Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2026. Т. 17, вып. 3. С. 319–325.
Bulletin of Perm University. Biology. 2026. Vol. 17, iss. 3. P. 319–325.

МИКРОБИОЛОГИЯ

Научная статья
УДК 636.085.52:579.64:577.2
EDN:
http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2026-3-319-325

Влияние биологических и химического консервантов на микробиом и процессы ферментации при силосовании кукурузы

С. А. Маляренко[1], **Л. А. Ильина**[1, 2, 3], **Е. Ю. Кривопуск**[1, 4], **П. В. Попова**[1, 4], **Н. П. Фомина**[1], **В. Н. Чудотворова**[1, 4]

[1] ВИК им. В.Р. Вильямса, Лобня, Московская область, Россия
[2] Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
[3] БИОТРОФ, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия
[4] РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия
Автор, ответственный за переписку: Светлана Андреевна Маляренко, maliarenko@vniikormov.ru

Аннотация. Кукурузный силос является одним из важных высокоэнергетических кормов в рационе крупного рогатого скота. Эпифитные микроорганизмы консервируемой массы влияют на ход ферментации и качество корма. При нарушении технологии заготовки развиваются нежелательные микроорганизмы, снижающие питательную ценность и аэробную стабильность силоса. В связи с этим высокую актуальность приобретают исследования, направленные на снижение риска развития нежелательной микрофлоры и нарушения ферментации. Целью исследования являлась оценка влияния биологических и химического консервантов на микробиом и процессы ферментации при силосовании кукурузы. Объект исследования – силос из кукурузы гибрида Золотой Початок, убранной в фазе восковой спелости зерна. Для силосования применялись биологические препараты Биотроф-АС, Промилк и химический консервант ВИК 3Ц. Результаты исследований указывают на позитивное влияние консервантов на состав микробиоты и питательную ценность силоса. В варианте с химическим препаратом ВИК 3Ц наблюдалось наиболее высокое количество бактерий с антимикробными свойствами родов *Lactobacillus* (1×10^{12} геномов/г) и *Bifidobacterium* (3×10^{8} геномов/г), что приводило к наибольшей сохранности сахаров. Применение биологических консервантов Биотроф-АС и Промилк, по сравнению с химическим препаратом, способствовало наибольшему накоплению молочной кислоты (83.89–84.22%) по отношению ко всем кислотам, что приводило к более эффективному подавлению нежелательных микроорганизмов (*Enterobacteriaceae, Candida albicans* и др.), снижающих питательную ценность корма. Применение Биотроф-АС приводило к достоверно более высокому накоплению уксусной кислоты (0.74%) по сравнению с другими препаратами, что способствовало наиболее эффективному подавлению нежелательной микробиоты, в том числе протеолитической, и обеспечивало получение энергонасыщенного силоса. Установленные закономерности между структурой микробного сообщества силоса и показателями его качества обосновывают необходимость многофакторного анализа эффективности консервантов.

Ключевые слова: кукурузный силос, биологические и химические консерванты, микробиота силоса, ферментация

Для цитирования: Влияние биологических и химического консервантов на микробиом и процессы ферментации при силосовании кукурузы / С. А. Маляренко, Л. А. Ильина, Е. Ю. Кривопуск, П. В. Попова, Н. П. Фомина, В. Н. Чудотворова // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2026. Т. 17, вып. 3. С. 319–325. http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2026-3-319-325.

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FGGW-2025-0014: «Изучение микробиома кормовых культур с помощью методов метагеномного анализа для разработки эффективных технологий кормопроизводства и инновационных консервантов, регулирующих микробиологические процессы при заготовке ферментируемых кормов».

MICROBIOLOGY

Original article

The influence of biological and chemical preservatives on the microbiome and fermentation processes during corn ensiling

S. A. Malyarenko[1], **L. A. Ilyina** [1, 2, 3], **E. Yu. Krivopusk**[1, 4], **P. V. Popova**[1, 4], **N. P. Fomina**[1], **V. N. Chudotvorova**[1, 4]

© Маляренко С. А., Ильина Л. А., Кривопуск Е. Ю., Попова П. В., Фомина Н. П., Чудотворова В. Н., 2026

[1] Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Moscow Region, Russia
[2] Saint Petersburg State Agrarian University, Pushkin, St. Petersburg, Russia
[3] BIOTROF, Pushkin, St. Petersburg, Russia
[4] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia
Corresponding author: Svetlana A. Malyarenko, maliarenko@vniikormov.ru

Abstract. Corn silage is an important high-energy feed in cattle diets. Epiphytic microorganisms in the ensiled mass influence the fermentation process and feed quality; however, if ensiling protocols are compromised, undesirable microorganisms (such as yeasts and proteolytic bacteria, etc.) proliferate, reducing the nutritional value and aerobic stability of the silage. Therefore, research aimed at reducing the risk of undesirable microflora development and fermentation failure is highly relevant. The aim of the study was to evaluate the effects of biological and chemical preservatives on the microbiome and fermentation processes during corn ensiling. The study sample was silage made from Zolotoy Pochatok hybrid corn harvested at the waxy stage. The biological preservatives Biotrof-AS and Promilk, as well as the chemical preservative VIK 3C, were used for ensiling. The results indicate a positive effect of preservatives on the microbiota composition and nutritional value of silage. The treatment with the chemical preservative VIK 3C demonstrated the highest counts of bacteria with antimicrobial properties from the genera *Lactobacillus* (1×10^{12} genom/g) и *Bifidobacterium* (3×10^{8} genom/g) and *Bifidobacterium*, which resulted in the highest sugar retention and reduced. The use of the biological preservatives Biotrof-AS and Promilk, compared to the chemical preservative, resulted in the highest lactic acid accumulation (83.89-84.22%) relative to all acids, leading to more effective suppression of undesirable microorganisms (*Enterobacteriaceae*, *Candida albicans*, *Streptococcus*, etc.) that reduce the nutritional value of the feed. The using of Biotrof-AS led to a significantly higher accumulation of acetic acid (0.74%) compared to other preparations, which contributed to the most effective suppression of undesirable microbiota, including proteolytic, and ensured the production of energy-rich silage. The established patterns between the structure of the microbial community of silage and its quality indicators justify the need for a multifactorial analysis of the effectiveness of preservatives.

Keywords: corn silage, biological and chemical preservatives, silage microbiota, fermentation

For citation: Malyarenko S. A., Ilyina L. A., Krivopusk E. Yu., Popova P. V., Fomina N. P., Chudotvorova V. N. [The influence of biological and chemical preservatives on the microbiome and fermentation processes during corn ensiling]. *Bulletin of Perm University. Biology*. Vol. 17, iss. 3 (2026): pp. 319-325. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2026-3-319-325.

Financing: the research was conducted within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation FGGW-2025-0014: "Study of the microbiome of forage crops using metagenomic analysis methods for the development of effective feed production technologies and innovative preservatives that regulate microbiological processes during the preparation of fermented feed".

Введение

Силосование является одним из наиболее эффективных способов консервирования зеленых кормов, позволяющих сохранить питательные вещества и обеспечить животных качественным кормом в течение всего года [Герасимов, Иванова, Кучин, 2014]. Кукуруза относится к легкосилосуемым культурам, которая при оптимальной уборке в фазу восковой спелости содержит максимальное количество сухого вещества и питательных компонентов. Вместе с тем качество ферментации кукурузы зависит от различных факторов, в числе которых степень измельчения и уплотнения массы, герметичность укрытия, а также использование консервантов [Кучин, 2023]. При неблагоприятных условиях и нарушении технологии в силосе из кукурузы активно развиваются дрожжи и энтеробактерии, вызывающие потери питательных веществ на этапе хранения [Driehuis et al., 1996].

Для сохранения питательных веществ и повышения качества силоса активно применяются биологические консерванты, ускоряющие подкисление растительной массы и способствующие повышению доли молочной кислоты в структуре органических кислот [Герасимов, Иванова, Кучин, 2014; Кучин, 2023]. Сообщалось, что для достижения аэробной стабильности целесообразно применять препараты на основе гетероферментативных бактерий, которые обеспечивают лучшую сохранность корма после вскрытия хранилищ [Driehuis, 1996; Победнов и др., 2021]. Широкое распространение получили химические препараты на основе органических кислот – муравьиной, пропионовой, уксусной [da Silva et al., 2020]. Показано, что обработка зеленой массы химическими консервантами позволяет значительно сократить потери питательных веществ. В частности, применение смеси органических кислот способствует интенсивному подавлению роста и развития нежелательных бактерий и грибов [da Silva, Kung, 2022].

Для оценки влияния консервантов широкую перспективу получили современные молекулярно-генетические методы, такие как метод количественной ПЦР и NGS-секвенирование. Эти методы позволяют детально изучать структуру микробиома силоса и филлосферы растений [Йылдырым и др., 2015; Agarussi et al., 2022]. Как показали исследования, состав и структура эпифитной и силосной микрофлоры определяют направленность процессов ферментации в силосной массе и оказывают непосредственное влияние на биохимические показатели качества.

В связи с этим цель настоящего исследования состояла в оценке состава микробиома и питательности силоса из кукурузы под воздействием химического и биологических консервантов. Нами был проведен анализ формирования состава микробиоты силоса с применением молекулярно-генетического метода количественной ПЦР, а также оценка связи состава микробиоты с показателями готового корма.

Материалы и методы исследования

Опыты по консервированию листостебельной массы кукурузы проведены в лабораторных условиях (ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»). В качестве сырья использовали кукурузу гибрида Золотой Початок, убранную в фазу восковой спелости зерна. Исходное содержание сухого вещества (СВ) составило 40.33%, содержание сахара в сухом веществе – 6.49%.

Закладку массы на силос проводили по общепринятой методике [Бондарев и др., 2008] в четырех вариантах: контроль (без добавок), биопрепараты Промилк в дозе 1.33 г/т и Биотроф-АС – 20 мл/т, а также химический консервант ВИК 3 Ц (патент RU 2812353 C1) в дозе 4 л/т.

Обработанная консервантами растительная масса (размер частиц 20 мм) была расфасована по 20 кг в полиэтиленовые мешки и герметично закрыта. Хранение осуществляли при комнатной температуре в течение 8 месяцев, по истечении которых мешки вскрывали и отбирали средние пробы из каждого опытного варианта для последующего определения биохимических, химических и микробиологических показателей.

Оценку биохимического и химического состава зеленой массы и готовых консервированных кормов определяли согласно «Физико-химическим методам анализа кормов» [Косолапов и др., 2014]. Оценку количества сахаров выполняли методом Бертрана, содержания органических кислот (в т.ч. молочной, масляной, уксусной и других) с помощью метода капиллярного электрофореза (КАПЕЛЬ – 105М, компания Люмэкс, Россия), уровня pH – на потенциометре И-500 (компания Аквилон, Россия), аммиака – по методу Лонги. Содержание сырого протеина определяли методом Кьельдаля (автоматический анализатор Hanon K1160), сырого жира – экстракцией в аппарате Hanon SOX 406 по методу Ф. Сокслета.

Оценку количества исследуемых микроорганизмов (дрожжей и бактерий) проводили в готовом корме с применением метода количественной полимеразной цепной реакции (кПЦР). Для проведения исследования образцы кормов замораживали при температуре –20°С. Выделение тотальной ДНК из образцов корма выполняли с использованием коммерческого набора Genomic DNA Purification Kit (компания Thermo Fisher Scientific, Inc., США) согласно протокол. Количественную ПЦР проводили на амплификаторе ДТ Prime II 5М6 (компания ООО НПО ДНК-Технология, Россия) с помощью набора Колонафлор (ООО Альфалаб, Россия) согласно условиям производителя.

Статистическую обработку результатов проводили путем оценки t-критерия Стьюдента. При анализе достоверными считались различия при $P \leq 0.05$. Данные в таблице приведены в следующем формате – Mean ± SEM («среднее значение ± стандартная ошибка среднего»). Статистическую обработку проводили согласно методике [Доспехов, 2011].

Результаты и их обсуждение

В таблице представлены ключевые биохимические показатели, характеризующие качество ферментации кукурузного силоса. Каждый из исследованных образцов кормов по показателям качества соответствовал первому классу согласно ГОСТ Р 55586-2022.

Уровень pH во всех вариантах был низким и составил 4.18–4.45. Согласно полученным результатам, все используемые в исследовании консерванты оказывали благоприятное воздействие на ферментацию растительной массы. Основным типом брожения во всех вариантах было молочнокислое. При использовании биологических консервантов Биотроф-АС и Промилк содержание молочной кислоты в общей сумме кислот было достоверно (при $p \leq 0.05$) более высоким и составило 83.89±0.30% и 84.22±0.90% соответственно по сравнению силосом, приготовленным с химическим консервантом ВИК 3 Ц (79.18±0.56%).

При оценке содержания отдельных кислот в силосе в зависимости от применяемых консервантов установлены характерные закономерности. Так, в варианте с химическим консервантом обнаружено более высокое содержание других кислот, что обусловлено присутствием муравьиной и пропионовой кислот, входящих в состав препарата и подавляющих развитие нежелательной микрофлоры. Ранее было показано, что другие кислоты способствуют лучшей сохранности силоса благодаря выраженным антимикробным свойствам [Клименко, 2012]. В силосе с биологическим консервантом Биотроф-АС отмечено более высокое по сравнению с другими вариантами содержание уксусной кислоты, что указывает на протекание в нем гетероферментативного брожения при снижении доли гомоферментативного. Сообща-

лось, что уксусная кислота способствует повышению аэробной стабильности силоса вследствие ингибирующего действия в отношении дрожжей и микроскопических грибов [Gheller et al., 2021].

Результаты оценки биохимических и химических показателей силоса из кукурузы
[Results of the evaluation of biochemical parameters of corn silage]

Показатель		Вариант консервирования			
		без добавок	Биотроф-АС	Промилк	ВИК 3 Ц
СВ, %		40.81±0.61	40.72±0.15	38.30±0.44*	39.14±0.58
pH		4.18±0.02	4.25±0.03*	4.45±0.02*	4.39±0.00*
Содержание в СВ, %	протеина	6.76±0.05	7.29±0.03*	7.29±0.06*	7.01±0.02*
	жира	3.45±0.03	3.45±0.04	3.34±0.01*	3.40±0.03
	БЭВ	69.87±0.12	69.60±0.10	69.36±0.15	70.72±0.13*
	сахара	1.95±0.09	1.07±0.03*	0.69±0.03*	2.53±0.05
	органических кислот в т.ч.				
	молочной	6.13±0.15	5.38±0.05*	4.40±0.27*	3.65±0.09*
	уксусной	0.59±0.03	0.74±0.02*	0.49±0.02	0.48±0.02*
	масляной	-	-	0.06±0.02	-
	других [1]	0.27±0.01	0.30±0.01	0.26±0.02	0.49±0.04*
Отношение, %	молочной кислоты к сумме кислот	87.74±0.07	83.89±0.30*	84.22±0.90*	79.18±0.56*
	азота аммиака к общему азоту	8.69±0.23	7.14±0.09*	8.81±0.05	6.55±0.05*
$ОЭ_{крс}$, МДж		10.71	10.85	10.82	11.04

Примечание: * – разность достоверна по отношению к контролю при $p \leq 0.05$; [1] – муравьиная, янтарная, яблочная, лимонная, пропионовая кислоты.

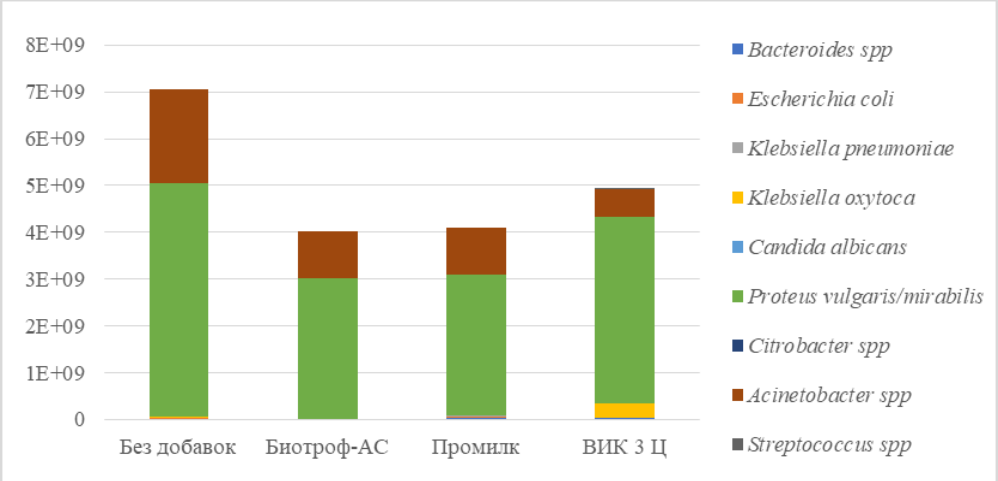
В полученном кукурузном силосе отношение азота аммиака к общему азоту составило 6.55–8.81%, содержание сухого вещества 38.30–40.81%. Наиболее высокие показатели сохранности сухого вещества отмечены в контрольном варианте (40.81±0.61%) и с применением биологического консерванта Биотроф-АС (40.72±0.15%). При этом наибольшее количество сахаров выявлено при применении химического консерванта ВИК 3 Ц, что свидетельствует об их более активном потреблении микроорганизмами, входящими в состав биологических препаратов.

Наименьший уровень протеолиза отмечен в вариантах с Биотроф-АС (7.14%) и ВИК 3 Ц (6.55%). Это может указывать на бактериостатическое действие компонентов препаратов или продуктов жизнедеятельности интродуцированной микрофлоры на протеолитические бактерии при силосовании кукурузы [Huo et al., 2022]. Значения содержания основных питательных веществ в опытных вариантах с добавками различались в незначительной степени. Однако в контрольном варианте зафиксировано снижение уровня сырого протеина на 0.3–0.6%$_{абс}$, что обусловило его более низкую питательную ценность по сравнению с кормами, в которые были внесены консерванты.

На рисунке представлены результаты определения состава микробиоты силоса из кукурузы с изучаемыми консервантами с применением метода количественной ПЦР. Известно, что качество силоса во многом определяется процессами ферментации, обусловленной действием микроорганизмов. Выявлено, что более высокое количество молочнокислых бактерий, которые быстро подкисляют pH в силосе и обладают антимикробными свойствами в отношении условно-патогенной, патогенной нежелательной микробиоты, детектировалось в контрольном варианте (2×10^{12} геномов/г) и в опытном образце корма с добавлением химического консерванта ВИК 3 Ц (1×10^{12} геномов/г). В вариантах с применением биологических консервантов количество лактобацилл составило 2×10^{11}–5×10^{11} геномов/г. В контрольном и химическом вариантах присутствовали бифидобактерии на уровне (1×10^{8}–3×10^{8} геномов/г), которые, согласно литературным данным, способны к синтезу молочной и уксусной кислот и теоретически могут выполнять функцию консервантов [Мальцева и др., 2017]. В то же время в вариантах с Биотроф-АС и Промилк бифидобактерии были подавлены, а доминирующее положение заняли лактобациллы, вносимые с препаратами. Это свидетельствует о высокой конкурентной способности штаммов, использованных в биоконсервантах, и объясняет более выраженное ингибирование нежелательной микрофлоры в данных вариантах.

Сообщалось, что высокое количество бактерий с антимикробными свойствами, положительно отражается на ферментации растительной массы [O'Brien et al., 2007]. Согласно результатам, представленным на рисунке, суммарное количество нежелательных, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов в вариантах с биологическими и химическим консервантами было ниже в 1.4–1.7 раз по сравнению с контролем. Известно, что высокое количество этих микроорганизмов приводит к снижению кормовой ценности травянистой массы и повышению риска развития заболеваний в КРС. В частности, фер-

ментативные бактерии *Bacteroides* относятся к представителям нормофлоры жвачных, однако в силосе являются нежелательными, поскольку могут снижать питательную ценность корма из-за способности расщепления полисахаридов в растительной массе. Преобладающими в силосе из кукурузы среди условно-патогенных и патогенных микроорганизмов были представители родов *Acinetobacter Proteus* и другие представители группы энтеробактерий. Также обнаружены дрожжи *Candida albicans* и стрептококки рода *Streptococcus,* выявляемые в следовых количествах в варианте при использовании препарата ВИК 3 Ц.



Количество нежелательных и патогенных таксонов микроорганизмов (в геномах/г) в кукурузном силосе

[Number of undesirable and pathogenic microbial taxa (genomes/g) in corn silage]

Представители рода *Proteus,* как и другие выявленные в исследованных образцах бактерии видов *Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, Klebsiella oxytoca* и рода *Citrobacter* относятся к энтеробактериям. Известно, что многие энтеробактерии являются протеолитическими и приводят к потерям белка в готовом корме. Известно, что представители рода *Acinetobacter* могут оказывать негативное влияние на питательную ценность кормов вследствие протеолиза. В контрольном образце их содержание составило 2×10^9 геномов/г, что сопровождалось минимальным уровнем сырого протеина среди всех исследованных вариантов. Кроме того, указанные микроорганизмы способны вызывать заболевания КРС. Высокое подавление нежелательной микробиоты при использовании консерванта Биотроф-АС могло быть также обусловлено действием уксусной кислоты, количество которой в образце было достоверно более высоким (при $p\leq0.05$) по сравнению с другими вариантами.

Таким образом, все исследованные консерванты продемонстрировали выраженное влияние на микробиом и ферментативные процессы при силосовании кукурузы, однако характер их действия различался в зависимости от природы препарата, что отразилось на составе конечных продуктов ферментации и питательной ценности готового силоса.

Заключение

В ходе исследований подтверждено положительное влияние консервантов различной природы на ферментативные процессы при силосовании кукурузы. Установлено, что применение химического препарата ВИК 3 Ц сопровождается выраженным увеличением численности лактобацилл и бифидобактерий в силосуемой массе, обеспечивая снижение потерь питательных веществ. Применение биологических консервантов Биотроф-АС и Промилк по сравнению с химическим консервантом способствовало более интенсивному накоплению молочной кислоты в силосе, что сопровождалось снижением представленности условно-патогенных и патогенных видов, таких как энтеробактерии, стрептококки и дрожжи. Установленные закономерности между структурой микробного сообщества силоса и показателями его качества обосновывают необходимость многофакторного анализа эффективности консервантов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что комплексный подход к оценке действия консервантов позволяет обоснованно выбирать препараты в зависимости от конкретных условий заготовки и желаемого результата, что открывает возможности для дифференцированного управления качеством кормов в животноводстве.

Список источников

1. Бондарев В.А. и др. Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов (метод. рекомендации). М.: ФГУ РЦСК, 2008. 67 с.

2. Герасимов Е.Ю., Иванова О.Н., Кучин Н.Н. Силосование кукурузы // Карельский научный журнал. 2014. № 4(9). С. 165–169.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с.

4. Йылдырым Е.А. и др. Изучение эпифитной микрофлоры как источника формирования силоса микробиоценоза методом NGS-секвенирования // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 6. С. 832–838.

5. Клименко В.П. Научное обоснование и разработка эффективных способов повышения энергетической и протеиновой питательности силоса и сенажа из трав: дис. … д-ра с.-х. наук. Дубровицы, 2012. 367 с.

6. Косолапов В.М. и др. Физико-химические методы анализа кормов. М., 2014. 344 с.

7. Кучин Н.Н. Проблема аэробной устойчивости при заготовке и использовании кукурузного силоса // Адаптивное кормопроизводство. 2023. № 3. С. 69–87.

8. Мальцева О.Ю. и др. Влияние бактериальных культур на сохранность зеленых кормов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79, № 3. С. 174–179.

9. Победнов Ю.А. и др. Исследование факторов, определяющих аэробную стабильность силоса из кукурузы, заготовленной в фазе восковой спелости зерна // Проблемы биологии продуктивных животных. 2021. № 1. С. 87–94.

10. Agarussi M.C.N. et al. Microbiome of rehydrated corn and sorghum grain silages treated with microbial inoculants in different fermentation periods // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. Art. 16864.

11. da Silva É.B., Kung L. A meta-analysis of the effects of a chemical additive on the fermentation and aerobic stability of whole-plant maize silage // Agriculture. 2022. Vol. 12, № 2. Art. 132.

12. da Silva É.B. et al. Effects of a chemical additive on the fermentation, microbial communities, and aerobic stability of corn silage with or without air stress during storage // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98, № 8. Art. skaa246.

13. Driehuis F. et al. Improving aerobic stability by inoculation with *Lactobacillus buchneri* // Proceeding of the XI th International Silage Conference. Aberystwyth, 1996. P. 106–107.

14. Gheller L.S. et al. Different organic acid preparations on fermentation and microbiological profile, chemical composition, and aerobic stability of whole-plant corn silage // Animal Feed Science and Technology. 2021. Vol. 281. Art. 115083.

15. Huo W. et al. Effect of lactobacilli inoculation on protein and carbohydrate fractions, ensiling characteristics and bacterial community of alfalfa silage // Frontiers in Microbiology. 2022. Vol. 13. Art. 1070175.

16. O'Brien M. et al. Quantification and identification of fungal propagules in well-managed baled grass silage and in normal on-farm produced bales // Animal Feed Science and Technology. 2007. Vol. 132, № 3. P. 283–297. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.04.013.

References

1. Bondarev V.A., Kosolapov V.M., Pobednov Yu.A., Panov A.A., Akhlamov Yu.D., Otroshko S.A., Popov V.V., Sokolkov V.M., Klimenko V.P., Mamaev A.A. *Provedenie opytov po konservirovaniyu i khraneniyu ob"emistykh kormov* [Conducting experiments on preservation and storage of bulky feeds (methodological recommendations)]. Moscow, FGU RCSK Publ., 2008. 67 p. (In Russ.).

2. Gerasimov E.Yu., Ivanova O.N., Kuchin N.N. [Ensiling of corn]. *Karelskii Nauchnyi Zhurnal*. No. 4(9) (2014): pp. 165-169. (In Russ.).

3. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. 6th ed. Moscow, Alians Publ., 2011. 352 p.

4. Yıldırım E.A., Laptev G.Yu., Ilina L.A., Nikonov I.N., Filippova V.A., Soldatova V.V., Brazhnik E.A., Novikova N.I., Gagkaeva T.Yu. [Study of epiphytic microflora as a source of silage microbiocenosis formation using NGS sequencing]. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*. V. 50, No. 6 (2015): pp. 832-838. (In Russ.).

5. Klimenko V.P. *Nauchnoe obosnovanie i razrabotka effektivnykh sposobov povysheniya energeticheskoy i proteinovoy pitatel'nosti silosa i senazha iz trav* [Scientific substantiation and development of effective methods for increasing the energy and protein value of grass silage and haylage]. Diss. … Dr. Sci. (Agric.). Dubrovitsy, 2012. 367 p. (In Russ.).

6. Kosolapov V.M., Chuykov V.A. et al. *Fiziko-khimicheskie metody analiza kormov* [Physicochemical methods of feed analysis]. Moscow, 2014. 344 p. (In Russ.).

7. Kuchin N.N. [The problem of aerobic stability during the harvesting and use of corn silage]. *Adaptivnoe Kormoproizvodstvo*. No. 3 (2023): pp. 69-87. (In Russ.).

8. Maltseva O.Yu., Meshcheryakova O.L., Novikova I.V., Stepanova D.S., Stepanova M.S., Korneeva O.S. [The influence of bacterial cultures on the conservation of green fodders]. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta Inzhenernykh Tekhnologiy*. V. 79, No. 3 (2017): pp. 174-179. (In Russ.)

9. Pobednov Yu.A., Mamaev A.A., Osipyan B.A., Kuchin I.V., Yurtaeva K.E. [Investigation of the factors determining the aerobic stability of corn silage harvested at the waxy stage of grain maturity]. *Problemy biologii productivnykh zhivotnykh*. No. 1 (2021): pp. 87-94. (In Russ.).

10. Agarussi M.C.N., Pereira O.G., Pimentel F.E., Azevedo C.F., da Silva V.P., e Silva F.F. Microbiome of rehydrated corn and sorghum grain silages treated with microbial inoculants in different fermentation periods. *Scientific Reports*. V. 12 (2022). Art. 16864.

11. da Silva É.B., Kung L. A meta-analysis of the effects of a chemical additive on the fermentation and aerobic stability of whole-plant maize silage. *Agriculture*. V. 12, No. 2 (2022). Art. 132.

12. da Silva É.B., Savage R.M., Biddle A.S., Polukis S.A., Smith M.L., Kung L. Effects of a chemical additive on the fermentation, microbial communities, and aerobic stability of corn silage with or without air stress during storage. *Journal of Animal Science*. V. 98, No. 8 (2020). Art. skaa246.

13. Driehuis F., Spoelstra S.F., Cole S.C.J., Morgan R. Improving aerobic stability by inoculation with *Lactobacillus buchneri*. In: Proceedings of the XI th International Silage Conference. Aberystwyth, 1996, pp. 106-107.

14. Gheller L.S., Ghizzi L.G., Takiya C.S., Grigoletto N.T.S., Silva T.B.P., Marques J.A., Dias M.S.S., Freu G., Renno F.P. Different organic acid preparations on fermentation and microbiological profile, chemical composition, and aerobic stability of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*. V. 281 (2021). Art. 115083.

15. Huo W., Zhang Y., Zhang L., Shen C., Chen L., Liu Q., Zhang S., Wang C., Guo G. Effect of lactobacilli inoculation on protein and carbohydrate fractions, ensiling characteristics and bacterial community of alfalfa silage. *Frontiers in Microbiology*. V. 13 (2022). Art. 1070175.

16. O'Brien M., O'Kiely P., Forristal P.D., Fuller H.T. Quantification and identification of fungal propagules in well-managed baled grass silage and in normal on-farm produced bales. *Animal Feed Science and Technology*. V. 132, No. 3 (2007): pp. 283-297. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.04.013.

Статья поступила в редакцию 11.09.2026; одобрена после рецензирования 29.09.2026; принята к публикации 06.10.2026.
The article was submitted 11.09.2026; approved after reviewing 29.09.2026; accepted for publication 06.10.2026.

Информация об авторах
Светлана Андреевна Маляренко – maliarenko@vniikormov.ru, канд. с.-х. наук, заведующий лабораторией, старший научный сотрудник;
Лариса Александровна Ильина – ilina@biotrof.ru, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник, начальник молекулярно-генетической лаборатории, профессор кафедры крупного животноводства;
Екатерина Юрьевна Кривопуск – e.krivopusk@vniikormov.ru, научный сотрудник, аспирант;
Полина Викторовна Попова – i10110@yandex.ru, научный сотрудник, аспирант;
Наталья Павловна Фомина – kasarinanatalya@gmail.com, младший научный сотрудник;
Валерия Николаевна Чудотворова – r00116@yandex.ru, младший научный сотрудник, магистрант.
Information about the authors
Svetlana A. Malyarenko – maliarenko@vniikormov.ru, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory, senior researcher;
Larisa A. Ilina – ilina@biotrof.ru, doctor of biological sciences, leading researcher, head of the molecular genetic laboratory, professor of the Department of large animal husbandry;
Ekaterina Yu. Krivopusk – e.krivopusk@vniikormov.ru, researcher, postgraduate student;
Polina V. Popova – i10110@yandex.ru, researcher, postgraduate student;
Natalya P. Fomina – kasarinanatalya@gmail.com, junior researcher;
Valeriya N. Chudotvorova – r00116@yandex.ru, junior researcher, master's student.

Вклад авторов:
Маляренко С. А. – концепция исследования; редактирование текста; утверждение окончательного варианта.
Ильина Л. А. – написание исходного текста; итоговые выводы.
Кривопуск Е. Ю. – выполнение исследования; редактирование текста.
Попова П. В. – выполнение исследования; статистическая обработка материала.
Фомина Н. П. – выполнение исследования.
Чудотворова В. Н. – обзор литературы; анализ данных.
Contribution of the authors:
Malyarenko S. A. – research concept; text editing; final version approval.
Ilyina L. A. – writing of the original draft; final conclusions.
Krivopusk E. Yu. – research execution; text editing.
Popova P. V. – research execution; statistical data processing.
Fomina N. P. – research execution.
Chudotvorova V. N. – literature review; data analysis.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.