

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПЫРЕЕ В ЗАПАДНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ¹

© 2020 г. В. К. Кашин

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, Россия*

E-mail: kashin-39@mail.ru

Поступила в редакцию 18.03.2019 г.

После доработки 26.04.2019 г.

Принята к публикации 10.12.2019 г.

Изучено среднее содержание и диапазоны варьирования 15-ти микроэлементов в надземной массе пырея ползучего, произрастающего в разных фитоценозах на разных типах почв. Выявлено, что Zn являлся наиболее дефицитным элементом, содержание Mo на 4-х пробных площадках (ПП) было в норме, на 6-ти – в избытке, содержание Cu на 5-ти ПП было недостаточным, на 5-ти ПП – в норме, содержание Cr и Ba на всех 10-ти ПП было избыточным. Содержание Li, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Sr, Zr в основном было в пределах нормы. По интенсивности биологического поглощения пыреем из почвы Mo и Cu отнесены к группе высокой, Li и Zn – средней, Mn, Ba, Co, Cr Ni, Pb – низкой, V, Zr, Ti, Fe – очень низкой интенсивности.

Ключевые слова: микроэлементы, пырей, коэффициент биологического поглощения, Забайкалье.

DOI: 10.31857/S0002188120030072

ВВЕДЕНИЕ

Пырей произрастает в естественных условиях как дикорастущее растение и используется в культурных посевах. Пырей широко распространен в различных фитоценозах на разных типах почв на лугах, в степях, полях, на залежах, песках и галечниках по долинам рек, устойчив к засухе и холоду, в том числе в криолитозоне [1–3].

Пырей является ценным кормовым растением, а также используется как лекарственное растение. С лечебной целью в научной медицине применяют корневище пырея как обволакивающее (в нем содержится слизь), мочегонное и легкое слабительное средство. В народной медицине препараты из корневища используют при геморрое, воспалениях мочеиспускательного канала, желчекаменной болезни, камнях в почке, желтухе и водянке. Препараты из пырея являются сильным лечебным средством при часто возникающих фурункулах [4].

Что касается содержания в пырее микроэлементов, то сведения об этом ограничены. Например, в Южном Прибайкалье содержание 4-х микроэлементов в пырее составляло: Al – 410, Fe –

270, Sr – 40, Mn – 90 мг/кг [5]. В пырейно-полевицевом сене в Заиграевском р-не Бурятии содержание Fe было равно 160, Mn – 26, Cu – 4.3, Co – 0.18, Zn – 7.0 мг/кг сухой массы [6]. Имеются данные о содержании в сене злаковом с пыреем Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Mo, I [7]. В то же время известно, что некоторые микроэлементы – важнейшие компоненты функционирования живых организмов, а некоторые относятся к токсичным, поэтому с практической точки зрения все они должны учитываться при оценке качества кормовых и лекарственных растений. Цель работы – определение содержания ряда жизненно необходимых (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo) и недостаточно изученных (Li, Ti, V, Cr, Ni, Sr, Zr, Ba, Pb) микроэлементов в растениях пырея, произраставших на разных типах почв Западного Забайкалья, и интенсивности их поглощения.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в 12 районах Республики Бурятия в лесостепных, степных, сухостепных и пойменных ландшафтах, расположенных в бассейне р. Селенги – главного притока оз. Байкал. На этой территории сосредоточено основное количество населения Бурятии, производится сельскохозяйственная продукция и на ней распо-

¹ Работа выполнена в рамках темы госзадания. Номер госрегистрации: АААА-А17-117011810038-7.

Таблица 1. Статистические показатели валового содержания микроэлементов в почвах, на которых произрастал пырей ползучий

Элемент	Содержание, мг/кг			V, %
	$M \pm m$	Lim	Кларк	
Li	25 ± 0.9	20–33	21/25	16
Ti	4730 ± 250	2100–6000	4400/5000	23
V	85.0 ± 5.0	50–115	129/90	23
Cr	55.0 ± 5.0	33–98	60/70	35
Mn	713 ± 46	450–910	900/1000	25
Fe	44700 ± 1800	29200–59500	–/40000	17
Co	10.3 ± 0.3	9–12	10/8	9
Ni	27.3 ± 2.4	12–49	29/50	34
Cu	25.4 ± 2.4	15–49	39/30	38
Zn	70 ± 6.2	38–100	70/90	35
Zr	288 ± 15	150–380	267/400	22
Mo	3.0 ± 0.28	1.2–4.8	1.5/1.2	41
Ba	1000 ± 24	805–1270	460/500	10
Pb	32 ± 1.4	21–43	15/12	17

Примечание. Над чертой – кларк по [12], под чертой – кларк по [23].

ложены крупные промышленные узлы, в числе которых предприятия по производству стекла, цемента, ТЭЦ, являющихся источниками выбросов в окружающую среду химических элементов.

Объектом исследования служили растения пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) из семейства Злаковые (Poaceae), произраставшие на черноземах дисперсно-карбонатных (Chernozems), каштановых (Kastanozems) и аллювиальных (Fluvisols) почвах. Методики отбора проб почв и растений, подготовка их к анализам опубликованы ранее [8].

Содержание микроэлементов в почвах и зольном остатке растений после сухой минерализации проб при температуре 480°C определяли в аттестованном на техническую компетентность Аналитическом центре Республики Бурятия: Mn, Cu, Zn, Ni, V, Cr, Pb – атомно-абсорбционным методом, Fe, Ti, Sr, Ba, Mo, Zr – методом атомно-эмиссионной спектроскопии с плазменным источником возбуждения. Погрешность анализа 7–10%. Для калибровки и контроля точности измерения использованы государственные стандартные образцы состава почв и золы растений. Аналитическая повторность трехкратная. О биологической доступности микроэлементов в почвах судили по коэффициенту биологического поглощения (КБП) – отношению содержания элемента в золе растений к валовому содержанию его в

почве [9]. Статистическая обработка результатов проведена стандартными методами с расчетом среднего арифметического (M), его стандартной ошибки (m), пределов изменений, коэффициента вариации (V) с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Статистические показатели содержания микроэлементов в почвах, на которых произрастал пырей, представлены в табл. 1. Все приведенные данные находятся в пределах нормального варьирования [10]. Содержание в почвах Li, Ti, V, Fe, Co, Zr, Ba, Pb было в пределах нижней нормы варьирования (9–23%), а Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Mo – в пределах верхней нормы (25–41%). Сравнение с кларками элементов в почвах, принимаемыми за эколого-геохимическую норму [11], показало, что средние содержания Li, Ti, V, Fe, Zr в изученных почвах практически соответствуют их кларкам. Повышенное содержание выявлено для Pb, Ba и Mo – в 2.0–2.2 раза и пониженное – Mn – в 1.3, V и Cu – в 1.5 раза [12], что обусловлено преобладанием в качестве коренных пород в регионе гранитоидов, относящихся к породам кислой группы [13].

Оценка содержания микроэлементов в почвах с санитарно-гигиеническими критериями [14] показала уровень ПДК в среднем только для Pb, что связано с высоким содержанием его в полевых шпатах (как и Ba), которые являются одним из основных породообразующих минералов в почвах Забайкалья – до 40–50% [15, 16] и минералов-носителей этих элементов за счет изоморфного замещения ими калия. Однако биологическая доступность Pb в почвах низкая, о чем свидетельствовал его КБП – в среднем 0.27 ± 0.02 . КБП Ba был значительно больше – 0.77 ± 0.06 , но он по Российскому общетоксикологическому нормативу относится к 3-му классу – малоопасным элементам.

Геохимическая структура изученных элементов в почвах представлена в следующем ряду: Fe > Ti > Ba > Mn > Zr > V > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu = Li > Co > Mo.

Статистические показатели содержания микроэлементов в надземной массе пырея – средние величины, диапазоны их варьирования и коэффициенты вариации представлены в табл. 2. Содержание Li, Pb, Sr находилось в пределах нормального варьирования (нижней нормы – 14–18%); Co, Cr, V, Ba, Fe, Zr, Mo – в пределах верхней нормы (26–44%); Mn, Cu, Ti – значительного (46–64%); Zn – большого (73%) и Ni очень большого варьирования

Таблица 2. Содержание микроэлементов в надземной массе пырея полученного на разных типах почв, мг/кг сухого вещества

Тип почвы, № разреза, село	Li	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Zr	Mo	Ba	Pb
Чернозем, 54 Кж, Чесан	1.35	32.0	1.28	1.92	25.6	128	0.60	0.51	1.28	6.6	64	0.77	0.96	45	0.38
Каштановая, 33 М, Шаралдай	1.28	12.5	0.64	2.90	34.8	116	0.58	0.87	7.40	23.2	46	1.91	1.62	35	0.58
То же, 60 Д, Белоозерск	1.70	18.9	1.26	2.52	18.9	252	0.19	0.19	1.30	6.3	63	2.52	2.52	50	0.50
Аллювиальная дерновая, 19 К, Усть-Кяхта	1.92	6.4	0.70	3.84	51.2	65	0.51	0.64	6.40	6.4	51	0.64	1.92	52	0.51
То же, 24 Т, Надеено	1.07	15.6	0.62	3.20	52.0	104	0.42	2.08	5.20	10.4	42	1.56	1.46	52	0.62
-//-, 30 Б, М. Куналей	1.43	16.3	0.53	2.12	53.5	159	0.48	2.15	5.57	31.8	41	1.59	1.70	53	0.58
-//-, 52 Кж, Кижинга	1.24	31.0	0.56	1.86	12.4	186	0.62	0.50	1.86	6.5	62	0.62	3.10	31	0.50
-//-, 55 З, Унэгтэй	1.75	23.1	0.77	1.16	57.0	185	0.46	0.23	2.31	7.7	66	1.54	1.54	62	0.54
-//-, 59 Д, Петропавловка	1.41	28.2	0.94	2.35	23.5	141	0.42	0.19	1.41	7.1	47	1.41	2.82	24	0.42
Аллювиальная луговая, 40 К, Октябрьский	1.33	9.4	0.46	1.38	23.0	47	0.32	0.55	6.92	14.0	67	2.30	1.43	46	0.55
Среднее	1.53 ± 0.07	19.3 ± 2.8	0.78 ± 0.09	2.33 ± 0.26	35.0 ± 5.3	138 ± 19	0.44 ± 0.04	0.84 ± 0.23	4.00 ± 0.81	12.0 ± 2.8	56 ± 2.9	1.49 ± 0.21	1.91 ± 0.22	45 ± 3.7	0.51 ± 0.03
Пределы изменений	1.07–1.92	6.4–32	0.46–1.28	1.16–3.84	12.4–57.0	47–252	0.19–0.60	0.19–2.15	1.28–7.40	6.3–31.8	41–67	0.62–2.52	0.96–3.10	24–62	0.38–0.62
Коэффициент вариации, %	14	46	38	35	47	44	29	92	64	73	18	44	36	26	15
Норма или кларк	1.5	32.5	0.4–1.5	0.4–0.6	40–60	50–80	0.3–0.8	0.4–1.7	6–10	30–50	50–60	7.5	0.5–1.5	17–20	1.25
Избыток	5.0	200	5.0	5.0	500	300	3.0	3.0	20	400	–	15	3.0	500	6.0
Дефицит	–	–	–	–	<20	<25	0.2	–	<5	>20	–	–	0.2	–	–

Примечание. Норма или кларк, избыток и дефицит приведены по [12, 17, 18]. Прочерк – нет данных.

ния (92%) [10]. Это обусловлено разной степенью подвижности микроэлементов в почвах и разной степенью транслокации их в надземные части растений.

Показано, что среднее содержание изученных элементов в пырее различалось на 3 порядка: от 0.44 (Co) и 0.84 (Ni) до 138 (Fe) мг/кг. По их среднему содержанию в растительности микроэлементы можно условно подразделить на следующие группы (мг/кг): высокого содержания – Fe (138), повышенного – Sr, Mn, Ba (35–56), среднего – Ti, Zn (12–19), низкого – Cu, Cr, Mo, Zr, (1.49–4.0), очень низкого содержания – Li, V, Co, Ni, Pb (0.44–0.84). По степени снижения среднего содержания в пырее элементы представлены в следующем ряду: Fe > Sr > Ba > Mn > Ti > Zn > Cu > Cr > Mo > Zr > Ni > V > Li > Pb > Co, который существенно отличался от геохимического ряда содержания многих элементов в почвах.

Содержание Li в пырее варьировало в незначительном диапазоне – 1.07–1.92 мг/кг при средней величине 1.53 мг/кг и самом низком коэффициенте вариации 14%. Среднее содержание Li в пырее соответствовало среднему содержанию его в растительности континентов [17].

Содержание Ti в пырее изменялось от 6.4 до 32 мг/кг при среднем количестве 19.3 мг/кг. Самые низкие концентрации элемента выявлены в пырее, произраставшем на каштановой легкосуглинистой почве с. Шаралдай, аллювиальной луговой легкосуглинистой почве с. Надеено и аллювиальной дерновой легкосуглинистой почве с. Октябрьское. На 3-х пробных площадках (ПП) содержание Ti в пырее достигало его кларкового содержания в растительности. На остальных 5-ти ПП содержание Ti составляло 12.5–23.1 мг/кг. Нормальное содержание Ti в растениях составляет 15–80 мг/кг, а избыточное – 200 мг/кг [12]. Исходя из этих величин, можно заключить, что содержание Ti в пырее в основном низкое.

Содержание V в пырее варьировало в пределах 0.46–1.28 мг/кг, при среднем 0.78 мг/кг. На 2-х ПП содержание V в пырее составляло 1.26–1.28 мг/кг, на 8-ми – 0.46–0.94 мг/кг. Нормальное содержание V в растениях находится в пределах 0.4–1.5 мг/кг, избыточное – 5 мг/кг и более [17, 18]. Сравнивая содержание V в пырее с этими критериями, можно считать, что оно соответствует нормальным показателям.

Содержание Cr в пырее изменялось от 1.16 до 3.84 мг/кг, при средней величине 2.33 мг/кг. Нормальное содержание Cr в растениях – 0.4–0.6 мг/кг, избыточное – 5 мг/кг и более [12, 18]. На 2-х ПП содержание Cr в пырее было 3.20–3.84,

на 4-х – 2.12–2.90, на остальных 4-х ПП – 1.16–1.92 мг/кг. Таким образом, хотя содержание Cr в пырее не достигало избыточных величин, тем не менее оно было значительно больше нормы.

Изменения в содержании Mn в пырее составляли 12.4–57 мг/кг, (среднее – 35 мг/кг). Нормальное содержание Mn в растениях – 40–60 мг/кг [18, 19], избыток – 500 мг/кг [20]. На 4-х ПП содержание Mn в пырее находилось в пределах нормы, на 4-х ПП – 23.0–34.8 мг/кг, что меньше нормы в 0.5–0.7 раза, на 2-х ПП оно было дефицитным.

Содержание Fe в пырее варьировало в пределах 47–252 мг/кг (среднее – 138 мг/кг). Нормальное содержание Fe в растениях – 50–80 мг/кг, избыток 300 мг/кг [18, 20]. На 2-х ПП содержание Fe в пырее было в норме (47–65 мг/кг), на 8-ми ПП – больше нормы в 2–4 раза, но оно было значительно меньше избыточного содержания.

Изменения в содержании Co в пырее были наименьшими по сравнению с другими микроэлементами – 0.19–0.60 мг/кг при среднем 0.44 мг/кг. Норма содержания Co в растениях – 0.3–0.8 мг/кг, избыток – 3 мг/кг [12, 20]. На одной ПП содержание Co в пырее было в дефиците, на остальных 9-ти ПП – в пределах нормы.

Содержание Ni в пырее изменялось в наибольшей степени по сравнению с другими микроэлементами – от 0.19 до 2.15 мг/кг (среднее – 0.84 мг/кг) и коэффициенте вариации 92%. Нормальное количество Ni в растениях – 0.4–1.7 мг/кг, избыток – 3 мг/кг [12, 21]. На 3-х ПП содержание Ni в пырее было меньше нормы, на 5-ти ПП находилось в пределах нормы, на 2-х ПП – больше нормы, но не достигало избытка.

Содержание Cu в пырее варьировало в значительной степени – от 1.28 до 7.7 мг/кг (среднее – 4.0 мг/кг). Нормальное содержание Cu в растениях равно 6–10 мг/кг, избыток – 20, дефицит <5 мг/кг [12, 18, 20]. Исходя из этого, можно отметить, что на 5-ти ПП содержание Cu в пырее было дефицитным, на 5-ти ПП – в пределах нормы.

Содержание Zn в пырее отмечено в пределах 6.3–31.8 мг/кг (среднее – 12.0 мг/кг) и при значительном коэффициенте вариации 73%. Норма содержания Zn в растениях равна 30–50 мг/кг, избыток – 400, дефицит <20 мг/кг [18–20]. На 8-ми ПП содержание Zn в пырее было в дефиците, на 2-х ПП – в пределах нормы. Следовательно, Zn являлся наиболее дефицитным элементом в растениях пырея.

Содержание Sr в пырее изменялось от 41 до 67 мг/кг при среднем 56 мг/кг и низком коэффициенте вариации 18%. Норма Sr в растениях –

50–60 мг/кг [18]. На всех 10-ти ПП содержание Sr в пырее практически соответствовало норме.

Количество Zr в пырее составляло 0.62–2.52 мг/кг (среднее – 1.49 мг/кг). Цирконий – мало изученный в растениях элемент. Среднее содержание его в растительности суши равно 7.5 мг/кг [17], избыток – 15 мг/кг [12]. Пределы нормальных содержаний не определены. Содержание Zr в пырее в сравнении с этими показателями было очень низким.

Содержание Mo в пырее варьировало в пределах 0.96–3.10 мг/кг (среднее – 1.91 мг/кг). Норма Mo в растениях – 0.5–1.5, избыток – 3, недостаток – 0.2 мг/кг [19, 20]. На 4-х ПП содержание Mo в пырее практически соответствовало норме (0.96–1.54 мг/кг), на 5-ти ПП наблюдали превышение содержания Mo в пырее по сравнению с нормой, на одной ПП оно было избыточным.

Содержание Ba в пырее менялось от 24 до 62 мг/кг (среднее – 45 мг/кг). Норма содержания Ba в растениях равна 17–20 мг/кг, избыток – 500 мг/кг [12, 18]. На одной ПП содержание Ba в пырее было равно норме, на 9-ти ПП – в 1.8–3.1 раза больше нормы, но значительно меньше избыточной концентрации.

Содержание Pb в пырее изменялось от 0.38 до 0.62 мг/кг (среднее – 0.51 мг/кг) и низком коэффициенте вариации 15%. Нормальное (кларк) содержание Pb в растениях равно 1.25–2.0 мг/кг [12, 17]. ПДК Pb в лекарственных растениях – 6 мг/кг [СанПиН 2.3.2.1078]. На всех ПП содержание Pb в пырее было в норме.

Таким образом, из 15-ти изученных микроэлементов в пырее большинство из них (Li, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Sr, Zr, Pb) по среднему содержанию находилось практически в пределах нормы; содержание Zn на 8-ми ПП было в дефиците, на 2-х ПП – в норме; содержание Cu на 5-ти ПП было в дефиците, на 5-ти в норме; содержание Mo на 4-х ПП было в норме, на 6-ти ПП – в 2.0–3.1 раза больше нормы, содержание Cr, Ba было больше нормы практически на всех ПП. Следовательно, Zn являлся наиболее дефицитным элементом, Cr, Ba – наиболее избыточными, а в содержании Cu отмечены недостаток и норма в равном числе ПП.

Особую значимость имело соотношение Cu : Mo и Fe : Zn. В нормально обеспеченных растениях оно равно 12–16 и 1.5–1.7 соответственно [17, 19], в пырее же соотношение Cu к Mo в среднем было равно 2.1, Fe к Zn – 11.5, что на порядок меньше нормального соотношения.

Причина подобных различий в накоплении элементов может заключаться в разных уровнях и биодоступности микроэлементов в почвах, степе-

Таблица 3. Статистические показатели коэффициентов биологического поглощения микроэлементов растениями пырея ползучего

Элемент	<i>n</i>	$M \pm m$	Пределы	<i>V</i> , %
Li	7	1.28 ± 0.082	1.07–1.61	17
Ti	10	0.08 ± 0.014	0.02–0.15	60
V	10	0.14 ± 0.014	0.09–0.20	32
Cr	10	0.67 ± 0.044	0.52–0.94	21
Mn	10	0.75 ± 0.123	0.33–1.38	52
Fe	10	0.06 ± 0.009	0.02–0.12	52
Co	5	0.84 ± 0.056	0.58–0.89	17
Ni	8	0.38 ± 0.031	0.30–0.58	23
Cu	8	4.22 ± 0.863	1.33–7.14	62
Zn	10	2.33 ± 0.305	1.28–4.45	41
Zr	10	0.11 ± 0.018	0.03–0.20	54
Mo	10	9.12 ± 1.083	3.33–16.1	38
Ba	10	0.77 ± 0.063	0.50–1.0	26
Pb	10	0.27 ± 0.020	0.16–0.39	24

ню барьерности транслокации их в надземные части растений, соотношением видов и их взаимодействием в сообществах, а также особенностями физико-химических свойств элементов. В частности, повышенное накопление Cr и Mo определяется анионогенными свойствами этих элементов, проявляющих более высокую подвижность в нейтральной и слабощелочной среде, которая характерна для почв сухостепных и степных ландшафтов, тогда как большинство других элементов в этих условиях мало подвижны. Хром и молибден входят в VIБ группу периодической таблицы, близки по химическим свойствам, на последних электронных слоях имеют одинаковое количество электронов: Cr – 3d⁵4s¹, Mo – 4d⁵5s¹.

Кроме того, возможны и конкурентные взаимоотношения при поглощении элементов корневой системой: повышенное содержание Fe может снижать поступление в растения Cu, Zn, Ni. Высокое содержание Ba обусловлено значительно повышенной концентрацией его в горных породах Забайкалья по сравнению с кларком. Например, в батолитовых гранитоидных комплексах Джидинского р-на содержание Ba в среднем составляло 1470 мг/кг [22], при его кларке в гранитоидах 800 мг/кг или кларке земной коры 470 мг/кг [23].

Важную роль в снижении поглощения растениями Pb играет слизь, покрывающая корни. В составе слизи преобладает углеводный компонент, основу которого составляют гидроксиль-

ные и карбоксильные функциональные группы. Наиболее высоким сродством к этим группам обладают ионы Pb [24]. Поэтому при высоких содержаниях Pb в почвах Забайкалья (даже превышающих ПДК) содержание его в пырее характеризовалось низкими величинами – 0.38–0.62 мг/кг.

Анализ (табл. 2) содержания микроэлементов в пырее на 10 ПП на разных типах почв позволил сделать заключение о том, что более благоприятная обеспеченность (V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Sr, Pb) отмечена на аллювиальной дерновой легкосуглинистой почве с. Усть-Кяхта Кяхтинского р-на, наименее благоприятная (Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo) – на аллювиальной дерновой супесчаной почве с. Кижинга Кижингинского р-на.

Статистические показатели *КБП* микроэлементов пыреем приведены в табл. 3. Изученные микроэлементы по величине *КБП* условно можно разделить на следующие группы накопления: очень низкой интенсивности – Ti, Fe, Zr, V (0.06–0.14), низкой – Cr, Co, Ni, Ba, Pb, Mn (0.31–0.84), средней – Li, Zn (1.28–2.33), высокой – Mo, Cu (4.22–19.12). Некоторые из них присутствуют в почве преимущественно в формах, мало доступных для растений (Ti, Zr), а также принимают слабое участие в биологических процессах. Что касается Fe, то его *КБП* обусловлен тем, что в почвах он содержится в макро-, а в растениях – в микроколичестве. Ряд биогеохимической активности микроэлементов в почвах представлен в следующем убывающем порядке: Mo > Cu > Zn > Li > Ba > Mn = Co > Cr > Ni > Pb > V > Zr > Ti > Fe.

Сравнение среднего содержания изученных микроэлементов в пырее со средним содержанием их в люцерне серповидной, относящейся к семейству Бобовые (Fabaceae) [25], показало, что большинство из них накапливается в люцерне в значительно более высоких количествах (от 1.4 раза для Fe до 2.2 раза для Mo), кроме Cr, которого в 1.2 раза было больше в пырее и Ba, которого найдено в обоих видах в равном количестве. Видовая специфика накопления микроэлементов в растениях при одинаковом содержании их в почве обусловлена биологическими особенностями: избирательностью поглощения корневыми системами, различиями перемещения в надземную часть и метаболическими процессами в тканях. В частности, у злаковых преобладающий тип обмена веществ – углеводный, а у бобовых – белковый, у которых значительно больше различных функциональных групп, способствующих удержанию микроэлементов. Кроме того, у злаковых корневая система мочковатая, расположенная в верхнем слое почвы, у бобовых – стержневая, проникающая на значительную глубину. Поэто-

му поглощение минеральных элементов у них корневыми системами осуществляется из разных почвенных горизонтов.

ВЫВОДЫ

1. Определены средние величины и диапазоны варьирования содержания 15-ти микроэлементов в пырее ползучем, произрастающем на разных типах почв в Западном Забайкалье. По уровню содержания выделены элементы высокого (Fe – 138 мг/кг), повышенного (Sr, Mn, Ba – 74–195), среднего (Ti, Zn – 12–19), низкого (Cu, Cr, Mo, Zr – 1.49–4.0) и очень низкого содержания (Li, V, Ni, Pb, Co – 0.44–0.84 мг/кг). Выявлена неоднородность содержания микроэлементов в пырее, обусловленная интенсивностью их поглощения и эколого-геохимическими факторами, определяющими биодоступность элементов. Наименьший коэффициент вариации (14–18%) отмечен для Li, Sr, Pb; наибольший – для Ni, Cu и Zn (64–92%).

2. По интенсивности биологического поглощения из почвы пыреем Mo, Cu отнесены к группе с высокой (*КБП* 4.2–9.1); Li, Zn – к средней (1.28–2.33); Mn, Cr, Co, Ni, Ba, Pb – с низкой (0.31–0.84); Ti, Fe, V, Zr – с очень низкой интенсивностью (0.06–0.14).

3. Сравнение среднего содержания микроэлементов в пырее с нормами обеспеченности или с кларками выявило следующее: в пределах нормы было содержание Li, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Sr, Zr, Pb; содержание цинка на 8-ми пробных площадках (ПП) было в дефиците, на 2-х ПП в норме; содержание меди на 5-ти ПП было в дефиците, на 5-ти ПП – в норме; содержание молибдена на 6-ти ПП было в избытке, на 4-х ПП – в норме; содержание Cr и Ba было больше нормы. Следовательно, Zn являлся наиболее дефицитным элементом в пырее, Cr и Ba – наиболее избыточными, а в содержании меди отмечали на половине ПП недостаток, в другой половине ПП – норму. Различия в среднем содержании жизненно необходимых микроэлементов послужили причиной неблагоприятного соотношения между Cu : Mo – 2.1 и между Fe : Zn = 11.5, что на порядок меньше нормы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аненхонов О.А., Пыхалова Т.Д., Осипов К.И. Определитель растений Бурятии. Улан-Удэ, 2001. 672 с.
2. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Убугунова В.И. Продукционные процессы в пойменных фитоценозах бассейна р. Селенги. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. 392 с.

3. *Пигарева Н.Н., Убугунов Л.Л., Кожевникова Н.М.* Продуктивность лугово-пастбищных ценозов в криолитозоне Западного Забайкалья при внесении редкоземельных и минеральных удобрений. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. 198 с.
4. *Попов П.А.* Лекарственные растения в народной медицине. Киев: Здоров'я, 1967. 315 с.
5. *Белоголова Г.А., Коваль П.В., Матяшенко Г.В.* Распределение макроэлементов в растениях Южного Прибайкалья // Сибир. экол. журн. 2006. № 3. С. 359–369.
6. *Балдаев С.Н., Кириллов С.А.* Корма и профилактика эндемических болезней овец. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1986. 128 с.
7. *Аликаев В.А., Петухова Е.А., Халенева Л.Д., Видова Р.Ф.* Руководство по контролю качества кормов и полноценности кормления сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1967. 424 с.
8. *Кашин В.К.* Особенности накопления микроэлементов степной растительностью Западного Забайкалья // Агрохимия. 2014. № 6. С. 69–76.
9. *Ковалевский А.Л.* Биохимия растений. Новосибирск: Наука, 1991. 294 с.
10. *Зайцев Г.Н.* Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.
11. *Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П.* Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
12. *Kabata A.* Trace elements in soils and plants. 4-th ed. London–N.Y.: CRC Press Taylor and Francis Group Boca Raton, 2011. 534 p.
13. *Ногина Н.А.* Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 314 с.
14. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
15. *Загузина Н.А., Рузавин Ю.Н.* Минералогический состав почв Бурятии и содержание в них различных форм соединений калия // Почвенные ресурсы Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1989. С. 59–66.
16. *Цыбжитов Ц.Х., Цыбжитов А.Ц.* Почвы бассейна озера Байкал. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. 165 с.
17. *Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. М.: Изд. дом "Академия", 2003. 400 с.
18. *Лебедев Н.И.* Использование микродобавок для повышения продуктивности жвачных животных. Л.: Агропроиздат, 1990. 96 с.
19. *Кальницкий Б.Д.* Минеральные вещества в кормлении животных. Л.: Агропромиздат, 1985. 207 с.
20. *Ковальский В.В.* Геохимическая среда, микроэлементы, реакции организмов // Тр. биогеохим. лаб. 1991. Т. 22. С. 5–24.
21. *Минеев В.Г.* Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 1988. 285 с.
22. *Дворкин-Самарский В.А., Каперская Ю.Н., Козулина И.М.* Закономерности распределения бария и стронция в горных породах Забайкалья. Улан-Удэ: БФ СО АН СССР, 1983. 152 с.
23. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования. М.: ИМГРЭ, 2002. 92 с.
24. *Серегин И.И., Кожевникова А.Д.* Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция // Физиология растений. 2008. Т. 55. № 1. С. 3–26.
25. *Кашин В.К.* Содержание микроэлементов в люцерне в Западном Забайкалье // Агрохимия. 2018. № 8. С. 46–51.

Microelements Content of *Elytrigia repens* (L.) in the Western Transbaikalia

V. K. Kashin

*Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch, RAS
ul. Sakhyanovoi, 6, Ulan-Ude 670047, Russia
E-mail: kashin-39@mail.ru*

The average contents and variation ranges of 15 microelements in *Elytrigia repens* have been determined. According to the rate accumulation by *E. repens*, Mo, Cu were classified as elements of high uptake; Li, Zn – middle; Cr, Co, Mn, Ni, Ba, Pb – low; Ti, Fe, V, Zr, – of very low uptake. The *Elytrigia repens* had deficiency of Zn, and higher content Cr, Ba, and normal content Li, Ti, Fe, V, Mn, Co, Ni, Zr, Sr, Pb. Contents of Cu 0.5 was normal on 1/2 of trial sites, on another 1/2 of trial sites – deficiency, contents of Mo was normal on 0.4 of trial sites, higher – on 0.6 of trial sites.

Key words: microelements, *Elytrigia repens*, coefficients of biological absorption, Western Transbaikalia.