

И.А. Прокопьев, Г.В. Филиппова // Наука и образование. – 2014. – № 3. – С. 95–99.

7. *Wilkins D.A.* The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // *New Phytol.* – 1978. – № 80. – P. 623–633.

8. *Паушева З.П.* Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1974. – 288 с.

9. *Титов А.Ф.* Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам. металлам: учеб. пособие / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина. – Петрозаводск: Карел.науч. центр РАН, 2011. – 77 с.

10. *Титов А.Ф.* Тяжелые металлы и растения / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова. – Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2014. – 194 с.

11. *Серегин И.В.* Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция / И.В. Серегин, А.Д. Кожевникова // *Физиология растений.* – 2008. – Т. 55. – С. 3–26.

12. *Нестерова А.Н.* Действие тяжелых металлов на корни растений: Поступление свинца, кадмия и цинка в корни, локализация металлов и механизмы устойчивости растений // *Биол. науки.* – 1989. – № 9. – С. 72–86.

13. *Козаренко А.Е.* Свинец в растениях // Свинец в окружающей среде / под ред. В.В. Добровольского. – М.: Наука, 1987. – С. 71–76.

14. *Wierzbicka M.* Disturbances in Cytokinesis Caused by Inorganic Lead // *Environ. Exp. Bot.* – 1989. – Vol. 29. – P. 123–133.

15. *Eun S.O.* Lead Disturbs Microtubule Organization in the Root Meristem of *Zea mays* / *S.O. Eun, H.S. Youn, Y. Lee* // *Physiol. Plant.* – 2000. – Vol. 110. – P. 357–365.

16. *Borboa L.* The Genotoxicity of Zn(II) and Cd(II) in *Allium cepa* Root Meristematic Cells / *L. Borboa, C. Delatorre* // *New Phytol.* – 1996. – Vol. 134. – P. 481–486.

17. *Wierzbicka M.* The Effect of Lead on the Cell Cycle in the Root Meristem of *Allium cepa* L. // *Protoplasma.* – 1999. – Vol. 207. – P. 186–194.

18. *Кожевникова А.Д.* Влияние нитратов свинца, никеля и стронция на деление и растяжение клеток корня кукурузы / А.Д. Кожевникова, И.В. Серегин, Е.И. Быстрова, А.И. Беляева, М.Н. Катаева, В.Б. Иванов // *Физиология растений.* – Т. 56, № 2. – 2009. – С. 267–277.

19. *Wierzbicka M.* Resumption of Mitotic Activity in *Allium cepa* Root Tips during Treatment with Lead Salts // *Environ. Exp. Bot.* – 1994. – Vol. 34. – P. 173–180.

20. *Lui D.* Evaluation of Metal Ion Toxicity on Root Tip Cells by the Allium Test / *D. Lui, W. Jiang, W. Wang, L. Zhai* // *Israel J. Plant Sci.* – 1995. – Vol. 43. – P. 125–133.

21. *Ильинских Н.Н.* Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность / Н.Н. Ильинских, И.Н. Ильинских, В.В. Новицкий, Н.Н. Ванчугова. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1992. – 272 с.

Поступила в редакцию 06.04.2016

УДК 577.1:633.2.031(571.56–191.2)

Биохимические особенности естественного разнотравно-злакового фитоценоза при разных уровнях питания в условиях Центральной Якутии

Н.В. Барашкова, В.В. Устинова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

Изучены биохимический и минеральный состав кормовых трав и их зависимость от степени увлажнения и режима питания в условиях мерзлотных пойменных слоистых почв Центральной Якутии. Впервые установлено поступление, потребление элементов питания и коэффициент использования удобрений (КИУ) для разнотравно-злакового фитоценоза в условиях средней поймы р. Лены.

Установлено, что при органоминеральном режиме питания и оптимальной увлажненности содержание сырого протеина в разнотравно-злаковом фитоценозе было повышенным до 14,8 на 6,5%, сырой золы на 1,6%, содержание сырой клетчатки, наоборот, пониженным на 1,6% по сравнению с

БАРАШКОВА Наталья Владимировна – д. с.-х. н., зав. лаб., e-mail: BNW-07@yandex. ru; УСТИНОВА Васена Васильевна – к. с.-х. н., н. с.

контролем без удобрений. Эффективность удобрений увеличивается при повышенной увлажненности. Так, в благоприятных условиях по увлажненности содержание сырого протеина повышается до 16%. Минеральный состав сырьевой массы разнотравно-злакового фитоценоза при органоминеральном режиме питания формирует оптимальное содержание элементов в корме. Применение перегноя в дозе 20 т/га через каждые четыре года на разнотравно-злаковом фитоценозе обеспечивает высокую эффективность КИУ по азоту (до 204%), калию (до 62%) и фосфору (до 37%), что свидетельствует о высокой усвояемости элементов питания из органического удобрения в условиях криолитозоны.

Ключевые слова: степень увлажнения, осадки, режим питания, биохимический состав, минеральный состав, естественный фитоценоз.

Biochemical Features of Natural Herb–Grass Phytocenosis at Different Degrees of Alimentation in Conditions of Central Yakutia

N.V. Barashkova, V.V. Ustinova

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk

Biochemical and mineral composition of fodder herbs depending on degree of moisturization and of mode of alimentation in conditions of cryosolic, inundated and stratified soils of Central Yakutia was examined. We determined for the first time the availability, consumption of alimentation elements and coefficient of utilization of fertilizations for the herb–grass phytocenosis in conditions of The Middle Lena.

It was established that at organic and mineral alimentation mode and optimal moisture conditions the content of crude protein was 6.5% higher (up to 14.8%), the content of crude ash 1.6% higher, the content of crude cellulose, on the contrary, was 1.6 % lower in comparison with the control without fertilizers. The effectiveness of the fertilizers increase at high humidity. For example, a content of crude protein increase up to 16%. Mineral composition of herb–grass phytocenosis in conditions of organic and mineral alimentation forms an optimal content of elements in the forrage. Utilisation of humus in dose 20 ton/hectare via every 4 years on the herb–grass phytocenosis provide a high effectiveness of coefficient of utilization of the fertilizers – nitrogen (up to 204%), potassium (up to 62%) and phosphorus (up to 37%), that confirms a high adoption of the elements of alimentation from organic fertilizer in conditions of the cryolithozone.

Key words: degree of moisturization, precipitation, mode of alimentation, biochemical composition, mineral composition, natural phytocenosis.

Основоположник экологической биохимии растений Якутии А. Д. Егоров установил, что адаптация растений в условиях криолитозоны основывается на экологической специфике обмена веществ [4]. Выявленные взаимосвязи между химическим составом растений и экологическими условиями позволили установить зонально-биохимические особенности кормовых трав по сравнению с другими регионами, что подтверждают наши полевые исследования по биохимии растений разнотравно-злакового фитоценоза при разных режимах питания в условиях средней поймы р. Лены. В условиях Якутии фазы развития и урожайность кормовых трав естественных лугов значительно зависят от погодных условий, зональных особенностей и типов лугов [5]. Известно, что потребление и накопление питательных веществ во многом зависят от экологических условий произрастания: свойств почв, погоды, температуры, влагообеспеченности, удобрений и других показателей.

В аласно-таежной зоне Лено-Амгинского и Лено-Вилюйского междуречья изучены изменения биохимического состава естественного аласного фитоценоза в зависимости от разных доз органического, минерального удобрения с учетом степени увлажнения и предложены оптимальные дозы для практического применения с учетом полученных биохимических показателей [1].

Однако до сих пор отсутствуют систематические исследования по изучению влияния режима питания на биохимический состав луговых растений разнотравно-злакового луга с учетом изменения экологических условий при сенокосном использовании на мерзлотных пойменных слоистых почвах с легким механическим составом.

Цель нашего исследования заключается в оценке влияния разных режимов питания на изменение биохимического состава кормовых растений разнотравно-злакового фитоценоза в условиях средней поймы р. Лены.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований является разнотравно-злаковый фитоценоз, расположенный на остепненных лугах высокого уровня средней поймы р. Лены. Научные исследования проводились в 2005–2008 гг. на стационаре «Мархинский» ИБПК СО РАН, расположенном в 13 км от г. Якутска на надпойменной террасе р. Лены.

По типологии опытный участок относится к остепненным лугам высокого уровня р. Лены. Весенняя влажность мерзлотной пойменной почвы характеризуется недостаточной для начальной вегетации луговых трав [9]. Почвы опытного участка относятся к мерзлотным пойменным слоистым, преимущественно легким по механическому составу с содержанием гумуса 3,9%, подвижного фосфора – 58 мг/кг, обменного калия 23 мг/кг в слое 0–30 см. Тип засоления почв – хлоридно-сульфатный.

Площадь делянок 30 м², 4-кратной повторности, размещение делянок рендомизированное.

Режим использования сенокосный – в фазу массового цветения луговых трав. Удобрения вносились согласно схеме опыта.

В составе перегноя содержалось азота 0,43%, фосфора 0,24% и калия 0,29%. Перегной вносили весной, один раз в 4 года, с нормой 20 т/га боронованием до полного втирания в почву. В качестве азотного минерального удобрения использовали мочевину, фосфорного – двойной гранулированный суперфосфат, калийного – калий хлористый. Минеральные удобрения вносили разбрасывателем удобрений. Опыты проводились в условиях естественного увлажнения с учетом выпавших осадков за вегетационный период май–сентябрь. Схема опыта приведена в табл. 2.

Учеты и наблюдения проводили согласно общепринятой методике по луговодству [6], статистическую обработку данных по урожайности проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [3]. Биохимический состав сенокосного корма определя-

ли в лаборатории биохимии ЯНИИСХ по вытяжкам на NIR SKANER model 4250.

Результаты и обсуждение

Основным определяющим фактором биохимического состава луговых растений является видовой состав фитоценоза, который состоит из разных ботанико-хозяйственных групп с различным соотношением в фитоценозе. На формирование естественных фитоценозов значительное влияние оказывают погодные условия, особенно количество выпавших осадков за вегетационный период. В летний период осадки выпадают относительно крайне неравномерно, что отражается на росте и фазах развития луговых трав. Погодные условия в период проведения исследований сложились по-разному (табл. 1).

Основной вегетационный период 2005 г. по степени увлажнения был умеренным (гидротермический коэффициент (ГТК) 0,8). Вегетация многолетних трав началась в обычные сроки. Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см были достаточными, но поверхностный

Таблица 1

Агрометеорологические условия вегетационного периода за 2005–2008 гг.

Вегетационный период (+5; +5 °С)					
Годы исследований	ср,много.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Начало периода	4,05	30.04	28.04	6.05	8.05
Конец периода	22,09	28.09	27.09	25.09	14.09
Продолжительность дней	141	152	154	137	127
Сумма температур воздуха (°С)	2008	2123	1961	1964	2126
Среднесуточная температура воздуха, °С	14,1	14,0	11,3	14,3	16,7
Всего осадков, мм	169	163	267	190	140
Число дней с осадками	31	30	45	41	30
Сумма осадков 5 мм в сутки, мм	127	156	162	148	80
Число дней с осадками 5 мм за сутки	17	26	25	11	8
Основной период вегетации (+10; +10 °С)					
Начало периода	16,05	1.05	21.05	14.05	10.05
Конец периода	09,09	25.09	31.08	17.09	03.09
Продолжительность дней	115	148	103	113	111
Сумма температур воздуха (°С)	1776	2095	1679	1798	2006
Среднесуточная температура воздуха, °С	15,5	14,2	16,3	15,9	18,1
Всего осадков, мм	146	163	196	160	120
Число дней с осадками	24	30	28	34	22
Сумма осадков 5 мм в сутки, мм	104	160	71	129	67
Число дней с осадками 5 мм за сутки	12	21	12	10	6
Гидротермический коэффициент (ГТК)	0,9	0,8	1,2	0,9	0,6
Лето (+15; +15 °С)					
Начало периода	02,06	3,06	19,05	26,05	26,05
Конец периода	21,08	14,08	20,08	22,08	25,08
Продолжительность дней	74	73	77	60	78
Сумма температур воздуха (°С)	1404	1340	1500	1139	1592
Среднесуточная температура воздуха, °С	18,6	18,4	17,9	18,9	20,4
Всего осадков, мм	79,3	114,0	102	34,8	51,2
Число дней с осадками	14	20	15	13	12
Сумма осадков 5 мм в сутки, мм	58,4	107,0	41	24,5	30,0
Число дней с осадками 5 мм за сутки	7	13	8	2	3

слой был слабоувлажненным. Теплая погода, достаточная влагообеспеченность почвы в мае и внесение органоминеральных удобрений способствовали интенсивному отрастанию трав, и в конце мая высота трав составила 7–9 см. Во второй половине лета выпали обильные дожди, что способствовало интенсивному росту дикорастущих трав. Осадков за основной сезон выпало 163 мм, что обеспечило благоприятные условия по увлажненности.

Вегетационный период 2006 г. по степени увлажненности самый влажный (ГТК 1,2). При этом весна была ранней и холодной, что повлияло на начало отрастания дикорастущих трав. Несмотря на большой запас почвенной влаги от дождливой осени прошедшего года, весенний период 2006 г. был напряженным по температурному режиму воздуха. Осадки выпадали крайне неравномерно, так в августе выпали обильные дожди, что превысило норму на 107 мм и способствовало отрастанию отавы.

Основной вегетационный период 2007 г. был умеренным (ГТК 0,9) и благоприятным для роста и развития травостоя естественных трав. Общее количество осадков за вегетационный период составило 160 мм против нормы 146 мм при средней температуре воздуха 14,6°C.

Вегетационный период 2008 г. был засушливым, при ГТК 0,6. Весна 2008 г. наступила рано. Осадков в мае выпало меньше нормы на 13,6 мм, что обеспечивало медленный рост многолетних трав. В июле установилась жаркая и засушливая погода. Осадков выпало лишь 50 мм, что ниже нормы на 30%. Засушливая и жаркая погода ускорила прохождение фенологических фаз. Цветение трав наступило на 5 дней раньше.

Таким образом, погодные условия вегетационных периодов 2005–2008 гг. отличались между собой и охватывали все особенности природно-климатических условий средней поймы р. Лена. За период проведения исследований наиболее влажным был 2006 г. (ГТК 1,2), умеренными и теплыми были 2005 и 2007 гг. при ГТК 0,9 и крайне засушливым был 2008 г. (ГТК 0,6), что значительно повлияло на биохимический состав и урожайность естественного травостоя разнотравно-злакового луга.

В целом все изменения по степени увлажнения и температурно-

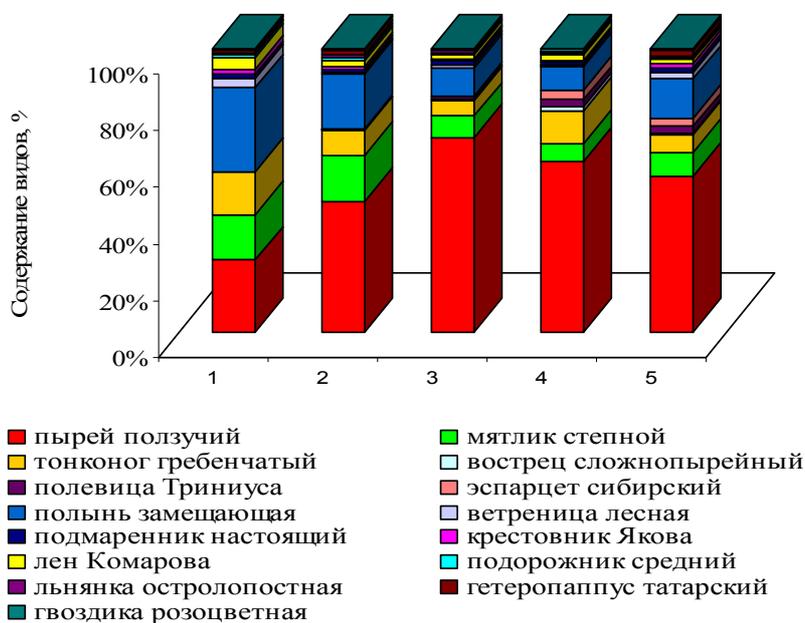
му режиму в течение вегетационных периодов четко проявились на видовом составе естественного разнотравно-злакового фитоценоза, что определило биохимические показатели по качеству сенокосного корма.

Следует отметить, что в среднем за годы исследований видовой состав разнотравно-злакового фитоценоза в контроле без удобрений состоял из злаковых группы видов – до 56,5% СВ, где в основном доминировал пырей ползучий (*Elymus repens* (L.) Nevski) до 25,5% СВ. Разнотравье в травостое разнотравно-злакового фитоценоза составило всего – 43,5% СВ. Бобовые и осоковые виды отсутствовали.

Установлено, что естественные луговые растения разнотравно-злакового фитоценоза по-разному реагировали на режимы питания и степень увлажнения. Так, применение органических удобрений перегной в дозе 20 т/га способствовало увеличению участия злаковых видов до 71,7% СВ, что выше контроля на 15,2% СВ (рис. 1).

При этом участие пырея ползучего (*Elymus repens* (L.) Nevski) в фитоценозе увеличилось и составило – 46,2% СВ, также единично появились полевица Триниуса (*Agrostis trinii* Turcz.) – 0,3% СВ и вострец ложнопырейный (*Leymuschinensis* (Trin.) Tzvel.) – 0,4% СВ.

При внесении комплексного удобрения (перегной 20 т/га + NPK₆₀) значительно повышается



Удобрения: 1. Контроль – без удобрения; 2. Перегной 20 т/га 1 раз в 4 года; 3. Перегной 20 т/га 1 раз в 4 года +NPK₆₀ ежегодно; 4. NPK₆₀ ежегодно; 5. NPK₃₀ ежегодно

Рис. 1. Видовой состав разнотравно-злакового фитоценоза при разных режимах питания за 2005–2008 гг. (% СВ)

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО РАЗНОТРАВНО-ЗЛАКОВОГО ФИТОЦЕНОЗА

участие злаковых видов до 82,9%, что на 26,4% СВ выше, чем в контроле без удобрений. В данных условиях режима питания увеличилось содержание пырея ползучего до 68,6% СВ, что на 43,1% выше, чем в контроле.

При этом следует отметить, что отрицательно на внесение комплексных удобрений реагировали мятлик степной (*Poa stepposa* (Krylov) Rochev.) – 7,5% СВ, тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata* L.) – 5,5% СВ, полевика Триниуса (*Agrostis trinii* Turcz.) – 0,6% СВ. При данном режиме питания участие разнотравья в травостое разнотравно-злакового фитоценоза достигало – 17,1% СВ, что на 26,4% ниже, чем в контроле без удобрений.

При внесении минеральных удобрений в дозах NPK₆₀ и NPK₃₀ отмечается тенденция увеличения доли участия злаковых видов до 81,8% и 72,4% СВ. В основном в травостое преобладает пырей ползучий (*Elymus repens* (L.) Nevski) до 60,2% и 54,8% СВ. Из бобовых появился эспарцет сибирский (*Onobrychis sibirica* Turcz.) и его доля участия достигла в среднем 3,6% СВ, что свидетельствует о стабилизации режима питания за счет естественного увлажнения и минеральных удобрений.

Наибольшая урожайность разнотравно-злакового фитоценоза достигнута при внесении комплексного удобрения (перегной 20 т/га + NPK₆₀) и составила 17,0 ц/га СВ. При этом получена высокая продуктивность по сбору обменной энергии 15,3 ГДж, кормовых единиц до 1105 и сырого протеина – 251 кг.

В состав сырого протеина входят высокомолекулярные органические соединения, состоящие из аминокислот белки и азотистые небелковые соединения. Белки играют важную роль во всех процессах обмена веществ и влияют на адаптационные процессы растений на организменном и популяционном уровне, а также определяют взаимоотношения популяций в фитоценозе. Как показали наши исследования, содержание сырого протеина в луговых растениях в основном зависело от режима питания (табл. 2).

В среднем за годы исследований при внесении органического удобрения (перегной 20 т/га в год закладки) повысилось в корме содержание сырого протеина до 11,4%, что превышало контроль 3,1%. Внесение комплексного удобрения (перегной 20 т/га + N₆₀P₆₀K₆₀) позволило увеличить содержание сырого протеина до 14,8%. Это объясняется

тем, что в травостое в значительном количестве присутствовали дикорастущие злаки (до 82% СВ), которые в фазу цветения богаты сырым протеином, в отличие от разнотравья [4]. Значительное повышение содержания сырого протеина, также отмечалось при внесении N₆₀P₆₀K₆₀ – 13%, и при NPK в дозе 30 кг/га до 11,5%, что на 3,2% выше контроля. Следует отметить, что по зоотехническим нормам содержание сырого протеина в СВ зеленого корма естественных травостоев без удобрений в условиях Центральной Якутии составляет 6,7–9,0% [1].

В условиях влажного года (2006) отмечается повышенное содержание сырого протеина по всем вариантам, где комплексные удобрения в дозе 20 т/га + N₆₀P₆₀K₆₀ обеспечивают увеличение сырого протеина до 16%, что выше контроля без удобрений на 6,7%. В засушливый же год (2008) отмечается тенденция снижения содержания сырого протеина на 1,4–2,5% по всем вариантам. В целом органоминеральный режим питания разнотравно-злакового фитоценоза способствует повышению содержания сырого

Таблица 2

Биохимический состав естественного разнотравно-злакового фитоценоза за 2005–2008 гг.

Удобрения	Содержание в% в абсолютно сухом веществе (АСВ)				Среднее за годы
	2005	2006	2007	2008	
Сырой протеин					
Контроль – без удобрения	8,0	9,3	8,2	7,8	8,3
Перегной 20т/га в год закладки	9,9	13,1	12,0	10,6	11,4
Перегной 20т/га+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	13,5	16,0	15,7	14,3	14,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,8	14,7	12,9	12,6	13,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	11,1	12,9	11,0	11,3	11,5
Сырая клетчатка					
Контроль – без удобрения	39,6	37,8	36,4	37,5	37,8
Перегной 20т/га в год закладки	39,0	34,4	34,8	36,7	36,2
Перегной 20т/га+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	36,0	31,9	31,9	31,4	32,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	38,8	33,6	35,8	34,2	35,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	37,8	33,7	34,1	33,6	34,8
Сырой жир					
Контроль – без удобрения	1,8	4,1	1,7	2,5	2,6
Перегной 20т/га в год закладки	2,1	4,6	1,9	3,2	3,0
Перегной 20т/га+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,6	4,3	2,4	4,3	3,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,5	4,4	2,6	4,1	3,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,3	4,4	2,4	4,6	3,4
Сырая зола					
Контроль – без удобрения	4,7	3,2	3,4	5,9	4,3
Перегной 20т/га в год закладки	4,8	3,3	3,9	7,0	4,7
Перегной 20т/га+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,8	3,9	5,9	8,3	5,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,1	3,9	5,0	7,7	5,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,3	3,4	4,0	7,7	5,1
БЭВ					
Контроль – без удобрения	40,1	43,0	38,9	40,6	40,6
Перегной 20т/га в год закладки	41,2	43,3	47,9	41,0	43,4
Перегной 20т/га+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	44,0	50,0	56,6	46,1	49,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	43,0	43,31	50,9	41,1	44,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	42,4	44,1	49,3	44,1	44,9

протеина, и может обеспечить полноценный корм для животноводства республики.

Группа углеводов представлена сырой клетчаткой и безазотистыми экстрактивными веществами (БЭВ), на долю которых приходится 2/3 массы сухого вещества растений. Значение углеводов в жизни растений огромно, так как сахара и крахмал играют основную роль в процессах фотосинтеза и дыхания.

В благоприятные годы по увлажнению и теплообеспеченности, когда происходит активный фотосинтез, ускоряются ростовые процессы в растениях, содержание сырой клетчатки увеличивается, что является характерной особенностью для кормовых растений в условиях вечной мерзлоты [5].

В неблагоприятные годы углеводы, образующиеся в процессе фотосинтеза, остаются неиспользованными вследствие низких температур и нехватки влаги, то они переходят в подземные органы растений в виде запасных безазотистых экстрактивных веществ.

Нами установлено, что изучаемый травостой разнотравно-злакового фитоценоза характеризовался высоким содержанием сырой клетчатки (СК) независимо от режима питания и степени увлажненности. Почти во всех вариантах содержание сырой клетчатки повышенное 32,8–37,8% АСВ.

Органоминеральный режим питания несколько снижает содержание сырой клетчатки в сырьевой массе разнотравно-злакового луга. Так, при внесении перегноя 20 т/га в год закладки содержание сырой клетчатки достигало – 36,2%, что на 1,6% ниже, чем в контроле. Внесение комплексного удобрения значительно снижало содержание сырой клетчатки в растениях на 5%, что позволяет улучшить качество получаемого корма. Это связано с хорошим развитием надземной массы благодаря улучшению режима питания [1]. При внесении минерального удобрения в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$ содержание сырой клетчатки составляло 35,6–34,8%, что ниже контроля на 2,2–3,0%.

По содержанию сырого жира в кормовых растениях данные довольно противоречивые. Одни авторы отмечают прямую зависимость между белками и жирами, а другие – азотные удобрения не влияют на содержание сырого жира. Накопление сырого жира (СЖ) в растениях зависело в основном от биологических особенностей вида. Стандартное содержание сырого жира в растениях по зоотехническим требованиям должно быть от 2,5 до 3,5% СВ.

Наши данные дополняют представления о закономерностях накопления сырого жира в растениях естественного разнотравно-злакового

фитоценоза в зависимости от погодных условий и режима питания.

В среднем за годы исследований содержание сырого жира можно считать превосходным, благодаря улучшению режима питания, т.е. удобрениям. В контроле без удобрения содержание сырого жира составляет 2,9%, внесение органического удобрения в дозе перегноя 20 т/га в год закладки повышает содержание сырого жира до 3,3%, что выше контроля на 0,4%. Повышенное накопление сырого жира отмечено при комплексном внесении минерального и органического удобрений (3,8%), что на 0,9% выше контроля. Аналогичная тенденция наблюдалась и при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 3,6%, $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 3,7%, что выше контроля на 0,7 и 0,8%. В среднем по анализам химического состава корма содержание СЖ было на уровне стандарта от 2,9 до 3,8%.

Содержание сырой золы в растениях значительно зависит от биологических особенностей, возраста, условий произрастания и бывает неодинаковым в разных органах и тканях. В листьях растений золы всегда содержится больше, чем в стеблях или семенах. Содержание сырой золы (СЗ) по зоотехническим требованиям от 5 до 8% СВ.

Исследования показали, что значительного повышения СЗ при внесении минерального и органического удобрений не наблюдается. В контроле без удобрений концентрация сырой золы составляет – 5,2%, а совместное внесение минерального и органического удобрений чуть снизило содержание сырой золы на 2% по сравнению с контролем. Повышенное содержание сырой золы отмечается при внесении перегноя 20 т/га и $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 5,5%.

Содержание БЭВ в основном изменялось в зависимости от уровня сохранения других питательных веществ. Нормой считается содержание БЭВ в травах от 40–50% СВ. За годы исследований установлено, что при внесении удобрений содержание БЭВ снижается. Так, в контроле без удобрений содержание БЭВ составляет – 45,5%. Следует отметить, что довольно низкое содержание БЭВ достигнуто при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 42,4%, что ниже контроля на 3,1%, тем самым улучшается качество корма.

Кроме зоотехнического состава важнейшее значение имеет содержание фосфора и кальция в минеральном составе кормов. Удобрения, в зависимости от доз и состава, влияют на минеральный состав корма как положительно, так и отрицательно. Недостаток минеральных элементов в корме, а также их непропорциональное соотношение приводит к серьезным нарушениям обменных процессов, вследствие этого жи-

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО РАЗНОТРАВНО-ЗЛАКОВОГО ФИТОЦЕНОЗА

вотные страдают остеомалацией (костное заболевание), особенно резко болезнь проявляется при пониженном содержании фосфора. Зоотехнической нормой считается содержание фосфора в корме от 0,25 до 0,30% и кальция до 0,75% СВ.

Как показали результаты анализов (табл. 3) наибольшее содержание фосфора отмечено при внесении комплексного удобрения в дозе перегной 20 т/га + N₆₀P₆₀K₆₀ до 0,26%, что положительно влияет на повышение содержания фосфора. Повышенное содержание фосфора связано с тем, что удобрение больше всего влияет на вегетативную часть растения, где накапливается большое содержание фосфора [7]. Наибольшее содержание кальция наблюдается в контроле без удобрений – 0,77%. Применение удобрений улучшает и повышает содержание фосфора и кальция в корме. Так, при совместном внесении минерального и органического удобрений содержание кальция достигает – 0,62%, что меньше контроля на 0,15%.

В условиях Якутии на пойменных лугах содержание кальция в кормовых растениях выше, а содержание фосфора ниже, чем на аласах [2], поэтому отношение фосфора к кальцию здесь особенно малое. Соотношение (Са:Р) было узкое и не соответствовало норме.

Проведенные исследования на мерзлотных пойменных слоистых почвах средней поймы р. Лены позволяют обосновать прием периодического поверхностного внесения перегноя из расчета 20 т/га один раз в 4 года.

Доказано, что внесение перегной 20 т/га способствует повышению потребления элементов питания луговыми растениями разнотравно-злакового фитоценоза по азоту в 2,5 раза, по фосфору в 2 раза, по калию в 1,8 раза

(табл. 4). Внесение комплексного удобрения (перегной 20 т/га один раз в 4 года + N₆₀P₆₀K₆₀ ежегодно) значительно повышает потребление элементов питания из почвы. Потребление луговыми травами азота, фосфора и калия было достоверно высоким у азота – в 5 раз, у фосфора – в 3,3 раза и калия в 7 раз. Элементы питания хорошо усваиваются растениями в условиях лучшего увлажнения и режима питания, способствуя созданию более сомкнутого травостоя, который в свою очередь, значительно увеличивает влажность верхнего горизонта почвы в результате уменьшения транспирации воды с поверхности почв [8].

Следует отметить, что потребление с урожаем азота и калия из почвы было повышенным, что требует увеличения доз азота и калия для внесения на разнотравно-злаковые луга. Поступление элементов питания с удобрениями было высокое, а потребление, наоборот, при внесении перегной 20 т/га низкое по азоту – 2,5 раза, по фосфору – в 4 раза и по калию – 2,7 раза, что свидетельствует о накоплении элементов питания в дернине разнотравно-злакового луга. При внесении комплексного удобрения (перегной 20 т/га + N₆₀P₆₀K₆₀) поступление азота было высоким и превышало потребление урожая трав в 3 раза, по фосфору в 8 раз, по калию в 2,2

Таблица 3

Минеральный состав естественного разнотравно-злакового фитоценоза за 2005–2008 гг.

Удобрения	Фосфор	Удобрения	Кальций	Соотношение Са:Р
Контроль – без удобрения	0,20	Контроль – без удобрения	0,77	3,85
Перегной 20 т/га 1 раз в 4 года	0,21	Перегной 20 т/га 1 раз в 4 года	0,55	2,61
Перегной 20 т/га 1 раз в 4 года + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ежегодно	0,26	Перегной 20 т/га 1 раз в 4 года + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ежегодно	0,62	2,38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ежегодно	0,25	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ежегодно	0,54	2,16
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ ежегодно	0,24	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ ежегодно	0,57	2,37

Таблица 4

Поступление, потребление и КИУ элементов питания разнотравно-злакового фитоценоза при внесении минерального и органического удобрения (в среднем 2005–2008 гг.)

Удобрения	Урожайность за 4 года, ц/га, СВ	Содержание %, СВ			Поступление с удобрениями, кг/га, год			Потребление с урожаем, кг/га, год			КИУ, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль – без удобрения	5,0	1,33	0,20	0,88	-	-	-	6,6	1,0	4,4	-	-	-
Перегной 20 т/га в год закладки	13,3	1,82	0,21	0,61	8,6	4,8	5,9	24,2	2,8	8,1	204	37	62
Перегной 20 т/га в год закладки + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ежегодно	17,0	2,37	0,26	1,75	68,6	64,8	65,9	40,3	4,4	29,7	49	5	38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ежегодно	15,4	2,08	0,25	1,48	60	60	60	32,0	3,8	22,8	42	4	30
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ежегодно	13,4	1,84	0,24	1,70	30	30	30	24,6	3,2	22,7	60	7	61
НСР ₀₅	2,0												

раза. Это свидетельствует о слабой минерализации вносимых удобрений в условиях мерзлотных почв Центральной Якутии. Для нормального роста и развития растений в условиях пониженных температур необходимо обеспечить их в достаточном количестве элементами питания; усвоение питательных веществ в этих условиях происходит гораздо интенсивнее, и величина урожая значительно возрастает. Коэффициент использования удобрений (КИУ) изменялся в зависимости от доз минерального и органического удобрений, величины урожая и погодных условий вегетационных периодов.

Наиболее высокий коэффициент использования азота в разнотравно-злаковом фитоценозе получен при внесении перегноя 20 т/га – 204%. Это свидетельствует о высокой степени усвояемости азота из перегноя, так как это органическое вещество. Пониженный КИУ по азоту в разнотравно-злаковом фитоценозе наблюдался при внесении минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 42%. Внесение низкой дозы удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$ обеспечивает повышенное КИУ до 60% по азоту. Органический режим питания по калию обеспечивает высокий КИУ до 62%. При минеральном режиме питания в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ – КИУ по калию достигает 62%.

Органический режим питания обеспечивает высокий КИУ по фосфору до 37%. Минеральный режим питания в различных дозах снижает КИУ до 4–7%. Низкие КИУ по фосфору способствуют накоплению данного элемента питания в почвах. При этом дозы внесения удобрений должны быть согласованы с агрохимическими показателями мерзлотных пойменных слоистых почвах средней поймы р. Лены.

Следует отметить, что в условиях мерзлотных пойменных почв и засушливого лета из минеральных удобрений лучше усваиваются калийные удобрения, которые способствуют передвижению углеводов внутри растения, увеличению вегетативной массы, укреплению механических опорных тканей, повышению холодоустойчивости и засухоустойчивости, а также накоплению белков; затем усваиваются азотные и фосфорные удобрения. В результате тесного взаимодействия азота, фосфора и калия в растениях, каждый из них усиливает действие или предотвращает нежелательное действие избытка другого.

В целом установлено, что в условиях мерзлотных пойменных слоистых почв средней поймы р. Лены в разнотравно-злаковом фитоценозе высокая эффективность КИУ по азоту, ка-

лию и фосфору получена при внесении органического удобрения в дозе 20 т/га перегноя.

Заключение

В условиях мерзлотных пойменных слоистых почв средней поймы р. Лены при органоминеральном режиме питания и оптимальной увлажненности содержание сырого протеина в разнотравно-злаковом фитоценозе увеличилось на 6,5%, сырой золы на 1,6%, а содержание сырой клетчатки наоборот пониженным на 1,6% по сравнению с контролем без удобрений. Наибольшая эффективность удобрений отмечалась при повышенной увлажненности (ГТК 1,2) и обеспечивало повышение содержания сырого протеина до 16%, а также других показателей биохимического состава. Органический режим питания в дозе 20 т/га перегноя на разнотравно-злаковом фитоценозе обеспечивает высокую эффективность КИУ по азоту (до 204%), калию (до 62%) и фосфору (до 37%), что свидетельствует о высокой усвояемости элементов питания из органического удобрения в условиях криолитозоны.

Литература

1. *Абрамов А.Ф.* Эколого-биохимические основы производства кормов и рационального использования пастбищ в Якутии. – Новосибирск, 2000. – С. 205
2. *Барашкова Н.В.* Продуктивность аласных лугов Лено-Амгинского междуречья в зависимости от вносимых удобрений / Н.В. Барашкова, А.Г. Аргунов // Кормопроизводство. – 2008. – № 6. – С. 9–12
3. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 375 с.
4. *Егоров А.Д.* Химический состав кормовых растений Якутии (лугов и пастбищ). – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 336 с.
5. *Егоров А.Д.* Зонально-биохимические особенности кормовых растений Якутии и некоторые проблемы развития животноводства / А.Д. Егоров, В.Я. Потапов, П.А. Романов. – Якутск, 1962. – 52 с.
6. *Методика* опытов на сенокосах и пастбищах. – М., 1971. – Ч. 1. – 239 с.
7. *Масютин П.Я.* Поверхностное улучшение низинных лугов в Южной Якутии. – Якутск, 1980. – 80 с.
8. *Работнов Т.А.* Экология луговых трав. – М., 1985. – 175 с.
9. *Саввинов Д.Д.* Тепловой баланс луговой растительности и климат мерзлотных пойменных почв / Д.Д. Саввинов, К.Е. Кононов. – Новосибирск: Наука, 1981. – 176 с.

Поступила в редакцию 12.10.2015