

УДК 631.35:636.085.51

Э. В. Логвинова¹, В. С. Болтовский²¹ООО «Фермент»²Белорусский государственный технологический университет**БИОКОНСЕРВАЦИЯ ТРУДНОСИЛОСУЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

В условиях интенсивного развития животноводства актуальным становится совершенствование традиционных способов получения качественных объемистых кормов. Основным источником энергии и сырого протеина являются злаковые и бобовые травы. Проблема получения качественного высокобелкового силоса связана с высокой буферностью и дефицитом простых сахаров в сочетании с высокой влажностью бобовых культур. Перспективным методом заготовки растительного сырья является внесение комплексного биоконсерванта, который содержит консорциум микроорганизмов *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei* и полиферментный препарат на основе целлюлазы, ксиланазы и пектиназы. Компоненты ферментного комплекса воздействуют на трудногидролизуемые полисахариды растительного сырья, расщепляя их до свободных сахаров, тем самым стимулируя молочнокислое брожение с образованием органических кислот, преимущественно молочной, которая препятствует развитию патогенной микрофлоры и повышает сохранность питательных веществ готового растительного корма. Способность ферментов избирательно воздействовать, разрушая пектиновые вещества и частично гидролизуя целлюлозу и гемицеллюлозы до декстринов и моносахаров, решает проблему дефицита доступных углеводов. Внесение молочнокислых бактерий обеспечивает доминирование эпифитной микробиоты трав и смещает биохимические процессы в сторону молочнокислого брожения. Это позволяет получить высокопротеиновый растительный корм с улучшенными органолептическими характеристиками, обеспечивающими высокую продуктивность крупного рогатого скота молочного и мясного направления.

Ключевые слова: растительное сырье, бобовые культуры, биоконверсия, консервирование, бактериальная закваска, ферментный препарат, растительный корм.

Для цитирования: Логвинова Э. В., Болтовский В. С. Биоконсервация трудносилоуемого растительного сырья // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2023. № 1 (265). С. 80–87. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-9.

E. V. Logvinova¹, V. S. Boltovskiy²¹OYSK "Ferment"²Belarusian State Technological University**BIOCONSERVATION OF HARD-TO-DIGEST VEGETABLE RAW MATERIALS**

In the conditions of intensive development of animal husbandry, the improvement of traditional methods of obtaining high-quality bulky feeds becomes relevant. The main source of energy and raw protein are cereals and legumes. The problem of obtaining high-quality high-protein silage is associated with high buffering and a shortage of simple sugars in combination with high humidity of legumes. A promising method of harvesting plant raw materials is the introduction of a complex bioconservant, which contains a consortium of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei* microorganisms and a poly-enzyme preparation based on cellulase, xylanase and pectinase. The components of the enzyme complex affect the hardly hydrolyzable polysaccharides of vegetable raw materials, splitting them to free sugars, thereby stimulating lactic acid fermentation with the formation of organic acids, mainly lactic, which prevents the development of pathogenic microflora and increases the safety of nutrients of the finished vegetable feed. The ability of enzymes to selectively act, destroying pectin substances and partially hydrolyzing cellulose and hemicellulose to dextrans and monosaccharides, solves the problem of a shortage of available carbohydrates. The introduction of lactic acid bacteria ensures the dominance of the epiphytic microflora of herbs and shifts biochemical processes towards lactic acid fermentation. This makes it possible to obtain a high-protein vegetable feed with improved organoleptic characteristics that ensure high productivity of dairy and meat cattle.

Keywords: vegetable raw materials, legumes, bioconversion, canning, bacterial starter culture, enzyme preparation, vegetable feed.

For citation: Logvinova E. V., Boltovskiy V. S. Bioconservation of hard-to-digest vegetable raw materials. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology, 2023*, no. 1 (265), pp. 80–87. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-9 (In Russian).

Введение. В настоящее время во многих странах, в том числе Республике Беларусь, ощущается дефицит кормового белка, поэтому особое внимание уделяется разработке способов повышения качества растительных кормов. При выращивании молочного и мясного стада важно соблюдать сахаро-протеиновый баланс в рационе жвачных животных. Многолетние бобовые травы и бобово-злаковые – самый дешевый источник растительного белка (до 16%) и обменной энергии (до 10 МДж) в 1 кг сухого вещества [1].

Одним из способов обеспечения сохранности растительных кормов и повышения их качества является биоконсервация в анаэробных условиях.

Известно, что молочнокислые бактерии в составе эпифитной микрофлоры – самые малочисленные и составляют от 0,3 до 10,0% [2]. Обнаружено [3], что в первые пять часов после скашивания и измельчения отмечается увеличение количества микроорганизмов в 5–8 раз. Возможно, это происходит преимущественно за счет патогенной микрофлоры.

Быстрое подкисление обеспечивается при внесении химических консервантов на основе органических кислот (муравьиной, уксусной, молочной, пропионовой и др.), но их применение требует строгого соблюдения однородности орошения, использования дорогого оборудования и наличия квалифицированного персонала, оснащенного средствами индивидуальной защиты. Кроме того, химические препараты отличаются дороговизной и высокой токсичностью.

Совместное применение химических и биологических консервантов не приводит к получению однозначных результатов. Заготовка кукурузы с биологическим препаратом «Биосил НН» (*Lactococcus lactis*, *Lactobacillus casei*) и порошкообразной серой в дозировке 2 кг/т стимулирует кислотообразование и показывает наилучший результат по сравнению с использованием «Биосила НН» и серы по отдельности [4].

Однако биоконсервация зеленой массы галеги (козлятника восточного) рабочим раствором, содержащим бактериальный препарат «Биосил НН» и химический консервант (на основе муравьиной и пропионовой кислот), приводит к угнетению жизнедеятельности молочнокислых бактерий агрессивными органическими кислотами, что значительно снижает эффективность обоих консервантов [5].

Заготовка трудноусвояемых трав с использованием молочнокислых бактерий неэффективна из-за дефицита простых сахаров. Альтернативой

может стать применение штаммов, дополнительно вырабатывающих вещества, которые убивают или тормозят рост дрожжей и плесневых грибов. К ним относятся пропионовокислые бактерии, вырабатывающие пропанол, пропионовую кислоту, 1,2-пропандиол – фунгициды, обеспечивающие сохранность растительного корма при хранении и вскрытии траншеи [6].

Применение для консервирования смеси разнотравья и соломы пшеницы *Propionibacterium acidipropionici* в соотношении 1 : 1 позволяет увеличить сохранность сырого протеина на 5,6% по сравнению с контролем, снизить величину рН до 3,8 и достигнуть оптимального соотношения уксусной и молочной кислот 1 : 2,7 [7].

Продуцентом антибиотиков, эффективных по отношению к маслянокислым бактериям и грибам (плесеням и дрожжам), является также *Bacillus subtilis*. Его использование при консервировании проявленных и свежескошенных многолетних бобовых трав (козлятника восточного) позволяет сместить сбраживание углеводов в сторону гомоферментативного молочнокислого типа [8].

Традиционно проблему дефицита сахаров решают совместным силосованием со злаковыми культурами (кукурузой) или дополнительным внесением простых сахаров (патоки). Рекомендуется заготовка с проявленными злаковыми травами до влажности 35–40%, которые при трамбовке выпитывают сок бобовых культур и снижают потери сухого вещества и протеина в 1,2–1,5 раза. Допускается использование прошлогоднего сена [9].

При закладке в траншею бобовых трав и кукурузы на первый план выходит организационный аспект, при котором должны учитываться разные фазы вегетации культур, различная скорость скашивания и удаленность траншеи от уборочных полей, что определяет однородность закладки смеси, а впоследствии и качество силоса.

Заготовка смеси клевера (бобовая культура) и тимopheечника (злаковая культура), обработанной в количестве 2,5 л/т молочнокислой бактериальной закваской «Лаксил» на основе штаммов *Lactobacillus plantarum* K9a и *Lactobacillus plantarum* 376 в количестве $5 \cdot 10^8$ КОЕ, усиливает синтез молочной кислоты и препятствует образованию масляной. В результате получается высококачественный комбинированный силос с высоким содержанием доступного белка [10].

Внесение в измельченную провяленную до влажности 60% зеленую массу клевера лугового эпифитного штамма *Lactobacillus* sp. RS4 с паточкой (40 г/кг) позволяет сохранить сухие вещества (402 г/кг) и получить силос с повышенным содержанием протеина (62,7 г/кг). Однако введение паточки приводит к удорожанию консерванта. Опытный образец клевера, заложеного с *Lactobacillus* sp. RS4, незначительно уступал по сохранности образцу с паточкой. Это объясняется тем, что применялся эпифитный штамм, адаптированный к микрофлоре заготавливаемого растения, который синтезировал помимо молочной и уксусной кислот еще и пропионовую, дополнительно усиливающую действие первых двух [11].

Основная часть. Перспективным методом повышения содержания доступных сахаров в травах бобовых культур является внесение ферментных препаратов. Они позволяют целенаправленно воздействовать на углеводную часть кормов путем перевода трудногидролизуемых полисахаридов в усвояемое животными состояние: из 1 т силоса можно дополнительно получить энергетический эквивалент, равный скормливанию 13,1 кг зерна пшеницы [12]. Трудноперевариваемая часть клетчатки, частично расщепленная ферментами, становится более доступной для микроорганизмов рубца крупного рогатого скота. Частичный гидролиз полисахаридов повышает пористость растительных кормов, что положительно сказывается на впитываемости соков, снижая потери питательных веществ.

Ферментный препарат (фирмы «Суомен Со-кери» из Финляндии) на основе целлюлазы и глюкозооксидазы при консервировании многолетних бобовых трав в дозировке 200 мл/т способствует повышению содержания органических кислот и сохранности протеина [13].

Биоконсервация люцерны с использованием биологического препарата «Кламписим» [14] в дозировке 250 мл/т позволяет сократить содержание целлюлозы на 5%, но незначительно снижает значение рН до 4,77 (4,92 контроль) и немного повышает содержание молочной кислоты – 1,54% против 1,46% (контроль).

Применение целловиридина при заготовке свежескошенной люцерны в дозировке 2 кг/т позволяет значительно снизить потери сырого протеина до 3,44%, что на порядок меньше по сравнению с содержанием в провяленном сенеже (36,96%) [15].

Повышение дозировки целловиридина (ЦлА = 200 ед./г) до 4–6 кг/т при биоконсервации свежескошенной люцерны в фазе бутонизации обеспечивает высокий консервирующий эффект, что подтверждает оптимальное значение

рН в опытных образцах 3,85–3,97 и содержание молочной кислоты от суммы кислот 56,3–73,4% при отсутствии масляной кислоты. Но получение качественного силоса с повышенным содержанием водорастворимых сахаров 2,1% не компенсирует высокую стоимость препарата [16].

Применение биоконсерванта на основе одного фермента (целлюлазы) нерентабельно, так как высокий консервирующий эффект достигается только при кратном повышении дозировки. Поэтому целесообразно использовать композицию из ферментов, усиливающих действие друг друга.

В состав клеточных стенок растительного сырья входят целлюлоза, гемицеллюлозы (кси-ланы, арабаны и др.) и пектиновые вещества (в том числе нерастворимый протопектин). Поэтому ферментный препарат должен обладать целлюлазной, ксиланазной и пектиназной активностью для образования оптимального количества водорастворимых простых сахаров, обеспечивающих интенсивное развитие молочнокислого брожения и получение растительных кормов высокого качества.

Пектиназа расщепляет связи между метоксилированной полигалактуроновой кислотой и ксиланоарабаном с образованием свободного растворимого пектина [17] и открывает тем самым доступ к арабиноксиланам, на которые воздействует ксиланаза. Все это обеспечивает доступ к целлюлозе.

Применение полиферментного препарата «Феркон» на основе целлюлазы, ксиланазы, пектинлиазы при консервировании люцерны позволяет устранить дефицит сахаров, но появляется высокий риск развития доминирующей гнилостной микрофлоры по причине низкого содержания молочнокислых бактерий, на что указывает высокое значение рН 4,5 (оптимум 3,9–4,2) [18].

Однако при влажности зеленой массы 70–75% полиферментный препарат «Феркон» бесполезен [19], поэтому для повышения эффективности проводят сушку. Предложена [20] технология ускоренного провяливания трав без ворошения, которая при соблюдении оптимальных сроков уборки люцерны позволяет повысить питательность до 10,1 МДж и содержание сырого протеина до 22% в 1 кг сухого вещества. При снижении влажности зеленой массы высокобелковых многолетних бобовых трав до 45–55% заготовка люцерны и клевера с полиферментным препаратом «Феркон» позволяет получить качественный растительный корм с содержанием сырого протеина до 19,1% и сырой клетчатки до 23,9%.

Эффективным способом заготовки трудно-силосуемых трав является применение смеси молочнокислых бактерий и ферментных препаратов. Закладка провяленного до влажности 80,2% клевера лугового сорта ВИК-7 в фазе бутонизации с бактериальной культурой «Биосиб» (80 мг/г), обогащенной ферментным препаратом «Феркон» (100 г/г), позволяет получить высококачественный растительный корм с оптимальными рН 4,22 и соотношением молочной и уксусной кислот 77,4 и 22,6% соответственно [21].

Эффективность консервирования зеленой массы люцерны смесью биопрепарата «Биосиб» и полиферментного препарата «Феркон» сопоставима с действием химического консерванта АИВ-3 Плюс [22]. Замена химических препаратов биологическими значительно удешевляет стоимость заготовки высокобелкового растительного корма.

Схожий способ заготовки силоса реализован с биконсервантом «Сил-Олл», содержащим молочнокислые бактерии (*Lactococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus salivarius*, *Pediococcus acidilactici*) и ферменты (целлюлаза, гемицеллюлаза, пентаназа, амилаза). Полученный корм отличается высокой сохранностью обменной энергии на 32,3% и сырого протеина на 47,9% по сравнению с контролем (без консервантов). Содержание сырой клетчатки снижается на 16,48%, что является показателем эффективности ферментов. Однако данный биопрепарат имеет высокую себестоимость [23].

Совместное применение бактериального препарата «Фербак-Сила Б-1» (*Lactobacillus plantarum* 52, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus buchneri*, *Propionibacterium freundeureichii* 11) и ферментного препарата «Биоксил» (cellulose-xylanase) при заготовке злаково-бобовой смеси трав позволяет повысить сохранность сырого протеина на 11,1% и моносахаридов на 1,8% по сравнению со спонтанным подкислением. Однако полученная выгода не компенсирует высокую стоимость препаратов [24].

При выборе биоконсерванта важно обеспечить доминирование молочнокислых бактерий в зеленой массе растительного сырья бобовых культур, поэтому их содержание в закваске должно составлять не менее $1 \cdot 10^5$ КОЕ.

Аналитический обзор литературы показал, что высокой сохранности питательных веществ трудносилосуемых бобовых трав можно достичь при заготовке с применением химических консервантов на основе органических кислот, с комбинацией химических и биологических препаратов, усиливающих действие друг друга («Биосил НН» и сера), с использованием

биозаквасок на основе штаммов, синтезирующих помимо органических кислот антибиотиков. Эффективно также внесение дополнительных источников сахара за счет применения легкосилосуемых трав либо патоки. Но первый вариант требует строгого соблюдения технологии заготовки, а второй значительно удорожает стоимость готового растительного корма. Перспективным методом является обогащение бактериального препарата полиферментной композицией.

Целью данной работы является исследование влияния комплексного биоконсерванта, содержащего не только консорциум микроорганизмов *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei* в количестве $1 \cdot 10^{11}$ КОЕ/г, но и полиферментный препарат на основе целлюлазы – 300–10 000 ед./г, ксиланазы – 500–70 000 ед./г, пектиназы – 500–15 000 ед./г в соотношении (1–5) : (6,1–10,2) : (1,5–4,4), повышение качества и сохранности растительного корма. Выбранные штаммы молочнокислых бактерий позволяют провести быстрое подкисление силосуемой массы, так как являются мощными продуцентами молочной кислоты и антагонистами по отношению к спорообразующей микрофлоре и маслянокислым бактериям. Ферментная композиция обеспечивает наличие достаточного количества простых сахаров благодаря частичному гидролизу структурных полисахаридов.

Рабочий раствор комплексного биоконсерванта готовили следующим образом. Растворили 5–300 г порошка в 1 л воды при температуре от 20 до 40°C для орошения 1 т зеленой массы. Для удобства закладки в лабораторных условиях рабочий раствор разводили в 10 раз и выдерживали 1 ч для активации сухих молочнокислых бактерий и ферментов.

Готовили опытные образцы люцерны без добавок (контроль), с биопрепаратами «Фербак-Сила Б-1» и «Биоксил», с комплексным биоконсервантом.

В вакуумные пакеты в трех повторениях закладывали измельченную до 3–4 см люцерну, орошенную рабочим раствором соответствующего биоконсерванта, и контроль без добавок. Создавали вакуум, затем пакеты помещали в прохладное темное место без доступа света на 60 дней.

Силос оценивали по внешнему виду (цвет, запах, консистенция), содержанию трудногидролизуемых полисахаридов [25] и органических кислот (молочной, уксусной и масляной кислот – по СТБ 2015-2009 «Зерносежаж. Общие технические условия»). Полученные данные сведены в таблицу.

Показатели качества силоса

Способ силосования	Трудногидролизуемые полисахариды, %	Содержание кислот, %		
		молочной	уксусной	масляной
Без добавок (контроль)	10,8	0,35	0,19	0,8
«Фербак-Сила Б-1» + «Биоксил»	10,7	2,34	0,48	0
<i>Lactobacillus plantarum</i> + <i>Lactobacillus casei</i> + полиферментный препарат	8,4	3,21	0,64	0

На доброкачественность опытных образцов указывает приятный аромат квашеных овощей без признаков затхлости, зеленый цвет без внешних проявлений плесени, сохранность структуры стеблей и листьев.

Одним из важных показателей качества силоса является отсутствие масляной кислоты как результат эффективного подавления жизнедеятельности маслянокислых бактерий. В опытных образцах, кроме контроля, масляная кислота не обнаружена, что соответствует высшему классу по СТБ 1223-2000 «Силос из кормовых растений. Технические условия».

В контрольном образце (без добавок) присутствует масляная кислота в количестве 0,8%, которая придает неприятный вкус и запах растительному корму из-за чего он плохо поедается жвачными животными. Низкое качество силоса сопровождается значительными потерями моносахаридов и протеина до 20%. Маслянокислые бактерии опасны тем, что способны синтезировать токсины и разлагать уже образовавшуюся молочную кислоту, повышая рН силоса. Заготовка методом спонтанного брожения (без использования консервантов) сместило биохимические процессы в сторону гетероферментативного бактериального брожения с преимущественным образованием масляной кислоты.

Лучший результат по образованию молочной кислоты (3,21%) обнаружен в опытном образце с комплексным биоконсервантом, что является показателем эффективности выбранного консорциума штаммов *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei*.

Высокое относительное значение молочной кислоты от общего содержания органических кислот является признаком успешного консервирования и позволяет снизить усиленное образование уксусной кислоты, избыточное содержание которой ухудшает вкус и поедаемость силоса. Перекисленный растительный корм снижает кислотность рубца, чем создает неблагоприятные условия для микробиоты, отвечающей за выработку целлюлозосодержащих ферментов.

Хорошие результаты показали опытные образцы по соотношению органических кислот:

молочной – 83,3% и уксусной – 17,7% с комплексным биоконсервантом, а со смесью «Фербак-Сила Б-1» и «Биоксил» – 83,9 и 17,2% соответственно. Исследуемые консерванты сместили биохимические процессы в сторону молочнокислого брожения при консервировании люцерны, на что указывает отсутствие масляной кислоты и оптимальное соотношение молочной и уксусной кислот.

Усилению силосуемости при биоконверсии бобовых трав способствует и полиферментная композиция благодаря частичному разрушению целлюлозы, гемицеллюлоз и пектиновых веществ в моносахара, которые сбраживаются молочнокислыми бактериями с образованием достаточного количества молочной и частично уксусной кислот. Целлюлаза и ксиланаза значительно повышают активность пектиназы, которая расщепляет пектиновые вещества, открывая доступ ферментам к целлюлозе и гемицеллюлозам. Ксиланаза разрушает водорастворимые и нерастворимые арабиноксиланы в волокнистой фракции клеточной стенки растений, повышая доступность целлюлазы к сырой клетчатке.

Комплексное воздействие ферментов способствует не только снижению содержания трудноусвояемой сырой клетчатки до 8,4%, но и повышению содержания простых сахаров, чем создает благоприятные условия для жизнедеятельности молочнокислых бактерий.

Заключение. На основании результатов работы показано, что применение комплексного биологического консерванта, который содержит не только консорциум микроорганизмов *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei* в количестве $1 \cdot 10^{11}$ КОЕ/г, но и полиферментный препарат на основе целлюлазы – 300–10 000 ед./г, ксиланазы – 500–70 000 ед./г, пектиназы – 500–15 000 ед./г в соотношении (1–5) : (6,1–10,2) : (1,5–4,4), способствует повышению силосуемости люцерны.

Разработанная полиферментная композиция при биоконсервации растительного сырья частично гидролизует структурные полисахариды, что позволяет снизить содержание сырой клетчатки с образованием олиго- и моносахаридов. Наличие в достаточном количестве молочнокислых бактерий позволяет направить

биохимические процессы в сторону молочнокислого брожения. В итоге достигается оптимальное соотношение молочной и уксусной кислот, препятствующих образованию масляной кислоты.

В результате получается высококачественный растительный корм с повышенной

усвояемостью, который служит источником дешевого сырого протеина и простых сахаров, что, в свою очередь, снижает себестоимость рациона крупного рогатого скота и повышает продуктивность молочного и мясного направления.

Список литературы

1. Федорова З. Л., Романенко Л. В. Требования к качеству основных кормов для коров с высокой продуктивностью (обзор) // Генетика и разведение животных. 2016. № 3. С. 3–14.
2. Шурхно Р. А. Свойства штаммов молочнокислых бактерий, используемых для ферментации высокобелковой растительной массы (обзор) // Вестник технологического университета. 2015. № 10. С. 227–232.
3. Таранов М. Т., Сабиров А. Х. Биохимия кормов. М.: Агропромиздат, 1987. 222 с.
4. Герасимов Е. Ю., Иванова О. Н., Кучин Н. Н. Силосование кукурузы // Карельский научный журнал. 2014. № 4. С. 165–169.
5. Завиваев С. Н., Косолапова Е. В., Кучин Н. Н. Результаты исследований силосования галеги (козлятника восточного) с применением комбинированного раствора химического и бактериального препаратов // Вестник НГИЭИ. 2015. № 8. С. 27–40.
6. Jatkauskas J., Vrotniakiene V., Urbsiene D. Effects of a bacterial mix inoculant on grass-legume silage fermentation and nutrition value for the dairy cows // Animal Husbandry: Scientific Articles. 2008. No. 52. P. 51–59.
7. Ермолаева А. Н., Тен О. А., Балпанов Д. С. Эффективность использования штамма пропионовокислых культур *Propionibacterium acidipropionici* при заготовке высококачественного силоса // Биотехнология. Теория и практика. 2011. № 4. С. 85–88.
8. Победнов Ю. А., Мамаев А. А. Эффективность применения бактерий вида *Bacillus subtilis* при силосовании и сенажировании трав // Ветеринарная патология. 2005. № 1. С. 90–96.
9. Гракун В. В., Заневский А. К., Попков Н. А. Техническое обеспечение технологий заготовки высококачественных кормов: рекомендации. Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2017. 77 с.
10. Соболев Д. Т. Использование биоконсерванта «Лаксил» для консервирования трудносилоуемых растений и зеленой массы кукурузы // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины. 2015. Т. 51, № 1–2. С. 101–104.
11. Шурхно Р. А., Гибадуллина Ф. С., Тагиров М. Ш. Интродукция природного штамма *Lactobacillus* sp. RS4 при сенажировании клевера лугового // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 5. С. 75–79.
12. Малинина И. И. О пользе ферментов для силоса // Сельскохозяйственные вести. 2013. № 1. С. 42–45.
13. Полиферментная композиция для консервирования многолетних высокобелковых трав: пат. RU 2277345 / Э. В. Удалова, Т. Р. Рышкова, Г. Б. Бравова, В. А. Бондарев, А. А. Панов, М. Б. Никитина, Г. А. Громова, А. А. Анисимов. Опубл. 10.06.2006.
14. Schmidt J. Silierung der Grunluzerne mit zellwandhydrolysierenden Enzym-komplex enthaltenden biologischen Siliermittel // Acta agron. ovariensis, Mosonmagyaraovar. 1993. Vol. 35, no. 2. P. 125–135.
15. Багрин В., Исмаилов А., Назиров З. Силос из зеленой массы // Сельское хозяйство Узбекистана. 1981. № 5. С. 38–39.
16. Seale D. R. Bacterial inoculants as silage additives // J. App. Bacteriol. 1987. Vol. 61. P. 239–269.
17. Кислухина О., Кюдулас И. Биотехнологические основы переработки растительного сырья. Каунас: Технология, 1997. 183 с.
18. Эффективный способ сохранения энергетической питательности люцерны / В. М. Косолапов [и др.] // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 4. С. 24–25.
19. Клименко В. П. Эффективность смеси Феркона с Биосибом при силосовании и сенажировании козлятника восточного // Зоотехния. 2010. № 2. С. 18–20.
20. Косолапов В. М., Бондарев В. А., Клименко В. П. Эффективность новых технологий приговления кормов из трав // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 7. С. 39–42.

21. Косолапов В. М., Бондарев В. А., Клименко В. П. Применение биологических препаратов для приготовления объемистых кормов из высокопротеиновых трав // *Аграрная наука*. 2009. № 6. С. 14–17.

22. Косолапов В. М., Бондарев В. А., Клименко В. П. Перспективы технологии приготовления качественных объемистых кормов из трав // *Аграрная наука*. 2010. № 8. С. 20–23.

23. Пристач Н. В., Цой А. А. Эффективность применения биологической добавки Сил-Олл при заготовке силоса // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2007. № 6. С. 73–78.

24. Способ силосования трав биологическим консервантом «Фербак-Сил Б-1»: пат. RU 2638188 / Ф. С. Гибадуллина, Ш. К. Шакиров, Р. П. Ибатуллина, М. Ш. Тагиров, Ф. К. Алимова, З. Ф. Фаттахова. Опубл. 12.12.2017.

25. Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. 320 с.

References

1. Fedorova Z. L., Romanenko L. V. Quality requirements for basic feed for cows with high productivity (review). *Genetika i razvedeniye zhivotnykh* [Genetics and animal breeding], 2016, no. 3, pp. 3–14 (In Russian).

2. Shurkhno R. A. Properties of lactic acid bacteria strains used for fermentation of high-protein plant mass (review). *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2015, no. 10, pp. 227–232 (In Russian).

3. Taranov M. T., Sabirov A. Kh. *Biokhimiya kormov* [Feed biochemistry]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987. 222 p. (In Russian).

4. Gerasimov E. Yu., Ivanova O. N., Kuchin N. N. Corn silage. *Karel'skiy nauchnyy zhurnal* [Karelian Scientific Journal], 2014, no. 4, pp. 165–169 (In Russian).

5. Zavivayev S. N., Kosolapova E. V., Kuchin N. N. Results of studies of silage of galega (Eastern goat) with the use of a combined solution of chemical and bacterial preparations. *Vestnik NGIEI* [Bulletin of the NNSUEE], 2015, no. 8, pp. 27–40 (In Russian).

6. Jatkauskas J., Vrotniakiene V., Urbsiene D. Effects of a bacterial mix inoculant on grass-legume silage fermentation and nutrition value for the dairy cows. *Animal Husbandry: Scientific Articles*, 2008, no. 52, pp. 51–59.

7. Yermolayeva A. N., Ten O. A., Balpanov D. S. Efficiency of using propionic acid culture strain *Propionibacterium acidipropionici* when harvesting high-quality silage. *Biotekhnologiya. Teoriya i praktika* [Biotechnology. Theory and practice], 2011, no. 4, pp. 85–88 (In Russian).

8. Pobednov Yu. A., Mamayev A. A. The effectiveness of the use of *Bacillus subtilis* bacteria in the silage and haylage of grasses. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology], 2005, no. 1, pp. 90–96 (In Russian).

9. Grakun V. V., Zanevskiy A. K., Popkov N. A. *Tekhnicheskoye obespecheniye tekhnologiy zagotovki vysokokachestvennykh kormov: rekomendatsii* [Technical support of technologies for harvesting high-quality feed: recommendations]. Minsk, RUP “NPTs NAN Belarusi po zhivotnovodstvu” Publ., 2017. 77 p. (In Russian).

10. Sobolev D. T. The use of the bioconservant “Laxil” for the preservation of hard-to-harvest plants and green mass of corn. *Uchenyye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya “Vitebskaya ordena “Znak Pocheta” gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny* [Scientific notes of the Educational Institution Vitebsk Order Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine], 2015, vol. 51, no. 1–2, pp. 101–104 (In Russian).

11. Shurkhno R. A., Gibadullina F. S., Tagirov M. Sh. Introduction of a natural strain of *Lactobacillus* sp. RS4 during haylage of meadow clover. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology AIC], 2015, vol. 29, no. 5, pp. 75–79 (In Russian).

12. Malinina I. I. About the benefits of enzymes for silage. *Sel'skokhozyaystvennyye vesti* [Agricultural news], 2013, no. 1, pp. 42–45 (In Russian).

13. Udalova E. V., Ryshkova T. R., Bravova G. B., Bondarev V. A., Panov A. A., Nikitina M. B., Gromova G. A., Anisimov A. A. Polyfermental composition for preserving perennial high-protein herbs. Patent RU 2277345, 2006 (In Russian).

14. Schmidt J. Silierung der Grunluzerne mit zellwandhydrolysierenden Enzym-komplex enthaltenden biologischen Siliermittel. *Acta agron. ovariensis, Mosonmagyaróvár*, 1993, vol. 35. no. 2, pp. 125–135.

15. Bagrin V., Ismailov A., Nazirov Z. Green mass silage. *Sel'skoye khozyaystvo Uzbekistana* [Agriculture of Uzbekistan], 1981, no. 5, pp. 38–39 (In Russian).
16. Seale D. R. Bacterial inoculants as silage additives. *J. App. Bacteriol.*, 1987, vol. 61, pp. 239–269.
17. Kislukhina O., Kyudulas I. *Biotehnologicheskiye osnovy pererabotki rastitel'nogo syr'ya* [Biotechnological bases of processing of vegetable raw materials]. Kaunas, Technologiya Publ., 1997. 183 p. (In Russian).
18. Kosolapov V. M., Bondarev V. A., Klimenko V. P., Logutov A. V. An effective way to preserve the energy nutritional value of alfalfa. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2009, no. 4, pp. 24–25 (In Russian).
19. Klimenko V. P. The effectiveness of a mixture of Fercon with Biosib during silage and haylage of the Eastern goat. *Zootekhnika* [Zootechny], 2010, no. 2, pp. 18–20 (In Russian).
20. Kosolapov V. M., Bondarev V. A., Klimenko V. P. The effectiveness of new technologies for the preparation of feed from herbs. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology AIC], 2009, no. 7, pp. 39–42 (In Russian).
21. Kosolapov V. M., Bondarev V. A., Klimenko V. P. The use of biological preparations for the preparation of bulky feeds from high-protein herbs. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science], 2009, no. 6, pp. 14–17 (In Russian).
22. Kosolapov V. M., Bondarev V. A., Klimenko V. P. Prospects of technology for the preparation of high-quality bulky grass feeds. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science], 2010, no. 8, pp. 20–23 (In Russian).
23. Pristach N. V., Tsoy A. A. The effectiveness of the use of the biological additive Sil-All in the preparation of silage. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University], 2007, no. 6, pp. 73–78 (In Russian).
24. Gibadullina F. S., Shakirov Sh. K., Ibatullina R. P., Tagirov M. Sh., Alimova F. K., Fattakhova Z. F. The method of silage of herbs with a biological preservative “Ferbak-Sil B-1”. Patent RU 2638188, 2017 (In Russian).
25. Obolenskaya A. V., Elnitskaya Z. P., Leohovich A. A. *Laboratornyye raboty po khimii drevesiny i tsellulozy* [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose]. Moscow, Ekologiya Publ., 1991. 320 p. (In Russian).

Информация об авторах

Логвинова Эра Викторовна – инженер-технолог. ООО «Фермент» (220062, г. Минск, пр-т Победителей, 117, Республика Беларусь). E-mail: irulent@tut.by

Болтовский Валерий Станиславович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Сverdlova, 13a, Республика Беларусь). E-mail: v-boltovsky@rambler.ru

Information about the authors

Logvinova Era Viktorovna – engineer. OYSK “Ferment” (117, Pobediteley Ave., 220062, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: irulent@tut.by

Boltovskiy Valeriy Stanislavovich – DSc (Engineering), Professor, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v-boltovsky@rambler.ru

Поступила 07.11.2022