

УДК 581.526:633.2.031 (571.54/.55)

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ЛЕЙМУСА КИТАЙСКОГО (*LEYMUS CHINENSIS* (TRIN.) TZVEL.) ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

© Л.Н. Болонева, Н.К. Бадмаева, И.Н. Лаврентьева, М.Г. Меркушева*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047 (Россия), e-mail: merkusheva48@mail.ru

Исследован биохимический и минеральный состав, питательная и энергетическая ценность *Leymus chinensis* в степной зоне Восточного Забайкалья, произрастающего в разных почвенно-экологических условиях в связи с отсутствием данных по этим показателям. Впервые изучено содержание в сухом веществе леймуса китайского сырого протеина, сахаров, сырого жира, сырой клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ, кормовых единиц и обменной энергии и его минеральный состав. Установлена зависимость накопления питательных веществ от почвенно-экологических условий, продолжительности вегетационного периода и фазы развития растения, адаптационного приспособления этого вида к длительной аридизации, что вызывает его вегетативное размножение за счет снижения генеративного. Протеиновое отношение как показатель переваримости кормов характеризуется как широкое (1 : 9.9–15). Сумма переваримых питательных веществ изменялась в очень узком интервале (592.5–602.2), так же как и содержание энергии (10937.6–11116.6 кДж) и обменной энергии в корме (9187.6–9337.9 кДж), что связано с коротким вегетационным периодом развития *L. chinensis* в резко континентальном климате степной зоны Восточного Забайкалья. Особенностью минерального состава этого злака являлось высокое количество S, а также соотношение K : Na (7–38) при норме 3–5.

Ключевые слова: *Leymus chinensis*, зоотехнический анализ, биохимический и минеральный состав, соотношение элементов, степная зона, Восточное Забайкалье.

*Работа выполнена по темам НИР (Госзадание 121030100228-4 «Эволюционно-генетические, биогеохимические и продукционные функции почв Байкальского региона как компонента биосферы, оценка их ресурсного потенциала и разработка технологий рационального использования и охраны»; 121030900138-8 «Биота наземных экосистем Байкальского региона: состав, структура, эколого-географические особенности»), а также по проекту РФФИ-Бурятия № 18-416-030028 «Поиск перспективных популяций *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. для введения в культуру на основе молекулярно-генетических исследований, параметров биопродуктивности и питательной ценности».*

Введение

Травяные экосистемы распространены во всех природно-климатических зонах, характеризуясь ши-

Болонева Людмила Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии и экспериментальной агрохимии, e-mail: ldm-boloneva@mail.ru
Бадмаева Наталья Карловна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории флористики и геоботаники, e-mail: badmayevan@mail.ru
Лаврентьева Ирина Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии и экспериментальной агрохимии, e-mail: lira1973@mail.ru
Меркушева Мария Григорьевна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, e-mail: merkusheva48@mail.ru

роким разнообразием ботанического состава и плотности травостоя, почвенно-экологическими условиями произрастания, что обуславливает значительную вариабельность их продуктивности, минерального и биохимического состава, а также питательности. Продукция травяных экосистем определяется и лимитируется многими факторами: видовым составом, водным режимом, обеспеченностью их питательными веществами, длительностью вегетационного сезона [1–4], является ценным экономическим и экологическим растительным сырьем.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Род *Leymus* Hochst. включает в себя около 50 видов, из которых половина распространена на территории Азиатской России, в т.ч. в Забайкалье. Многие виды леймусов имеют большое значение как кормовые интродуценты [5–6] и потенциальные доноры полезных признаков для улучшения хлебных злаков. *Leymus chinensis* является экономически ценным сенокосным и нажировочным пастбищным растением, широко распространенным на степной территории Забайкалья, Северной Монголии и Северного Китая [7–9], где образует практически моновидовые сообщества в луговой и галоксерофитной степи, остепненной пойме. Имеет большое значение как компонент продуктивных пастбищ и сенокосов, используется для восстановления деградированных угодий и закрепления нарушенных территорий. Леймустики произрастают в основном на прирусловых гривах, возвышенных участках центральной поймы, притеррасных полосах, конусах выноса, а также в нижних частях пологих склонов.

Ботанический состав сообществ, особенности вегетации видов, природно-климатические и почвенно-экологические условия во многом определяют качество травяного корма, вследствие значительных различий химического состава отдельных семейств и видов растений, их поедаемости и других показателей. По содержанию химических веществ растения различных семейств распределяются (по убывающей питательной ценности): крестоцветные, бобовые, злаки, осоки, маревые, сложноцветные. Однако по поедаемости растений животными этот ряд будет представлен следующим образом: бобовые, злаки, крестоцветные, осоки, сложноцветные и маревые. Уменьшение или увеличение содержания отдельных видов растений в травостое (ценных или малоценных в кормовом отношении, плохо поедаемых или совсем не поедаемых, вредных или ядовитых) значительно влияет на качество зеленого корма [10]. Каждый вид растений характеризуется не только определенными морфологическими признаками, но и направленностью и интенсивностью биохимических процессов. Последние оказывают влияние на синтез и накопление в растениях отдельных органических соединений, количество которых определяет питательную ценность вида или всего растительного сообщества [11]. Питательность *L. chinensis* изучена только в Западном Забайкалье и Северном Китае [12–13], где природно-климатические условия произрастания этого вида отличаются от Восточного Забайкалья. Все это обуславливает необходимость всестороннего изучения биохимического и макроэлементного составов, питательной и энергетической ценности *L. chinensis* для оценки леймусовых сообществ в качестве кормовых угодий степной зоны Восточного Забайкалья.

Экспериментальная часть

Исследования проводили в 2019 г. в степной зоне Забайкальского края. Объектом исследования являлись монодоминантные леймусовые сообщества, произрастающие на разных типах почв (табл. 1).

Выбор районов обусловлен большими площадями травяных экосистем: в Оловянинском районе сенокосы составляют 98973 га, пастбища – 247608 га; в Агинском районе – 55746 и 326467 га соответственно. Многолетнее количество осадков в районах исследования составляет 325 мм, за вегетационный период – 306 мм. В период проведения исследований сумма осадков за май–сентябрь была равна 309 мм. Следует отметить крайне неравномерное выпадение осадков южной части Забайкальского края в связи с длительной аридизацией. Обеспеченность почв нитратным азотом низкая и очень низкая; подвижным фосфором – средняя, кроме сообщества 4; обменным калием – преимущественно низкая. Почвы различались по реакции среды, гранулометрическому составу, емкости катионного обмена и содержанию гумуса.

Отбор растительных образцов на биохимический анализ был проведен в 3-ю декаду июля с площадок 50×50 см в 5-кратной повторности, из которых был сформирован смешанный образец в каждом сообществе. На момент взятия образцов количественные показатели леймуса в сообществах были неодинаковыми (табл. 2), что обусловлено разными почвенно-экологическими условиями его произрастания. Например, вегетативные побеги в сообществах 1 и 6 превышали генеративные в 18.7 и 13.3 соответственно; в сообществах 2, 3 и 5 – в 5.6–6.8 и только в сообществе 4 – в 2.2 раза.

В растительных образцах сухое вещество, сырую золу и содержание макроэлементов определяли по [14]; серу – по [15]; сырую клетчатку – по методу Кюршнера и Ганека в модификации Петербургского; сырой жир – по Сокслету; сахара – по методу Бертрона; сырой протеин по формуле ($N \% \cdot 6.25$). Переваримый протеин, безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), кормовые единицы, обменную энергию, сахаро-протеиновое и протеиновое отношения рассчитывали по [16], сумму переваримых питательных веществ (СППВ) – по [17]. Статистические данные обработаны в среде Microsoft Excel.

Таблица 1. Леймусовые сообщества Восточного Забайкалья

№ описания сообщества, почва	Географические координаты	Общее проективное покрытие, %	Проективное покрытие леймуса, %	Число видов	Содоминанты
Оловянинская степь					
1, солончак типичный	N50.93630° E115.41905° h – 635.5 m	80	55	19	<i>Artemisia anetifolia</i>
2, литозем светлогумусовый	N50.86464° E115.46143° h – 692.9 m	90	70	16	<i>Carex duriuscula</i>
3, литозем светлогумусовый	N50.86435° E115.46164° h – 707.5 m	95	80	24	<i>Thesium longifolium</i>
Агинская степь					
4, аллювиальная светлогумусовая квазиглеевая	N50.86311° E115.46511° h – 691.2 m	85	70	20	<i>Equisetum arvense</i>
5, аллювиальная светлогумусовая квазиглеевая	N51.04865° E114.37504° h – 702.1 m	65	40	17	<i>Carex duriuscula</i>
Дульдургинская степь					
6, аллювиальная гумусовая слоистая	N50.47533° E114.02410° h – 671.3 m	55	40	9	<i>Potentilla bifurca</i> , <i>Carex duriuscula</i>

Таблица 2. Количественные показатели *Leymus chinensis* в сообществах

Номер описания	Количество побегов, шт/м ²		Высота побегов, см		Длина колосьев, см
	вегетативных	генеративных	вегетативных	генеративных	
1	896	48	33.1±1.1	54.2±1.4	8.3±0.3
2	832	128	45.2±2.5	56.7±2.1	10.2±0.4
3	720	128	43.2±1.3	60.3±2.2	10.7±0.5
4	608	272	43.7±1.8	64.1±2.4	9.9±0.7
5	768	112	27.1±1.4	48.7±2.7	7.4±0.5
6	640	48	28.6±2.0	45.9±2.8	9.3±0.6

Результаты и их обсуждение

Общее количество азотистых веществ, выражаемое содержанием сырого протеина, у мятликовых трав в фазе выхода в трубку обычно составляет 10–20% сухой массы, перед цветением – 5–15%. Действие внешних условий (света, тепла, влаги и др.) на синтез азотистых веществ и углеводов в листьях кормовых трав такое же, как и на другие растения. При более интенсивном освещении активизируются биосинтетические процессы синтеза азотистых веществ, в результате в вегетативной массе растений увеличивается концентрация белков и аминокислот. Количество азотистых веществ в травах также возрастает в условиях повышенных температур (25–35 °С). При более низких температурах в листьях растений усиливается накопление углеводов и в первую очередь их лабильных форм – сахаров, крахмала, фруктозидов [18]. От действия света и изменения температуры окружающей среды содержание сырого протеина в травах может изменяться в 1.5–2.0 раза, а концентрация водорастворимых углеводов – в 2–3 раза. Следует также учитывать, что в естественных условиях повышение интенсивности света и температуры окружающей среды всегда сопровождается снижением влагообеспеченности растений. Установлено, что в условиях дефицита влаги в вегетативной массе растений снижается концентрация легкоусвояемых углеводов и увеличивается содержание белков.

Сухое вещество *L. chinensis* в сообществах Восточного Забайкалья характеризовалось относительно высоким содержанием сырого протеина (табл. 3), что связано с наличием большого количества вегетативных побегов. Как правило, содержание сахаров в злаках равно 4–7% [18]. Однако разные почвенно-экологические условия под леймусовыми сообществами (степень влагообеспеченности) обусловили значительную вариабельность в концентрациях сахаров. В норме сахаро-протеиновое отношение должно равняться 0.8–1.0 [19], однако на практике, как правило, оно составляет 0.3–0.4. Этот показатель для леймусов описаний 1 и 5 не соответствует норме.

Для характеристики качества кормов липиды, включающие не только жиры, но и другие группы липидов, принято называть «сырой жир». Значительно больше сырого жира содержится в фитомассе бобовых растений (2–5% сухой массы) и меньше – в мятликовых травах (1.5–3.0%). В процессе вегетации содержание липидов в кормовых травах снижается, особенно в репродуктивный период развития. При их окислении высвобождается больше воды, чем при окислении других запасных веществ, что может иметь решающее значение для выживания растительного организма в условиях водного стресса. Несколько повышенное содержание сырого жира обусловлено, возможно, преимущественно вегетативной формой размножения. Хотя оно и соответствовало нормам кормления, но по абсолютным значениям было существенно ниже, чем в леймусе китайском, произрастающем в Западном Забайкалье [20]. Сравнивая содержание сырого протеина и сырого жира в сухом веществе леймуса Западного и Восточного Забайкалья в настоящее время с их величинами в леймусниках до аридизации [21], 7.02–10.8% и 1.31–1.96% соответственно, можно констатировать, что это связано с адаптационным приспособлением этого вида к длительной аридизации, что вызывает его вегетативное размножение за счет снижения генеративного, т.е. повышенные запасы питательных веществ обуславливают энергию вегетативного роста и размножения.

Содержание клетчатки в сухом веществе *L. chinensis* повышенное не только из-за присутствия в фитомассе генеративных побегов и колосков (табл. 3), но и приспособления растений к резко континентальному климату Забайкалья.

Обычная концентрация БЭВ в злаках составляет 50–60%. Согласно полученным результатам, содержание этих органических соединений в изучаемом виде было в 1.2–1.4 раза меньше. Питательная и энергетическая ценность сухого вещества леймуса китайского была меньше нормативной. Все показатели биохимического состава, питательной и энергетической ценности растений, возможно, связаны с изменением распределения осадков за вегетационный сезон, в т.ч. и предыдущих лет, что обусловлено аридизацией степей Восточного Забайкалья.

Протеиновое отношение является показателем переваримости питательных веществ. При его величине <1 : 6 – узкое, при 1 : 6–8 – среднее, >1 : 8 – широкое [16]. Растущие животные лучше переваривают корма и усваивают питательные вещества при узком протеиновом отношении, взрослые – при нормальном (1 : 8–10). При более широком отношении переваримость корма ухудшается. Следует отметить, что в отличие от величины протеинового отношения в сухом веществе *L. chinensis* Западного Забайкалья этот показатель для Восточного Забайкалья характеризуется стабильным широким отношением (табл. 4) и в основном соответствует для кормления взрослых животных.

Таблица 3. Биохимический состав и кормовая ценность *Leymus chinensis*

Номер описания	Сырой протеин	Сахара	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	Кормовые единицы в 1 кг	Обменная энергия, МДж/кг
	%						
1	9.37±1.15	1.15	3.31±0.16	39.02±0.46	42.33	0.34±0.01	7.96±0.20
2	9.06±0.98	3.32	3.34±0.31	35.81±0.65	45.94	0.43±0.02	7.99±0.15
3	7.86±0.70	5.17	3.33±0.10	35.10±0.78	48.27	0.45±0.02	7.81±0.13
4	6.69±0.69	1.70	3.28±0.12	37.74±0.55	46.58	0.38±0.01	7.54±0.12
5	9.56±0.91	0.83	3.72±0.14	39.26±0.56	42.53	0.34±0.01	7.99±0.15
6	9.69±1.25	3.44	3.78±0.08	34.17±0.82	47.19	0.48±0.03	8.16±0.23
Нормы концентраций в растительном корме	10–11	–	–	22–30	–	0.64–0.70	8.4–8.9

Таблица 4. Содержание переваримых питательных веществ, сахаро-протеиновое и протеиновое отношения в сухом веществе *Leymus chinensis*, %

Номер описания	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	БЭВ	СППВ, г/кг	Сахаро-протеиновое отношение	Протеиновое отношение
	г/кг						
1	53.4	230.2	38.0	270.9	592.5	0.2	1 : 10
2	51.6	211.3	38.2	294.0	595.1	0.6	1 : 10.5
3	44.8	207.1	38.2	308.9	599.0	1.2	1 : 12
4	38.1	222.7	37.6	298.1	596.5	0.4	1 : 15
5	54.5	231.6	42.7	272.2	601.0	0.2	1 : 10
6	55.2	201.6	43.4	302.0	602.2	0.6	1 : 9.9

Немаловажным показателем питательности кормовых трав является сумма переваримых питательных веществ (СППВ). Известно, что 1 г суммы переваримых питательных веществ соответствует 18.46 кДж переваримой энергии [17]. По нашим данным (табл. 4), СППВ изменялась в очень узком интервале, также как и содержание энергии и обменной энергии в корме, соответственно 10937.6–11116.6 кДж и 9187.6–9337.9 кДж, что может быть связано с коротким вегетационным периодом развития этого злака в резко континентальном климате степной зоны Восточного Забайкалья.

Фонд минеральных элементов, связанных в фитомассе, выполняет важную роль резерва, благодаря которому все компоненты экосистемы застрахованы на случай неблагоприятных внешних воздействий. Однако морфологические компоненты растений (листья, стебли, колосья) различаются по содержанию золы и макроэлементов и зависят от почвенно-экологических условий их произрастания (табл. 5). Например, листья, стебли и колосья *L. chinensis*, произрастающего на солончаке, отличались повышенным содержанием зольных элементов (описание 1). Различие по содержанию азота в листьях в леймуса китайского зеленого и сизого цвета составляло 1.7 раза (описание 2 и 3). Наибольшее количество азота в колосьях отмечено в описаниях 4 и 5, наименьшее – в стеблях описания 4. Возможно, большая часть азота использовалась листьями и колосьями *L. chinensis* пойменных сообществ. По содержанию серы органы растения располагаются в следующем порядке: колосья > листья > стебли. Особенностью является низкое содержание калия в колосьях, тогда как концентраторами этого элемента являются листья и стебли.

Степные сообщества функционируют в условиях низкой влагообеспеченности, поэтому продукционный процесс растений лимитируется недостатком воды. Засуха, как правило, вызывает снижение потребления макро- и микроэлементов. При увеличении водообеспеченности все виды ценоза реагируют одновременно [22]. Химический состав фитоценоза зависит от количественного участия складывающихся его видов, т.к. каждый вид обладает характерным для него элементарным химическим составом [23]. Для злаков сухих степей Центрально-Азиатского региона общим является относительно низкое содержание сырой золы и повышенное – азота [24]. Эти положения подтверждаются нашими данными по химическому составу наземной фитомассы *L. chinensis* (табл. 6).

По макроэлементному составу наибольшими показателями характеризуется леймус китайский, произрастающий на солончаке. Макроэлементы в зависимости от их содержания в надземной фитомассе растения располагались следующим образом: N>K>S>Ca>P>Mg>Na. Элементами доминантами являются N, K и S.

Таблица 5. Содержание макроэлементов в колосьях, листьях и стеблях *Leymus chinensis*, %

Номер описания	Орган	N	Сырая зола	P	K	Ca	Mg	S	Na
1	колосья	0.97±0.02	6.04±0.2	0.37±0.01	0.44±0.01	0.64±0.03	0.38±0.02	0.96±0.03	0.08±0.001
	листья	1.44±0.04	6.21±0.2	0.49±0.02	1.41±0.05	0.30±0.02	0.33±0.02	0.71±0.02	0.13±0.001
	стебли	1.29±0.04	5.25±0.1	0.35±0.01	1.30±0.04	0.12±0.01	0.14±0.01	0.45±0.02	0.16±0.001
2	колосья	0.52±0.01	6.84±0.3	0.20±0.01	0.42±0.01	0.42±0.02	0.08±0.01	0.58±0.02	0.05±0.001
	листья	1.22±0.02	6.43±0.4	0.26±0.01	1.46±0.03	0.33±0.02	0.17±0.01	0.43±0.02	0.04±0.001
	стебли	0.90±0.01	4.18±0.1	0.25±0.01	1.18±0.02	0.12±0.01	0.07±0.01	0.26±0.02	0.04±0.001
3*	колосья	0.59±0.04	6.12±0.3	0.21±0.01	0.31±0.01	0.42±0.02	0.13±0.01	0.65±0.03	0.04±0.001
	листья	2.11±0.07	6.20±0.3	0.31±0.01	1.38±0.03	0.42±0.02	0.16±0.01	0.46±0.02	0.05±0.001
	стебли	0.90±0.04	3.07±0.1	0.27±0.01	1.19±0.02	0.15±0.01	0.09±0.01	0.31±0.01	0.05±0.001
4	колосья	1.26±0.04	6.78±0.4	0.28±0.01	0.43±0.01	0.30±0.02	0.08±0.01	0.44±0.02	0.03±0.001
	листья	1.13±0.03	7.17±0.5	0.23±0.01	1.29±0.03	0.47±0.02	0.21±0.01	0.47±0.02	0.06±0.001
	стебли	0.38±0.01	4.63±0.2	0.16±0.01	0.84±0.02	0.24±0.02	0.10±0.01	0.28±0.01	0.05±0.001
5	колосья	1.40±0.05	3.66±0.1	0.29±0.01	0.44±0.01	0.23±0.01	0.07±0.01	0.41±0.02	0.04±0.001
	листья	1.09±0.04	4.82±0.1	0.26±0.01	1.27±0.03	0.32±0.02	0.09±0.01	0.34±0.02	0.05±0.001
	стебли	0.86±0.02	3.93±0.1	0.12±0.01	1.21±0.02	0.16±0.01	0.07±0.01	0.35±0.02	0.04±0.001
6	колосья	0.77±0.02	4.92±0.1	0.17±0.01	0.57±0.01	0.18±0.01	0.13±0.01	0.42±0.02	0.03±0.001
	листья	1.41±0.04	6.07±0.2	0.24±0.01	1.31±0.03	0.24±0.02	0.14±0.01	0.31±0.02	0.03±0.001
	стебли	1.00±0.03	4.17±0.1	0.22±0.01	0.96±0.02	0.07±0.01	0.05±0.01	0.27±0.01	0.03±0.001

3* – Здесь и далее сообщество с сизой окраской *Leymus chinensis*.

Таблица 6. Содержание макроэлементов в надземной фитомассе *Leymus chinensis*, %

Номер описания	N	C	Сырая зола	P	K	Ca	Mg	S	Na
1	1.50±0.04	33.69±0.67	5.97±0.15	0.31±0.01	1.26±0.03	0.33±0.01	0.17±0.01	0.62±0.03	0.17±0.003
2	1.45±0.03	33.10±0.76	5.85±0.15	0.27±0.01	1.34±0.04	0.27±0.01	0.14±0.01	0.29±0.01	0.05±0.001
3	1.26±0.03	40.61±0.81	5.44±0.13	0.30±0.01	1.15±0.03	0.30±0.01	0.10±0.01	0.34±0.02	0.03±0.001
4	1.11±0.02	35.13±0.70	5.78±0.14	0.19±0.01	1.14±0.02	0.35±0.02	0.14±0.01	0.32±0.02	0.06±0.003
5	1.53±0.04	31.77±0.63	4.93±0.11	0.18±0.01	1.29±0.03	0.30±0.01	0.14±0.01	0.32±0.02	0.06±0.003
6	1.55±0.04	30.96±0.77	5.17±0.12	0.17±0.01	1.17±0.03	0.25±0.01	0.11±0.01	0.43±0.02	0.08±0.004
Пределы нормальных концентраций	–	–	–	0.2–0.35	1.2–1.8	0.4–0.8	0.12–0.26	0.10–0.15	0.2

Наибольшее разнообразие химического состава в степных сообществах имеет группа разнотравья, в которой даже виды одного семейства существенно различаются по химическому составу, например, полны из семейства *Asteraceae* [25]. Поскольку в группу разнотравья нами были включены все остальные виды (бобовые, осоки, злаки, разнотравье), кроме *L. chinensis*, а сообщества существенно различались по видовому составу, проективному покрытию и характеризовались сходством в пределах слабо-среднее, то химический состав этой группы растений значительно отличается друг от друга (табл. 7). Тем не менее основные особенности и закономерности накопления и распределения макроэлементов в сухой фитомассе разнотравья сохраняются, например, минеральный состав *L. chinensis* на солончаке, а также высокое количество S, превышающее нормы нормальных концентраций.

По соотношению элементов в наземной массе *L. chinensis*, значимых для кормления животных, следует отметить существенное превышение K/Na, остальные – находятся в пределах нормы (табл. 8). Поскольку разнотравье представлено разными видами, имеющими свои особенности в макроэлементном составе, то соотношение Ca : P и K(Ca+Mg) для них значительно отличались от эдификатора.

Таблица 7. Содержание макроэлементов в надземной фитомассе разнотравья в леймусовых сообществах, %

Номер описания	N	C	Сырая зола	P	K	Ca	Mg	S	Na
1	2.18±0.06	34.70±1.07	8.85±0.34	0.33±0.02	1.37±0.05	0.48±0.02	0.45±0.02	1.22±0.07	0.35±0.01
2	1.31±0.03	36.94±1.12	7.93±0.29	0.25±0.01	1.32±0.05	0.57±0.02	0.16±0.01	0.50±0.03	0.06±0.003
3	1.24±0.03	33.18±1.03	6.74±0.21	0.25±0.01	1.08±0.03	0.46±0.01	0.18±0.01	0.58±0.03	0.05±0.002
4	1.72±0.03	33.15±1.04	13.71±0.94	0.25±0.01	1.59±0.06	1.90±0.05	0.47±0.02	1.50±0.09	0.06±0.003
5	1.96±0.04	35.23±1.11	6.39±0.24	0.22±0.01	1.30±0.05	0.54±0.02	0.13±0.01	0.51±0.03	0.05±0.002
6	1.73±0.03	31.73±1.01	6.18±0.19	0.16±0.01	1.08±0.02	0.66±0.02	0.16±0.01	0.46±0.02	0.05±0.002
Пределы нормальных концентраций	–	–	–	0.2–0.35	1.2–1.8	0.4–0.8	0.12–0.26	0.10–0.15	0.2

Таблица 8. Соотношение элементов минерального питания в надземной массе *Leymus chinensis* и разнотравья

Номер описания	Ca : P		K : (Ca+Mg)		K : Na	
	1	2	1	2	1	2
1	1.1	1.4	2.5	1.5	7	3.9
2	1.0	2.3	3.3	1.8	27	22.0
3	1.0	1.8	2.9	1.7	38	21.6
4	1.8	7.6	2.3	0.7	19	26.5
5	1.7	2.4	2.9	1.9	21	26.0
6	1.5	4.1	3.2	1.3	15	21.6
Пределы нормальных соотношений	1.2–2.0		2.0–2.2		3–5	

1 – *L. chinensis*, 2 – разнотравье.

Заключение

Впервые изучен биохимический состав (сырой протеин, сахара, сырой жир, сырая клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества), его питательная и энергетическая ценность (кормовые единицы и обменная энергия), а также содержание макроэлементов в сухом веществе *L. chinensis*, произрастающего в разных почвенно-экологических условиях степной зоны Восточного Забайкалья. Установлена определенная зависимость накопления питательных веществ от почвенно-экологических условий, продолжительности вегетационного периода и фазы развития растения и адаптационного приспособления этого вида (повышенное содержание протеина и сырого жира) к длительной аридизации, что вызывает его вегетативное размножение за счет снижения генеративного. Определено, что протеиновые отношения как показатель переваримости кормов характеризуются достаточно высокой величиной (1 : 9.9–15). Несмотря на разные количественные показатели биохимических веществ и их переваримости выявлено, что сумма переваримых питательных веществ (592.5–602.2), содержание энергии (10937.6–11116.6 кДж) и обменной энергии в корме (9187.6–9337.9 кДж) изменялась в очень узком интервале, что связано с коротким вегетационным периодом развития *L. chinensis* в резко континентальном климате степной зоны Восточного Забайкалья. Макроэлементы в зависимости от их содержания в надземной фитомассе растения располагались следующим образом: N>K>S>Ca>P>Mg>Na. Особенностью минерального состава этого злака являлось очень высокое количество S и отношение K : Na (7–38) при норме 3–5.

Список литературы

1. Базилевич Н.А. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М., 1993. 293 с.
2. Elser J.J., Bracken M.E.S., Cleland E.E., Gruner D.S., Harpole W.S., Hillebrand H., Ngai J.T., Seabloom E.W., Shurin J.B. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems // J. Ecology Letters. 2007. Vol. 10. N12. Pp. 1135–1142. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2007.01113.x.
3. Körner C. Alpine plants: stressed or adapted? // Physiological Plant Ecology. Oxford, 1999. Pp. 297–311.
4. Yuan F., Wu J.G., Han X.G., Ge J.P. Net primary productivity of *Leymus chinensis* steppe in Xilin river basin of Inner Mongolia and its responses to global climate change // Chinese Journal of Applied Ecology. 2008. Vol. 19. N10. Pp. 2168–2176.
5. Asay K.H. Breeding potentials in perennial Triticeae grasses // Hereditas. 1992. Vol. 116. N1. Pp. 167–173.
6. Wang R.R.C., von Bothmer R., Dvorak J., Fedak G., Linde-Laursen I., Muramatsu M. Genome symbols in the Triticeae (*Poaceae*) // Proc 2nd Int Triticeae Symp. Logan, Utah, USA, 1994. Pp. 29–34.
7. Wang Y., Zhou G. Modeling responses of the meadow steppe dominated by *Leymus chinensis* to climate change // J. Climatic Change. 2007. Vol. 82. N3–4. Pp. 437–452.
8. Эрдэнэжав Г., Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Калибернова Н.М. Пойменные луга Северной Монголии. М., 2008. 240 с.
9. Петров К.М., Терехина Н.В. Степи Забайкальской провинции // Растительность России и сопредельных стран. СПб., 2013. С. 211–214.
10. Игловиков В.Г., Михайличенко Б.П., Новоселов Ю.К. Концепция развития кормопроизводства в Российской Федерации. М., 1993. С. 96.
11. Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н., Убугунова В.И., Меркушева М.Г. Разнообразие почв Иволгинской котловины: эколого-агрохимические аспекты. Улан-Удэ, 2000. С. 208.
12. Merkusheva M.G., Badmaeva N.K., Boloneva L.N., Lavrentieva I.N. Protein ratio in *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvelev phytomass as a quality index of the forage indicators and growth ecological conditions // BIO Web of Conferences: International Conferences “Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept”. Novosibirsk, 2020. Vol. 24. 00052. DOI: 10.1051/bioconf/20202400052.
13. Zhou C., Guo Sh., Yan X.F., Zhang Zh. Physiological Response of *Leymus chinensis* with Different Leaf Colors on Drought Stress // Advanced Materials Research. 2013. Vol. 726–731. Pp. 425–428.
14. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. М., 2001. 689 с.
15. Методические указания по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения. М., 2004. 8 с.
16. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М., 2002. 76 с.
17. Кротова О.Е., Чернышков А.С. Кормление сельскохозяйственных животных. Персиановский, 2019. С. 48.
18. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / под ред. Н.Н. Третьякова. М., 2000. 640 с.
19. Шакиров Ш.К., Хазипов Н.Н., Гибадуллина Ф.С., Чурин С.И. Рекомендации по рациональному использованию углеводов (сахаров), минеральных веществ и витаминов. Казань, 2012. 30 с.
20. Merkusheva M.G., Badmaeva N.K., Boloneva L.N., Lavrentieva I.N. *Leymus Chinensis* (*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvelev) in the Western Trans-Baikal Region: Censis Structures, Production, and Biochemical Composition in the Current Growth Environment // Arid Ecosystems. 2021. Vol. 11. N1. Pp. 73–82.

21. Зарубин А.М., Фролов М.В. Биологическая продуктивность надземной части природных кормовых угодий южной части Бурятии // Эколого-биологическая и хозяйственная характеристика степных и луговых растительных сообществ Забайкалья. Улан-Удэ, 1973. С. 115–122.
22. Журавлева Н.А. Физиология травянистого сообщества. Принципы конкуренции. Новосибирск, 1994. 172 с.
23. Титлянова А.А. Биологический круговорот азота и зольных элементов в травяных биогеоценозах. Новосибирск, 1979. 149 с.
24. Балабко П.Н., Востокова Л.В., Доржготов А. и др. Биологическая продуктивность и зольный состав растительности пастбищ на каштановых почвах МНР // Экология и природопользование в Монголии. Пущино, 1992. С. 236–248.
25. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Корсунов В.М. Биопродуктивность почв сенокосов и пастбищ сухостепной зоны Забайкалья. Улан-Удэ, 2006. 515 с.

Поступила в редакцию 3 февраля 2021 г.

После переработки 1 марта 2021 г.

Принята к публикации 12 марта 2021 г.

Для цитирования: Болонева Л.Н., Бадмаева Н.К., Лаврентьева И.Н., Меркушева М.Г. Качественные показатели питательной ценности леймуса китайского (*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.) Восточного Забайкалья // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 191–200. DOI: 10.14258/jcrpm.2021039183.

*Boloneva L.N., Badmaeva N.K., Lavrentieva I.N., Merkusheva M.G.** QUALITY INDICATORS OF THE NUTRITIONAL VALUE OF LEYMUS CHINENSIS (TRIN.) TZVEL. EASTERN TRANSBAIKALIA

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, ul. Sakh'yanovoy, 6, Ulan-Ude, 670047 (Russia), e-mail: merkusheva48@mail.ru

The biochemical and mineral composition, nutritional and energy value of *Leymus chinensis* in the steppe zone of Eastern Transbaikalia, growing in different soil and ecological conditions, due to the lack of data on these indicators, has been studied. For the first time, the content in dry matter of *Leymus chinensis* crude protein, sugars, crude fat, crude fiber, nitrogen-free extractive substances, feed units and metabolic energy and its mineral composition was studied. The dependence of the accumulation of nutrients on soil-ecological conditions, the duration of the growing season and the phase of plant development, the adaptive adaptation of this species to prolonged aridization, which causes its vegetative reproduction due to a decrease in generative reproduction, has been established. The protein ratio as an indicator of feed digestibility is characterized as broad (1 : 9.9–15). The amount of digestible nutrients varied in a very narrow range (592.5–602.2), as well as the energy content (10937.6–11116.6 kJ) and metabolizable energy in the food (9187.6–9337.9 kJ), which is associated with a short vegetation period of *L. chinensis* development in the sharply continental climate of the steppe zone of Eastern Transbaikalia. A specific feature of the mineral composition of this cereal was the high amount of S, as well as the K: Na ratio (7–38) at the norm of 3–5.

Keywords: *Leymus chinensis*, zootechnical analysis, biochemical and mineral composition, ratio of elements, steppe zone, Eastern Transbaikalia.

References

1. Bazilevich N.A. *Biologicheskaya produktivnost' ekosistem Severnoy Yevrazii*. [Biological productivity of ecosystems in Northern Eurasia]. Moscow, 1993, 293 p. (in Russ.).
2. Elser J.J., Bracken M.E.S., Cleland E.E., Gruner D.S., Harpole W.S., Hillebrand H., Ngai J.T., Seabloom E.W., Shurin J.B. *J. Ecology Letters*, 2007, vol. 10, no. 12, pp. 1135–1142. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2007.01113.x.
3. Körner C. *Physiological Plant Ecology*, Oxford, 1999, pp. 297–311.
4. Yuan F., Wu J.G., Han X.G., Ge J.P. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, vol. 19, no. 10, pp. 2168–2176.
5. Asay K.H. *Hereditas*, 1992, vol. 116, no. 1, pp. 167–173.
6. Wang R.R.C., von Bothmer R., Dvorak J., Fedak G., Linde-Laursen I., Muramatsu M. *Proc 2nd Int Triticeae Symp.*, Logan, Utah, USA, 1994, pp. 29–34.
7. Wang Y., Zhou G. *J. Climatic Change*, 2007, vol. 82, no. 3–4, pp. 437–452.
8. Erdenezhав G., Ubugunov L.L., Ubugunova V.I., Kalibernova N.M. *Poymennyye luga Severnoy Mongolii*. [Floodplain meadows of Northern Mongolia]. Moscow, 2008, 240 p. (in Russ.).
9. Petrov K.M., Terekhina N.V. *Rastitel'nost' Rossii i sopredel'nykh stran*. [Vegetation of Russia and neighboring countries]. St.-Petersburg, 2013, pp. 211–214. (in Russ.).
10. Iglovikov V.G., Mikhaylichenko B.P., Novoselov Yu.K. *Kontseptsiya razvitiya kormoproizvodstva v Rossiyskoy Federatsii*. [The concept of development of feed production in the Russian Federation]. Moscow, 1993, p. 96. (in Russ.).
11. Ubugunov L.L., Lavrent'yeva I.N., Ubugunova V.I., Merkusheva M.G. *Raznoobraziye pochv Ivolginskoy kotloviny: ekologo-agrokhimicheskiye aspekty*. [Soil diversity of the Ivolginskaya depression: ecological and agrochemical aspects]. Ulan-Ude, 2000, p. 208. (in Russ.).
12. Merkusheva M.G., Badmaeva N.K., Boloneva L.N., Lavrentieva I.N. *BIO Web of Conferences: International Conferences "Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept"*, Novosibirsk, 2020, vol. 24, 00052. DOI: 10.1051/bioconf/20202400052.
13. Zhou C., Guo Sh., Yan X.F., Zhang Zh. *Advanced Materials Research*, 2013, vol. 726–731, pp. 425–428.
14. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry], ed. V.G. Mineyev. Moscow, 2001, 689 p. (in Russ.).
15. *Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu sery v rasteniyakh i kormakh rastitel'nogo proiskhozhdeniya*. [Guidelines for the determination of sulfur in plants and forages of plant origin]. Moscow, 2004, 8 p. (in Russ.).
16. *Metodicheskiye ukazaniya po otsenke kachestva i pitatel'nosti kormov*. [Guidelines for assessing the quality and nutritional value of feed]. Moscow, 2002, 76 p. (in Russ.).
17. Krotova O.Ye., Chernyshkov A.S. *Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zivotnykh*. [Feeding farm animals]. Persianovskiy, 2019, p. 48. (in Russ.).
18. *Fiziologiya i biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy* [Physiology and biochemistry of agricultural plants], ed. N.N. Tret'yakov. Moscow, 2000, 640 p. (in Russ.).
19. Shakirov Sh.K., Khazipov N.N., Gibadullina F.S., Churin S.I. *Rekomendatsii po ratsional'nomu ispol'zovaniyu uglevodov (sahharov), mineral'nykh veshchestv i vitaminov*. [Recommendations for the rational use of carbohydrates (sugars), minerals and vitamins]. Kazan', 2012, 30 p. (in Russ.).
20. Merkusheva M.G., Badmaeva N.K., Boloneva L.N., Lavrentieva I.N. *Arid Ecosystems*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 73–82.
21. Zarubin A.M., Frolov M.V. *Ekologo-biologicheskaya i khozyaystvennaya kharakteristika stepnykh i lugovykh rastitel'nykh soobshchestv Zabaykal'ya*. [Ecological-biological and economic characteristics of steppe and meadow plant communities of Transbaikalia]. Ulan-Ude, 1973, pp. 115–122. (in Russ.).
22. Zhuravleva N.A. *Fiziologiya travyanistogo soobshchestva. Printsipy konkurentsii*. [Physiology of the herbaceous community. Competition principles]. Novosibirsk, 1994, 172 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

23. Titlyanova A.A. *Biologicheskiy krugovorot azota i zol'nykh elementov v travyanykh biogeotsenozakh*. [The biological cycle of nitrogen and ash elements in herbal biogeocenoses]. Novosibirsk, 1979, 149 p. (in Russ.).
24. Balabko P.N., Vostokova L.V., Dorzhgotov A. i dr. *Ekologiya i prirodopol'zovaniye v Mongolii*. [Ecology and nature management in Mongolia]. Pushchino, 1992, pp. 236–248. (in Russ.).
25. Merkusheva M.G., Ubugunov L.L., Korsunov V.M. *Bioproduktivnost' pochv senokosov i pastbishch sukhostepnoy zony Zabaykal'ya*. [Bioproductivity of soils of hayfields and pastures in the dry steppe zone of Transbaikalia]. Ulan-Ude, 2006, 515 p. (in Russ.).

Received February 3, 2021

Revised March 1, 2021

Accepted March 12, 2021

For citing: Boloneva L.N., Badmaeva N.K., Lavrentieva I.N., Merkusheva M.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 191–200. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021039183.