

КОРМОПРОИЗВОДСТВО: ПОЛЕВОЕ И ЛУГОВОЕ /
FODDER PRODUCTION: FIELD AND MEADOW

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.860-867>



УДК 581.552:631.811(571.56-25)

Влияние последействия минеральных удобрений на продуктивность долголетнего фитоценоза в условиях Привильюйского агроландшафта среднетаежной подзоны Якутии

© 2022 Н. В. Барашкова¹, В. В. Устинова²✉, А. И. Федорова¹, Л. К. Габышева¹

¹Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск, Российская Федерация,

²ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», г. Якутск, Российская Федерация

В статье представлены исследования, проведенные в период с 2011 по 2019 год по изучению длительного влияния последействия 36-летнего применения минеральных удобрений на продуктивность и питательность долголетних луговых фитоценозов. В стационарном опыте с коренным улучшением лугов изучали следующие варианты внесения минеральных удобрений (с 1974 по 2010 год): минимальный уровень – N₆₂P₆₀K₁₁ (контроль); средний – N₂₀₂P₁₇₅K₄₃; максимальный – N₃₁₈P₃₆₂K₁₈₉. В условиях Привильюйского агроландшафта среднетаежной подзоны Якутии длительное последействие удобрений (с 2011 по 2019 год) способствовало сохранности в травостое основного доминанта – пырея ползучего (*Elymus repens* (L.) Nevski) до 27,4-42,1 % и содоминанта – ячменя короткоостистого (*Hordeum brevisubulatum* (Trin) Link.) до 14,7-24,3 %. За период последействия удобрений урожайность злаково-разнотравного фитоценоза составила в среднем 1,71-2,03 т/га сена, что выше урожайности естественных лугов в 2,1-2,5 раза. При этом сенокосный корм содержал обменной энергии до 8,9-9,1 МДж, кормовых единиц – до 0,62-0,65, переваримого протеина – до 80-90 г, что соответствует зоотехнической норме.

Ключевые слова: мерзлотные почвы, луговые фитоценозы, сенокосное использование, последействие удобрений, урожайность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» по проекту НИР 0297-2021-0023 (№ АААА-А21-121012190038-0).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Барашкова Н. В., Устинова В. В., Федорова А. И., Габышева Л. К. Влияние последействия минеральных удобрений на продуктивность долголетнего фитоценоза в условиях Привильюйского агроландшафта среднетаежной подзоны Якутии. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(6):860-867.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.860-867>

Поступила: 12.07.2022

Принята к публикации: 05.12.2022

Опубликована онлайн: 16.12.2022

Influence of the aftereffect of mineral fertilizers on the productivity of a long-term phytocenosis in the conditions of the Privilyuyi agrolandscape of the middle taiga subzone of Yakutia

© 2022. Natalya V. Barashkova¹, Vasyona V. Ustinova²✉, Alexandra I. Fedorova¹, Lyubov K. Gabysheva¹

¹Institute for Biological Problems of the Permafrost of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate subdivision of the Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Yakutsk, Russian Federation,

²Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russian Federation

The article provides the research of 2011-2019 on studying the long-term influence of the aftereffect of 36-year application of mineral fertilizers on the productivity and nutritional value of long-term meadow phytocenoses. In a stationary experiment with a radical improvement of meadows, the following variants for applying mineral fertilizers were studied from

1974 to 2010: the minimum level was $N_{62}P_{60}K_{11}$ (control), the average level was $N_{202}P_{175}K_{43}$, and the maximum level was $N_{318}P_{362}K_{189}$. In the conditions of the Privilyui agrolandscape of the middle taiga subzone of Yakutia, a long-term aftereffect of fertilizers (from 2011 to 2019) contributed to the preservation of the main dominant in the grass stand - couch grass (*Elymus repens* (L.) Nevski) up to 27.4-42.1 % and codominant – short-awned barley (*Hordeum brevisubulatum* (Trin) Link.) up to 14.7-24.3 %. During the aftereffect of fertilizers, the yield of cereal-forb phytocenosis averaged 1.71-2.03 t/ha of hay, which is 2.1-2.5 times higher than the yield of natural meadows. At the same time, hay forage contained up to 8.9-9.1 MJ of exchange energy, up to 0.62-0.65 feed units, and up to 80-90 g of digestible protein, which corresponds to the zootechnical norm.

Keywords: permafrost soils, meadow phytocenoses, haymaking, aftereffect of fertilizers, productivity

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Institute for Biological Problems of the Permafrost of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate subdivision of the Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences under the project NIR 0297-2021-0023 (No. AAAA-A21-121012190038-0).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Barashkova N. V., Ustinova V. V., Fedorova A. I., Gabysheva L. K. Influence of the aftereffect of mineral fertilizers on the productivity of a long-term phytocenosis in the conditions of the Privilyui agrolandscape of the middle taiga subzone of Yakutia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022; 23(6):860-867. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.860-867>

Received: 12.05.2022

Accepted for publication: 05.12.2022

Published online: 16.12.2022

Важнейшими составными отраслями агропромышленного комплекса Якутии являются животноводство и кормопроизводство, в которых луговое кормопроизводство выполняет ресурсосберегающую, средообразующую и природоохранную роль. Значительная площадь лугопастбищных угодий расположена в среднетаежной подзоне Якутии (90 %), где сосредоточено более 70 % крупного рогатого скота и 45 % лошадей. Лугопастбищные угодья Якутии служат в экономическом плане важнейшим источником поддержания аграрного сектора и жизнеобеспечения местного населения.

В адаптивно-ландшафтном земледелии применение удобрений регулирует круговорот веществ в агроландшафтах, оптимизирует элементы питания в зависимости от доз удобрений и влияет на продукционный процесс сельскохозяйственных культур в агроценозе. Определяющее значение в обеспечении луговых растений элементами питания имеют минеральные удобрения, способные оптимизировать процессы роста и развития луговых фитоценозов в условиях криолитозоны.

В период интенсификации сельского хозяйства появились большие возможности поставки минеральных удобрений на лугопастбищные угодья Якутии, что требовало разработки зональной системы удобрения на научной основе с учетом особенностей физики и химии мерзлотных почв [1]. В интенсификации северного луговодства из-за особенностей мерзлотных почв велика роль удобрений, особенно азотных. Это в значительной мере связано с их положительным влиянием на биологическую активность мерзлотных почв и минимальным содержанием минерального

азота в почвах северных лугов [2]. В условиях среднетаежной подзоны Якутии азотные удобрения повышают целлюлозолитическую активность мерзлотных почв и заметно ослабляют отрицательное влияние пониженных температур на усвоение удобрений и питательных веществ из почвы. Установлено, что при пониженной температуре почвы (ниже 10 °С) замедляется продвижение ассимилятов, снижается усвоение растениями сначала фосфора, затем азота, уменьшается транспирация воды растениями, увеличивается осмотическое давление клеточного сока и подавляется синтез питательных веществ в корнях, что задерживает рост растений [3, 4].

Многолетние исследования по применению различных доз минеральных удобрений в агрофитоценозах из адаптивных злаковых трав в условиях Привильского агроландшафта среднетаежной подзоны Якутии доказывают их высокую эффективность и экологическую флуктуацию в зависимости от условий тепло- и влагообеспеченности вегетационных периодов в течение 36-летнего сенокосного использования [5, 6].

Цель исследований – изучить влияние длительного последствия 36-летнего внесения минеральных удобрений на продуктивность и качество сенокосных фитоценозов в условиях мерзлотных черноземно-луговых почв Привильского агроландшафта Якутии.

Новизна исследований. Получены новые данные по влиянию длительного последствия минеральных удобрений на продуктивное долголетие злаково-разнотравных фитоценозов, их урожайность и ценность сырьевой массы для производства объемистого корма.

Материал и методы. Исследования по изучению влияния последствий минерального режима питания на урожайность злаково-разнотравного фитоценоза проводили в период 2011-2019 гг. на Нюрбинском стационаре Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук (ИБПК СО РАН). Согласно адаптивно-ландшафтному районированию рискованного земледелия Якутии Нюрбинский стационар расположен в Привилуйском агроландшафте с развитым растениеводством и животноводством. Площадь сельскохозяйственных угодий Привилуйского агроландшафта составляет 379,6 тыс. гектаров, в т. ч. пашни – 13,3, сенокосных угодий – 197,8, пастбищ – 168,5 тыс. га. Северная граница ограничивается границей среднетаежной зоны. Значительная часть территории агроландшафта занимает группа земель ровных и повышенных межаласий с мерзлотными таежными палевыми осолоделыми и оподзоленными почвами. Площадь данной агроэкологической группы земель составляет 36,3 % от всей территории. Умеренно и слабодренированные переувлажненные (заболоченные) земли поймы и низких надпойменных террас р. Вилюй занимают 24,9 % равнины. Распаханность поймы р. Вилюй достигает 5,5 %. В сельском производстве в основном используются земли ровных и повышенных межаласий древних террас р. Вилюй, аласов и эрозионные земли склонов с небольшим уклоном¹.

Климат террасированной равнины Привилуйского агроландшафта континентальный. Абсолютная минимальная температура воздуха в зимний период в среднем достигает -61...-64° С, максимальная в летний период – 35-38 °С. Продолжительность безморозного периода в воздухе длится 56-85 дней. Сумма среднесуточных температур выше 10 °С в среднем составляет 1376 °С, что достаточно для выращивания зерновых, картофеля и многолетних трав. В теплый период отрицательно влияют на растения низкие ночные температуры и заморозки. Годовое количество осадков в Привилуйской агроландшафте составляет 317 мм. Пространственное распределение осадков внутри агроландшафтного района крайне неравномерное, так в западной части в Вилюйске выпадает 310 мм, Сангаре – 378 мм и восточной части в Батамае до 326 мм. Коэффициент увлажнения для террасированной

равнины Привилуйского агроландшафта равен 1,08, то есть климат характеризуется как умеренно дефицитный.

Засушливость климата, короткий теплый период, слабое разложение органического вещества мерзлотных почв обеспечивает низкое содержание в них подвижных форм азота, фосфора и среднее – калия. Пойменные слоистые почвы низкой поймы бедны питательными веществами, и поэтому в хозяйствах они используются как пастбища и сенокосы. Преобладающими почвами на увалах первой и второй надпойменных террас являются мерзлотные лугово-черноземные. Они имеют слабощелочную реакцию среды, высокий валовой запас азота, фосфора и калия, но подвижных форм азота и фосфора недостаточно для растений. Растения испытывают недостаток влаги, особенно в засушливые годы. В целом, террасированная равнина Привилуйского агроландшафта по термическим условиям умеренно теплая, по увлажненности – умеренно засушливая, летом – острозасушливая. Обеспеченность растений подвижными формами основных питательных элементов по мезоформам рельефа различная, луговые растения в первую очередь испытывают недостаток азотных и фосфорных удобрений, особенно в первой половине лета [7, 8].

Нюрбинский стационар ИБПК СО РАН, расположен в аласной зоне левобережья Вилюйского бассейна, в 6 км от г. Нюрба на аласе Эрделлях. До коренного улучшения разнотравно-злаковый аласный луг формировал урожайность 0,82 т/га сена и использовался хозяйствами как сенокос. В 1974 г. на Нюрбинском стационаре проведена закладка трехфакторного «Большого» полевого опыта путем коренного улучшения. Залужение проведено следующими видами трав: одновидовые посевы костреца безостого сорта Камалинский 14; пырейника волокнистого местной популяции; пырейника сибирского сорта Камалинский 7 и их травосмесью.

При изучении влияния минеральных удобрений на урожайность и продуктивное долголетие луговых фитоценозов в качестве контроля (минимальный уровень) использовали рекомендованную экологическую дозу удобрений – N₆₂P₆₀K₁₁ кг/га д. в. [9]. На планируемый урожай сена 5,6-6,4 т/га были рассчитаны дозы удобрений среднего уровня – N₂₀₂P₁₇₅K₄₃

¹Система ведения сельского хозяйства в Республике Саха Якутия на период 2016-2020 годы: методическое пособие. Якутск, 2017. 415 с.

и максимального – $N_{318}P_{362}K_{189}$ с учетом агрохимических показателей мерзлотных почв. В качестве азотного удобрения использовали мочевины, фосфорного – двойной гранулированный суперфосфат, калийного – калий хлористый. С 2003 г. простые минеральные удобрения заменены на комплексное удобрение – азофоску со средним содержанием элементов питания (N:P:K=16:16:16). В период с 2003 по 2010 год комплексные удобрения вносили согласно схеме опыта с пересчетом на установленные дозы один раз весной.

Исследования по влиянию минерального режима питания на продуктивное долголетие луговых трав в 1974-2001 гг. проводили в условиях орошения и на богаре. После 26 лет эксплуатации оросительной системы ДДА-100 и в связи с зарастанием тальником оросительных канав орошение было прекращено, и как фактор изучения исключен с 2001 года. Дальнейшие исследования проводили в условиях естественного увлажнения с учетом выпавших осадков. С 2011 года, в связи с отсутствием доставки минеральных удобрений, исследования направлены на изучение последствий 36-летнего внесения минеральных удобрений на продуктивное долголетие злаково-разнотравного луга. Режим использования сенокосный – скашивание травостоя в фазу «начало цветения». Размер делянок 60 кв. м, учетная площадь 30 кв. м, размещение рендомизированное в четырехкратной повторности.

Почвы опытного участка на Нюрбинском стационаре типичные для Привилуйского агроландшафта аласно-таежной провинции и определены как мерзлотные черноземно-луговые, слабозасоленные, среднесуглинистые [10]. В начале наших исследований (2011 г.) результаты агрохимических анализов изучаемых почв показали, что в пахотном слое 0-20 см гумуса содержится 4,6 %, подвижного фосфора – до 255 мг (повышенное) и подвижного калия – до 107 мг (среднее) на кг почвы, $pH_{вод.}$ – 7,2.

Объектом изучения служили долголетние злаково-разнотравные фитоценозы при сенокосном использовании в период последствий минеральных удобрений (2011-2019 гг.). Учеты и наблюдения проводили в соответствии с методическими указаниями по луговодству и кормопроизводству². Потенциальную продуктивность луговых фитоценозов определяли по сбору обменной энергии, кормовых единиц и сырого протеина с 1 га. Химический состав сенокосного корма определяли в лаборатории

биохимии Якутского НИИСХ СО РАСХН на инфракрасном анализаторе «Инфранид 61».

Результаты и их обсуждение. Систематическое ежегодное внесение различных норм минеральных удобрений в период с 1974 по 2010 год существенно повлияло на формирование продуктивности и качество сенокосного фитоценоза в условиях Привилуйского агроландшафта. Мониторинговые исследования 35-летней динамики видового состава установили, что экологическая флуктуация фитоценозов сохранилась, и главным образом зависела от условий увлажнения вегетационных периодов. В 2010 году злаково-разнотравный фитоценоз при минимальном уровне внесения минеральных удобрений (контроль) и урожайностью сена 2,49 т/га состоял из дикорастущих злаков: пырея ползучего (*Elymus repens* (L.) Nevski) – 23 %, ячменя короткоостистого (*Hordeum brevisubulatum* (Trin) Link.) – 19 %, мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) – 10 %, лисохвоста тростниковидного (*Alopecurus arundinaceus* Poir.) – 2 %; и разнотравья до 44 % сухого вещества (СВ): полыни монгольской (*Artemisia mongolica* (Besser) Fisch. ex Nakai), лапчатки гушиной (*Potentilla anserina* L.), смолевки (*Silene vulgaris* (Moench) Garcke), сосюреи (*Saussurea* DC), одуванчика обыкновенного (*Taraxacum* F.H. Wigg). При среднем уровне внесения удобрений травостой с урожайностью 3,06 т/га состоял из дикорастущих злаков: пырея ползучего (*Elymus repens* (L.) Nevski) – 14 %; ячменя короткоостистого (*Hordeum brevisubulatum* (Trin) Link. – 47 %; мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) – 6 %; лисохвоста тростниковидного (*Alopecurus arundinaceus* Poir.) – 3 % и разнотравья – 30 % СВ. При максимальном уровне применения удобрений (урожайность сена 3,48 т/га) содержание в травостое пырея ползучего достигало 48 %, ячменя короткоостистого – 22 %, мятлика лугового – 3 %, лисохвоста тростниковидного – 4 % и разнотравья – 23 % СВ.

Полученные результаты по динамике видового состава за период длительного последствий удобрений (2011-2019 гг.) подтвердили установленную флуктуационную изменчивость и сохранность в травостое основного доминанта – пырея ползучего (*Elymus repens* (L.) Nevski) от 27,4 до 42,1 % и содоминанта – ячменя короткоостистого (*Hordeum brevisubulatum* (Trin) Link.) от 14,7 до 24,3 % в зависимости от влагообеспеченности вегетационных периодов.

²Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.: ВНИИК, 2000. 52 с.

В 2011 году, первый год последствия минеральных удобрений, на 36-году сенокосного использования злаково-разнотравных фитоценозов их урожайность снизилась в контроле с 2,49 до 1,48 т/га, т. е. в 1,7 раза по сравнению с 2010 годом при внесении удобрений (табл. 1).

Аналогичное снижение урожайности сена отмечалось также при среднем и максимальном уровнях последствия удобрений с 3,06 до 2,03 т/га и с 3,48 до 2,02 т/га сена, соответственно, несмотря на то, что в 2011 г. наблюдалась повышенная тепло- и влагообеспеченность вегетационного периода (ГТК = 1,13). В среднем за годы исследований при последствии минимального и максимального уровней применения удобрений урожайность злаково-разнотравного фитоценоза составила соответственно 2,03 и 2,04 т/га сена, что ниже на 81,5 и 58,6 %, чем при действии минеральных удобрений в последний год их внесения. При этом следует отметить, что урожайность в этих вариантах опыта превышала на 0,33 т/га (59 %) урожайность сена, полученную по последствию внесения средних доз удобрений.

В последующие годы осадки выпадали крайне неравномерно и были ниже многолетней нормы, хотя при этом обеспечивали сравнительно одинаковые величины урожайности, сохраняя тенденцию превышения последствия минимального и максимального уровней применения удобрений.

Длительное последствие минеральных удобрений показало, что формирование продуктивности и питательности луговых растений на 36-45 годы жизни во многом зависело от степени теплообеспеченности и увлажненности вегетационных периодов. За 2011-2019 гг. исследований погодные условия в Привиллойском агроландшафте отличались по характеру выпадения осадков и температурному режиму, что повлияло на формирование, рост и развитие 36-45-летнего фитоценоза на фоне последствия разных уровней минерального питания. За период исследований наиболее влажными вегетационными периодами отмечены 2011 г. (ГТК = 1,13) и 2012 г. (ГТК = 0,94), когда осадков выпало соответственно 217 и 181 мм по сравнению со среднемноголетним значением – 191 мм (ГТК = 0,91). Переменно-влажными были 5 лет (2013-2017 гг.) с неравномерно выпадающими осадками – от 124 до 181 мм, ГТК = 0,62...0,87.

Таблица 1 – Урожайность долготеленого фитоценоза в периоды действия и последствия минеральных удобрений в условиях Привиллойского агроландшафта Якутии, т/га СВ / Table 1 – Productivity of a long-term phytocenosis during the periods of action and aftereffect of mineral fertilizers in the conditions of the Privilyui agrolandscape of Yakutia t/ha DM

Уровень внесения удобрений / Level of fertilizer application	Последствие минеральных удобрений / After-effect of the mineral fertilizers										Среднее за 2011-2019 гг. / Average for 2011-2019
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Минимальный N ₆₂ P ₆₀ K ₁₁ – Контроль / Minimum N ₆₂ P ₆₀ K ₁₁ – Control	2,49	1,48	4,45	1,35	1,72	2,74	2,15	1,57	1,02	1,25	2,03
Средний N ₂₀₂ P ₇₅ K ₄₃ / Medium N ₂₀₂ P ₇₅ K ₄₃	3,06	2,03	3,08	1,39	1,40	2,32	1,72	1,40	1,04	1,02	1,71
Максимальный N ₃₁₈ P ₃₆₂ K ₁₈₉ / Maximum N ₃₁₈ P ₃₆₂ K ₁₈₉	3,48	2,02	4,83	1,60	1,46	1,83	2,67	1,53	1,05	1,34	2,04
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,3	0,7	0,5	0,3	0,1	0,6	0,7	0,1	0,1	0,1	0,2

Самый неблагоприятный вегетационный период сложился в 2018 г., когда за сезон выпало только 113 мм осадков (ГТК = 0,56), и установилась жаркая, засушливая погода в первой половине лета, что отрицательно повлияло на формирование урожайности 44-летнего сенокосного фитоценоза.

Результаты полученных данных по длительному влиянию последствий минеральных удобрений показали, что при внесении минерального удобрения в 2010 г. урожайность злаково-разнотравного сенокоса составила 2,49-3,48 т/га сена, а при длительном последствии она снизилась в 1,2-1,8 раза (табл. 2). При этом содержание сырого протеина в сено-

косном корме достигало 14,3 % СВ, так как в травостое преобладали дикорастущие злаки (57,4 %) – пырей ползучий (*Elymus repens* (L.) Nevski) 29,4 %, ячмень короткоостистый (*Hordeum brevisubulatum* (Trin) Link.) 17,3 %, мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) 6,4 %, лисохвост тростниковидный (*Alopecurus arundinaceus* Poir.) 4,3 % – и разнотравье (42,6 %).

Стабильная и повышенная продуктивность сенокосного фитоценоза формировалась по последствию минимального и максимального уровней внесения удобрений, что выше последствии среднего уровня доз в 1,4 раза, в пределах статистической достоверности.

Таблица 2 – Продуктивность долголетнего фитоценоза в период последствия удобрений в условиях Привильюйского агроландшафта Якутии (среднее за 2011-2019 гг.) /

Table 2 – Productivity of a long-term phytocenosis during the aftereffect of fertilizers in the conditions of the Privilyui agrolandscape of Yakutia (average for 2011-2019)

Уровень внесения удобрений (1974-2010 гг.) / Level of fertilizer application (1974-2010)	Средняя урожайность, т/га СВ / Average yield, t/ha DM	Содержание сырого протеина, % / Content of crude protein, %	Произведено с 1 га / Produced from 1 hectare		
			ОЭ, ГДж / Exchange Energy, GJoules	корм. ед. / feed unit	сырого протеина, ц / crude protein, centner
Минимальный N ₆₂ P ₆₀ K ₁₁ – Контроль / Minimum N ₆₂ P ₆₀ K ₁₁ – Control	2,03	14,3	16,0	1100	2,5
Средний N ₂₀₂ P ₁₇₅ K ₄₃ / Medium N ₂₀₂ P ₁₇₅ K ₄₃	1,71	12,8	14,0	970	2,2
Максимальный N ₃₁₈ P ₃₆₂ K ₁₈₉ / Maximum N ₃₁₈ P ₃₆₂ K ₁₈₉	2,04	14,3	16,5	1150	2,3
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	0,2	-	-	-	-

Таблица 3 – Энергетическая питательность сенокосного корма при длительном последствии удобрений (среднее за 2011-2019 гг.) /

Table 3 – Energy nutritional value of hay forage at long-term aftereffect of fertilizers (average for 2011-2019)

Уровень внесения удобрений (1974-2010 гг.) / Level of fertilizer application (1974-2010)	Средняя урожайность, т/га СВ / Average yield, t/ha DM	Содержится в 1 кг СВ / Contains in 1 kg of dry matter		Содержится переваримого протеина в 1 корм. ед., г / Contains digestible protein in 1 feed unit, g	Классность сена по ОСТ-0243-2000 / Classification of hay according to the industry standard-0243-2000
		ОЭ, МДж / Exchange Energy, MJoules	корм. ед. / feed unit		
Минимальный N ₆₂ P ₆₀ K ₁₁ – Контроль / Minimum N ₆₂ P ₆₀ K ₁₁ – Control	2,03	9,1	0,63	90	2
Средний N ₂₀₂ P ₁₇₅ K ₄₃ / Medium N ₂₀₂ P ₁₇₅ K ₄₃	1,71	8,9	0,62	90	2
Максимальный N ₃₁₈ P ₃₆₂ K ₁₈₉ / Maximum N ₃₁₈ P ₃₆₂ K ₁₈₉	2,04	9,1	0,65	80	2
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	0,2	-	-	-	-

Энергетическая питательность сенокосного корма при длительном последствии минеральных удобрений позволяет сохранить в 1 кг сухого вещества до 8,9-9,1 МДж обменной энергии и кормовых единиц до 0,62-0,65 (табл. 3). При этом содержание переваримого протеина в 1 корм. ед. составило в пределах 80-90 г, что чуть ниже зоотехнической нормы. Следует отметить, что в условиях криолитозоны отмечается низкое содержание переваримого протеина в сенокосном корме до 45-70 г [11, 12, 13, 14, 15]. Классность сена по ОСТ-10243-2000³ позволяет полученный объемистый корм отнести ко второму классу, из-за повышенной концентрации сырой клетчатки (35,2-35,9 %).

Заключение. Длительное последствие различных уровней внесения минеральных удобрений в условиях Привилуйского агроландшафта среднетаежной подзоны Якутии способствует сохранению продуктивного долголетия и питательности злаково-разнотравного фитоценоза с содержанием обменной энергии до 8,9-9,1 МДж, кормовых единиц до 0,62-0,65, что позволяет произвести до 1150 корм. ед. с 1 га и сено 2 класса качества. При этом средняя урожайность многолетних злаково-разнотравных фитоценозов сохраняется на уровне от 1,71-2,04 т/га сена, что выше урожайности естественных лугов в 2,1-2,5 раза.

Список литературы

1. Иванов И. А., Винокурова В. С., Игнатъева В. В. Особенности использования удобрений в Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. 131 с.
2. Чевычелов А. П., Барашкова Н. В., Захарова О. Г., Устинова В. В., Аржакова А. П. Влияние длительного применения удобрений на урожайность растений и изменение свойств мерзлотной лугово-черноземной почвы. *Агрохимический вестник*. 2018;(3):26-31. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2018-10007>
3. Петров К. А. Криорезистентность растений: эколого-физиологические и биохимические аспекты. Новосибирск: Изд-во Сибирского отд-ния Российской акад. наук, 2016. 273 с.
4. Журавская А. Н. Адаптация к экстремальным условиям среды и радиочувствительность растений Якутии. Новосибирск: Наука, 2011. 104 с.
5. Денисов Г. В., Стрельцова В. С. Экология и эволюция сеяных лугов в криолитозоне. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. 239 с.
6. Барашкова Н. В., Федорова А. И., Габышева Л. К. Флуктуационная изменчивость долголетнего сенокосного фитоценоза при разных уровнях минерального питания в условиях Вилюйской зоны Якутии. *Успехи современной науки*. 2016;1(4):6-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26094882>
7. Слепцова Н. А., Иванова Л. С. Полевые кормовые культуры в адаптивно-ландшафтном земледелии среднетаежной зоны Якутии. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2021. 172 с. Режим доступа: http://www.cnsrb.ru/Vexhib/vex_news/2022/vex_220305/0405976X.pdf
8. Иванова Л. С. Агрорландшафтное районирование и агроэкологическая группировка земель среднетаежной подзоны Якутии для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Новосибирск, 2018. 113 с.
9. Якушев Д. В. Научные основы улучшения и использования сенокосов и пастбища Якутии. Якутск, 1986. 172 с.
10. Еловская Л. Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1987. 172 с.
11. Егоров А. Д. Химический состав кормовых растений Якутии. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1960. 336 с.
12. Барашкова Н. В., Устинова В. В. Биохимические особенности естественного разнотравно-злакового фитоценоза при разных уровнях питания в условиях Центральной Якутии. *Наука и образование*. 2016;(2):107-114. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26460607>
13. Барашкова Н. В., Устинова В. В. Луговое кормопроизводство и ресурсосберегающие приемы повышения продуктивности кормовых угодий Якутии (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(3):303-316. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.303-316>
14. Барашкова Н. В., Якушев Д. В. Создание и рациональное использование сеяных травостоев в Центральной Якутии. Новосибирск, 2002. 152 с.
15. Абрамов А. Ф. Эколого-биохимические основы производства кормов и рационального использования пастбищ в Якутии. Новосибирск, 2000. 205 с.

References

1. Ivanov I. A., Vinokurova V. S., Ignateva V. V. Features of the use of fertilizers in Yakutia. *Yakutsk: Izd-vo YaNTs SO RAN*, 2008. 131 p.
2. Chevychelov A. P., Barashkova N. V., Zakharova O. G., Ustinova V. V., Arzhakova A. P. The effect of long-term use of fertilizers on crop yields and changes in the properties of permafrost meadow-chernozem soil. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*. 2018;(3):26-31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2018-10007>
3. Petrov K. A. Cryoresistance of plants: ecological, physiological and biochemical aspects. *Novosibirsk: Izd-vo Sibirskogo otdniya Rossiyskoy akad. nauk*, 2016. 273 p.

³ОСТ-10243-2000. Сено. Технические условия. URL: http://koapp.narod.ru/pay/ty/ost/ost_10243_2000.htm

4. Zhuravskaya A. N. Adaptation to extreme environmental conditions and radiosensitivity of Yakutia plants. Novosibirsk: *Nauka*, 2011. 104 p.
5. Denisov G. V., Streltsova V. S. Ecology and evolution of seeded meadows in the cryolithozone. Yakutsk: *Izd-vo YaNTs SO RAN*, 2005. 239 p.
6. Barashkova N. V., Fedorova A. I., Gabysheva L. K. Fluctuating mutation of a longstanding and meadow phytocenosis in the equal conditions of mineral alimentation in Yakutia and its zone Viluy. *Uspekhi sovremennoy nauki*. 2016;1(4):6-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26094882>
7. Sleptsova N. A., Ivanova L. S. Field fodder crops in adaptive landscape agriculture of the Middle taiga zone of Yakutia. Yakutsk: *Izdatel'skiy dom SVFU*, 2021. 172 p. URL: http://www.cnsib.ru/Vexhib/vex_news/2022/vex_220305/0405976X.pdf
8. Ivanova L. S. Agro-landscape zoning and agroecological grouping of the lands of the Middle Taiga subzone of Yakutia for the design of adaptive landscape farming systems. Novosibirsk, 2018. 113 p.
9. Yakushev D. V. Scientific bases of improvement and use of hayfields and pastures of Yakutia. Yakutsk, 1986. 172 p.
10. Elovskaya L. G. Classification and diagnostics of permafrost soils of Yakutia. Yakutsk: *Izd-vo YaF SO AN SSSR*, 1987. 172 p.
11. Egorov A. D. Chemical composition of fodder plants of Yakutia. Moscow: *Izd-vo Akad. nauk SSSR*, 1960. 336 p.
12. Barashkova N. V., Ustinova V. V. The biochemical specialties of natural and poaceos plant formation in the different degrees of alimentation in conditions of Central Yakutia. *Nauka i obrazovanie = The Education and Science Journal*. 2016;(2):107-114. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26460607>
13. Barashkova N. V., Ustinova V. V. Meadow forage production and resource-saving methods for increasing the productivity of forage lands in Yakutia (review). *Agricultural Science Euro-North-East = Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(3):303-316. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.303-316>
14. Barashkova N. V., Yakushev D. V. Creation and rational use of seeded grass stands in Central Yakutia. Novosibirsk, 2002. 152 p.
15. Abramov A. F. Ecological and biochemical bases of feed production and rational use of pastures in Yakutia. Novosibirsk, 2000. 205 p.

Сведения об авторах

Барашкова Наталья Владимировна, доктор с.-х. наук, профессор, Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», проспект Ленина, д. 41, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация, 677000, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0449-3482>

✉ **Устинова Васёна Васильевна**, кандидат с.-х. наук, ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет, Сергеляхское шоссе, д.3, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация, 677007, e-mail: info@agatu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1155-2244>, e-mail: vasyona_8@mail.ru

Федорова Александра Ивановна, младший научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», проспект Ленина, д. 41, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), 677000, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1136-8367>

Габышева Любовь Кимовна, лаборант, Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», проспект Ленина, д. 41, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация, 677000, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru

Information about authors

Natalya V. Barashkova, DSc in Agricultural Science, professor, Institute for Biological Problems of the Permafrost of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate subdivision of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Lenin Avenue, 41, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation, 677000, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0449-3482>

✉ **Vasyona V. Ustinova**, PhD in Agricultural Science, Arctic State Agrotechnological University, Sergelyakhskoye Shosse 3, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation, 677007, e-mail: info@agatu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1155-2244>, e-mail: vasyona_8@mail.ru

Alexandra I. Fedorova, junior researcher, Institute for Biological Problems of the Permafrost of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate subdivision of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Lenin Avenue, 41, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation, 677000, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1136-8367>

Lyubov K. Gabysheva, laboratory assistant, Institute for Biological Problems of the Permafrost of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate subdivision of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Lenin Avenue, 41, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation, 677000, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author