

УДК 633.2/3:631.445.52(571.54)

МАКРОЭЛЕМЕНТЫ И ИХ СООТНОШЕНИЯ В РАЗНЫХ ВИДАХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ПРИОЗЕРНЫХ СОЛОНЧАКАХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

© 2024 г. М. Г. Меркушева^{1,*}, Л. Н. Болонева¹, И. Н. Лаврентьева¹, С. Б. Сосорова¹¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, Россия

*E-mail: merkusheva48@mail.ru

Впервые изучены макроэлементный состав и соотношения макроэлементов в доминантах и содоминантах растений, произрастающих на приозерных солончаках Западного Забайкалья: от солесупесчаных полос на обсохшей отмели с пионерными группировками, бортовых склонов до равнин с чиевниками, ирисниками и леймусниками. Для однолетних галофитов солесупесчаных полос уреза оз. Белое установлены общие закономерности, характеризующие их макроэлементный состав. Выявлено, что пионерные многолетники формируются на мортмассе однолетников. Разная по длительности образования мортмасса характеризовалась высокими кремнистостью и концентрациями S, Fe и Mg при минимальном количестве K, соотношение K : Na составляло 0.03–0.04. Биологическая продуктивность сообществ приозерных солончаков определена как нормальная и повышенная (1490–3080 г сухой массы/м²/год). Виды существенно различались по макроэлементному составу в зависимости от условий произрастания в береговой зоне солонководных озер. Общим для химического состава растений являлось относительно высокое содержание азота и золы. Выявлено, что по совокупности концентрации K, Ca, Mg, Na, Si в сухом веществе однолетники семейства Chenopodiaceae доминировали за счет высокого количества натрия. Несмотря на несоответствие нормативам соотношений большинства макроэлементов в сухом веществе растений, особенно K : Ca + Mg и K : Na, все виды используют как кормовые растения в разные периоды года.

Ключевые слова: приозерные солончаки, галофиты, галоксерофиты, продуктивность, макроэлементы и их соотношение, Западное Забайкалье.

DOI: 10.31857/S0002188124010069

ВВЕДЕНИЕ

Долевое участие макроэлементов в построении (составе) живого организма в относительных единицах [1] располагается следующим образом: N > K > Cl > Na > Ca > Si > S > Mg > P. Согласно [2], комплекс минеральных веществ для растений должен состоять не только из элементов, необходимых для завершения жизненного цикла (N, P, K, Ca, Mg, S и др.), а также из элементов, способствующих росту максимальной биомассы и(или) снижающих критические уровни существенных элементов, которые названы функциональными питательными веществами (Na, Si, Se), т.е. минеральный состав растений представлен 2-мя основными группами питательных веществ: необходимыми и функциональными.

При одинаковых исходных условиях в пределах одного фитоценоза отличия в содержании химических элементов зависят от экобиологических особенностей разных видов растений и способности эдификаторов преобразовывать биотопы в сфере их воздействия, что

оказывает влияние на содержание элементов в подчиненных видах [3]. Каждый вид растений имеет свой макроэлементный состав, а совокупность концентраций Si, K, Na, Ca, Mg в сухом веществе служит их видовым признаком [4]. Растения, помимо их видовых различий, отличаются также условиями произрастания, в частности, степенью засоленности и увлажненности почв [5]. Например, разнотравье, произрастающее на засоленных почвах, является концентратором Na, тогда как злаки в этих же сообществах не накапливают этот элемент [6]. Наиболее переменным показателем является соотношение K : Na. Также известно влияние избыточного количества солей на нормальное соотношение элементов минерального питания в растениях [7, 8].

Натрий при недостатке калия способен воздействовать на повышение обводненности клеточных коллоидов в растениях, т.к. Na⁺ – синергист K⁺, а отношение K : Na является показателем солевого обмена, поддержание которого в оптимальном диапазоне (7 : 1) есть проявление механизма солеустойчивости

[9]. Натрий необходим для ряда высших растений [10], особенно приспособленных к засоленным в разной степени почвам, в основном некоторым видам семейств маревых, крестоцветных и др. [2, 11–14]. Однако до сих пор продолжают исследования влияния натрия на высшие растения с позиции его токсичности [15–18]. Следует отметить, что каждый элемент имеет порог концентрации, ниже которой не является токсичным, а в галофитах, например, содержание натрия может быть очень высоким [19, 20].

Основная функция кремния в растении – повышение устойчивости к неблагоприятным условиям, выражающееся в утолщении эпидермальных тканей (механическая защита), ускорении роста и усилении корневой системы (физиологическая защита) и толерантности к абиотическим стрессам (биохимическая защита) [21–23].

Ресурсы галофитов – важный источник и резерв устойчивого развития сельского хозяйства в аридных (засушливых) районах мира, включая Россию [24, 25]. Видовое, внутривидовое (экотипическое, популяционное, индивидуальное) многообразие галофитов по эколого-биологическим, почвенно-экологическим и хозяйственным характеристикам (продуктивность, биохимический и минеральный составы, поедаемость) определяет их неодинаковую значимость как кормовых растений [26].

В настоящее время в литературе имеются противоречивые данные о поедаемости галофитов. Например, по данным [27], на сенокосах и пастбищах с сильно засоленными почвами обильно разрастаются плохо поедаемые галофиты (*Plantago cornuti*, *Glaux maritima*, *Salicornia europaea*, *Suaeda prostrata*), тогда как в условиях пустыни Кызылкум поедаемость *Atriplex nitens*, *Kochia scoparia* и *Suaeda altissima* была достаточно хорошей [28]. В Западном Забайкалье поедаемость галофитов оценена от удовлетворительной до отличной [29–31]. Отмечено, что животные поедают галофиты и некоторые другие растения в сообществах осенью и зимой или в ранней стадии вегетации.

В Западном Забайкалье процессы соленакопления в почвах и грунтовых водах имеют специфические особенности [32–36]. Солончаки Забайкалья, наряду с каштановыми почвами, являются приоритетными объектами охраны почв согласно Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России [37].

В Западном Забайкалье солончаки занимают незаливаемые равнинные и прибрежные территории, прилегающие к содово-солевым озерам, а также надпойменные террасы и пониженные участки пойм с близким уровнем минерализованных грунтовых вод. Общая их площадь в структуре почвенного покрова сельскохозяйственных угодий Республики Бурятия составляет 27.17 тыс. га (1.1%). Основное использование солончаков типичных под чиевыми и ирисовыми ассоциациями – пастбищное (79.5%), солончаков

темных – сенокосное (11.9%) [38]. Следует отметить, что чиевники и ирисники отнесены к подтипу сазовых степей, но произрастающих в условиях постоянного или временного грунтового увлажнения [39]. Следствием чего является выраженная комплексность растительного покрова сазовых сообществ.

Изученность макроэлементного состава травяных экосистем в Забайкалье представлена данными степных пастбищ [40, 41], пойменных сенокосов [42], в т.ч. леймусников [43]. Цель работы – определение содержания и соотношения макроэлементов в разных видах растений, произрастающих на приозерных солончаках Западного Забайкалья.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в 2010–2021 гг. в сухостепной зоне Западного Забайкалья. Объекты исследования – виды сообществ, произрастающих на приозерных солончаках.

Продолжительный период аридизации и цикличность наполнения и высыхания солоноватых озер в Забайкалье меняют почвенно-растительный облик их береговой зоны, начиная с пионерных группировок на обсыхающей отмели. Днище отмели представлено галечниково-каменистыми отложениями с легким гранулометрическим составом мелкозема, который содержит разное количество солей и карбонатов и имеет щелочную реакцию. Пятнами распространены солевые коры. Исследование проводили от уреза до борта (20–25 м). Общая площадь отмели 600–650 м². Высыхание озера продолжается в течении 5-ти последних лет. В настоящее время его граница дошла до донных осадков. Группировки *Salicornia perennans* с высоким проективным покрытием расположены на солесупесчаной полосе около водной каймы на влажных участках, за ними – *Suaeda sibirica*.

Разрез 2а (h – 524 м, 51°32'43,3" N, 107°02'35,5" E) заложен в 50 м восточнее оз. Белое. Сообщество сведово-солеросовое, солончак глеевый.

Разрез 5 (h – 493 м, 51°32.857' N, 107°01.350' E) заложен на равнине, прилегающей к оз. Белому (Иволгинский р-н). Чиевое сообщество, солончак типичный сульфатно-хлоридно-содовый.

Разрез 3 (h – 562 м, 51°84.106' N, 107°59.265' E) заложен у северного борта оз. Белое (Иволгинский р-н). Ирисовое сообщество, солончак типичный сульфатно-содовый.

Разрез 1а (h – 524 м, 51°32'09,6" N, 107°01'21,0" E) заложен в 536.5 м северо-западнее оз. Белое. Леймусовое сообщество, солончак типичный.

Разрез 14 (h – 561 м, 52°029' N, 108°636' E) заложен на берегу оз. Гуджирное (Заиграевский р-н). Солончаковоползунковое сообщество, солончак глеевый содово-хлоридно-сульфатный.

Разрез 15 (h – 558 м, 52°00'15,44"N, 108°42'58.62"E) заложен на обсохшем мелководье оз. Додо-гол (Лесное). Пионерные группировки галофитов, солончак глеевый хлоридно-сульфатно-содовый.

Разрез 11 (h – 639 м, 50°39.092' N, 105°39.398' E) заложен на обсохшем дне в 150 м от уреза оз. Каменный ключ (Джидинский р-н). Солончаквоползунковое сообщество, солончак глеевый хлоридно-сульфатно-содовый.

Региональной особенностью галоморфных почв является сочетание контрастных и часто противоположных элементарных почвенных процессов, формирующих профиль и определяющих их свойства (табл. 1).

Это обусловлено резкими циклическими изменениями климата, нестабильностью уровня грунтовых вод, водного и солевого режимов. В отличие от зональных каштановых почв солончаки характеризуются широкой вариабельностью содержания и распределения гранулометрических фракций, емкости

катионного обмена (в том числе количеством Na⁺) и карбонатов [44].

Показатели pH находятся в интервале, соответствующем слабощелочной–щелочной реакции среды. Солевой профиль часто отличается от карбонатного. Содержание гумуса и азота невысокое, резко убывающее по профилю солончаков типичных и более плавное – в солончаках темном и глеевом. Обеспеченность нитратным азотом – низкая, подвижным фосфором и обменным калием – от высокой до низкой градации.

Запасы надземной и подземной фитомассы определяли в 3-ю декаду июля. На это время приходится максимум запасов корневой массы и наибольшая продуктивность трав. Надземную массу определяли укосным методом. Травостой срезали у самой поверхности почвы с площадок 50 × 50 см в пятикратной повторности. Запасы подземной массы в сообществах изучали методом монолитов с последующей отмывкой на почвенных ситах. В каждом сообществе почвенные монолиты отбирали с 3-х площадок размером 25 × 25 см послойно через 10 см. Надземную массу и отмывые

Таблица 1. Характеристика засоленных почв Западного Забайкалья

Горизонт	Глубина, см	Фракция (мм), %		pH _{H2O}	Обменные катионы, мг-экв/100 г		Сумма солей	CO ₂ карб	Гумус	N _{общ}	Подвижные, мг/ 100 г		
		<0.01	<0.001		ЕКО	Na ²⁺					%		N-NO ₃
Разр. 14 Солончак сорový (Заиграевский р-н, берег оз. Гуджирное)													
1-й слой	0–22	15.5	3.7	9.0	10.0	5.2	2.45	7.7	0.3	0.02	–	3.7	31.1
2-й слой	22–53	12.4	3.1	8.7	3.0	0.4	0.17	0.2	0.1	0.007	–	1.2	5.3
Разр. 3 Солончак типичный (Иволгинский р-н, борт оз. Белое)													
S[Ao]	0–3	16.6	4.1	8.0	20.0	5.8	1.32	1.7	4.2	0.29	1.12	9.4	40.6
S[AJ]	3–27	17.2	2.4	8.2	11.0	8.5	1.18	1.3	1.7	0.12	0.95	8.0	38.2
BCas	27–45	31.2	11.0	8.5	8.0	7.0	0.69	7.0	0.6	0.10	0.64	3.6	36.7
BCca, s	45–62	29.6	10.7	8.1	12.1	7.3	0.56	1.6	0.4	0.10	0.21	1.1	31.4
1Cca, s	62–85	24.9	1.5	8.2	8.3	6.0	0.46	3.5	0.4	0.08	0.09	0.7	27.5
2Cca, s	85–110	38.2	1.9	8.1	12.0	8.4	0.73	1.5	0.4	0.07	0.07	0.9	37.4
Разр. 5 Солончак типичный (Иволгинский р-н, равнина оз. Белое)													
S[Ao]	0–4	25.9	11.1	7.9	11.0	0.4	1.21	4.4	3.1	0.17	0.72	8.8	55.5
S[AJ]	4–26	39.4	17.6	8.1	17.0	2.2	0.36	9.9	2.1	0.18	0.35	5.6	13.6
Bs	26–43	14.8	10.5	7.8	7.0	0.4	0.16	0.2	0.6	0.06	0.05	0.4	4.1
C	43–70	7.1	5.2	7.8	5.0	0.4	0.10	0.2	0.7	0.03	0.06	0.9	4.1
Разр. 11 Солончак глеевый (Джидинский р-н, берег оз. Каменный ключ)													
S[Ao]	0–2	27.7	4.8	8.9	38.0	10.4	1.58	2.8	3.2	0.18	2.15	1.5	65.3
S[AJ]	2–9	24.3	3.2	8.7	18.0	8.3	1.23	2.0	2.4	0.13	1.72	1.2	27.7
BCas	9–23	20.5	3.9	8.7	33.0	2.2	0.31	3.8	0.5	0.04	0.68	1.2	12.1
Vca, s	23–43	26.9	4.2	8.9	19.0	4.8	0.54	1.7	1.4	0.06	0.85	1.1	20.7
Gs, ca	43–60	27.7	3.9	8.6	–	–	0.24	5.5	0.8	0.08	0.09	0.7	17.4
CGs, ca	60–80	35.3	4.2	8.7	–	–	0.23	4.6	1.0	0.06	0.10	0.5	17.4

Примечание. Прочерк – нет данных.

корни высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали (табл. 2).

В растительных образцах определяли по [45]: сухое вещество, сырую золу, после мокрого озоления в растениях – общий азот, фосфор – фотометрическим методом, калий и натрий – пламенно-фотометрическим методом, после сухого озоления – кальций и магний спектрометрическим методом, серу – турбидиметрическим методом [46], кремний – по Ермакову [47]. Относительная ошибка средней макроэлементного состава видов растений составляла в однолетниках – 2.7–4.2, в многолетниках – 1.5–4.7%. Полученные данные обработаны с помощью методов математической статистики в среде Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В аридной фазе климатического цикла происходит расширение площадей галофитной растительности за счет высыхания солончатых озер, особенно мелкоконтурных. В наибольшей степени возрастает площадь пионерной галофитной растительности с доминированием однолетних *Chenopodiaceae* и галофитных лугов. Прибрежная флора соленых озер Юго-Западного Забайкалья включает 51 вид растений, принадлежащих 37 родам и 19 семействам, что составляет 2.4% флоры региона. По количеству видов и родов ведущими семействами являются *Chenopodiaceae* (25.4% видов), *Asteraceae* (19.6%), *Рoaceae* (11.7%) и *Сурегасеae* (7.8%). Три семейства содержат по 2 вида, остальные 12 представлены одним видом [48]. Видовой состав сообществ, расположенный на трансекте: урез озера Белое (Оронгойское) – береговой склон – приозерная галоксероморфная степь в значительной степени обусловлен изменением увлажнения и количества солерастворимых солей.

Таблица 2. Биологическая продуктивность галофитных и галоксерофитных сообществ, прилегающим к солончатым озерам, г сухой массы/м²/год

Сообщество	Общая фитомасса	Надземная (n = 5)		Подземная (n = 3)		Надземная/Подземная
		M ± m	V, %	M ± m	V, %	
оз. Гуджирное						
Сведовое	1680	156 ± 12	17.3	1530 ± 50	5.4	1 : 9.8
Ползунковое	2820	245 ± 12	11.0	2570 ± 220	15.1	1 : 10.5
оз. Белое						
Сведо-солеросовое	2070	199 ± 14	15.2	1870 ± 110	10.1	1 : 9.4
Ползунковое	3080	268 ± 14	11.8	2810 ± 190	11.5	1 : 10.5
Чиевое	1490	165 ± 15	20.4	1320 ± 120	16.0	1 : 8.0
Ирисовое	1650	180 ± 15	18.9	1470 ± 30	3.9	1 : 8.1
Леймусовое	2300	245 ± 9	8.2	2050 ± 70	6.0	1 : 8.4
оз. Каменный Ключ						
Ползунковое	2830	259 ± 26	22.3	2570 ± 170	11.3	1 : 9.9
Чиевое	1580	149 ± 13	19.8	1440 ± 120	14.0	1 : 9.6

Однолетние галофиты в надземной фитомассе содержат значительное количество золы: *Salicornia perennans* – 24.3% и *Suaeda sibirica* – 21.3%, в подземной же фитомассе – ≤10–12%. Установлены общие закономерности: 1 – наибольшая аккумуляция макроэлементов надземной фитомассой по сравнению с подземной; 2 – отношение K : Na < 1.0; 3 – превышение содержания Mg над Ca; 4 – разная по длительности образования мортмасса характеризовалась высокой кремнистостью и концентрациями S, Fe и Mg при минимальном количестве K, а соотношение K : Na составляло 0.03–0.04. Аккумулятивный ряд был макроэлементов выражен следующим образом:

в однолетниках – *Salicornia perennans*

надземная фитомасса – Si > Na > S > Mg > K > Ca > P
подземная фитомасса – Si > S > Na > Mg > Ca > K > P'

Suaeda sibirica

надземная фитомасса – Si > S > Mg > Na > Ca > K > P
подземная фитомасса – Si > S > Na > Mg > Ca > K > P'

в многолетниках – *Knorringia sibirica*

надземная фитомасса – Si > S > Na > Ca > Mg > K > P
подземная фитомасса – Si > Ca > S > Na > Mg > K > P'

Halerpestes salsuginosa

надземная фитомасса – Si > S > Na = K > Ca > Mg > P
подземная фитомасса – Si > S > K > P > Mg = Na > Ca'

в мортмассе

срок 1 год – Si > S > Na > Ca > Mg > P > K
срок 3 года – Si > S > Mg > Na > Ca > P > K'

Сравнение полученных данных с минеральным составом видов сведо-солеросового сообщества, произрастающим на солончаке глеевом (борт оз. Белое)

показало, что в анаэробных условиях и илистом гранулометрическом составе защитная роль кремния не была выраженной для однолетников. *Salicornia perennans* и *Suaeda sibirica* содержали гипервысокое количество золы, S и Na, соотношение K : Na составляло 0.19 и 0.08 соответственно, тогда как многолетники имели благоприятный зольный состав (табл. 3).

Многолетние галофиты формируют сообщество на мортмассе соленакапливающих видов, в основном *Salicornia perennans*, на 2–3-й год после его отмирания. Химический состав мортмассы однолетников значительно отличается от их надземной и подземной частей. Особенностью зольного состава фитомассы соленакапливающих однолетних и солевыводящих многолетних галофитов, произрастающих на почвогрунтах отдели с аэробными условиями, является наличие большого количества кремния. Несмотря на то, что галофиты имеют специфические механизмы солеустойчивости, высокие концентрации Si оказывают защитное воздействие при биотических и абиотических стрессах, уменьшая поглощение Na и S, улучшая содержание и соотношение макро- и микроэлементов, а мортмасса однолетников является субстратом для произрастания многолетних галофитов.

Согласно [49], биологическая продуктивность сообществ, произрастающих на солончаках, отнесена преимущественно к нормальному и повышенному уровням (табл. 2).

Диапазон минерализованности почвенного растора, в котором то или иное растение может нормально расти и возобновляться, у разных видов неодинаков. Эти различия позволили объединить растения в следующие группы: 1 – гипергалофиты, 2 – эугалофиты, 3 – галотолерантные гликофиты.

По содержанию золы в растениях побережья соленых озер Забайкалья гипергалофиты представлены *Salicornia perennans* (38.8), *Suaeda sibirica*, *S. prostrata* (18.8–35.2), *Atriplex fera*, *A. sibirica* (19.6–25.5%). Известно, что при зольности растений 15–20% и больше травянистая галофитная растительность уже обогащает верхние горизонты почв сернокислыми солями натрия, т.е. происходит биологическое засоление почв. Это подтверждено нашими данными (рис. 1, табл. 3), где отмечено очень большое содержание Na и S в этих видах растений [50].

Другой особенностью гипергалофитов является существенное превышение количества Mg в золе над Ca, а также величина соотношения K : Na. У галофитов ферменты также чувствительны к присутствию ионов

Таблица 3. Содержание макроэлементов в сухом веществе (над чертой) и золе (под чертой) в растениях сообществ обсохшей отмели прибрежной зоны соленых озер, %

Вид	N	Зола	P	K	Ca	Mg	Na	S	Si
Пионерные группировки (оз. Додо-Гол)									
<i>Suaeda sibirica</i>	3.92	25.2	<u>0.33</u> 1.3	<u>0.78</u> 3.1	<u>0.07</u> 0.3	<u>0.47</u> 1.9	<u>7.25</u> 28.8	<u>6.19</u> 24.6	<u>0.61</u> 2.4
<i>Suaeda prostrata</i>	1.80	18.80	<u>0.19</u> 1.0	<u>1.82</u> 9.7	<u>0.61</u> 3.2	<u>1.39</u> 7.4	<u>4.84</u> 25.7	<u>5.50</u> 18.6	<u>0.76</u> 4.0
<i>Knorringia sibirica</i>	2.80	9.41	<u>0.27</u> 2.9	<u>0.63</u> 6.7	<u>0.44</u> 4.7	<u>1.04</u> 11.0	<u>1.68</u> 17.9	<u>0.55</u> 5.8	<u>0.65</u> 7.6
<i>Artemisia anethifolia</i>	3.27	7.29	<u>0.32</u> 4.4	<u>0.64</u> 8.8	<u>0.10</u> 1.4	<u>0.38</u> 5.2	<u>0.93</u> 12.8	<u>0.27</u> 3.7	<u>0.62</u> 5.6
Солончаково-ползунковое (оз. Гуджирное)									
<i>Halerpestes salsuginosa</i>	1.57	12.9	<u>0.37</u> 2.9	<u>1.65</u> 12.8	<u>0.46</u> 3.6	<u>0.64</u> 5.0	<u>1.72</u> 13.4	<u>2.02</u> 15.7	<u>0.93</u> 7.2
<i>Suaeda corniculata</i>	1.93	27.5	<u>0.16</u> 0.6	<u>1.17</u> 4.2	<u>0.35</u> 1.3	<u>0.72</u> 2.6	<u>7.14</u> 25.9	<u>6.83</u> 24.8	<u>0.87</u> 3.2
Пионерные группировки (оз. Белое)									
<i>Salicornia perennans</i>	2.02	38.8	<u>0.20</u> 0.5	<u>1.57</u> 4.0	<u>0.34</u> 0.9	<u>1.55</u> 4.0	<u>8.41</u> 21.7	<u>6.26</u> 16.1	<u>0.73</u> 1.9
<i>Suaeda sibirica</i>	1.23	35.3	<u>0.23</u> 0.7	<u>0.61</u> 1.7	<u>0.86</u> 2.4	<u>2.14</u> 6.1	<u>7.91</u> 22.4	<u>8.03</u> 22.8	<u>0.81</u> 2.3
<i>Knorringia sibirica</i>	2.45	10.8	<u>0.31</u> 2.9	<u>0.73</u> 6.8	<u>0.62</u> 5.8	<u>1.12</u> 10.4	<u>2.15</u> 20.0	<u>0.84</u> 7.8	<u>0.57</u> 5.3
<i>Halerpestes subsuginosa</i>	2.24	10.5	<u>0.48</u> 4.6	<u>1.18</u> 11.2	<u>0.27</u> 2.6	<u>0.77</u> 7.3	<u>0.94</u> 9.0	<u>1.10</u> 10.5	<u>0.60</u> 5.7
Солончаково-ползунковое (оз. Каменный Ключ)									
<i>Halerpestes salsuginosa</i>	1.21	11.3	<u>0.34</u> 3.0	<u>1.74</u> 15.4	<u>0.34</u> 3.0	<u>0.53</u> 4.7	<u>1.68</u> 14.9	<u>1.82</u> 16.2	<u>0.84</u> 7.5

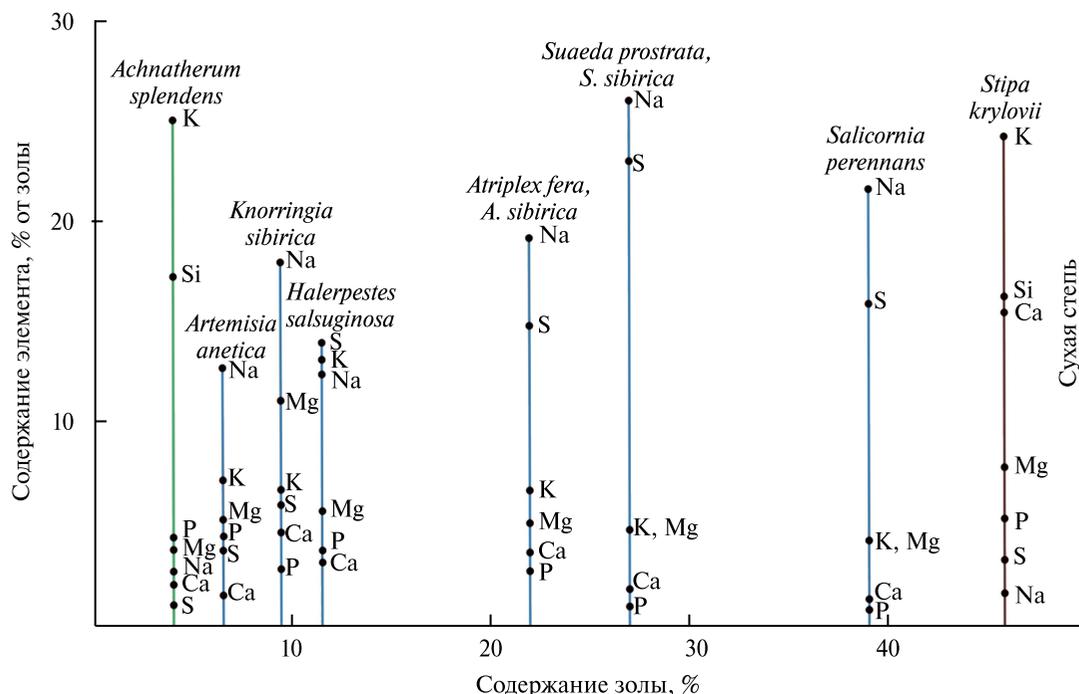


Рис. 1. Содержание макроэлементов в золе растений побережий соленых озер.

натрия, как и у гликофитов, и ионы натрия у них в основном локализируются в вакуолях, а не в цитоплазме [51]. Именно соотношение между концентрацией ионов калия и натрия регулирует солеустойчивость растений. В гипергалофитах величина $K : Na$ варьирует в пределах 0.08–0.39. Аккумулятивный ряд макроэлементов в этой группе выражен следующим образом: $Na > S > K = Mg > Ca > P$.

У второй группы галофитов (эугалофиты), к которой принадлежат *Artemisia anethifolia*, *Knorringia sibirica*, *Halerpestes salsuginosa*, содержание золы составляет от 6 до 12%. Здесь также выявлено превышение Mg в золе над Ca, и увеличение соотношения $K : Na$ до 0.68–1.35, т.е. происходит возрастание концентрации K. Аккумуляция макроэлементов у эугалофитов зависит от видовых особенностей и почвенно-экологических условий их произрастания, которые могут существенно различаться.

К 3-й группе (галотолерантные гликофиты) отнесено довольно большое количество видов, произрастающих как в галофитных лугах, так и галоксероморфной степи. Но, как правило, преобладают сообщества с *Achnatherum splendens*, *Leymus chinensis*, *Iris biglumis* и др. (табл. 4).

Несмотря на значительное содержание K и Si в золе *Achnatherum splendens* (рис. 1) и существенное снижение количества S и Na, сохраняется превышение количества Mg в золе над Ca, что отсутствует в гликофитах сухой степи (*Stipa krylovii*). Величина $K : Na$ возрастает до 4–21. Для этой группы аккумулятивный ряд

расположен в следующем порядке: $K > Si > P > Mg > Na > Ca > S$. Для сравнения отметим, что для элементов в золе растений Мировой суши характерен иной ряд аккумуляции макроэлементов ($Ca > K > Si > S > Mg > P > Na$) [52].

По совокупности содержания K, Ca, Mg, Na, Si в доминантах и содоминантах сообществ, произрастающих на разных типах солончаков, виды существенно различались (рис. 2).

Наибольшее их количество отмечено у однолетних семейств *Chenopodiaceae* за счет высокого содержания натрия. Наименьшее – у видов, произрастающих на приозерных равнинах (рис. 2д). Следует отметить вариабельность совокупности макроэлементов у *Halerpestes salsuginosa*, что обусловлено различием почвенных условий произрастания.

Для оценки соответствия уровня содержания макроэлементов в растениях засоленных местообитаний приведены их соотношения (табл. 5).

Виды характеризовались относительно повышенным и высоким количеством азота и золы, что является благоприятным фактором питательности растительного корма (табл. 3, 4).

Выявлено, что по величине соотношения $Ca : P$ нормативам соответствуют только 14 видов или 44% изученных растений, по $K : (Ca + Mg)$ – 5 видов или 16%, по $K : Na$ – 4 вида или 12.5%. Однако учитывая, что различные виды растений поедаются в разное время года [30–32], все они являются пастбищным

Таблица 4. Содержание макроэлементов в сухом веществе (над чертой) и золе (под чертой) в растениях сообществ приозерной равнины солонководного озера Белое, %

Вид растения	N	Зола	P	K	Ca	Mg	Na	S
Чиевое								
<i>Achnatherum splendens</i>	1.69	4.06	<u>0.17</u> 4.19	<u>1.03</u> 25.4	<u>0.08</u> 1.97	<u>0.16</u> 3.94	<u>0.09</u> 2.22	<u>0.04</u> 0.98
<i>Leymus chinensis</i>	1.49	7.38	<u>0.14</u> 1.90	<u>1.38</u> 18.7	<u>0.22</u> 2.98	<u>0.42</u> 5.69	<u>0.33</u> 4.47	<u>0.24</u> 3.25
<i>Bromopsis inermis</i>	1.37	8.68	<u>0.13</u> 1.50	<u>1.56</u> 18.0	<u>0.18</u> 2.07	<u>0.33</u> 3.80	<u>0.12</u> 1.38	<u>0.22</u> 2.53
<i>Potentilla bifurca</i>	1.89	10.27	<u>0.27</u> 2.63	<u>1.65</u> 16.1	<u>0.36</u> 3.51	<u>0.78</u> 7.60	<u>0.35</u> 3.41	<u>0.31</u> 3.02
<i>Carex duriuscula</i>	1.96	6.89	<u>0.21</u> 3.05	<u>1.14</u> 16.5	<u>0.41</u> 5.95	<u>0.62</u> 9.00	<u>0.16</u> 2.32	<u>0.15</u> 2.18
<i>Artemisia anethifolia</i>	1.92	5.91	<u>0.22</u> 3.72	<u>0.82</u> 13.9	<u>0.26</u> 4.40	<u>0.31</u> 5.24	<u>0.25</u> 4.23	<u>0.19</u> 3.21
Ирисовое								
<i>Iris biglumis</i>	2.34	8.37	<u>0.24</u> 2.87	<u>2.12</u> 25.3	<u>0.38</u> 4.54	<u>0.61</u> 7.29	<u>0.10</u> 1.19	<u>0.40</u> 4.78
<i>Leymus chinensis</i>	1.65	7.86	<u>0.19</u> 2.42	<u>1.44</u> 18.3	<u>0.33</u> 4.20	<u>0.51</u> 6.49	<u>0.12</u> 1.53	<u>0.26</u> 3.31
<i>Puccinellia tenuiflora</i>	1.67	6.95	<u>0.31</u> 4.46	<u>0.84</u> 12.1	<u>0.68</u> 9.78	<u>0.88</u> 12.66	<u>0.62</u> 8.92	<u>0.79</u> 11.37
<i>Potentilla bifurca</i>	1.73	11.07	<u>0.33</u> 2.98	<u>1.27</u> 11.5	<u>0.56</u> 5.06	<u>0.68</u> 6.14	<u>0.21</u> 1.90	<u>0.26</u> 2.35
<i>Medicago falcata</i>	2.67	8.71	<u>0.31</u> 3.56	<u>1.28</u> 14.7	<u>1.14</u> 13.09	<u>0.45</u> 5.17	<u>0.14</u> 1.61	<u>0.17</u> 1.95
<i>Atriplex fera</i>	1.79	19.57	<u>0.50</u> 2.56	<u>1.12</u> 5.71	<u>0.44</u> 2.26	<u>0.45</u> 2.30	<u>3.59</u> 18.40	<u>2.65</u> 13.60
<i>Atriplex sibirica</i>	2.30	25.51	<u>0.35</u> 1.37	<u>2.00</u> 7.83	<u>0.76</u> 3.00	<u>0.76</u> 2.96	<u>5.10</u> 20.00	<u>4.11</u> 16.10
<i>Artemisia scoparia</i>	1.48	6.72	<u>0.29</u> 4.31	<u>1.49</u> 22.2	<u>1.12</u> 16.66	<u>0.46</u> 6.84	<u>0.11</u> 1.64	<u>0.14</u> 2.08
<i>Artemisia frigida</i>	1.75	7.24	<u>0.31</u> 4.28	<u>1.54</u> 21.3	<u>1.06</u> 14.64	<u>0.78</u> 10.77	<u>0.12</u> 1.66	<u>0.17</u> 2.35
<i>Heteropappus altaicus</i>	1.74	9.14	<u>0.34</u> 3.72	<u>2.43</u> 26.6	<u>1.27</u> 13.89	<u>0.53</u> 5.80	<u>0.16</u> 1.75	<u>0.21</u> 2.30
<i>Potentilla anserina</i>	1.87	8.11	<u>0.33</u> 4.07	<u>0.96</u> 11.8	<u>1.05</u> 12.95	<u>0.71</u> 8.75	<u>0.14</u> 1.73	<u>0.16</u> 1.97
<i>Carex duriuscula</i>	1.61	7.17	<u>0.24</u> 3.35	<u>1.02</u> 14.2	<u>1.11</u> 15.48	<u>0.49</u> 6.83	<u>0.09</u> 1.26	<u>0.14</u> 1.95
<i>Caragana pygmaea</i>	3.59	5.58	<u>0.19</u> 3.40	<u>0.99</u> 17.7	<u>1.20</u> 21.92	<u>0.38</u> 6.81	<u>0.10</u> 1.79	<u>0.25</u> 4.48
Леймусовое								
<i>Leymus chinensis</i>	2.04	7.26	<u>0.23</u> 3.2	<u>0.97</u> 13.4	<u>0.24</u> 3.3	<u>0.19</u> 2.6	<u>0.12</u> 1.7	<u>0.47</u> 6.5
<i>Potentilla bifurca</i>	1.84	11.77	<u>0.31</u> 2.6	<u>1.43</u> 12.1	<u>0.49</u> 4.2	<u>0.59</u> 5.0	<u>0.27</u> 2.3	<u>0.26</u> 2.2
<i>Artemisia anethifolia</i>	1.91	7.13	<u>0.28</u> 3.9	<u>1.10</u> 15.4	<u>0.28</u> 3.9	<u>0.38</u> 5.3	<u>0.32</u> 4.5	<u>0.21</u> 2.9
<i>Halerpestes salsuginosa</i>	2.13	11.47	<u>0.39</u> 3.4	<u>1.24</u> 10.8	<u>0.30</u> 2.5	<u>0.48</u> 4.2	<u>1.02</u> 10.6	<u>1.07</u> 9.3
Растительность суши								
Добровольский [58]	1.90	—	0.20	1.10	1.50	0.32	0.12	0.48
Нормы концентрации			0.2–0.35	1.2–1.8	0.4–0.8	0.12–0.26	0.2	0.10–0.15

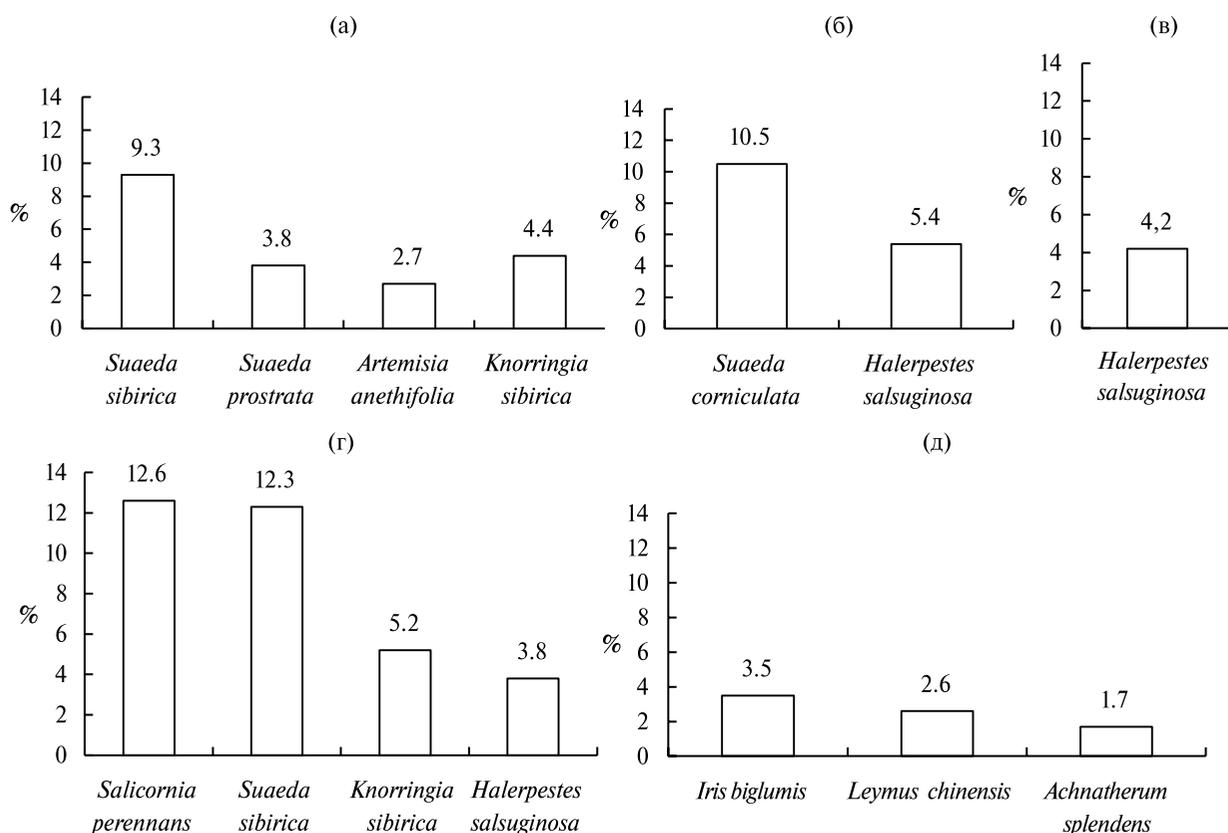


Рис. 2. Совокупность содержания K, Ca, Mg, Na, Si в видах-доминантах и содоминантах сообществ, произрастающих на разных типах солончаков: (а) – пионерные группировки, оз. Додо-Гол; (б) – солончаково-ползунковое, оз. Гуджирное; (в) – солончаково-ползунковое, оз. Каменный Ключ; (г) – сведово-солеросовое, оз. Белое; (д) – доминанты сообществ приозерных равнин.

кормом. Например, *Halerpestes salsuginosa* поедают все виды животных, *Achnatherum splendens* – до начала выметывания метелки и в отаве. *Leymus chinensis* хорошо съедают на пастбище и в сене, он является нажировочным растением. *Iris biglumis* до наступления устойчивых холодов и начала усыхания листьев не поедают, позднее – удовлетворительно. *Artemisia anethifolia* считается нажировочным кормом, улучшающим качество баранины. Виды семейства Chenopodiaceae поедают поздней осенью.

ВЫВОДЫ

Впервые изучен макроэлементный состав и соотношения макроэлементов в видах и сообществах, произрастающих в сухостепной зоне Западного Забайкалья на приозерных солончаках с разными экологическими условиями.

Однолетние галофиты солесупесчаных полос с разной влажностью грунтов в надземной фитомассе содержат значительное количество золы: *Salicornia*

perennans (24.3%) и *Suaeda sibirica* (21.3%), в подземной фитомассе – ≤ 10 –12%. Установлены общие закономерности: 1 – наибольшая аккумуляция макроэлементов надземной фитомассы по сравнению с подземной; 2 – отношение K : Na < 1; 3 – превышение содержания Mg над Ca; 4 – разная по длительности образования мортмасса характеризовалась высокой кремнистостью и концентрациями S, Fe и Mg при минимальном количестве K, а соотношение K : Na составляло 0.03–0.04.

Выявлено, что пионерные многолетники формируются на мортмассе однолетников. Разная по длительности образования мортмасса характеризовалась высокими кремнистостью и концентрациями S, Fe и Mg при минимальном количестве K, а соотношение K : Na составляло 0.03–0.04. Установлено, что биологическая продуктивность этих сообществ характеризуется как нормальная и повышенная (1490–3080 г сухой массы/м²/год). Наибольшей продукцией характеризуются солончаковато-ползунковые сообщества, сформированные на донных органических остатках обсохших отмелей, наименьшей – чиевники

Таблица 5. Соотношение элементов минерального питания в разных видах сообществ прибрежной и равнинной части солоноватых озер

Вид растений	Ca : P	K : (Ca + Mg)	K : Na
Пионерные группировки (оз. Додо-Гол)			
<i>Suaeda sibirica</i>	0.2	1.4	0.1
<i>Suaeda prostrata</i>	3.2	0.9	0.4
<i>Artemisia anethifolia</i>	0.3	1.3	0.7
<i>Knorringia sibirica</i>	1.6	0.4	0.4
Солончаково-ползунковое (оз. Гуджирное)			
<i>Halerpestes salsauginosa</i>	1.2	1.5	1.0
<i>Suaeda corniculata</i>	2.2	1.1	0.2
Солончаково-ползунковое (оз. Каменный Ключ)			
Сообщество	0.8	2.6	0.3
<i>Halerpestes salsauginosa</i>	1.0	2.0	0.2
Чиевое (оз. Белое)			
<i>Achnatherum splendens</i>	0.5	4.3	11.4
<i>Leymus chinensis</i>	1.6	2.2	4.2
<i>Bromopsis inermis</i>	1.4	3.1	4.7
<i>Potentilla bifurca</i>	1.3	1.4	7.1
<i>Carex duriuscula</i>	2.0	1.1	3.3
<i>Artemisia anethifolia</i>	1.2	1.4	22.2
Ирисовое			
<i>Iris biglumis</i>	1.6	2.1	21.2
<i>Leymus chinensis</i>	1.7	1.7	12.0
<i>Puccinellia tenuiflora</i>	2.2	0.5	1.4
<i>Potentilla bifurca</i>	1.7	1.0	6.1
<i>Medicago falcata</i>	3.7	0.8	9.1
<i>Atriplex fera</i>	0.9	1.3	0.3
<i>Atriplex sibirica</i>	2.2	1.3	0.4
<i>Artemisia scoparia</i>	3.9	0.9	13.6
<i>Artemisia frigida</i>	3.4	0.8	12.8
<i>Heteropappus altaicus</i>	3.7	1.4	15.2
<i>Potentilla anserina</i>	3.2	0.6	6.9
<i>Carex duriuscula</i>	4.3	0.6	11.34
<i>Caragana pygmaea</i>	6.3	0.6	9.9
Леймусовое			
<i>Leymus chinensis</i>	1.0	2.2	8.1
<i>Potentilla bifurca</i>	1.6	1.3	5.3
<i>Artemisia anethifolia</i>	1.0	1.7	3.4
<i>Halerpestes salsauginosa</i>	1.0	1.6	1.2
Пределы нормальных соотношений	1.2–2.0	2.0–2.2	3–5

приозерных равнин. Подземная фитомасса превышает надземную в 8–10.5 раза. Галофиты существенно различались по соленакопительной активности, содержанию золы и макроэлементов в зависимости от вида и почвенно-экологических условий произрастания в береговой зоне солоноватых озер. Наиболее высокое количество кремния определено в *Halerpestes salsauginosa*. Выявлено, что по совокупности содержания K, Ca, Mg, Na, Si в сухом веществе однолетники семейства Chenopodiaceae доминировали за счет высокого содержания натрия. Большая часть видов

растений не соответствовала нормативам соотношений макроэлементов, особенно K : (Ca + Mg) и K : Na, но учитывая относительно повышенное и высокое количество азота и золы, все они используются в разное время года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерюгин И.П., Кулюкин А.Н. Агрохимические основы системы удобрений овощных и плодовых культур. М.: Агропромиздат, 1988. С. 30–35.

2. *Subbarao G.V., Ito O., Berry W.L., Wheeler R.M.* Sodium – a functional plant nutrient // *Crit. Rev. Plant Sci.* 2003. V. 22. P. 391–416. <https://doi.org/10.1080/07352680390243495>
3. *Мирошниченко Ю.М.* Влияние климата и почв на доминирование макроэлементов в растениях пустыни и степей // *Фиторазнообразие Восточной Европы.* 2007. № 3. С. 204–206.
4. *Титлянова А.А.* Биологический круговорот азота и зольных элементов в травяных биогеоценозах. Новосибирск: Наука, 1979. 149 с.
5. *Vazihizina N., Barrett-Lennard E.G., Colmer T.D.* Plant growth and physiology under heterogeneous salinity // *Plant Soil.* 2012. V. 354. P. 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1193-8>
6. *Убузунов Л.Л., Лаврентьева И.Н., Убузунова В.И., Меркушева М.Г.* Разнообразие почв Иволгинской котловины: эколого-агрохимические аспекты. Улан-Удэ: БГСХА, 2000. 208 с.
7. *Котенко М.Е., Зубкова Т.А.* Влияние засоленных почв на состояние микробного сообщества // *Вестн. Казан. ГАУ.* 2008. Т. 7. № 1. С. 138–141.
8. *Уайтхед Д.С.* Минеральные питательные вещества в травах лугов и пастбищ. М., 1970. 68 с.
9. *Бгатов А.В.* Биогенная классификация химических элементов // *Философия науки.* 1999. № 2(6). С. 12–24.
10. *Brownell P.F.* Sodium as an essential micronutrient element for some higher plants // *Plant and Soil.* 1968. V. 27. № 1. P. 161–164. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01349184>
11. *Лархер В.* Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.
12. *Takahashi E., Maejima K.* Comparative research on sodium as a beneficial element for crop plants // *Memoirs of the Faculty of Agriculture of Kinki University (Japan).* 1998. V. 31. P. 57–72.
13. *Gattward J.N., Almeida A.A.F., Souza J.O., Gomes F.P., Kronzucker H.J.* Sodium-potassium synergism in *Theobroma cacao*: stimulation of photosynthesis, water-use efficiency and mineral nutrition // *Physiol Plant.* 2012. V. 146. P. 350–362. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01621.x>
14. *Kronzucker H.J., Coskun D., Schulze L.M., Wong J.R., Britto D.T.* Sodium as a nutrient and toxicant // *Plant and Soil.* 2013. V. 369. P. 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1801-2>
15. *Maathuis F.J.M.* Monovalent cation transporters; establishing a link between bioinformatics and physiology // *Plant and Soil.* 2007. V. 301. P. 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9429-8>
16. *Munns R., Tester M.* Mechanisms of salinity tolerance // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2008. V. 59. P. 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
17. *Kronzucker H.J., Britto D.T.* Sodium transport in plants: a critical review // *New Phytol.* 2011. V. 189. P. 54–81. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03540.x>
18. *Cheeseman J.M.* The integration of activity in saline environments: problems and perspectives // *Funct. Plant Biol.* 2013. <https://doi.org/10.1071/FP12285>
19. *Flowers T.J., Colmer T.D.* Salinity tolerance in halophytes // *New Phytol.* 2008. V. 179. P. 945–963. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531>
20. *Aguirre R.A.G., Pinero J.L.H., Estrada A.R., Pournavab R.F., Limon S.M.* Microanalysis of leaves of *Atriplex canescens* (Purch) Nutt. under saline conditions // *Inter. J. Farm. Allied Sci.* 2015. V. 4(1). P. 26–31.
21. *Матыченков В.В.* Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва–растение. Автореф. ... д-ра биол. наук. Пушино, 2008. 35 с.
22. *Bakker N.V.J., Hemminga M.A., Soelen J.V.* The relationship between silicon availability, and growth and silicon concentration of the salt marsh halophyte *Spartina anglica* // *Plant and Soil.* 1999. V. 215. P. 19–27.
23. *Mateos-Naranjo E., Andrades-Moreno L., Davy A.J.* Silicon alleviates deleterious effects of high salinity on the halophytic grass *Spartina densiflora* // *Plant Physiol. Biochem.* 2013. V. 63. P. 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.11.015>
24. *Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинова Э.З., Орловский Н.С., Шамсутдинов З.Ш.* Галофиты: особенности экологии, мировые ресурсы, возможности многоцелевого использования // *Вестн. РАН.* 2017. Т. 87. № 1. С. 3–14. <https://doi.org/10.7868/S086958731611013X>
25. *Шамсутдинова Э.Э., Старшинова О.А., Шамсутдинов З.Ш.* Галофитное растениеводство: концепция, опыт, перспективы // *Достиж. науки и техн. АПК.* 2013. № 11. С. 36–39.
26. *Шамсутдинов Н.З.* Галофиты: ресурсы, экологические особенности, направления использования // *Арид экосист.* 2002. Т. 8. № 16. С. 106–121.
27. *Прокопьев Е.П.* Растительный покров поймы Иртыша. Томск, 2012. 560 с.
28. *Раббимов А., Бекчанов Б., Мукимов Т.* Химический состав и поедаемость некоторых видов галофитов // *Арид. экосист.* 2011. Т. 17. № 2(47). С. 47–54.
29. *Давыдов А.Г.* Травы сенокосов и пастбищ Бурятии. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1984. 144 с.
30. *Куликов Г.Г., Цыдытов Д.Ч., Давыдов А.Г.* Растения сенокосов и пастбищ Забайкалья. Улан-Удэ, 1995. 137 с.
31. *Бадмаева С.Ц.* Кормовая характеристика некоторых видов растений семейства Asteraceae (Compositae) на сенокосах и пастбищах куйтунов Баргузинской долины (Северное Прибайкалье) // *Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных территорий.* Чита, 2013. С. 183–188.
32. *Засоленные почвы России / Под ред. Л.Л. Шишова, Е.И. Панковой.* М.: ИКЦ “Академкнига”, 2006. 854 с.
33. *Королюк Т.В.* Особенности солевой динамики в длительно-сезонно-мерзлых засоленных почвах Южного Забайкалья // *Почвоведение.* 2014. № 5. С. 515–520. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14050098>
34. *Панкова Е.И.* Засоленные почвы России: решенные и нерешенные проблемы // *Почвоведение.* 2015. № 2. С. 131–142. <https://doi.org/10.7868/S0032180X15020094>

35. Черноусенко Г.И., Ямнова И.А. О генезисе засоления почв Западного Забайкалья // Почвоведение. 2004. № 4. С. 399–414.
36. Убугунов Л.Л., Меркушева М.Г., Андреева И.М. Натрий в экосистемах Забайкалья и его агрохимическая эффективность. Новосибирск: СО РАН, 2022. 239 с.
37. Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России. М., 2012. 129 с.
38. Убугунов Л.Л., Ральдин Б.Б., Убугунова В.И. Почвенный покров Бурятии как базовый компонент природных ресурсов Байкальского региона. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2002. 53 с.
39. Пешкова Г.А. Степная флора Байкальской Сибири. М.: Наука, 1972. 207 с.
40. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н. Биопродуктивность и химический состав надземной и подземной фитомассы растительности степных пастбищ Западного Забайкалья // Агрохимия. 2000. № 12. С. 36–44.
41. Буянтуева Л.Б., Алексеева Е.В., Намсараев Б.Б., Дамдинсүрэн Б. Исследование химического состава степных пастбищных растений Бурятии // Вестн. Бурят. гос. ун-та. 2012. № 4. С. 88–91.
42. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Гармаев С.Р. Биологический круговорот макро- и микроэлементов в пойменных ценозах Забайкалья. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2003. 214 с.
43. Болонева Л.Н., Бадмаева Н.К., Лаврентьева И.Н., Меркушева М.Г. Качественные показатели питательной ценности *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. Восточного Забайкалья // Химия раст. сырья. 2021. № 3. С. 191–200.
44. Сосорова С.Б., Меркушева М.Г., Болонева Л.Н., Балданова А.Л., Убугунов Л.Л. Содержание микроэлементов в солончаках Западного Забайкалья // Почвоведение. № 4. С. 459–474.
45. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
46. Методические указания по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения. М.: Росинформагротех, 2004. 8 с.
47. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. С. 216–262.
48. Найданов Б.Б. Флора засоленных местообитаний Юго-Западного Забайкалья: кормовая оценка // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 11(38). С. 39–43.
49. Уиттеккер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 328 с.
50. Merkusheva M.G., Vishnyakova O.V., Naidanov B.B., Boloneva L.N., Sosorova S.B. Elemental composition and salt-accumulating activity of halophytes in the coastal zone of salt lakes // 13th Inter. Conf. on Salt Lake Res.: Book of Abstracts. Ulan-Ude: Buryat State University Publishing Department, 2017. P. 145.
51. Yeo A. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology // J. Exp. Bot. 1998. V. 49. P. 915–929.
52. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 352 с.

Macronutrients and Their Ratios in Different Plant Species Growing in Solonchaks of Western Transbaikalia

M. G. Merkusheva^{a,#}, L. N. Boloneva^a, I. N. Lavrentieva^a, S. B. Sosorova^a

^aInstitute of General and Experimental Biology SB RAS,
ul. Sakhyanovoy 6, Ulan-Ude 670047, Russia

[#]E-mail: merkusheva48@mail.ru

The macroelement composition and ratios of macroelements in dominant and co-dominant plants growing on lakeside solonchaks of Western Transbaikalia: from salt-sandy strips on dried shoals with pioneer groupings, side slopes to plains with cheives, irises and leymus communities were studied for the first time. General regularities characterizing their macroelement composition were established for annual halophytes of salt-sand strips of the Beloe Lake shoreline. It has been revealed that pioneer perennials are formed on the mortmass of annuals. Mortmass of different duration of formation was characterized by high silicic content and concentrations of S, Fe, and Mg with a minimal amount of K, and the K : Na ratio was 0.03–0.04. Biological productivity of lakeside saltmarsh communities was determined to be normal and elevated, 1490–3080 g dry mass/m²/year. Species differed significantly in the macroelement composition depending on the conditions of growing in the coastal zone of brackish lakes. Common for the chemical composition of plants was a relatively high content of nitrogen and ash. It was found that by the total concentration of K, Ca, Mg, Na, Si in the dry matter, annuals of the *Chenopodiaceae* family dominated due to the high amount of sodium. In spite of non-compliance with the norms of the ratios of most macronutrients in the dry matter of plants, especially by K : (Ca + Mg) and K : Na, all species are used as fodder in different periods of the year.

Keywords: lakeside solonchaks, halophytes, haloxerophytes, productivity, macronutrients and their ratio.