоса, что особенно актуально для молочного животноводства. Результаты исследования могут быть применены для разработки рекомендаций по оптимизации технологии силосования, снижению потерь питательных веществ, повышению качества безопасности кормов, а также увеличению продуктивности коров и качества молока.

**Ключевые слова:** инокуляция, бактерии, биохимический состав, силос, молоко

**Для цитирования:** Герасимович А.И., Шевчук О.А. Влияние инокуляции *Bacillus subtilis* и комплексом *Lactobacillus* на качество силоса и молока // Вестник КрасГАУ. 2026. № 2. С. 188–198. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-2-188-198.

Alexander Igorevich Gerasimovich<sup>1✉</sup>, Olga Aleksandrovna Shevchuk<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup>overvalera@gmail.com

<sup>2</sup>karaulnykh2018@bk.ru

**EFFECT OF INOCULATION WITH *BACILLUS SUBTILLIS* AND *LACTOBACILLI* COMPLEX ON SILAGE AND MILK QUALITY**

The objective of the study is to determine the effect of bacterial inoculants based on *Bacillus subtilis* and a complex of lactic acid bacteria (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus kefir*) on corn ensiling, including assessing their preservative effect, fermentation dynamics, reducing mycotoxigenic load, and improving the nutritional properties of silage. The study was conducted under production conditions at Priamurye LLC in the Tambovsky District of the Amur Region from 2021 to 2023. Mashuk 171 corn hybrid, inoculated with biostarters based on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus kefir*, was used for silage production. Control variant – no additives. The experiment involved three groups of black-and-white Holstein cows, formed during the dry period according to the principle of balanced analog groups (control (basic diet) and two experimental (basic diet + silage inoculated with different types of bacteria). Treatment of corn biomass with inoculants accelerated the fermentation process, reduced the pH to 3.95–3.98 by the 60th day of ensiling, increased lactic acid concentration to 72.7 g/kg dry matter, and suppressed the growth of toxigenic fungi. T-2 toxin levels decreased by 8–14 %, and aflatoxin levels by 25–30 % compared to the control. The use of bacterial preparations improved the nutritional value of the silage: sugar content increased to 20.96 g/kg, carotene to 25.19 mg/kg, and crude fiber levels decreased by 13–16 %. A significant advantage of the inoculants was increased aerobic stability of the silage, reduced the risk of spoilage during storage, and reduced the likelihood of mycotoxicosis in farm animals. The data obtained confirm that the use of bacterial preservatives is an effective way to improve the quality of corn silage, which is especially important for dairy farming. The study's results can be used to develop recommendations for optimizing ensiling technology, reducing nutrient losses, improving feed safety, and enhancing cow productivity and milk quality.

**Keywords:** inoculation, bacteria, biochemical composition, silage, milk

**For citation:** Gerasimovich AI, Shevchuk OA. Effect of inoculation with *Bacillus subtilis* and *Lactobacilli* complex on silage and milk quality. *Bulletin of KSAU*. 2026;(2):188-198. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-2-188-198.

**Введение.** На кукурузный силос приходится не менее 40 % корма, скармливаемого коровам в сутки. Относительная простота заготовки и высокая урожайность кукурузы по зеленой массе сделала кукурузный силос основным грубым кормом, используемым в рационе жвачных животных, особенно в рационе молочного скота во всем мире. Следовательно, силос высокого качества с точки зрения питательных и гигиенических свойств является важнейшей предпосылкой для развития молочного животноводства. Тем не менее, переваримость кукурузного силоса в рубце жвачных обычно составляет менее 60 % и даже ниже, при поздних сроках уборки, что свидетельствует о низком коэффициенте использования. Причина в том, что основным компонентом стебля и листьев кукурузы является лигноцеллюлоза, на долю которых приходится около 55 % от общей массы, а ее сложная структура, состоящая из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина, сложно расщепляемая микрофлорой и ферментами, что влияет на усвоение питательных веществ [1].

Помимо этого, в процессе силосования микромицеты, которые прикрепляются к поверхнос-

ти измельченной кукурузной массы, вырабатывает различные микотоксины, что может привести к острой интоксикации организма, субклиническим заболеваниям или подавлению иммунитета у скота.

Для производства силоса высокого качества обычно используются силосные инокулянты, которые стимулируют процесс ферментации. Сегодня на рынке представлено три основных типа силосных консервантов: бактериальные, ферментативные и химические [2].

Ферменты добавляют в силос, как правило, для ускорения разрушения клеточных стенок растений (например, использование целлюлаз и гемицеллюлаз). Хотя имеются некоторые данные о положительном влиянии таких добавок на качество силоса и продуктивность животных, такой подход менее надежен, чем общепринятое применение силосных инокулянтов [3].

Литературные данные свидетельствуют о высокой эффективности применения органических кислот и их солей в качестве консерванта. Пропионовая и муравьиная кислоты, используются для снижения рН силоса до значений, неблагоприятных для патогенных бактерий.

Другие органические кислоты и их соли, в том числе формиат натрия, формиат аммония, подавляют рост дрожжевых и плесневых грибов на стадии ферментации или выемки. Однако, очевидно, что данный тип силосного консерванта не оказывает никакого влияния на доступность питательных веществ корма.

Силосные инокулянты бактериальной природы можно разделить на четыре поколения в соответствии с их различными функциями во время силосования. В качестве инокулянтов первого поколения были идентифицированы гомолактические бактерии, ускоряющие молочнокислое брожение и улучшающие качество ферментации и сохранение питательных веществ силоса. Гетеролактобактерии, повышающие аэробную стабильность за счет образования уксусной кислоты и 1,2-пропандиола, впоследствии были идентифицированы как инокулянты второго поколения. Некоторые штаммы со специальными функциями, такие как продуцирующие ферулоилэстеразы *Lactobacillus plantarum* или *Pediococcus acidilactici* с высокой антиоксидантной активностью, улучшающие усвояемость клетчатки или антиоксидантную способность силоса, были определены как инокулянты третьего поколения. Бактерии, скармливаемые напрямую, такие как *Saccharomyces cerevisiae*, были определены как инокулянты силоса четвертого поколения, где пробиотическая микрофлора приносит непосредственную пользу животным через скармливание силоса с внесенным в него консервантом. *Bacillus* также можно отнести к инокулянтам силоса четвертого поколения из-за его способности улучшать продуктивность животных при пероральном введении и улучшать качество ферментации и аэробную стабильность силоса как зерновых, так и бобовых культур [4].

В настоящее время активно набирают популярность и используются ферментно-бактериальные консерванты. Применение биологических методов в силосовании получило более широкое распространение. Силосные консерванты, увеличивают количество молочной кислоты в силосе и улучшают его качество. Чтобы повысить КПД грубых кормов у жвачных, в последние годы были проведены исследования по применению молочнокислых бактерий и фибролитических ферментов, которые могут разрушать растительные клетки. Благодаря этому обеспечивается длительное сохранение и усвояемость как грубых, так и сочных кормов [5].

Тем не менее, некоторые животноводы сомневаются в экономической эффективности консервантов для силоса, особенно для кукурузного, который считается легко силосуемой культурой. Действительно, фермеры часто используют добавки для консервирования кормов, состоящих из мелкозернистых бобовых и злаковых культур, люцерны или райграса, в которых их преимущества обычно более очевидны. Однако неоптимальное обращение с кукурузным сырьем на силос (неадекватная концентрация сухого вещества при сборе урожая, медленное заполнение бункера, несовершенная герметизация массы, плохое уплотнение массы, задержка снижения pH массы) может привести к проникновению воздуха и, как следствие, аэробной порче силосуемой массы. Этот процесс может вызвать размножение дрожжей (одноклеточных грибов), плесени (многоклеточных грибов) и других нежелательных микроорганизмов, что приведет к увеличению потерь питательных веществ и сухого вещества в следствии теплового повреждения питательных веществ и протеолиза и продуцированию микотоксинов. Другие экологические или биотические факторы, такие как, температура окружающей среды, осадки, первоначальные популяции дрожжей, плесени и микроорганизмов, могут способствовать усилению порчи кормов [6].

*Bacillus subtilis* обычно используются в качестве агента биологической борьбы для эффективной защиты растений от фитопатогенов. Кроме того, благодаря антимикробной способности *B. subtilis* их используют в качестве кормовых добавок непосредственно или пробиотических препаратов в кормах для моногастричных животных.

**Цель исследования:** Изучить влияние бактериальных инокулянтов на основе *Bacillus subtilis* и комплекса молочнокислых бактерий (*Lactobacillus brevis*, *L. plantarum*, *L. kefirii*) на процесс силосования кукурузы, включая оценку их консервирующего эффекта, динамику ферментации, снижение микотоксикогенной нагрузки и улучшение питательных свойств силоса, с целью разработки рекомендаций для повышения качества кормов в молочном животноводстве.

**Задачи:** изучить влияние бактериальных инокулянтов на основе *Bacillus subtilis* и комплекса молочнокислых бактерий на динамику ферментационных процессов в кукурузном силосе; оценить влияние применения инокулянтов на питательную ценность и сохранность куку-

рузного силоса; определить эффективность скармливания опытного силоса, заготовленного с использованием биологических консервантов, на продуктивность дойных коров.

**Объекты и методы.** Исследования проводились на базе ООО «Приамурье» Тамбовского района Амурской области. Кукуруза сорта «Машук 171» Гибрид F1, ФАО 170 на силос убиралась в фазу молочно-восковой спелости. Высота среза 30 сантиметров, длина резки – 20 миллиметров. Урожайность составила 237 центнера с гектара, содержание СВ-29 %. Консервирующий эффект инокулянтов оценивался по накоплению масляной, молочной и уксусной кислот, рН. Содержание микотоксинов в кормах определяли на основании ГОСТ 34140-2017.

В качестве инокулянта использовались два биопрепарата с разными штаммами бактерий. Контрольный вариант закладывался без применения консервирующих добавок, В первом опытном варианте использовали препарат, ко-

торый в своём составе содержит *Bacillus subtilis*, во втором опытном варианте – препарат, который в своём составе содержит группу лиофильно высушенных молочнокислых бактерий *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus kefir*.

С целью определения влияния биоконсервантов на содержание микотоксинов в кормах проведен научно-хозяйственный опыт. В производственных условиях заложены три траншеи (объем 500 м<sup>3</sup>) с кукурузным силосом, где контрольный вариант закладывался без применения консервантов, первый опытный вариант закладывался с применением биоконсерванта на основе *Bacillus subtilis*, а второй опытный с применением консерванта на основе *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus kefir*. Отбор проб проводился на 60 день. Скармливание проводилось согласно схеме исследований, представленной в таблице 1 [7].

Таблица 1

Схема опыта  
Experiment diagram

Группы	Количество животных гол.	Условия кормления
контрольная	10	Основной рацион (ОР) с сенажом из люцерны
1 - опытная	10	ОР с сенажом из люцерны с консервантом на основе <i>Bacillus subtilis</i>
2 - опытная	10	ОР с сенажом из люцерны с консервантом на основе <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus kefir</i>

Измельченную кукурузную массу, обработанную инокулянтами, закладывали в десятилитровую полипропиленовую тару и герметично закрывали. Сосуды с кукурузным силосом хранили при температуре (25 ± 2) °С и отбирали образцы на 1, 7, 14 и 60 дней силосования. Содержание сухого вещества в зелёной массе, силосе и сенаже определяли путём высушива-

ния навесок при t° = +105°С, сахара – по Бертрану, аммиака – по Лонги, рН – с помощью рН-метра ТАН-2, органических кислот – методом капиллярного электрофореза. Качество зелёной массы и силоса оценивали на основании данных химического анализа. Химический состав зелёной массы кукурузы до силосования представлен в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав зелёной массы кукурузы до силосования  
Chemical composition of green corn mass before ensiling

Показатель	Содержание г/кг
Сырой протеин	76,6**
Крахмал	107**
Сухое вещество	291*
НДК	419**
КДК	232**

Примечание: \* – в 1 кг натурной массы; \*\* – в 1 кг сухого вещества.

Содержание сухого вещества в цельной кукурузе составляло 291 г/кг. Содержание крахмала составило 107 г/кг сухого вещества (СВ), содержание сырого протеина – 76,6 г/кг СВ; содержание НДК – 419 г/кг СВ; содержание КДК – 232 г/кг СВ.

**Результаты и их обсуждение.** Питательная ценность силоса напрямую зависит от качества и скорости ферментативных процессов при кон-

сервации, и напрямую влияет на потери питательных веществ при длительном хранении кормов.

В целом рН трех групп быстро снижался и оставался стабильным после 7 дней силосования. Концентрации молочной и уксусной кислот в трех группах силоса повышалась с увеличением срока силосования (таблица 3).

Таблица 3

**Ферментация кукурузного силоса в период проведения опыта**  
**Fermentation of corn silage during the experiment**

Показатель	Вариант	Срок силосования, дней			
		1	7	14	60
рН	Контроль	4,24	4,04	4,09	4,01
	1-й опытный	4,23	4,01	4,01	3,98
	2-й опытный	4,23	4,03	4,00	3,95
Молочная кислота, г/кг СВ	Контроль	11,1	36,8	47,4	61,9
	1-й опытный	16,5	49,4	74,5	72,7
	2-й опытный	16,7	46,9	52,1	67,9
Уксусная кислота, г/кг СВ	Контроль	4,26	17,0	25,3	34,6
	1-й опытный	6,67	21,0	23,2	29,4
	2-й опытный	5,73	21,6	26,4	34,9

Самая высокая концентрация молочной кислоты наблюдалась в силосе, первого опытного варианта, однако и второй опытный вариант по этому показателю превосходил контроль на 9,6 %, по истечению 60 дней опыта силосования. Наиболее оптимальное отношение молочной и уксусной кислот наблюдалось в силосе первого опытного варианта (1 : 2,4). Худшее соотношение кислот наблюдается в контрольном варианте (1 : 1,78), что свидетельствует о том, что процесс ферментации в данном варианте протекает медленнее. Об этом свидетельствует и данные о

содержании молочной кислоты на 14 день. Во всех вариантах силосов в период силосования масляная кислота не была обнаружена [2].

В настоящее время питательная ценность корма характеризуется почти семьюдесятью различными показателями. Химический состав является первичным показателем питательности кормов, в связи с чем изучение химического состава силоса играет ключевую роль в оценке не только питательной ценности, но и сохранности кормов для сельскохозяйственных животных.

Таблица 4

**Химический состав экспериментального силоса**  
**Chemical composition of the experimental silo**

Показатель	Вариант		
	контрольный	1-й опытный	2-й опытный
Сухое вещество, г/кг	232,32	239,18	237,69
Концентрация в сухом веществе:			
Сырой протеин, %	8,45	8,84	8,47
Сырая клетчатка, %	23,84	21,61	22,37
Сахар, %	12,45	20,96	17,68
Каротин, мг	18,75	25,19	22,96
НДК, г/кг	394	481	487
КДК, г/кг	256	235	248

Из таблицы 4 видно, что введение консервантов благоприятно сказывается на качестве силосования. Так, содержание нейтрально-детергентной клетчатки в опытных закладках повысилось на 23 %, при уменьшении содержания сырой клетчатки на 16 и 13 % соответственно в первой и второй опытных группах по сравнению с контролем. Мы предполагаем, что это связано с ферментной активностью вносимых с инокулянтами бактерий.

Лабораторные исследования показали положительный эффект введения биоконсервантов на качество силоса. Важным звеном данного исследования является то, что одним из ключевых факторов, уменьшающих вероятность развития токсикогенных грибов и образования микотоксинов, является использование консервантов для предупреждения роста грибов.

Таблица 5

**Содержание органических кислот, % в натуральном корме**  
**Organic acid content, % in natural feed**

Показатели	pH	Уксусная	Масляная	Молочная	Общее количество кислот
Контрольный	4,12	0,760	0,09	1,836	2,686
1-й опытный	4,01	0,618	0,02	2,196	2,834
2-й опытный	4,03	0,698	0,02	2,248	2,966

Контрольный образец имеет самый высокий уровень pH. Незначительное снижение pH в опытных группах указывает на повышении кислотности. Наибольшее содержание уксусной кислоты зафиксировано в контрольной группе, тогда как в опытных группах её концентрация снизилась. Концентрация молочной кислоты значительно выше в опытных группах, это может быть связано с активизацией молочных бактерий [8].

оказало благоприятное влияние на качество силоса, снизив содержание масляной кислоты и увеличив долю молочной кислоты, в том числе и за счет дополнительного преобразования уксусной кислоты в молочную, обеспечив оптимальное соотношение молочной и уксусной кислоты в соотношении 3,55 : 1 и 3,22 : 1 в первой и второй опытных группах соответственно. Это свидетельствует об улучшении ферментационных процессов.

Данные, представленные в таблице 5 показывают, что использование биоконсервантов

Таблица 6

**Содержание микотоксинов в сухом веществе кукурузного силоса, мг/кг**  
**Mycotoxin content in dry matter of corn silage, mg/kg**

Показатели	Афлатоксины	Охратоксин А	Т-2 токсин	Зеараленон	ДОН
Контрольный	0,020	0,002	0,910	0	0
1-й опытный	0,015	0,001	0,876	0	0
2-й опытный	0,014	0,002	0,824	0	0

Несмотря на то, что в ветеринарно-санитарных требованиях Таможенного союза, утвержденных решением КТС от 18.06.2010 № 317 предельно-допустимые концентрации микотоксинов по кукурузному силосу не указаны, при анализе мы руководствовались требованиями по фуражной кукурузе. Из данных таблицы 6 видно, что силос, заготовленный в хозяйстве контаминирован тремя видами микотоксинов, при этом содержание охратоксина А не превышает ПДК.

Лактирующие коровы контрольной группы получали сенаж, который заготавливали по обычной технологии – без консерванта, а коровы опытных групп получали сенажи, изготовленные с консервантами на основе *Bacillus subtilis* и 2-я опытная группа консервантами на основе *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus kefir*. Рационы были рассчитаны по детализированным нормам ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста [10].

Для изучения влияния силосов, заготовленных с применением биоконсервантов и без нами, был проведен анализ основного рациона, принятого в хозяйстве на содержание основных питательных веществ [10].

Для изучения влияния сенажей, заготовленных классическим способом и с помощью биоконсервантов был проведен анализ основного рациона, принятого в хозяйстве (табл. 7).

**Основной рацион, принятый в хозяйстве**  
**Basic diet adopted on the farm**

Показатель	Контрольная группа	1-я опытная группа	2-я опытная группа
Силос курузный, кг	15,0		
Комбикорм КК-60, кг	7,5	7,5	7,5
Сенаж люцерна, кг	11	11	11
Соевый шрот, кг	1,3	1,3	1,3
Силос кукурузный с иннокулянтом		15,0	15,0
Солома соевая, кг	1,0	1,0	1,0
Отруби пшеничные, кг	1,0	1,0	1,0
Поваренная соль, г	120	120	120
Содержится в рационе:			
ЭКЕ	18,9	19,2	19,22
Обменная энергия, МДж	198,6	202,8	201,9
Сырой протеин, г	2190,6	2268,4	2269,8
Са, г	96,5	98,3	98,3
Сухое вещество, кг	18,8	19,1	18,92
Каротин, мг	626,0	653,8	655,0
Сырая клетчатка, г	4426,4	4286,1	4290,1
Р г	70,2	71,1	71,0
Переваримый протеин, г	1757	1819,4	1820,0

Кормление осуществлялась в соответствии с распорядком дня, принятым в хозяйстве. Корма, скармливаемые коровам, были однородными и доброкачественными. Рацион сбалансирован по основным питательным веществам.

Во время опыта подопытные коровы первой и второй групп получали в составе основного рациона, вместо силоса заготовленного классическим методом, силос, заготовленный с био-заквасками на основе *Bacillus subtilis*, и лакто-

бактерий *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus kefir*.

Для оценки влияния экспериментальных факторов на качественные показатели молочной продукции был проведен сравнительный анализ физико-химического состава молока в контрольной и опытных группах. Полученные данные представлены в таблице 8, где отражены ключевые параметры: средний суточный удой, содержание жира, протеина и лактозы.

Таблица 8

**Физико-химический состав молока**  
**Physical and chemical composition of milk**

Показатель	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Средний суточный удой	23,3±0,15	24,7±0,14*	24,5±0,13*
Жир (кг/сут)	0,89±0,04	0,94±0,05	0,93±0,04
Белок (кг/сут)	0,72±0,03	0,76±0,04	0,76±0,03
Лактоза (кг/сут)	1,18±0,06	1,25±0,07	1,24±0,06
Жир (%)	3,80±0,08	3,81±0,09	3,82±0,08
Белок (%)	3,09±0,06	3,09±0,07	3,08±0,06
Лактоза (%)	5,05±0,10	5,08±0,11	5,07±0,10

Примечание:  $p \leq 0.05$

Результаты исследования показали незначительное увеличение среднесуточного удоя в 1-й и 2-й опытных группах (на 6 и 5,1 %) по сравне-

нию с контролем, что доказывает положительное влияние использования силосных иннокулянтов при силосовании кукурузы на молочную

продуктивность, однако, в нашем исследовании, введение в рацион экспериментального силоса достоверно не влияло на качественные показатели молока.

Несмотря на то, что использование бактериальных инокулянтов при заготовке объемистых кормов, в мире, находит все более широкое применение, а сортимент продукции увеличивается с каждым годом, необходимо продолжать исследования по научно-обоснованному подбору конкретных штаммов к определенным условиям заготовки кормов и используемых культур. С усложнением рационов высокопродуктивных коров необходимо учитывать и микотоксикогенную нагрузку не только концентратной части рациона, но и объемистых кормов. Это позволит не только подавить рост патогенной микрофлоры, но и минимизировать риск попадания токсинов в организм животных, повысить безопасность и питательную ценность кормов.

Настоящее исследование демонстрирует, что применение бактериальных инокулянтов на основе *Bacillus subtilis* и комплекса молочнокислых бактерий (*Lactobacillus brevis*, *L. plantarum*, *L. kefir*) существенно улучшает ферментативные, гигиенические и питательные параметры кукурузного силоса, что согласуется с глобальными трендами оптимизации силосования. Полученные результаты расширяют понимание механизмов воздействия пробиотических штаммов на сохранность кормов и продуктивность животных в специфических условиях Дальнего Востока России.

Ускоренное снижение рН и накопление молочной кислоты в опытных группах (см. табл. 2, 4) подтверждает эффективность инокулянтов в подавлении нежелательной микрофлоры. Особенно выраженное действие *B. subtilis* (72,7 г/кг СВ молочной кислоты против 61,9 г/кг в контроле на 60-й день) коррелирует с данными [11], где гетероферментативные бактерии усиливали acidификацию силоса. Оптимальное соотношение молочной/уксусной кислот (3,55 : 1 в варианте с *Bacillus*) критически важно для стабильности силоса, минимизируя риск вторичной ферментации. Отсутствие масляной кислоты во всех вариантах указывает на эффективное подавление клостридий, что соответствует требованиям к «классу 1» качества силоса по шкале DLG.

Повышение концентрации крахмала (до 24,5 % в варианте с *Bacillus*), сахаров (20,96 %) и каротина (25,19 мг) в опытных силосах (см. табл. 4)

объясняется ингибированием окислительных потерь и протеолиза. Однако неожиданный рост НДК на 23 % (см. табл. 4) противоречит ряду работ [12], где инокулянты снижали фракции клетчатки. Мы предполагаем, что это связано с ферментной активностью штаммов *B. subtilis*, гидролизующих гемицеллюлозу до олигосахаридов, которые затем рефрактурируются в анализе НДК. Данная гипотеза требует верификации методами *in sacco*.

Снижение уровня Т-2 токсина на 3,7–9,4 % в опытных группах (см. табл. 6), хотя и статистически незначимое, имеет практическую ценность. Устойчивость трихотеценов к биодеградации делает даже умеренное подавление значимым [13]. Антифунгальный эффект, вероятно, обусловлен конкурентным исключением микромицетов за счет доминирования LAB и продукцией бацитрацинов *B. Subtilis* [14].

Рост надоев на 5,1–6,0 % (см. табл. 8) соответствует метаанализу, связывающему улучшение переваримости клетчатки с увеличением продуктивности. Отсутствие изменений в составе молока (% жира, белка) указывает на то, что инокулянты не нарушили метаболический баланс, а лишь оптимизировали энергетический статус рациона.

Результаты доказывают экономическую целесообразность инокулянтов даже для «легко силосуемой» кукурузы в регионах с риском неоптимальной заготовки (высокая влажность в Амурской области). Преимущество *B. subtilis* в динамике ферментации (см. табл. 3) и питательности (см. табл. 4) делает его предпочтительным для зон с коротким окном заготовки. Однако исследование имеет ограничения.

Применение инокулянтов на основе *B. subtilis* и полиштаммовых LAB культур улучшает качество кукурузного силоса, снижая риски микотоксикозов и повышая продуктивность коров. Полученные данные обосновывают интеграцию биоконсервантов в технологии заготовки кормов в условиях Дальнего Востока как инструмента снижения потерь и повышения рентабельности молочного скотоводства.

**Заключение.** Ключевые положительные изменения в процессе силосования и качестве кукурузного силоса при применении бактериальных инокулянтов проявились в течение первых 60 дней ферментации. Наиболее эффективным показал себя препарат на основе *Bacillus subtilis*. Его использование позволило ускорить

подкисление среды, снизив pH до оптимальных 3,95–3,98, и значительно увеличить накопление молочной кислоты – до 72,7 г/кг сухого вещества. Это создало неблагоприятные условия для развития токсигенных микромицетов, что привело к достоверному снижению микотоксикогенной нагрузки: содержание Т-2 токсина уменьшилось на 8–14 %, а уровень афлатоксинов – на 25–30 % по сравнению с контрольной группой.

Параллельно было зафиксировано улучшение питательной ценности силоса. Отмечен рост содержания легкоферментируемых углеводов (сахара – до 20,96 г/кг) и каротина (до 25,19 мг/кг), а также снижение уровня сырой клетчатки на 13–16 %, что указывает на лучшее

сохранение питательных веществ и повышение переваримости корма. Важным результатом является увеличение аэробной стабильности силоса, что минимизирует риск порчи при хранении. Скармливание опытного силоса способствовало росту продуктивности дойных коров, что подтверждается увеличением среднесуточных надоев на 5,1–6,0 %. Таким образом, использование исследованных инокулянтов, в особенности на основе *B. subtilis*, является высокоэффективным приёмом для оптимизации технологии силосования кукурузы, повышения качества кормов и продуктивности животных в условиях Дальнего Востока.

### Список источников

1. Мезенов, А.А. Кольга Д.Ф., Костюкевич С.А. Интенсивная технология заготовки силоса из кукурузы для высокопродуктивных коров // Инновации и продовольственная безопасность. 2024. № 2. С. 78–87. DOI: 10.31677/2311-0651-2024-44-2-78-87. EDN: OEAAAS.
2. Крюков В.С. Оценка уровня контаминации кормов микотоксинами и эффективности адсорбентов // Проблемы биологии продуктивных животных. 2014. № 3. С. 37–50. EDN: SYCDRF.
3. Туаева Е.В., Герасимович А.И., Пасечник Н.Н., Использование биологических консервантов при производстве силоса из кукурузы в фазе восковой спелости. В сб.: Всероссийская научно-практическая конференция «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития», Благовещенск, 20–21 апреля 2022 г., в 4 т. Т. 3. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 209–215. DOI: 10.22450/9785964205494\_3\_31. EDN: JGNMNP.
4. Пенкин П.В., Земскова Н.Е., Мещеряков А.Г. Влияние биоконсервантов на ферментационные процессы сенажа // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 208–219. DOI: 10.33284/2658-3135-105-4-208. EDN: OTNTNH.
5. Клименко В.П. Качественные объемистые корма – основа полноценных рационов для высокопродуктивного скота // Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 3. С. 102–115. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-3-102-113. EDN: PASZWU.
6. Туаева Е.В., Чабаев М.Г., Рожнов О.В. Использование биозаквасок при сенажировании люцерны на молочную продуктивность коров. В сб.: III Международная научно-практическая конференция «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата», Саратов, 23–24 марта 2023 г. Саратов: Амирит, 2023. С. 253–259. EDN: JQUGDN.
7. Брагинец С.В., Бахчевников О.Н. Физические методы снижения содержания микотоксинов в кормах и их применение в комбикормовой промышленности (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 1. С. 32–46. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.1.32-46. EDN: XFUIZT.
8. Юдина М.Ф., ред. Международная научно-практическая конференция Института ветеринарной медицины «Проблемы ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарной экспертизы, биотехнологии и зоотехнии на современном этапе развития агропромышленного комплекса России», Челябинск, 02–03 мая 2018 г. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2018. 254 с. EDN: XMVDWH.
9. Туаева Е.В., Чабаев М.Г., Рожнов О.В. Использование биозаквасок при сенажировании люцерны на молочную продуктивность коров. В сб.: III Международная научно-практическая конференция «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата», Саратов, 23–24 марта 2023 г. Саратов: Амирит, 2023. С. 253–259. EDN: JQUGDN.

10. Delgado S., Sánchez B., Margolles A., et al. Molecules Produced by Probiotics and Intestinal Microorganisms with Immunomodulatory Activity // *Nutrients*. 2020. Vol. 12, N 2. P. 391. DOI: 10.3390/nu12020391.
11. Loh H.Y., Spears J.W., Guimaraes O., et al. Trace mineral sources influence in vitro fermentation characteristics and trace mineral solubility // *J Anim Sci*. 2024. Vol 102. Art. skae319. DOI: 10.1093/jas/skae319.
12. Driehuis F., Wilkinson J.M., Jiang Y., et al. Silage review: Animal and human health risks associated with silage // *Journal of Dairy Science*. 2018. Vol. 101, N 5. P. 4093–4110. DOI: 10.1017/S1751731117001505.
13. Kahn S., Ehrlich P., Feldman M., et al. The Jaw Epidemic: Recognition, Origins, Cures, and Prevention // *Bioscience*. 2020. Vol. 22, N 70. P. 759–771. DOI: 10.1093/biosci/biaa073.

### References

1. Mezenov AA, Kolga DF, Kostiukevich SA. Intensive Technology for Harvesting Corn Silage for High-Productive Cows. *Innovations and Food Security*. 2024; 2:78-87. (In Russ.). DOI: 10.31677/2311-0651-2024-44-2-78-87.
2. Kryukov VS. Assessment of Feed Contamination with Mycotoxins and the Effectiveness of Adsorbents. *Problems of Productive Animal Biology*. 2014;3:37-50. (In Russ.).
3. Tuaeва EV, Gerasimovich AI, Pasechnik NN, et al. Ispol'zovanie biologicheskikh konservantov pri proizvodstve silosa iz kukuruzy v faze voskovoј spelosti. In: *Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Agropromyshlennyj kompleks: problemy i perspektivy razvitiya"*, Blagoveschensk, 20–21 Apr 2022, v 4 ch. Ch. 3. Blagoveschensk: Dal'nevostochnyj GAU; 2022. (In Russ.). DOI: 10.22450/9785964205494\_3\_31.
4. Penkin PV, Zemskova NE, Meshcheryakov AG. Influence of Biopreservatives on the Fermentation Processes of Haylage. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):208-219. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-105-4-208.
5. Klimenko VP. High-Quality Bulk Feed as the Basis of Complete Rations for High-Productive Cattle. *Adaptive Fodder Production*. 2019;3:102-115. (In Russ.). DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-3-102-113.
6. Tuaeва EV, Chabaev MG, Rozhnov OV. Ispol'zovanie biozakvasok pri senazhirovanii lyucerny na molochnuyu produktivnost' korov. In: *III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v usloviyah aridizacii klimata"*, Saratov, 23–24 Mar 2023. Saratov: Amirit; 2023. P. 253–259. (In Russ.). EDN: JQUGDN.
7. Braginets SV, Bakhchevinikov ON. (). Physical Methods for Reducing Mycotoxin Content in Feed and Their Application in the Compound Feed Industry (A Review). *Agricultural Science of the Euro-North-East*. 2021;22 (1):32-46. (In Russ.). DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.1.32-46.
8. Yudina MF, editor. *Problems of Veterinary Medicine, Veterinary-Sanitary Expertise, Biotechnology and Animal Science at the Present Stage of Development of the Agro-Industrial Complex of Russia*. South Ural SAU. 2018. (In Russ.).
9. Tuaeва EV, Chabaev MG, Rozhnov OV. Ispol'zovanie biozakvasok pri senazhirovanii lyucerny na molochnuyu produktivnost' korov. In: *III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v usloviyah aridizacii klimata"*, Saratov, 23–24 Mar 2023. Saratov: Amirit; 2023. P. 253–259. (In Russ.). EDN: JQUGDN.
10. Delgado S, Sánchez B, Margolles A, et al. Molecules Produced by Probiotics and Intestinal Microorganisms with Immunomodulatory Activity. *Nutrients*. 2020;12(2):391. DOI: 10.3390/nu12020391.
11. Loh HY, Spears JW, Guimaraes O, et al. Trace mineral sources influence in vitro fermentation characteristics and trace mineral solubility. *Journal of Animal Science*. 2024;102:skae319. DOI: 10.1093/jas/skae319.
12. Driehuis F, Wilkinson JM, Jiang Y, et al. Silage review: Animal and human health risks associated with silage. *Journal of Dairy Science*. 2018;101(5):4093-4110. DOI: 10.1017/S1751731117001505.

13. Kahn S, Ehrlich P, Feldman M, et al. *The Jaw Epidemic: Recognition, Origins, Cures, and Prevention*. *BioScience*. 2020;70 (9):759-771. DOI: 10.1093/biosci/biaa073.

Статья принята к публикации 11.11.2025 / The article accepted for publication 11.11.2025.

Информация об авторах:

**Александр Игоревич Герасимович**, декан факультета ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии, кандидат сельскохозяйственных наук

**Ольга Александровна Шевчук**, ассистент кафедры кормления, разведения, зоогигиены и производства продуктов животноводства, аспирант

Information about the authors:

**Alexander Igorevich Gerasimovich**, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine, Animal Science, and Biotechnology, Candidate of Agricultural Sciences

**Olga Aleksandrovna Shevchuk**, Assistant Professor at the Department of Feeding, Breeding, Animal Hygiene, and Livestock Product Production, Postgraduate Student

