

Научная статья
УДК 579.64:633.32
doi: 10.28983/asj.y2023i1pp41-47

**Продуктивность клеверотимофеечной травосмеси
при использовании микробиологических препаратов**

**Ирина Игоревна Рассохина¹, Андрей Викторович Платонов¹, Георгий Юрьевич Лаптев²,
Надежда Викторовна Черникова²**

¹Вологодский научный центр Российской академии наук, г. Вологда, Россия
e-mail: platonov70@yandex.ru

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия
e-mail: erinanadezhda@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты изучения влияния биопрепаратов, созданных на основе живых штаммов микроорганизмов *Bacillus subtilis* («Натурост»), *Lactobacillus buchneri* («Натурост-Актив») и *Bacillus megaterium* («Натурост-М») на продуктивность и питательную ценность клеверотимофеечной смеси. Исследование проводили мелкоделяночным полевым опытом в ФГБУН ВолНИЦ РАН (Вологодская область) в 2019–2021 гг. Под действием биопрепаратов выход зеленой и сухой массы клеверотимофеечной травосмеси возрастал на 16,8–32,6 и 20,8–29,8 % соответственно, в зависимости от используемого биопрепарата, укоса и года исследования. Питательная ценность клеверотимофеечной смеси ощутимо изменялась по годам исследования, однако в целом действие биопрепаратов способствовало некоторому увеличению содержания кормовых единиц и обменной энергии травосмеси. В исследованиях 2019 г. повышение питательной ценности зеленой массы в большей степени происходило под влиянием препарата, созданного на основе бактерий *Bacillus megaterium*. В 2020 г. более выраженное увеличение содержания кормовых единиц, обменной энергии, сырого протеина, перевариваемого протеина и жиров происходило при внесении препарата на основе бактерий *Bacillus subtilis*, а в 2021 г. – на основе бактерий *Bacillus megaterium* и *Lactobacillus buchneri*.

Ключевые слова: биопрепараты; клеверотимофеечная смесь; урожайность зеленой массы; содержание сухого вещества; питательная ценность.

Для цитирования: Рассохина И. И., Платонов А. В., Лаптев Г. Ю., Черникова Н. В. Продуктивность клеверотимофеечной травосмеси при использовании микробиологических препаратов // Аграрный научный журнал. 2023. № 1. С. 41–47. <http://10.28983/asj.y2023i1pp41-47>.

AGRONOMY

Original article

Productivity of the clover and timothy mixture when applying microbiological preparations

Irina I. Rassokhina¹, Andrey V. Platonov¹, G. Yu. Laptev², Nadezhda V. Chernikova²

¹Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia
e-mail: platonov70@yandex.ru

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Pushkin, Russia
e-mail: erinanadezhda@gmail.com

Abstract. The article presents the results of studying the effect of biological preparations created on the basis of such living microbial strains as *Bacillus subtilis* (Natuorst), *Lactobacillus buchneri* (Natuorst-Active) and *Bacillus megaterium* (Natuorst-M) on productivity and nutritional value of the clover and timothy mixture. We conducted a microplot experiment at the Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (Vologda Oblast) in 2019–2021. With the use of biopreparations, the fresh and dry matter yield of the clover and timothy mixture increased by 16,8–32,6 % and 20,8–29,8 % respectively, depending on the biopreparation used, the volume of cut and the year of study. The nutritive value of the clover and timothy mixture varied significantly over the years of the study, however, in general, the effect of the biopreparations contributed to a certain increase in the content of fodder units and metabolizable energy of the herbage mixture. In the 2019 study, the increase in the nutritional value of herbage was more due to the use of a preparation based on the bacteria *Bacillus megaterium*. In 2020, a more pronounced increase in the content of fodder units, metabolizable energy, crude protein, digestible protein and fat content occurred when using a preparation based on *Bacillus subtilis* bacteria, while in 2021 it was based on *Bacillus megaterium* and *Lactobacillus buchneri*.





Keywords: biological products; clover-timothy mixture; yield of green mass; dry matter content; nutritional value.

For citation: Rassokhina I. I., Platonov A. V., Laptev G. Yu., Chernikova N. V. Productivity of the clover and timothy mixture when applying microbiological preparations. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2023;(1):41–47. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2023i1pp41-47>.

Введение. Основная задача растениеводства – обеспечение молочного скотоводства высококачественными кормами в достаточном количестве. Как отмечают А.С. Бельченко и др., в структуре затрат на производство животноводческой продукции расходы на корма достигают двух третей. Отсюда очевидно, что одним из важнейших путей повышения экономической эффективности всего сельского хозяйства является снижение затрат на кормопроизводство [2].

Известно, что многолетние травы являются наиболее ресурсосберегающими по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами: значительно снижается потребность в технике, горюче-смазочных материалах, семенах и трудовых ресурсах [1]. Однако в последние годы урожайность кормовых многолетних трав, например на сено, в Вологодской области невысока и достигает в среднем 17,5 ц/га, в то время как в соседней Ленинградской области этот показатель составляет 24,6 ц/га [11].

Отставание Вологодской области по урожайности многолетних трав от близлежащей Ленинградской области, которая имеет сходные агроклиматические условия, говорит о необходимости внедрения современных мер в сельскохозяйственную практику региона. Одним из возможных путей повышения продуктивности кормовых трав является использование биопрепаратов. Так, известно, что двукратная обработка препаратом Альбит (действующее вещество – поли-бета-гидроксимасляная кислота почвенных бактерий *Bacillus megaterium*) позволила увеличить продуктивность клевера на 10–20 % в зависимости от дозы, при этом в дозировке 40 мл/га препарат эффективно снижал и заболеваемость растений [6]. При использовании биопрепарата М-5, который содержит штаммы *Bacillus subtilis*, *B. laterosporus*, *B. amyloliquefaciens* и *B. lentus*, наблюдалось оздоровление почвы и повышение доступности питательных элементов (увеличилось содержание подвижного фосфора, обменного калия, кальция и магния, нитратного азота и органического углерода) для растений [5].

Дефицит кормового протеина в рационах приводит к тому, что сельскохозяйственные предприятия теряют до 30–35 % прибыли от продукции животноводства [10]. Для решения данной проблемы во многих хозяйствах используются травосмеси, богатые протеином, витаминами и минеральными веществами [3]. Одна из них – клеверотимофеечная смесь [4]. Так, например, при добавлении в травосмесь клевера увеличивается содержание сухого вещества на 0,6–0,8 т/га, сырого протеина – на 0,19–0,25 т/га, кормовых единиц – на 0,5–0,9 т/га, а содержание перевариваемого протеина в 1 кормовой единице – на 32,2–39,4 г [7].

Цель исследования – оценка влияния микробиологических препаратов, созданных на основе штаммов *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus buchneri* и *Bacillus megaterium*, на продуктивность и питательную ценность клеверотимофеечной травосмеси в условиях Вологодской области.

Методика исследований. Научно-исследовательскую работу по изучению действия биопрепаратов на клеверотимофеечную травосмесь осуществляли на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук» (ВолНЦ РАН). Время испытаний – вегетационные периоды 2019–2021 гг.

Почва на опытном поле осушенная дерново-подзолистая среднесуглинистая. По результатам химического анализа в почве опытного участка содержание аммиачного азота составило $4,2 \pm 0,6$ мг/кг, нитратного азота – $38,9 \pm 7,8$ мг/кг; массовая доля подвижного калия – $261,0 \pm 39,2$ мг/кг, массовая доля подвижного фосфора – $260,0 \pm 52,0$ мг/кг; рН солевой вытяжки – $6,6 \pm 0,1$.

В работе использовали биопрепараты, созданные компанией ООО «Биотроф» (г. Санкт-Петербург), на основе живых клеток микроорганизмов. В основе препарата «Натурост» лежит культура клеток *Bacillus subtilis*, «Натурост-Актив» – *Lactobacillus buchneri*, «Натурост-М» – *Bacillus megaterium*. Объектом исследования была выбрана травосмесь клевера лугового



(сорт Дымковский) и тимофеевки луговой (сорт Ярославская 11). Данные сорта рекомендованы к использованию в условиях Северо-Запада России.

Мелкоделяночный полевой эксперимент предусматривал следующие варианты: обработка водой (контроль) и три варианта с внесением биопрепаратов «Натурост», «Натурост-Актив» и «Натурост-М». Повторность опыта 4-кратная, площадь учетной делянки – 2 м². Посев проводили в соответствии с принятыми нормами высева – 16–22 кг/га (травосмесь клевер луговой 12–16 кг/га и тимофеевка луговая 4 – 6 кг/га) [8]. Перед посевом семена опытных групп инокулировали в рабочих растворах препаратов в концентрации 1 мл препарата на 1 л воды в течение 2 ч, семена контрольной группы замачивали в воде. Кроме того, через 1 месяц после посева и через 2 недели после укоса проводили опрыскивание растений рабочими растворами согласно рекомендациям производителя в концентрации 1 л препарата на 1 га.

Уход за культурами осуществляли в соответствии с общепринятыми агротехническими приемами. Минеральные удобрения, пестициды и гербициды не вносили. В течение эксперимента был проведен учет биомассы. Биомассу скашивали в фазу начала цветения клевера (в первый год исследования проводился один укос, далее – по два укоса). Содержание питательных компонентов в биоматериале определяли на ИК-анализаторе SpectraStar 2200 (Unity Scientific, США).

Статистическую обработку данных осуществляли по стандартным методикам с использованием пакета анализа данных программы MS Excel'2010. Оценку достоверности различия выборочных средних проводили при значении доверительной вероятности 0,95.

Результаты исследований. Результаты трехлетнего мелкоделяночного полевого опыта с клеверотимофеечной травосмесью показаны в табл. 1. В первый год исследований (2019 г.) наблюдали увеличение зеленой массы укосов опытных вариантов по сравнению с контролем на 13,1–42,7 %. При этом сухая масса достоверно возросла лишь в варианте с препаратом

Таблица 1

Урожайность клеверотимофеечной травосмеси

| Показатель | Контроль | «Натурост» | «Натурост-Актив» | «Натурост-М» | НСР ₀₅ |
|------------------------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|-------------------|
| Результаты первого года (2019 г.) | | | | | |
| Зеленая масса, т/га | 11,18±1,38 | 15,95 ± 1,93* | 15,49±1,66* | 12,65±1,47 | 4,12 |
| к контролю, % | – | 142,7 | 138,5 | 113,1 | – |
| Сухая масса, т/га | 2,14 ± 0,62 | 3,15 ± 0,28 | 2,82 ± 0,52 | 2,41 ± 0,60 | 1,14 |
| к контролю, % | – | 147,2 | 131,7 | 112,6 | – |
| Результаты второго года (2020 г.) | | | | | |
| Зеленая масса, т/га | 65,21 ± 2,27 | 93,37 ± 4,77* | 84,53 ± 6,30* | 76,71 ± 2,49 | 12,95 |
| к контролю, % | – | 143,2 | 129,6 | 117,6 | – |
| Сухая масса, т/га | 12,70 ± 0,21 | 18,23 ± 0,39* | 16,37 ± 0,25* | 15,95 ± 0,83* | 2,04 |
| к контролю, % | – | 143,5 | 128,9 | 125,6 | – |
| Результаты третьего года (2021 г.) | | | | | |
| Зеленая масса, т/га | 45,92 ± 1,57 | 51,65 ± 2,18* | 53,38 ± 1,25* | 53,55 ± 1,95* | 5,67 |
| к контролю, % | – | 112,5 | 116,3 | 116,6 | – |
| Сухая масса, т/га | 10,99 ± 0,56 | 12,15 ± 0,23 | 12,54 ± 0,27* | 12,83 ± 1,27* | 1,37 |
| к контролю, % | – | 110,6 | 114,0 | 116,7 | – |
| Результаты за три года | | | | | |
| Зеленая масса, т/га | 122,31 | 160,98 | 153,40 | 142,91 | – |
| к контролю, % | – | 131,6 | 125,4 | 116,8 | – |
| Сухая масса, т/га | 25,83 | 33,52 | 31,73 | 31,19 | – |
| к контролю, % | – | 129,8 | 122,8 | 120,8 | – |

* разница по сравнению с контролем статистически достоверна при $P < 0,05$.

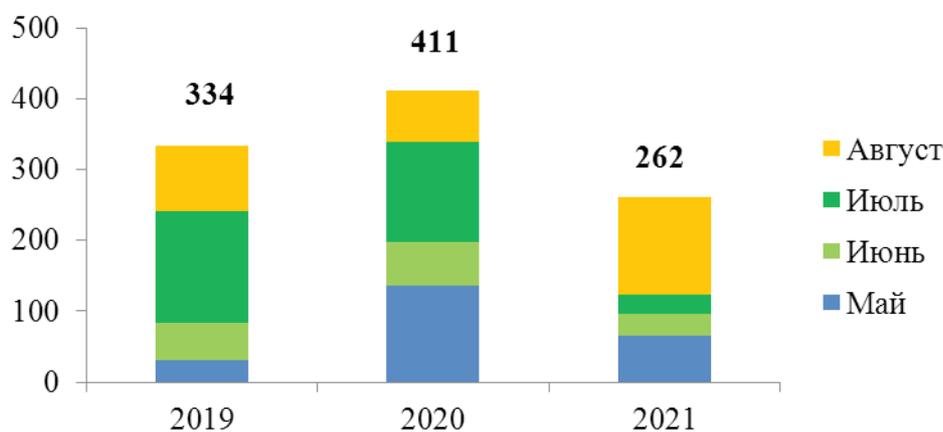


«Натурост». На начало вегетационного периода второго года исследований (2020 г.) опытные и контрольные варианты внешне не отличались, перезимовка прошла успешно, первую обработку растений биопрепаратами проводили 25 мая. Первый укос растений осуществили 22 июня, второй – 12 августа. Данные табл.1 показывают, что в 2020 г. урожайность зеленой массы была значительно выше по сравнению с 2019 г. Это объясняется тем, что многолетние культуры реализуют свой продуктивный потенциал с 2–3-летнего возраста. Сырая и сухая масса суммы двух укосов у опытных вариантов второго года вегетации была выше контроля на 43,2 и 43,5 %, 29,6 и 28,9 %, 17,6 и 25,6 % соответственно вариантам «Натурост», «Натурост-Актив», «Натурост-М».

И в первый, и во второй год вегетации наиболее эффективно на продуктивность клеверотимофеечной смеси подействовал препарат «Натурост». На третий год исследований ситуация изменилась. Результаты 2021 г. показали, что препараты «Натурост-Актив» и «Натурост-М» оказали несколько большее влияние на показатели роста растений. При действии препарата «Натурост-Актив» сырая масса клеверотимофеечной смеси возросла на 16,3 %, сухая – на 14,0 %, а при действии препарата «Натурост-М» – на 16,6 и 16,7 % соответственно. В варианте «Натурост» сырая и сухая масса растений опережали контроль на 12,5 и 10,6 %. Вероятно, действие препаратов связано с различиями в климатических условиях.

В 2019 г. в мае выпало 32 мм осадков, в июне – 51 мм, в июле – 159 мм и в августе – 92 мм; в 2020 г. – 137, 61, 142 и 71 мм, а в 2021 г. – 65, 31, 27 и 139 мм соответственно (см. рисунок). Можно отметить, что наибольшее количество осадков приходилось на июль (в наших исследованиях это соответствовало 2019 и 2020 гг.) – время активного роста трав. Однако в 2021 г. на время роста трав (июнь – июль) пришлось крайне малое количество осадков (суммарно 58 мм), а их максимум (139 мм) пришелся на август – период уборки трав и их силосования. В целом, суммарное количество осадков за вегетационный период (май – август) 2020 г. было больше на 23 % по сравнению с 2019 г. и на 57 % – по сравнению с 2021 г.

Итоги трехлетнего опыта свидетельствуют об увеличении продуктивности как зеленой (на 16,8–32,6 %), так и сухой массы (на 20,8–29,8 %) в зависимости от препарата. Увеличение сухой биомассы может говорить о более продуктивных фотосинтетических процессах опытных вариантов по сравнению с контролем. Данные стимуляции роста микроорганизмами путем синтеза биологически активных соединений и веществ фитогормональной природы приводятся в работах ряда исследователей [9, 13, 15, 17]. Кроме того, стимуляция ростовых процессов растений под влиянием биопрепаратов, возможно, связана с антифунгальным и антибактериальным эффектом, а также мобилизацией элементов минерального питания из почвы. Показано, что ряд бактерий рода *Bacillus* принадлежат к так называемой группе PGPR (от plant growth promoting rhizobacteria). Они могут способствовать интенсификации роста растений при помощи синтеза фитогормонов, таких как ауксины, оказывать благотворное влияние на питание растений путем солубилизации фосфата и хелатирования железа сидерофорами [14]. В лаборатории молекулярно-генетического анализа ООО «Биотроф» в геноме *B. subtilis* было идентифицировано несколько кластеров генов, ассоциированных с синтезом сидерофоров и ассимиляцией фосфора,



Сумма осадков в вегетационный период 2019–2021 гг.

(Источник: Справочно-информационный портал «Погода и климат»)

Питательная ценность сухой биомассы травосмеси

| Показатель | Контроль | «Натурост» | «Натурост-Актив» | «Натурост-М» |
|--|----------|------------|------------------|--------------|
| Первый год вегетации (2019 г.) | | | | |
| Кормовые единицы, в 1 кг сухого вещества | 1,00 | 1,08 | 1,09 | 1,15 |
| Обменная энергия, МДж в 1 кг сухого вещества | 11,50 | 11,54 | 11,56 | 11,92 |
| Сырой протеин, % в сухом веществе | 20,83 | 20,50 | 19,73 | 20,94 |
| Сырая клетчатка, % в сухом веществе | 19,06 | 19,76 | 19,28 | 17,13 |
| Жир, % в сухом веществе | 4,41 | 4,51 | 4,52 | 4,32 |
| Сахар, % в сухом веществе | 9,98 | 12,03 | 9,72 | 10,85 |
| Перевариваемый протеин, г/кг | 158,0 | 155,2 | 148,3 | 158,9 |
| Каротин, мг/кг | 187 | 198 | 190 | 193 |
| Второй год вегетации (2020 г.) | | | | |
| Кормовые единицы, в 1 кг сухого вещества | 0,83 | 0,95 | 0,88 | 0,87 |
| Обменная энергия, МДж в 1 кг сухого вещества | 10,20 | 10,99 | 10,68 | 10,35 |
| Сырой протеин, % в сухом веществе | 17,23 | 18,63 | 16,18 | 17,63 |
| Сырая клетчатка, % в сухом веществе | 26,56 | 22,17 | 25,53 | 25,74 |
| Жир, % в сухом веществе | 3,62 | 4,25 | 3,73 | 4,30 |
| Сахар, % в сухом веществе | 11,52 | 12,29 | 10,46 | 10,96 |
| Перевариваемый протеин, г/кг | 134,0 | 144,8 | 120,5 | 135,0 |
| Каротин, мг/кг | 176 | 178 | 173 | 178 |
| Третий год вегетации (2021 г.) | | | | |
| Кормовые единицы, в 1 кг сухого вещества | 0,97 | 1,04 | 1,13 | 1,11 |
| Обменная энергия, МДж в 1 кг сухого вещества | 11,12 | 11,32 | 11,86 | 11,71 |
| Сырой протеин, % в сухом веществе | 12,51 | 13,77 | 18,56 | 17,49 |
| Сырая клетчатка, % в сухом веществе | 21,20 | 20,42 | 17,54 | 18,22 |
| Жир, % в сухом веществе | 3,57 | 3,45 | 4,28 | 3,39 |
| Сахар, % в сухом веществе | 12,7 | 13,03 | 8,93 | 9,53 |
| Перевариваемый протеин, г/кг | 87,2 | 95,9 | 137,7 | 128,6 |
| Каротин, мг/кг | 168 | 167 | 169 | 182 |

также были обнаружены гены, необходимые для осуществления процесса связывания железа при участии бициллибактина [12]. По некоторым данным, благодаря продукции сидерофоров и успешной конкуренции за ионы железа некоторые бактерии могут ингибировать фитопатогенные микроорганизмы [16].

При заготовке кормов большое значение имеет не только продуктивность, но также качество и питательная ценность кормовых трав. По данным табл. 2, биопрепараты способствовали повышению питательной ценности клеверотимофеечной травосмеси: увеличение обменной энергии доходило до 7,5 % относительно контроля, содержание кормовых единиц возрастало до 16,5 %. Вероятно, это происходило за счет некоторого увеличения содержания протеинов, жиров и сахаров, а также снижения содержания клетчатки. При этом содержание основных макро- и микроэлементов оставалось неизменным.

Можно отметить, что изменение содержания питательных веществ в биомассе клеверотимофеечной травосмеси происходит в зависимости от года исследования. Заметим, что в 2020 г. (второй год вегетации) питательная ценность травосмеси была ниже, чем в 2019 г. (первый год вегетации) и 2021 г. (третий год вегетации). При этом питательная ценность клеверотимофеечной смеси в 2019 г. в большей степени повысилась при внесении препарата «Натурост-М», в 2020 г. максимальные показатели питательной ценности были достигнуты при использовании препа-





рата «Натурост», а в 2021 г. наиболее эффективными оказались препараты «Натурост-Актив» и «Натурост-М». Вероятно, наблюдаемая картина связана с разницей климатических условий по годам исследований (см. рисунок).

Заключение. Изучаемые биопрепараты способствовали повышению урожайности зеленой массы кормовых трав. В опытах с клеверотимофеечной смесью отмечена большая эффективность препарата «Натурост» (повышение продуктивности относительно контроля на 30–32 %). Питательная ценность изученной травосмеси изменялась в зависимости от сезона исследований и вносимых биопрепаратов.

Внесение микробных препаратов повысило питательную ценность кормовых культур, причем больший эффект был достигнут при использовании биопрепаратов, созданных на основе бактерий рода *Bacillus*. В исследованиях 2019 г. повышение питательной ценности в большей степени происходило под влиянием препарата, созданного на основе бактерий *Bacillus megaterium* («Натурост-М»). В 2020 г. более выраженное увеличение содержания кормовых единиц, обменной энергии, сырого протеина, перевариваемого протеина и жиров происходило при внесении препарата на основе бактерий *Bacillus subtilis* («Натурост»), а в 2021 г. – при внесении препаратов на основе бактерий *Lactobacillus buchneri* («Натурост-Актив») и *Bacillus megaterium* («Натурост-М»). Вероятно, наблюдаемые различия обусловлены особенностями климатических условий по годам исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байкалова Л. П., Кривоногова Д. В., Едимаичев Ю. Ф. Ресурсосберегающие технологии производства кормов из многолетних трав в Красноярском крае // Вестник ИрГСХА. 2017. № 79. С. 18–23.
2. Бельченко А. С., Дронов А. В., Торилов В. Е., Белоус И. Н. Актуальные задачи по развитию продовольственной сферы АПК Брянской области // Кормопроизводство. 2016. № 9. С. 3–7.
3. Богатырева Е. В., Корельская Л. А., Фоменко П. А., Щекутьева Н. А. Продуктивность люцерны изменчивой в одновидовых и смешанных посевах и сравнительная оценка силоса из люцерны в чистом виде и в смеси с бобовыми и злаковыми травами в условиях Вологодской области // Молочнохозяйственный вестник. 2019. № 4(36). С. 8–20.
4. Ганущенко О. Ф. Переваримость и питательность объемистых кормов из клевера и клеверо-злаковых смесей // Ученые записки УО ВГАВМ. 2005. № 1. С. 121–122.
5. Замана С. П., Соколов А. В., Кондратьева Т. Д. О применении бактериального препарата в опыте с клеверотимофеечной травосмесью // Кормопроизводство. 2013. № 9. С. 16–17.
6. Злотников А. К., Злотников К. М., Харченко Г. Л., Рябчинская Т. А. Влияние Альбита на развитие и продуктивность кормовых трав // Земледелие. 2009. № 6. С. 32–33.
7. Каракчиева Е. Ф. Перспективные бобово-злаковые травосмеси для полевого кормопроизводства на Севере // Кормопроизводство. 2015. № 9. С. 3–6.
8. Маркова И. А., Гузюк М. Е., Вервейко И. В. Основы сельскохозяйственных пользований. СПб., 2001. 126 с.
9. Сидорова Т. М., Асатурова А. М., Хомяк А. И. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 29–37. Режим доступа: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.29rus>.
10. Соболева Н. В., Карамаев С. В., Карамаева А. С. Качество сыра в зависимости от вида кормовых культур, используемых при приготовлении сенажа // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 145–147.
11. Статистика / Федеральная служба государственной статистики. 1999–2022. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistic> (дата обращения: 30.03.2022).
12. Analysis of the potential associated with the siderophores synthesis in the *Bacillus subtilis* strain using whole genome sequencing / T. Duniyashev et al. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. 354 LNNS. P. 663–669. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9_73.
13. Gummalla S., Broadbent J. R. Tryptophan catabolism by *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* cheese flavor adjuncts // Journal of Dairy Science. 1999. No. 82 (10). P. 2070–2077. URL: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75448-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75448-2).
14. Characterization of polyvalent and safe *Bacillus thuringiensis* strains with potential use for biocontrol / N. Raddadi et al. // Journal of basic microbiology. 2009. No. 49 (3). P. 293–303. URL: <https://doi.org/10.1002/jobm.200800182>.

15. Radhakrishnan R., Hashem A., Abd-Allah E. F. *Bacillus*: a biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments // *Frontiers in physiology*. 2017. No. 8. P. 667. URL: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00667>.

16. Bacterial endophytes enhance competition by invasive plant / M. E. Rout et al. // *American Journal of Botany*. 2013. No. 100 (9). P. 1726–1737. URL: <https://doi.org/10.3732/ajb.1200577>.

17. *Bacillus spp.* inoculation improves photosystem II efficiency and enhances photosynthesis in pepper plants / B. Ye. Samaniego-Gómez et al. // *Chilean J. Agric. Res.* 2016. No. 76.(4). P. 409–416. URL: <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000400003>.

REFERENCES

1. Baykalova L. P., Krivonogova D. V., Yedimeichev Yu. F. Resource-saving technologies for the production of feed from perennial grasses in the Krasnoyarsk Territory. *Vestnik IRGSHA*. 2017;(79):18–23. (In Russ.).

2. Bel'chenko A. S., Dronov A. V., Torikov V. Ye., Belous I. N. Actual tasks for the development of the food sector of the agro-industrial complex of the Bryansk region. *Feed production*. 2016;(9):3–7. (In Russ.).

3. Bogatyreva Ye. V., Korel'skaya L. A., Fomenko P. A., Shchekut'yeva N. A. Variable alfalfa productivity in single-species and mixed crops and comparative assessment of alfalfa silage in pure form and mixed with legumes and cereal grasses in the conditions of the Vologda region. *Dairy Bulletin*. 2019;4(36):8–20. (In Russ.).

4. Ganushchenko O. F. Digestibility and nutritional value of bulky feed from clover and clover-cereal mixtures. *Scientific notes of UO VGAVM*. 2005;(1):121–122. (In Russ.).

5. Zamana S. P., Sokolov A. V., Kondrat'yeva T. D. On the use of a bacterial preparation in the experiment with clover-timothy grass mixture. *Feed production*. 2013;(9):16–17. (In Russ.).

6. Zlotnikov A. K., Zlotnikov K. M., Kharchenko G. L., Ryabchinskaya T. A. Influence of Albit on the development and productivity of fodder grasses. *Agriculture*. 2009;(6):32–33. (In Russ.).

7. Karakchiyeva Ye. F. Promising legume-cereal grass mixtures for field fodder production in the North. *Feed production*. 2015;(9):3–6. (In Russ.).

8. Markova I. A., Guzyuk M. Ye., Verveyko I. V. Fundamentals of agricultural use. SPb.; 2001. 126 p. (In Russ.).

9. Sidorova T. M., Asaturova A. M., Khomyak A. I. Biologically active metabolites of *Bacillus subtilis* and their role in the control of phytopathogenic microorganisms. *Agricultural biology*. 2018;53(1):29–37. URL: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.29rus>. (In Russ.).

10. Soboleva N. V., Karamayev S. V., Karamayeva A. S. The quality of cheese depending on the type of forage crops used in the preparation of haylage. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2015;6(56):145–147. (In Russ.).

11. Statistics / Federal State Statistics Service. 1999–2022. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistic> (date of access: 03/30/2022). (In Russ.).

12. Analysis of the potential associated with the siderophores synthesis in the *Bacillus subtilis* strain using whole genome sequencing / T. Duniyashev et al. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. 354 LNNS. P. 663–669. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9_73.

13. Gummalla S., Broadbent J. R. Tryptophan catabolism by *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* cheese flavor adjuncts. *Journal of Dairy Science*. 1999;82(10):2070–2077. URL: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75448-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75448-2).

14. Characterization of polyvalent and safe *Bacillus thuringiensis* strains with potential use for biocontrol / N. Raddadi et al. *Journal of basic microbiology*. 2009; 49(3):293–303. URL: <https://doi.org/10.1002/jobm.200800182>.

15. Radhakrishnan R., Hashem A., Abd-Allah E. F. *Bacillus*: a biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments. *Frontiers in physiology*. 2017;(8):667. URL: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00667>.

16. Bacterial endophytes enhance competition by invasive plant / M. E. Rout et al. *American Journal of Botany*. 2013;100(9):1726–1737. URL: <https://doi.org/10.3732/ajb.1200577>.

17. *Bacillus spp.* inoculation improves photosystem II efficiency and enhances photosynthesis in pepper plants / B. Ye. Samaniego-Gómez et al. *Chilean J. Agric. Res.* 2016;76(4):409–416. URL: <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000400003>.

Статья поступила в редакцию 11.04.2022; одобрена после рецензирования 20.05.2022; принята к публикации 27.05.2022.

The article was submitted 11.04.2022; approved after reviewing 20.05.2022; accepted for publication 27.05.2022.

