

УДК 581.526:633.2.031 (571.54)

БИОХИМИЧЕСКИЙ И МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛЕЙМУСА КИТАЙСКОГО (*LEYMUS CHINENSIS* (TRIN.) TZVEL.) В ДОЛИНЕ Р. УДЫ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

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

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, ул. Сахьяновой,
6, Улан-Удэ, 670047, Россия, ldm-boloneva@mail.ru

Leymus chinensis в долине среднего течения р. Уды образует значительные площади кормовых угодий. Впервые установлено, что продукция этого злака, количество вегетативных и генеративных побегов, их высота и длина колоса существенно различались. Для северо-востока Западного Забайкалья также изучены биохимический и минеральный составы, питательная и энергетическая ценность вида и установлено в основном их соответствие нормативам растительного корма. Протеиновое отношение, как показатель переваримости кормов, имело средний (1 : 6/8–7.7) и широкий (1 : 8.7–9.1) уровни. Сумма переваримых питательных веществ, содержание общей и обменной энергии в корме были относительно постоянными, что связано с коротким вегетационным периодом в резкоконтинентальном климате региона. Впервые показано, что химический состав морфологических компонентов (листья, стебли, колосья) *L. chinensis*, произрастающего на пойменных остепненных лугах, мало изменялся и имел набор элементов-доминантов: колосья – N>K>P, листья –N>K>Ca, стебли – N>K>S(P). Из-за большой концентрации серы в колосьях растений на засоленной почве элементы располагались следующим образом: N>S>K. Установлено, что различие в содержании углерода и макроэлементов в растениях вида, произрастающего в сходных условиях остепненной поймы, было несущественным, но значительно отличалось при засолении. Особенностью минерального состава надземной фитомассы являлось высокое количество S, а также очень широкое соотношение K/Na (38–65). Дана оценка современного состояния продуктивности и качества *L. chinensis* на уровне ценного ресурсного злака.

Ключевые слова: *Leymus chinensis*, морфологические компоненты, продукция, биохимический и минеральный составы, соотношение элементов, аллювиальные почвы, Западное Забайкалье.

Для цитирования: Болонева Л.Н., Меркушева М.Г., Бадмаева Н.К., Лаврентьева И.Н. Биохимический и макроэлементный состав леймуса китайского (*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.) в долине р. Уды (Западное Забайкалье) // Химия растительного сырья. 2024. №1. С. 235–244. DOI: 10.14258/jcprm.20240112864.

Введение

Род *Leymus* Hochst. (Колосняк) включает около 50 видов, из которых половина распространена на территории Азиатской России, в том числе в Забайкалье. Многие виды злака имеют большое значение как кормовые интродуценты [1, 2] и потенциальные доноры полезных признаков для улучшения хлебных злаков. В связи с продолжающейся аридизацией климата наблюдается изменение репродуктивных функций и продуктивности леймуса китайского [3–5]. Высокая адаптированность *Leymus chinensis* к засушливым условиям среды предполагает его культивирование и в экстремальных условиях обитания [6].

Leymus chinensis является одним из наиболее важных представителей растительных ресурсов сенокосов и пастбищ, широко распространенным на степной территории Забайкалья, Северной Монголии и Северного Китая [7–10], где образует практически моновидовые сообщества в луговой и галоксерофитной степи, остепненной пойме. Ранее нами были изучены биохимический состав, питательная и энергетическая ценность, а также содержание макроэлементов в сухом веществе *L. chinensis*, произрастающего в разных почвенно-экологических условиях степной зоны Восточного Забайкалья. Установлено, что повышенное содержание протеина и сырого жира определяют адаптационное приспособление этого вида к длительной аридизации и способствуют его вегетативному размножению за счет снижения генеративного. Отмечено, что особенностью минерального состава этого злака являлось очень высокое количество S и широкое отношение K : Na (7–38).

* Автор, с которым следует вести переписку.

Изученность леймусликов в Западном Забайкалье небольшая и в основном ограничена характеристикой их ботанического состава. Известно также, что продуктивность надземной фитомассы до аридазации составляла в среднем 124 г/м^2 ($81\text{--}158 \text{ г/м}^2$) [11–13].

Для современных же условий существуют лишь единичные данные по биохимическому составу и кормовой ценности леймусликовых сообществ южных и юго-западных районов Западного Забайкалья [14], где нами ранее установлено, что продуктивность надземной массы, которую практически полностью формирует *L. chinensis*, составляла $67\text{--}145 \text{ г/м}^2\text{-год}$, а биохимический состав, кормовая ценность и протеиновое отношение эдификатора определяются условиями произрастания и в целом соответствовали нормативным показателям растительного корма. Однако природно-климатические условия долины среднего течения р. Уды значительно отличаются. Поэтому целью работы было изучение количественных показателей морфологических компонентов *L. chinensis*, их вклада в формирование продукции, биохимического и минерального состава, уровня питательной и энергетической обеспеченности для оценки его качества.

Экспериментальная часть

Исследования проводили в 2020 г. в долине среднего течения р. Уды: в поймах рек Она, Кодун и Курба (Хоринский и Заиграевский районы Республики Бурятия). Выбор объектов исследования обусловлен значительными площадями леймусликовых лугов в долине р. Уды (6300 га), используемых в качестве сенокосов и пастбищ. Они расположены на прирусловых гривах, возвышенных участках центральной, преимущественно остепненной, поймы на аллювиальных почвах (табл. 1), характеризующихся нейтральной реакцией среды, низким содержанием минеральных форм азота, повышенной и высокой степенью обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием. Среди массива остепненной поймы встречаются небольшие контуры средне засоленных, сильнощелочных почв (Т-1).

Территория относится к сухостепной зоне. В связи с изменением климата количество осадков сильно варьирует, особенно за вегетационный период: в 2019 году за май-сентябрь выпало 141–203 мм, в 2020 – 244–257 мм.

Отбор образцов *L. chinensis* на определение количественных показателей соотношения морфологических компонентов, биохимического и минерального состава был проведен в 3-ю декаду июля с площадок $50 \times 50 \text{ см}$ в 5-кратной повторности.

В растительных образцах определяли сухое вещество, сырую золу, сырую клетчатку методом Кюшнера и Ганека в модификации Петербургского; сырой жир – по Сокслету; сахара методом Бертрана и содержание макроэлементов по [15]; углерод – по [16]; серу – по [17]; кремний – гравиметрическим методом [18]; сырой протеин по формуле ($N \% \times 6.25$). Переваримый протеин, безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), кормовые единицы, обменную энергию, сахаро-протеиновое и протеиновое отношения рассчитывали по [19], сумму переваримых питательных веществ (СППВ) – по [20]. Статистические данные обрабатывали в среде Microsoft Excel.

Таблица 1. Координаты произрастания *Leymus chinensis* в долине р. Уды

№ описания, место положения, почва	Географические координаты	Проективное покрытие, %	
		общее	леймуса
Хоринский район			
Т-1, пойма р. Она, аллювиальная светлогумусовая, засоленная	N52.16521° E109.71572° h – 654 m	75	55
Т-2, пойма р. Кодун, аллювиальная светлогумусовая	N52.12536° E109.69959° h – 648 m	80	60
Т-2*, пойма р. Кодун, аллювиальная светлогумусовая	N52.12536° E109.69959° h – 648 m	85	70
Заиграевский район			
Т-3, пойма р. Курба, аллювиальная темногумусовая	N52.17336° E108.59308° h – 587 m	95	75

Примечание: * – здесь и далее сообщества с сизой окраской листьев *Leymus chinensis*.

Результаты и их обсуждение

Продуктивность надземной массы и количественные показатели леймуса были неодинаковыми (табл. 2). Например, продукция вида, произрастающего на остепненных лугах, практически не различалась, но была выше, чем на засоленной почве, в 2.2–3.5 раза при существенном уровне значимости ($t_{факт.} > t_{05} > t_{01}$). Оценка продуктивности надземной фитомассы показала, что она средняя и высокая, а на засоленной почве – низкая. Вегетативные побеги *L. chinensis* в описаниях Т–1 и Т–2 превышали генеративные в 32 и 18 раз соответственно, а в Т–2* и Т–3 – в 3.7–3.4 раза, что обусловлено длиннокорневищной корневой системой. Следует отметить, что растения с сизой окраской характеризовались меньшим количеством вегетативных и большим – генеративных побегов, по сравнению с растениями с зеленой окраской. Растения описания Т–3 имели максимальную продукцию за счет наибольшего количества побегов на единице площади.

Установлено, что на засоленной почве растения этого вида имели высокую степень облиственности, поэтому здесь ведущий вклад в формирование продукции вносили листья, тогда как в других условиях остепненной поймы, большую долю составляли стебли (рис.).

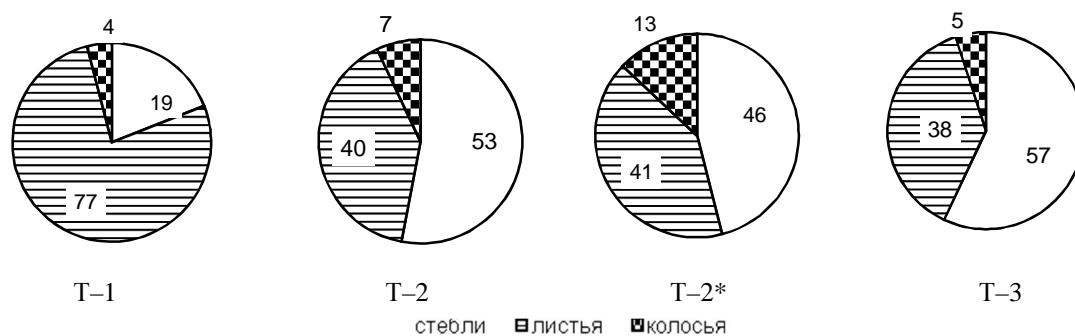
Каждый вид растений характеризуется не только определенными морфологическими признаками, но и направленностью и интенсивностью биохимических процессов, оказывающих влияние на синтез и накопление в растениях отдельных органических соединений, количество которых определяет его питательную ценность [21].

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 и в большой степени зависит от действия внешних условий (света, тепла, влаги и др.). При более интенсивном освещении и в условиях повышенных температур (25–35 °С) активизируются биохимические процессы синтеза азотистых веществ, в результате в вегетативной массе растений увеличивается концентрация белков. При более низких температурах в листьях растений усиливается накопление углеводов и в первую очередь их лабильных форм – сахаров, крахмала [22]. От действия света и изменения температуры окружающей среды содержание сырого протеина в травах может изменяться в 1.5–2.0, 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, что приводит к уменьшению легкоусвояемых углеводов и повышения белков.

Сухое вещество *L. chinensis* характеризовалось достаточным количеством сырого протеина (табл. 3), что связано с преобладанием вегетативных побегов, особенно у злака, произрастающего на засоленной почве, за счет высокой облиственности стеблей. Как правило, содержание сахаров в злаках равно 4–7% [22], но, по нашим данным, этот показатель в среднем не превышал 3.2% в растениях на незасоленных почвах и в 1.3 раза был выше в леймусе из описания Т-1. В норме сахаро-протеиновое отношение должно составлять 0.8–1.0 [23], однако на практике, как правило, оно равно 0.3–0.4. Эта величина для растений описания Т–2 не соответствовала норме (табл. 4). Протеиновое отношение является критерием оценки переваримости питательных веществ. При его величине <1 : 6 – узкое, при 1 : 6–8 – среднее, >1 : 8 – широкое [19]. Растущие животные лучше переваривают и усваивают питательные вещества из корма при узком протеиновом отношении, взрослые – при нормальном (1 : 8–10). При более широком отношении переваримость корма ухудшается. В растениях *L. chinensis* долины р. Уды показатели протеинового отношения в сухом веществе были благоприятными (табл. 4) и соответствовали нормативам для растительного корма.

Таблица 2. Продукция и количественные показатели *Leymus chinensis*

Продукция, г/м ²	Количество побегов, шт/м ² (n=5)		Высота побегов, см (n=10)		Длина колоса, см (n=20)
	вегетативных	генеративных	вегетативные	генеративные	
Т-1					
71.8±4.7	383±13	12±2	22.5±1.0	40.9±1.9	6.7±0.4
Т-2					
173.1±24.5	872±26	49±20	37.0±2.6	65.6±2.3	9.2±0.3
Т-2*					
158.3±22.0	580±164	155±9	34.2±2.1	54.5±2.0	7.5±0.3
Т-3					
250.7±25.0	932±118	272±37	33.6±1.0	59.0±3.2	10.6±0.4

Долевое участие морфологических компонентов *Leymus chinensis* в формировании продукции, %Таблица 3. Биохимический состав и кормовая ценность *Leymus chinensis*

Номер описания	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	Сахара	БЭВ	Кормовые единицы в 1 кг	Обменная энергия, МДж/кг
	%						
T-1	13.05±0.52	34.61±0.45	3.31±0.11	4.24±0.06	41.84	0.56	8.31
T-2	10.72±0.42	38.02±0.48	3.03±0.10	2.23±0.03	42.48	0.50	7.87
T-2*	11.75±0.47	33.75±0.41	2.23±0.09	4.53±0.09	45.48	0.58	8.46
T-3	10.24±0.39	40.29±0.63	2.07±0.09	2.96±0.04	42.12	0.46	7.56
Нормы концентраций в растительном корме							
	10–11	22–30	–	–	50–60	0.64–0.70	8.4–8.9

Таблица 4. Содержание переваримых питательных веществ, сахаропротеиновое и протеиновое отношения в *Leymus chinensis*

Номер описания	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	БЭВ	СППВ	Сахаропротеиновое отношение	Протеиновое отношение
	г/кг						
T-1	74.4	204.2	16.9	267.8	563.3	0.3	1 : 6.8
T-2	61.1	224.3	15.4	271.9	572.7	0.2	1 : 8.7
T-2*	67.0	199.1	11.4	291.1	568.6	0.4	1 : 7.7
T-3	58.4	237.7	10.6	270.0	576.7	0.3	1 : 9.1

Для характеристики качества кормов липиды, включающие не только жиры, но и другие группы липидов, принято называть «сырой жир». Значительно больше сырого жира содержится в вегетативной массе бобовых растений (2–5% сухой массы) и меньше – в мятликовых травах (1.5–3.0%) [22]. В процессе вегетации содержание этого компонента в кормовых травах снижается, особенно в репродуктивный период развития. Количество сырого жира хотя и соответствовало нормам кормления, но по абсолютным значениям было существенно ниже, чем в *L. chinensis*, произрастающих в южной и юго-западной части Западного Забайкалья [14].

Ранее было установлено [10], что в настоящее время содержание сырого протеина и сырого жира в сухом веществе этого вида, произрастающего в Западном и Восточном Забайкалье, в 1.5 раза превышает эти величины до периода аридизации [24]. Это связано с приспособлением вида к изменению климатических условий, что обусловило вегетативное размножение за счет снижения генеративного. Накопление сырой клетчатки в сухом веществе *L. chinensis* было повышенным, что характерно для злаков сухостепной зоны Забайкалья (табл. 3).

Обычная концентрация БЭВ в злаках составляет 50–60%. Согласно полученным результатам, среднее содержание безазотистых экстрактивных веществ было около 43%, что в 1.2–1.4 раза меньше нормативных требований из-за высокого содержания сырой клетчатки. Питательная и в большинстве случаев энергетическая ценность сухого вещества *L. chinensis* близка к нормативам. Возможно, это связано с контрастными условиями влагообеспечения вегетационных периодов, в т.ч. и предыдущих лет.

Немаловажным показателем питательности кормовых трав является сумма переваримых питательных веществ. Известно, что 1 г суммы переваримых питательных веществ соответствует 18.46 кДж энергии [20]. По нашим данным (табл. 4), СППВ изменялась в очень узком интервале, также как содержание общей и обменной энергии в корме, соответственно 10398.5–10645.9 кДж и 7560.0–8460.0 кДж, что может быть связано с коротким вегетационным периодом развития этого злака в резкоконтинентальном климате Западного 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) различались по содержанию золы и макроэлементов не только в связи с биологическими особенностями, но и в зависимости от почвенно-экологических условий их произрастания (табл. 5).

Например, содержание сырой золы в листьях *L. chinensis* в большинстве случаев превышало ее количество в колосьях и стеблях. Наибольшие концентрации макроэлементов в стеблях и колосьях характерны для этого вида на засоленной почве (Т-1), а в листьях – у растений из описания Т-2. Растения, произрастающие на пойменных незасоленных почвах, мало различались как по химическому составу органов, так и по набору элементов-доминантов: колосья – N>K>P, листья – N>K>Ca, стебли – N>K>S(P). Из-за большой концентрации серы в колосьях растений на засоленной почве (Т-1) набор элементов-доминантов был представлен следующим образом: N>S>K.

Углерод – это основа органических веществ растения: углеводов, жиров, белков, витаминов и др. Примерно половина (45%) сухой массы растений состоит из углерода. Известно, что концентрация углерода одного и того же вида растения различается незначительно [25]. В общем эта закономерность проявлялась для *L. chinensis*, произрастающего в сходных условиях на незасоленных почвах и несколько отличалась при засолении, где растением накапливалось меньше углерода при $t_{факт.} > t_{05} > t_{01}$ (табл. 6). Следует отметить, что немаловажным для минерализации растительных остатков и образования минерального азота в почве является отношение C/N, которое у этого вида на засоленной почве равнялось 20, а у растений в сходных условиях остепненных лугов – в среднем составляло 26, т.е. эти показатели благоприятны для разложения растительных остатков.

Для большинства растений семейства злаковых Центрально-Азиатского региона общим является относительно низкое содержание сырой золы [26]. Однако при этом в злаках отмечено повышенное количество азота, серы, что подтверждается нашими данными по химическому составу наземной фитомассы *L. chinensis* (табл. 6). Максимальное количество азота, сырой золы, калия, кальция и серы было у этого вида, произрастающего на засоленной почве, а кремния – в растениях с сизой окраской. Макроэлементы в зависимости от их содержания в надземной фитомассе располагались следующим образом: N>K>Si>Ca>P>S>Mg>Na.

Анализ макроэлементного состава *L. chinensis* выявил, что существенно значимые различия в концентрациях установлены для N, K, Ca и S ($t_{факт.} > t_{05}$) на засоленной почве по сравнению с другими сообществами остепненной поймы, где содержание элементов в растениях этого вида различалось недостоверно.

Очень низкое количество натрия обусловило превышение нормы K/Na (табл. 6, 7). По соотношению элементов, значимых для кормления животных, следует отметить практически близкую к норме величину соотношения – K/(Ca+Mg) и Ca/P, кроме леймуса с зеленой окраской из описания Т-2.

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

Орган	N	Сырая зола	P	K	Ca	Mg	S	Na
Т-1								
Колосья	1.69±0.04	5.38±0.1	0.30±0.01	0.59±0.02	0.58±0.02	0.47±0.02	0.97±0.03	0.014±0.001
Листья	2.42±0.07	7.05±0.3	0.27±0.01	1.28±0.03	0.38±0.01	0.19±0.01	0.13±0.01	0.008±0.001
Стебли	1.91±0.04	5.72±0.2	0.45±0.02	1.34±0.03	0.36±0.01	0.07±0.01	0.43±0.02	0.016±0.001
Т-2								
Колосья	2.05±0.05	5.92±0.2	0.31±0.01	0.51±0.02	0.21±0.01	0.13±0.01	0.20±0.01	0.007±0.001
Листья	1.87±0.04	7.10±0.3	0.37±0.01	0.96±0.02	0.44±0.02	0.22±0.01	0.15±0.01	0.011±0.001
Стебли	1.32±0.02	4.59±0.1	0.26±0.01	0.73±0.02	0.18±0.01	0.11±0.01	0.40±0.02	0.010±0.001
Т-2*								
Колосья	2.26±0.06	6.13±0.2	0.32±0.01	0.45±0.01	0.27±0.01	0.12±0.01	0.23±0.01	0.008±0.001
Листья	2.04±0.05	7.40±0.3	0.28±0.01	0.83±0.02	0.41±0.01	0.19±0.01	0.16±0.01	0.011±0.001
Стебли	1.05±0.02	4.15±0.1	0.20±0.01	0.68±0.02	0.15±0.01	0.10±0.01	0.22±0.01	0.009±0.001
Т-3								
Колосья	2.00±0.05	6.99±0.3	0.34±0.01	0.37±0.01	0.27±0.01	0.09±0.01	0.26±0.01	0.008±0.001
Листья	2.60±0.07	6.82±0.3	0.29±0.01	1.01±0.03	0.31±0.01	0.11±0.01	0.25±0.01	0.009±0.001
Стебли	1.42±0.04	4.52±0.2	0.20±0.01	0.65±0.02	0.18±0.01	0.06±0.01	0.12±0.01	0.010±0.001

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

C	N	Сырая зола	P	K	Ca	Mg	S	Na	Si
Т-1									
41.47±0.82	2.09±0.06	6.99±0.20	0.36±0.01	1.64±0.05	0.49±0.02	0.13±0.01	0.46±0.02	0.03±0.001	1.19±0.03
Т-2									
46.43±0.88	1.72±0.04	5.75±0.10	0.45±0.01	1.14±0.01	0.30±0.01	0.10±0.01	0.23±0.01	0.03±0.001	1.19±0.03
Т-2*									
43.35±0.80	1.88±0.05	6.79±0.20	0.37±0.01	1.31±0.02	0.41±0.02	0.14±0.01	0.29±0.01	0.02±0.001	1.30±0.04
Т-3									
44.02±0.84	1.64±0.04	5.28±0.10	0.25±0.01	0.98±0.01	0.29±0.01	0.10±0.01	0.22±0.01	0.02±0.001	1.15±0.01
Пределы нормальных концентраций									
–	–	–	0.20–0.35	1.20–1.80	0.40–0.80	0.12–0.26	0.10–0.15	0.20	

Таблица 7. Соотношение элементов минерального питания в надземной массе *Leymus chinensis*

Номер описания	Ca : P	K : (Ca+Mg)	K : Na
Т-1	1.4	2.6	55
Т-2	0.7	2.8	38
Т-2*	1.1	2.4	65
Т-3	1.2	2.5	49
Пределы нормальных соотношений	1.2–2.0	2.0–2.2	3–5

Таким образом, полученные данные по питательным и энергетическим показателям *L. chinensis*, а также его продуктивности, позволили охарактеризовать современное состояние злака как полноценного доминанта ресурсного уровня кормовых угодий в остепненной пойме долины р. Уды. Несмотря на хорошее качество растений этого злака на засоленных почвах, для повышения его продуктивности требуется разработка мелиоративных мероприятий.

Заключение

L. chinensis в природно-климатических условиях долины р. Уды формирует продукцию надземной фитомассы, которая оценивалась как средняя и высокая (за счет стеблей) в лугах остепненной поймы и низкая (за счет листьев) – при засолении. Отмечено значительное превышение вегетативных побегов над генеративными. Количество сухой зеленой массы растений, продуцируемой леймусом в остепненной пойме долины р. Уды, в 1.8 раза превосходило по этому показателю леймусники южных и юго-западных районов Западного Забайкалья и в 1.4 – Восточного Забайкалья и было значительно ниже в условиях засоления.

Биохимический состав надземной фитомассы *L. chinensis*, питательная и энергетическая ценность в основном соответствовали или были близки к нормативам кормления, кроме повышенного содержания сырой клетчатки, которое характерно для злаков, адаптированных к условиям сухостепной зоны.

Показатели протеинового отношения в сухом веществе злака были благоприятными (1 : 6.8–9.1) и соответствовали нормативам для растительного корма. Короткий период вегетационного развития *L. chinensis* из-за резко континентального климата региона обуславливает относительно постоянные показатели суммы переваримых питательных веществ, содержания общей и обменной энергии.

В настоящее время биохимический состав леймуса долины р. Уды, южных районов Западного и Восточного Забайкалья характеризуется повышенным содержанием сырого протеина и сырого жира по сравнению с периодом до начала аридизации, что связано с адаптационным приспособлением вида к изменению климатических условий. Это обусловило вегетативное размножение за счет снижения генеративного.

Впервые показано, что химический состав морфологических компонентов (листья, стебли, колосья) *L. chinensis* мало изменялся и имел определенный набор элементов-доминантов: колосья – N>K>P, листья – N>K>Ca, стебли – N>K>S(P). В колосьях злака на засоленной почве одним из доминантов была сера (N>S>K).

Установлено, что различие в содержании углерода и макроэлементов в *L. chinensis*, произрастающего в сходных условиях на аллювиальных почвах остепненной поймы, было несущественно и значительно отличалось при засолении.

Особенностью минерального состава надземной фитомассы *L. chinensis* долины р. Уды являлось высокое количество S, нормальное – P, K, Mg и очень низкое – Na, которое привело к несоответствию норм соотношения K/Na (38–65), что также отмечено у злака в Восточном Забайкалье. Практически близкими к норме были величины соотношений – K/(Ca+Mg) и Ca/P, кроме вида с зеленой окраской (Т-2).

Показано, что современное состояние *L. chinensis* по многим показателям (продуктивность, биохимический и минеральный составы, питательность, энергетическая обеспеченность и др.) может быть оценено на уровне ресурсного растения кормовых угодий в остепненной пойме долины р. Уды. Для повышения продуктивности вида, произрастающего на засоленных почвах, требуется разработка мелиоративных мероприятий для нейтрализации негативного влияния щелочной среды.

Финансирование

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».

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Asay K.H. Breeding potentials in perennial *Triticeae* grasses // *Hereditas: Proc. 1st Int. Triticeae Symp.* Helsingborg, Sweden, 1992. Vol. 116, no. 1. Pp. 167–173.
2. 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.
3. Липин А.С. Род *Leymus* (*Poaceae*) в Азиатской России: систематика, хорология, филогения: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2018. 16 с.
4. Zhang B., Chen H.-J., Hou X.-Y., Ma H.-L., Fang Q.-E., Hua L.-M., Jiang J., Shi Sh.-L., Zhang D.-G., Zhao G.-Q., Han W.-J., Vishnyakova O., Ubugunov L. Latitudinal variation in reproductive performance of *Leymus chinensis*: implications for its response to future climate warming // *Plant Ecology & Diversity*. 2018. Vol. 11, no. 3. Pp. 363–372. DOI: 10.1080/17550874.2018.1517394.
5. Wang G., Wang P., Wang T.-Y., Zhang Y.-C., Yu J.-J., Ma N., Frolova N.L., Liu C.-M. Contrasting changes in vegetation growth due to different climate forcing over the last three decades in the Selenga-Baikal basin // *Remote Sensing*. 2019. Vol. 11, no. 426. Pp. 1–17. DOI: 10.3390/rs11040426.
6. Xia G.M., Zhou A.F., Xiang F.N., Chen H.M. Asymmetric Somatic Hybridization between *Triticum aestivum* L. (Wheat) and *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. // *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. Vol. 49. Pp. 65–76.
7. Wang Y., Zhou G. Modeling responses of the meadow steppe dominated by *Leymus chinensis* to climate change // *J. Climatic Change*. 2007. Vol. 82, no. 3–4. 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. 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.
11. Гайсенек О.С., Ивельская В.И., Новак Л.В. Флористическая и геоботаническая характеристика луговой растительности долины нижнего течения реки Селенги // *Эколого-биологическая и хозяйственная характеристика степных и луговых растительных сообществ Забайкалья*. Улан-Удэ, 1973. С. 198–206.
12. Волкова А.И., Ляхова И.Г. Луга поймы нижнего течения реки Джиды // *Кормовые угодья и леса Средней Сибири и Забайкалья*. Иркутск, 1979. С. 79–84.
13. Ионычева М.П., Зарубин А.М., Фролова М.В. Луговая растительность бассейна реки Уды // *Ресурсы растительного покрова Забайкалья и их использование*. Улан-Удэ, 1991. С. 34–47.
14. Merkusheva M.G., Badmaeva N.K., Boloneva L.N., Lavrentieva I.N. *Leymus Chinensis* (*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvelev) in the Western Trans-Baikal Region: Cenosia Structures, Production, and Biochemical Composition in the Current Growth Environment // *Arid Ecosystems*. 2021. Vol. 11, no. 1. Pp. 73–82.
15. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. М., 2001. 689 с.
16. Янишевский Ф.В., Серёгин В.В. Модификация метода Тюрина для определения содержания углерода в растительном материале // *Агрохимия*. 2000. №3. С. 69–71.
17. Методические указания по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения. М., 2004. 8 с.
18. Ермаков А.И., Луковникова Г.А., Ярош Н.П. Определение золы и некоторых зольных элементов // *Методы биохимического исследования растений*. Л., 1972. С. 397–421.
19. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М., 2002. 76 с.
20. Кротова О.Е., Чернышков А.С. Кормление сельскохозяйственных животных. Персиановский, 2019. С. 48.

21. Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н., Убугунова В.И., Меркушева М.Г. Разнообразие почв Иволгинской котловины: эколого-агрохимические аспекты. Улан-Удэ, 2000. 208 с.
22. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / под ред. Н.Н. Третьякова. М., 2000. 640 с.
23. 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.
24. 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.
25. Пристова Т.А. Содержание углерода в растениях среднетаежных лиственных фитоценозов Республики Коми // Принципы экологии. 2022. №3. С. 43–49. DOI: 10.15393/j1.art.2022.12402.
26. 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. Пушино, 1992. С. 236–248.

Поступила в редакцию 12 апреля 2023 г.

После переработки 5 мая 2023 г.

Принята к публикации 27 сентября 2023 г.

*Boloneva L.N.**, *Merkusheva M.G.*, *Badmaeva N.K.*, *Lavrentieva I.N.* BIOCHEMICAL AND MACROELEMENT COMPOSITION OF CHINESE LEYMUS (*LEYMUS CHINENSIS* (TRIN.) TZVEL.) IN THE UDA RIVER VALLEY (WESTERN TRANSBAIKALIA)

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Sakh'yarovoy st., 6, Ulan-Ude, 670047, Russia, e-mail: ldm-boloneva@mail.ru

Leymus chinensis in the valley of the middle reaches of the Uda River forms significant areas of forage lands, being a valuable resource species. Its production, the number of vegetative and generative shoots, their height, and spike length varied significantly. For the first time, the biochemical and mineral composition, nutritive and energy values of this species were determined for the northeast of the Western Transbaikalia and their compliance with the standards of plant fodder was established mainly except for the increased content of crude fiber. Protein ratio, as an indicator of feed digestibility, had medium (1 : 6/8–7.7) and wide (1 : 8.7–9.1) levels. The sum of digestible nutrients, total and metabolizable energy content of the forage were relatively constant, which is due to the short growing season in the sharply continental climate of the region. It was shown for the first time that the chemical composition of morphological components (leaves, stems, ears) of *L. chinensis* growing in floodplain steppe meadows changed little and had a set of elements-dominants: ears – N>K>P, leaves – N>K>Ca, stems – N>K>S(P). Because of the high concentration of sulfur in the ears of plants on saline soil, the elements were arranged as follows: N>S>K. It was found that the difference in the content of carbon and macroelements in the plants of the species growing in similar conditions of the steppe floodplain was insignificant and differed significantly in salinity. The peculiarity of the mineral composition of the above-ground phytomass was the high amount of S as well as a very wide K/Na ratio (38–65). The evaluation of the current state of productivity and quality of this species as a valuable resource cereal was given.

Keywords: *Leymus chinensis*, morphological components, products, biochemical and mineral compositions, ratio of elements, alluvial soils, Western Transbaikalia.

For citing: Boloneva L.N., Merkusheva M.G., Badmaeva N.K., Lavrentieva I.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 1, pp. 225–233. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240112864.

References

1. Asay K.H. *Hereditas: Proc. 1st Int. Triticeae Symp.* Helsinborg, Sweden, 1992, vol. 116, no. 1, pp. 167–173.
2. 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.
3. Lipin A.S. *Rod Leymus (Poaceae) v Aziatskoy Rossii: sistematika, khorologiya, filogeniya: avtoref. diss. ... kand. biol. nauk.* [Genus *Leymus* (Poaceae) in Asian Russia: taxonomy, chorology, phylogeny: abstract. diss. ...cand. biol. Sci.]. Novosibirsk, 2018, 16 p. (in Russ.).
4. Zhang B., Chen H.-J., Hou X.-Y., Ma H.-L., Fang Q.-E., Hua L.-M., Jiang J., Shi Sh.-L., Zhang D.-G., Zhao G.-Q., Han W.-J., Vishnyakova O., Ubugunov L. *Plant Ecology & Diversity*, 2018, vol. 11, no. 3, pp. 363–372. DOI: 10.1080/17550874.2018.1517394.
5. Wang G., Wang P., Wang T.-Y., Zhang Y.-C., Yu J.-J., Ma N., Frolova N.L., Liu C.-M. *Remote Sensing*, 2019, vol. 11, no. 426, pp. 1–17. DOI: 10.3390/rs11040426.

* Corresponding author.

6. Xia G.M., Zhou A.F., Xiang F.N., Chen H.M. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2001, vol. 49, pp. 65–76.
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. Boloneva L.N., Badmayeva N.K., Lavrent'yeva I.N., Merkusheva M.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 191–200. DOI: 10.14258/jcprm.2021039183. (in Russ.).
11. Gaysenok O.S., Ivel'skaya V.I., Novak L.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. 198–206. (in Russ.).
12. Volkova A.I., Lyakhova I.G. *Kormovyye ugod'ya i lesa Sredney Sibiri i Zabaykal'ya*. [Forage lands and forests of Central Siberia and Transbaikalia]. Irkutsk, 1979, pp. 79–84. (in Russ.).
13. Ionycheva M.P., Zarubin A.M., Frolova M.V. *Resursy rastitel'nogo pokrova Zabaykal'ya i ikh ispol'zovaniye*. [Vegetation resources of Transbaikalia and their use]. Ulan-Ude, 1991, pp. 34–47. (in Russ.).
14. Merkusheva M.G., Badmaeva N.K., Boloneva L.N., Lavrentieva I.N. *Arid Ecosystems*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 73–82.
15. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry], ed. V.G. Mineyev. Moscow, 2001, 689 p. (in Russ.).
16. Yanishevskiy F.V., Serogin V.V. *Agrokhimiya*, 2000, no. 3, pp. 69–71. (in Russ.).
17. *Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu sery v rasteniyakh i kormakh rastitel'nogo proiskhozhdeniya*. [Guidelines for the determination of sulfur in plants and feed of plant origin]. Moscow, 2004, 8 p. (in Russ.).
18. Yermakov A.I., Lukovnikova G.A., Yarosh N.P. *Metody biokhicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, 1972, pp. 397–421. (in Russ.).
19. *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.).
20. Krotova O.Ye., Chernyshkov A.S. *Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. [Feeding farm animals]. Persianovskiy, 2019, p. 48. (in Russ.).
21. Ubugunov L.L., Lavrent'yeva I.N., Ubugunova V.I., Merkusheva M.G. *Raznoobraziye pochv Ivolginskoy kotloviny: ekologo-agrokhimicheskiye aspekty*. [Diversity of soils in the Ivolginskaya depression: ecological and agrochemical aspects]. Ulan-Ude, 2000, 208 p. (in Russ.).
22. *Fiziologiya i biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy* [Physiology and biochemistry of agricultural plants], ed. N.N. Tret'yakov. Moscow, 2000, 640 p. (in Russ.).
23. Shakirov Sh.K., Khazipov N.N., Gibadullina F.S., Churin S.I. *Rekomendatsii po ratsional'nomu ispol'zovaniyu uglevodov (sahkarov), mineral'nykh veshchestv i vitaminov*. [Recommendations for the rational use of carbohydrates (sugars), minerals and vitamins]. Kazan', 2012, 30 p. (in Russ.).
24. 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.).
25. Pristova T.A. *Printsipy ekologii*, 2022, no. 3, pp. 43–49. DOI: 10.15393/j1.art.2022.12402. (in Russ.).
26. Balabko P.N., Vostokova L.V., Dorzhgotov A. i dr. *Ekologiya i prirodoopol'zovaniye v Mongolii*. [Ecology and environmental management in Mongolia]. Pushchino, 1992, pp. 236–248. (in Russ.).

Received April 12, 2023

Revised May 5, 2023

Accepted September 27, 2023

Сведения об авторах

Болонева Людмила Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ldm-boloneva@mail.ru

Меркушева Мария Григорьевна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, merkusheva48@mail.ru

Бадмаева Наталья Карловна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, badmayevan@mail.ru

Лаврентьева Ирина Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, lira1973@mail.ru

Information about authors

Boloneva Lyudmila Nikolaevna – Candidate of Biological Sciences, senior researcher, ldm-boloneva@mail.ru

Merkusheva Maria Grigorievna – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, merkusheva48@mail.ru

Badmaeva Natalya Karlovna – Candidate of Biological Sciences, senior researcher, badmayevan@mail.ru

Lavrentieva Irina Nikolaevna – Candidate of Biological Sciences, senior researcher, lira1973@mail.ru