

**НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЯМИ РОДА *ACHILLEA* L.
В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ РАВНИННОЙ ЗОНЫ ДАГЕСТАНА**

© 2022 г. В.В. Семенова*, Д.М. Анатов**

*Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45. E-mail: semenovav86@mail.ru

**Горный ботанический сад ДФИЦ РАН
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45

Поступила в редакцию 08.09.2021. После доработки 15.09.2021. Принята к публикации 01.10.2021

В равнинной зоне Дагестана распространены засушливые разнотравно-злаковые степи. В составе их травостоя присутствуют растения тысячелистника, образующие в низменности обширные заросли. Впервые в условиях Дагестана изучено накопление тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea* L. и почвах. Определено содержание Fe, Mn, Pb, Cd в надземной и подземной массе растений рода *Achillea* L. фоновых и антропогенно нарушенных участков, а также в почвах, на которых они произрастают. Установлено, что на накопление и распределение тяжелых металлов в органах растений оказывает влияние загрязнение автотранспортом. В растениях *Achillea nobilis*, отобранных в с. Учкент и с. Стальское, содержание кадмия превышает максимально допустимый уровень в 1.2-1.7 раза. По вычисленным коэффициентам биогеохимической подвижности выявлено, что растения антропогенно нарушенных местообитаний характеризуются высокой аккумуляцией Fe, Cd, но низкой – Mn, Pb.

Ключевые слова: *Achillea millefolium* L., *Achillea nobilis* L., *Achillea biebersteinii* Afan., тяжелые металлы, надземная и подземная масса растений, почва, загрязнение.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-99-106

Степи располагаются в районах Дагестана, где в год выпадает 250-400 мм осадков (Акаев и др., 1996). В составе разнотравно-злаковых степей произрастают виды тысячелистника, которые являются лекарственными растениями. Тысячелистник применяется в лечебных целях как кровоостанавливающее, противовоспалительное, ранозаживляющее средство при гастритах (Кортиков, Кортиков, 2002).

Усиление антропогенной нагрузки на окружающую среду делает проблему экологической чистоты лекарственного растительного сырья достаточно актуальной. По мере обострения экологической обстановки необходимо тщательно исследовать загрязненность различных видов лекарственных растений, местообитания которых подвергаются интенсивным антропогенным воздействиям.

Формирование химического состава растений происходит при одновременном воздействии большого количества факторов внешней среды, но особо значимую роль при изучении химической изменчивости растений играет состав почвы. Среди комплекса факторов, оказывающих влияние на организмы растений, большая роль принадлежит природным и антропогенным, которые определяются геологической историей местности, химическим составом почв, развитием промышленного производства, влиянием выбросов автотранспорта (Гринкевич, 1975).

Установлена способность растений поглощать из окружающей среды в больших или меньших количествах практически все известные химические элементы (Ильин, 2006; Андреева, Говорига, 2008; Елькина, 2008; Moppi et al., 2001). Пути поступления тяжелых металлов (ТМ) в растения разнообразны, основные из них – корневое и фоллиарное (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Касимов и др., 2011). Часто отмечают различия концентраций ТМ в разных надземных органах (листьях, стеблях, плодах), что может быть связано с видоспецифичностью метаболизма растений и свойствами самих элементов (Дмитраков, Дмитракова, 2006; Говорина и др., 2007; Басов, Басов, 2010; Семенова, 2019; Godzik, 1991).

В условиях Дагестана исследований по содержанию ТМ в органах разных видов тысячелистника, по воздействию выбросов автотранспорта на растения ранее не проводилось.

Цель настоящей работы – изучение особенностей накопления тяжелых металлов (Fe, Mn, Pb, Cd) растениями рода *Achillea* L.: тысячелистником обыкновенным (*Achillea millefolium* L.), тысячелистником благородным (*Achillea nobilis* L.), тысячелистником Биберштейна (*Achillea biebersteinii* Afan.), произрастающих в засушливых условиях равнинной зоны Дагестана.

В задачи работы входило:

- 1) установление уровней накопления ТМ в почвах и растениях рода *Achillea* L.;
- 2) исследование содержания ТМ в органах представителей рода *Achillea* L. в условиях загрязнения выбросами автотранспорта;
- 3) выявление различий растений в поглощении подвижных форм элементов из почвы.

Объекты и методы исследований

Исследования проведены в 2008-2018 гг. Растительные образцы отобраны на территории равнинной зоны Дагестана в период их цветения (июнь-июль), согласно общепринятой методике (Правила ..., 1985). Пробы почвы взяты из зоны расположения корневой системы (0-20 см). Подготовка проб выполнена в соответствии с ГОСТ «Общие требования к отбору проб» (1983). Анализ каждой пробы проводили в двукратной повторности. Образцы растений и почв отобраны на территориях, расположенных на расстоянии 250-300 м от дороги, а также на расстоянии 5, 10, 50 и 70 м.

Определение элементов в растительных образцах проводилось после сухого озоления и растворения золы в 20% HCl (Разумов, 1986). Валовое содержание элементов в почвах определялось по методу К.В. Веригиной (1977). Метод основан на сжигании органических веществ прокаливанием и на последующем разложении плавиковой кислотой в присутствии серной кислоты. Подвижные формы элементов были извлечены ацетатно-аммонийным буферным раствором (ААБ) с pH = 4.8 по методу Н.К. Крупского и А.М. Александровой (Практикум по агрохимии, 2001). Измерение свинца и кадмия проводилось на полярографе ПУ-1, железа и марганца – на фотоэлектроколориметре КФК-2.

Определение содержания гумуса в почвах проведено по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО-ГОСТ 26213-91 (1991), pH водной вытяжки почв определен потенциометрическим методом.

Коэффициент биогеохимической подвижности (Вх) рассчитывался как отношение концентрации элемента в растениях (мг/кг сухого вещества) к содержанию его подвижной (ААБ) формы в почве (Перельман, Касимов, 1999). Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Microsoft Excel. Для выяснения достоверности различий содержания тяжелых металлов в растениях и почвах фоновых (табл. 1) и антропогенно нарушенных (табл. 2) участков использован t-критерий Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Валовое содержание Mn, Pb в почвах (табл. 2) не было выше ориентировочно допустимой концентрации (ОДК по ГН 2.1.7.2511-09 (2009)), а содержание Cd в почве с. Тотурбийкала превысило ОДК в 1.2 раза. Содержание подвижных форм Mn в почве с. Манаскент превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК по ГН 2.1.7.2041-06 (2006)) в 1.4 раза.

Каштановые почвы антропогенно нарушенного участка Кумторкалинского района (с. Учкент) содержат концентрации подвижных форм Pb, которые превышают значения на участке с. Коркмаскала в 35 раз ($t = 40.8$, $p = 0.01$; табл. 1, 2). В тысячелистнике благородном содержание Pb в надземной массе по сравнению с фоном повышено в 3-8 раз ($t = 20.2$, $p = 0.03$), Cd – в 3.8-7.4 ($t = 14$, $p = 0.04$; $t = 32$, $p = 0.02$), в подземной массе превышено содержание Cd в 1.3-4 раза ($t = 20$, $p = 0.03$; табл. 3, 4). В надземной массе растений тысячелистника благородного с. Учкент (50 м) содержание Cd превышает максимально допустимый уровень для кормовых трав (МДУ) в 1.2 раза. В растениях тысячелистника Биберштейна, отобранных на загрязненных участках, содержание Pb в надземной массе повышено по сравнению с фоном в 1.6 раз ($t = 29$, $p = 0.02$), Cd – в 5.5 раз ($t = 18$, $p = 0.03$; табл. 3, 4).

На участке с разной удаленностью от дороги (10, 50, 70 м) наибольшая концентрация Pb в почвах наблюдается на расстоянии 10 м (табл. 2). Показатели Pb, Cd в растениях тысячелистника

Биберштейна, отобранных в 10 м от дороги, в 1.5-5.5 раза превышают показатели в растениях, отобранных в 70 м (табл. 4).

Таблица 1. Содержание элементов в почвах фоновых участков равнинной зоны Дагестана, мг/кг.

Район, населенный пункт	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Pb	Cd
Каштановая карбонатная среднесуглинистая						
Кумторкалинский, с. Коркмаскала	3.3	7.8	<u>25600</u> 9.0	<u>420.0</u> 98.0	<u>9.0</u> 0.12	<u>1.10</u> 0.02
Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая						
Кизилюртовский, с. Стальское	4.5	7.7	<u>25800</u> 2.70	<u>420.0</u> 115.0	<u>15.0</u> 0.32	<u>0.60</u> 0.02
Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая						
Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	5.3	7.9	<u>25700</u> 5.50	<u>400.0</u> 100.0	<u>13.0</u> 0.40	<u>0.70</u> 0.02
Карабудахкентский, с. Манаскент	7.5	8.0	<u>26500</u> 4.30	<u>400.0</u> 100.0	<u>8.0</u> 0.30	<u>0.30</u> 0.01

Примечание к таблице 1: в числителе – валовое содержание элементов, в знаменателе – подвижные формы элементов.

Таблица 2. Содержание элементов в почвах антропогенно нарушенных участков равнинной зоны Дагестана, мг/кг.

Район, населенный пункт	Расстояние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Pb	Cd
Луговая карбонатная тяжелосуглинистая							
Кировский р-он, с. Богатыревка	10	5.6	7.8	<u>34200</u> 26.0	<u>560.0</u> 132.0	<u>13.0</u> 1.05	<u>0.70</u> 0.01
Кизилюртовский, с. Акнада	10	4.2	7.9	<u>60000</u> 54.0	<u>460.0</u> 122.0	<u>14.0</u> 1.13	<u>0.60</u> 0.01
Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая							
Карабудахкентский, с. Манаскент	10	7.5	8.0	<u>38300</u> 4.50	<u>440.0</u> 140.0	<u>10.0</u> 2.40	<u>0.60</u> 0.01
Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	5	5.3	7.9	<u>36600</u> 9.40	<u>600.0</u> 103.0	<u>13.0</u> 1.42	<u>2.40</u> 0.01
Кировский р-он г. Махачкалы, с. Шамхал	10	3.3	8.0	<u>34000</u> 12.0	<u>520.0</u> 85.0	<u>11.0</u> 0.97	<u>1.10</u> 0.01
Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая							
Кизилюртовский, с. Стальское	50	4.6	7.7	<u>26900</u> 2.50	<u>450.0</u> 118.0	<u>22.0</u> 0.63	<u>2.00</u> 0.05
Каштановая карбонатная среднесуглинистая							
Кумторкалинский, с. Учкент	10	8.7	7.5	<u>26700</u> 3.80	<u>480.0</u> 113.0	<u>29.0</u> 4.20	<u>0.90</u> 0.04
Каштановая среднесуглинистая							
Кумторкалинский р-он, с. Учкент	50	3.4	7.9	<u>25800</u> 8.30	<u>430.0</u> 118.0	<u>23.0</u> 2.8	<u>1.20</u> 0.01
Кумторкалинский р-он, с. Учкент	70	3.5	7.0	<u>21700</u> 3.30	<u>450.0</u> 54.0	<u>14.0</u> 0.42	<u>0.80</u> 0.04
ОДК валового содержания по ГН 2.1.7. 2511-09	–	–	–	–	1500	130.0	2.0
ПДК подвижных (ААБ) форм элементов в почве по ГН 2.1.7.2041-06	–	–	–	–	100.0	6.0	–

Примечание к таблице 2: в числителе – валовое содержание элементов, в знаменателе – подвижные формы элементов. Полу жирным шрифтом выделены превышения ОДК и ПДК.

Лугово-каштановая почва загрязненного участка с. Манаскент содержит подвижный Pb, который превышает фон в 8 раз ($t = 14.8$, $p = 0.004$; табл. 1, 2). В надземной массе тысячелистника обыкновенного количество Pb повышено в 3 раза ($t = 39.59$, $p = 0.0006$; табл. 3, 4).

В лугово-каштановой почве антропогенно нарушенного участка с. Тотурбийкала (табл. 1, 2) количество подвижных форм Fe превышено в 1.7 раз по сравнению с фоном ($t = 27.57$, $p = 0.001$), Pb – в 3.5 раза ($t = 10.15$, $p = 0.009$). В растениях тысячелистника обыкновенного также наблюдаются превышения Fe в надземной массе в 2 раза ($t = 260.2$, $p = 0.0000$), в подземной массе – в 2.5 раза ($t = 38.2$, $p = 0.0006$).

Таблица 3. Содержание элементов в надземной и подземной массе растений рода *Achillea* L. фоновых участков равнинной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества.

Район, населенный пункт	Fe	Mn	Pb	Cd
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.)				
Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	338	36.0	0.30	0.03
	246	44.0	0.60	0.02
Карабудахкентский, с. Манаскент	197	30.0	0.26	0.06
	235	47.0	0.50	0.03
Тысячелистник благородный (<i>Achillea nobilis</i> L.)				
Кизилюртовский, с. Стальское	466	27.0	0.12	0.09
	715	34.0	0.18	0.02
Кумторкалинский, с. Коркмаскала	530	25.5	0.28	0.05
	1050	42.0	0.44	0.06
Тысячелистник Биберштейна (<i>Achillea biebersteinii</i> Afan.)				
Кумторкалинский, с. Коркмаскала	306	70.0	0.45	0.04
	1068	92.0	0.86	0.04
Кизилюртовский, с. Стальское	670	38.3	0.38	0.09
	410	28.0	0.53	0.09

Примечание к таблице 3: в числителе – содержание элементов в надземной, в знаменателе – в подземной массе растений.

В лугово-каштановых почвах с. Стальское (табл. 1, 2) содержание подвижных форм Pb превышено в 2 раза ($t = 21.92$, $p = 0.002$). В надземной массе растений тысячелистника благородного содержание Pb превышено по сравнению с фоном в 5 раз ($t = 32.53$, $p = 0.001$), Cd – в 6 раз ($t = 31.11$, $p = 0.001$), в подземной массе содержание Pb повышено в 3 раза ($t = 23.33$, $p = 0.002$; табл. 3, 4). В надземной массе растений тысячелистника благородного содержание Cd превышает МДУ в 1.7 раза. В надземной массе растений тысячелистника Биберштейна содержание Pb повышено в 3 раза ($t = 45.96$, $p = 0.0005$).

Лугово-каштановые, луговые почвы антропогенно нарушенного участка Кировского района г. Махачкалы (с. Шамхал и Богатыревка), Кизилюртовского района (с. Акнада) содержат повышенное количество подвижного Pb (табл. 1, 2), которое превышает показатели фонового участка с. Тотурбийкала в 2-3 раза (Шамхал – $t = 5.67$, $p = 0.03$, Богатыревка – $t = 6.46$, $p = 0.02$, Акнада – $t = 7.26$, $p = 0.02$). Содержание Pb в надземной массе растений тысячелистника обыкновенного в с. Богатыревка превышает его количество по сравнению с фоновыми в 5 раз ($t = 12.54$, $p = 0.006$), в с. Акнада – в 4 раза ($t = 8.26$, $p = 0.01$). Содержание Cd превышено в надземной массе растений с. Богатыревка и Шамхал в 2-3 раза ($t = 5$, $p = 0.002$), а с. Акнада – в 6 раз ($t = 9.89$, $p = 0.01$; табл. 3, 4).

Исследования по содержанию ТМ в растениях тысячелистника узколистного проводились в Калмыкии (Даваева и др., 2017) и согласуются с полученными нами данными. Литературные данные (Минкина и др., 2018) по содержанию Mn (29 мг/кг), Cd (0.1 мг/кг), Pb (1 мг/кг) в надземной массе тысячелистника благородного также согласуются с полученными нами данными.

У всех видов тысячелистника равнинной зоны Дагестана (рис. 1), произрастающих на фоновых АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2022, том 28, № 1 (90)

участках, максимальное количество Fe, Mn накапливается в листьях (тысячелистник обыкновенный – Fe – 475 мг/кг, Mn – 48.5 мг/кг; тысячелистник благородный – Fe – 1250 мг/кг, Mn – 48 мг/кг; тысячелистник Биберштейна – Fe – 1101, Mn – 109 мг/кг).

Таблица 4. Содержание элементов в надземной и подземной массе растений рода *Achillea* L. антропогенно нарушенных участков равнинной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества.

Район, населенный пункт	Расстояние от дороги, м	Fe	Mn	Pb	Cd
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.)					
Кировский, с. Богатыревка	10	<u>336</u>	<u>34.3</u>	<u>1.56</u>	<u>0.09</u>
		320	4.9	0.30	0.05
Кизилюртовский, с. Акнада	10	<u>241</u>	<u>52.3</u>	<u>1.13</u>	<u>0.17</u>
		350	56.0	0.04	0.15
Кировский р-он г. Махачкалы, с. Шамхал	10	<u>313</u>	<u>50.3</u>	<u>0.39</u>	<u>0.07</u>
		720	51.0	0.03	0.02
Карабудахкентский, с. Манаскент	10	<u>206</u>	<u>33.0</u>	<u>0.82</u>	<u>0.08</u>
		236	53.0	0.43	0.05
Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	5	<u>706</u>	<u>85.3</u>	<u>0.31</u>	<u>0.03</u>
		630	57.0	0.72	0.02
Тысячелистник благородный (<i>Achillea nobilis</i> L.)					
Кумторкалинский, с. Учкент	10	<u>1956</u>	<u>120.6</u>	<u>2.30</u>	<u>0.19</u>
		1070	110.0	1.20	0.08
Кумторкалинский, с. Учкент	50	<u>807</u>	<u>27.80</u>	<u>0.84</u>	<u>0.37</u>
		1630	45.0	1.28	0.26
Кизилюртовский, с. Стальское	50	<u>490</u>	<u>29.30</u>	<u>0.58</u>	<u>0.53</u>
		720	36.0	0.51	0.03
Тысячелистник Биберштейна (<i>Achillea biebersteinii</i> Afan.)					
Кумторкалинский, с. Учкент	10	<u>653</u>	<u>91.0</u>	<u>0.74</u>	<u>0.22</u>
		702	82.0	1.10	0.07
Кумторкалинский, с. Учкент	70	<u>308</u>	<u>72.0</u>	<u>0.50</u>	<u>0.04</u>
		1070	94.0	0.88	0.04
Кизилюртовский, с. Стальское	50	<u>736</u>	<u>41.0</u>	<u>1.03</u>	<u>0.25</u>
		412	30.0	0.41	0.30
МДУ для кормовых трав (Санитарные ..., 2002)	–	–	–	5.0	0.3

Примечание к таблице 4: в числителе – содержание элементов в надземной, в знаменателе – в подземной массе растений. Полужирным шрифтом выделены превышения максимально допустимого уровня (МДУ), мг/кг.

Тысячелистник обыкновенный аккумулирует наибольшие концентрации Pb (0.5 мг/кг) в корнях и Cd в соцветиях (0.06 мг/кг). Тысячелистник благородный и тысячелистник Биберштейна аккумулируют максимальное содержание Pb (0.4, 0.8 мг/кг), Cd (0.1 мг/кг) в листьях (рис. 1).

Выявлены различия в содержании Pb в органах тысячелистника обыкновенного равнинной зоны в зависимости от загрязнения (рис. 2). В растениях фоновых участков Pb накапливается в корнях (0.5 мг/кг), а на загрязненных участках – в соцветиях растений (1.1 мг/кг).

Максимальные концентрации Pb на фоновых и антропогенно нарушенных участках у тысячелистника благородного (0.4, 2.5 мг/кг), тысячелистника Биберштейна (0.8, 1.2 мг/кг) содержатся в листьях.

Полученные данные позволили рассчитать коэффициенты биогеохимической подвижности изученных элементов для лекарственного сырья разных видов тысячелистника.

Значения Vх показывают, что растения природных местообитаний характеризуются высоким накоплением Fe (49.6-190.7), Pb (0.8-4.4), Cd (2-3.7), но низким Mn (0.25-0.6).

В среднем убывающий ряд Vх для растений тысячелистника обыкновенного, отобранных на

незагрязненных участках, выглядит следующим образом: для надземной и подземной массы – Fe (53.6, 49.6) > Cd (3.7, 2) > Pb (0.8, 1.5) > Mn (0.3, 0.4); для надземной и подземной массы тысячелистника благородного: Fe (115.7; 190.7) > Cd (3.5; 2) > Pb (1.35; 2) > Mn (0.25; 0.35). Для тысячелистника Биберштейна для надземной – Fe (141) > Cd (3.2) > Pb (2.5) > Mn (0.5), для подземной – Fe (135.2) > Pb (4.4) > Cd (3.2) > Mn (0.6).

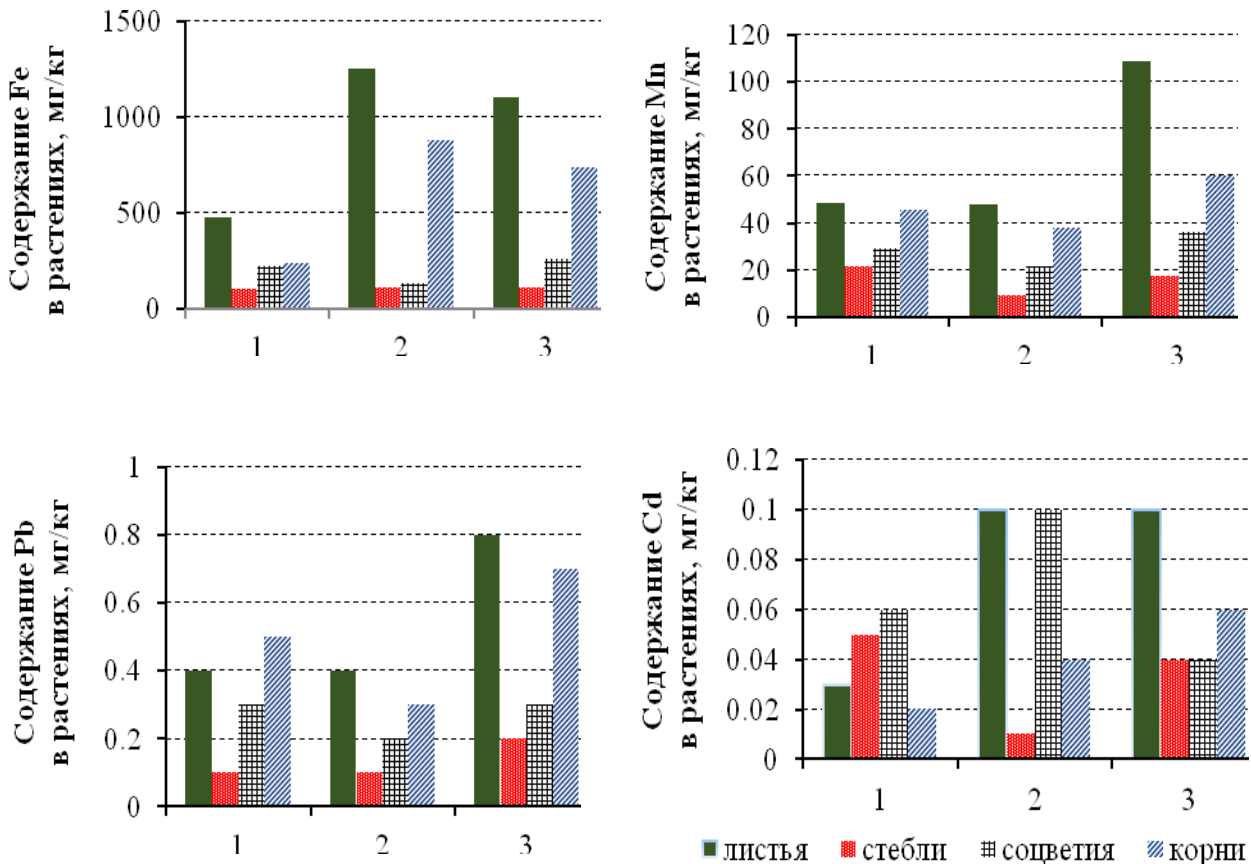


Рис. 1. Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea* L. фоновых участков равнинной зоны Дагестана, мг/кг. Условные обозначения: 1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник Биберштейна.

В антропогенно нарушенных местообитаниях наибольшие Вх отмечены для Fe (32.7-269.3), Cd (2.9-17.4), а наименьшие для Mn (0.41-0.86) и Pb (0.21-1).

В среднем убывающий ряд Вх для тысячелистника обыкновенного антропогенно нарушенных местообитаний выглядит следующим образом: для надземной массы Fe (32.7) > Cd (8.8) > Pb (0.68) > Mn (0.46), для подземной массы – Fe (39.6) > Cd (5.8) > Mn (0.41) > Pb (0.21). Для надземной и подземной массы тысячелистника благородного: Fe (269.3; 255.3) > Cd (17.4; 9.5) > Pb (0.56; 0.5) > Mn (0.5; 0.53). Для надземной и подземной массы тысячелистника Биберштейна: Fe (186.5; 224.5) > Cd (3.83; 2.9) > Pb (1; 1) > Mn (0.8; 0.86).

По величинам Вх для надземной массы растений, произрастающих в условиях загрязняющего воздействия, виды располагаются в виде следующих убывающих рядов:

Fe – тысячелистник благородный > тысячелистник Биберштейна > тысячелистник обыкновенный;

Mn – тысячелистник Биберштейна > тысячелистник благородный > тысячелистник обыкновенный;

Pb – тысячелистник Биберштейна > тысячелистник обыкновенный > тысячелистник благородный;

Cd – тысячелистник благородный > тысячелистник обыкновенный > тысячелистник Биберштейна.

Среди всех изученных видов тысячелистник благородный больше аккумулирует в надземной массе Fe, Cd, а тысячелистник Биберштейна – Pb.

Заключение

Транспортные магистрали оказывают негативное влияние на накопление ТМ в растениях тысячелистника и почвах равнинной зоны Дагестана. Содержание ТМ в растениях и почвах антропогенно нарушенных участков превышено по сравнению с образцами, отобранными на фоновых участках. Установлено накопление Fe и Mn в листьях всех видов тысячелистника, но наблюдаются различия в накоплении Pb и Cd в разных органах растений природных местообитаний. В загрязненных местообитаниях Pb накапливается в листьях и соцветиях. Для видов тысячелистника характерно более высокое поглощение Fe и Cd по сравнению с Mn и Pb.

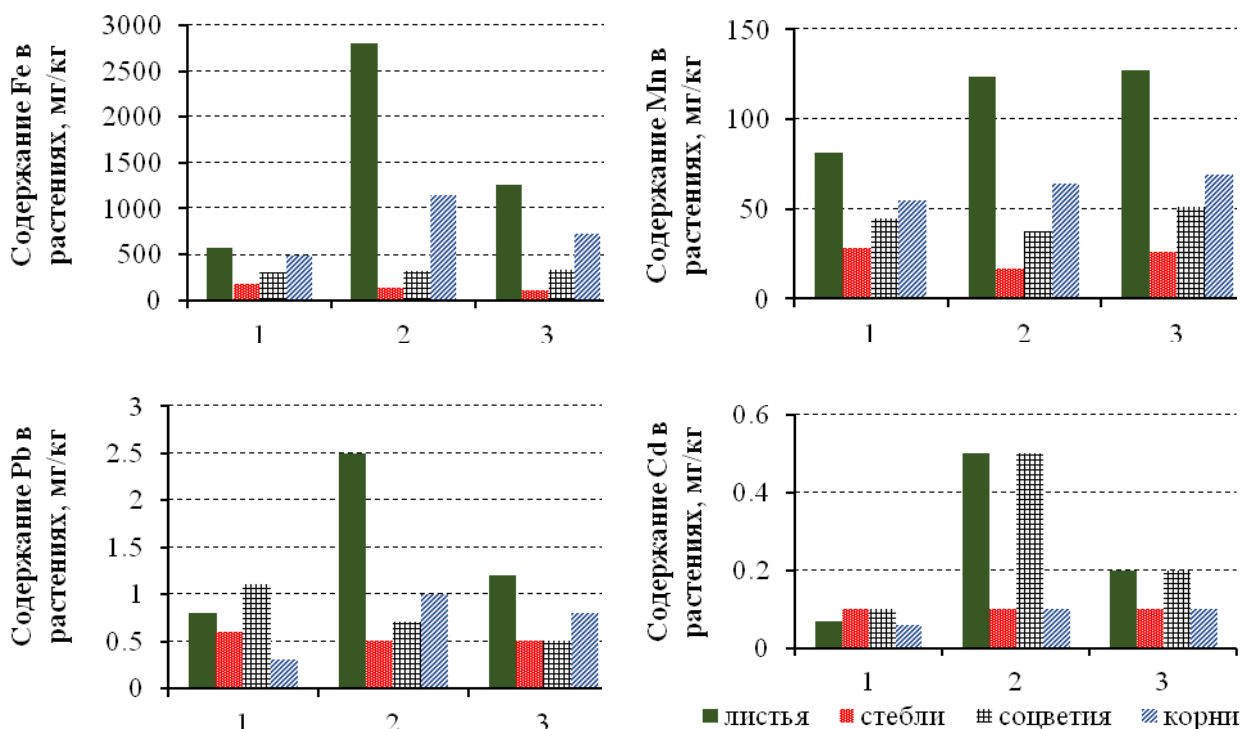


Рис. 2. Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea* L антропогенно нарушенных участках равнинной зоны Дагестана, мг/кг. Условные обозначения: 1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник Биберштейна.

Для всех видов тысячелистника загрязненных местообитаний V_x Cd выше 1, что означает его высокое поглощение из почвы, а Mn меньше 1, что означает слабое биологическое поглощение из почвы, а V_x Pb среднего уровня накопления ($V_x = 1$) у тысячелистника Биберштейна, низкого уровня у остальных видов. Максимальные значения V_x выявлены для Fe – 32.7-269.3, что свидетельствует об интенсивности поглощения элемента растениями. По рассчитанным средним значениям V_x для всех участков выявлена максимальная аккумуляция в надземной массе тысячелистника благородного Fe, Cd, у тысячелистника Биберштейна – Pb. В условиях загрязнения в растениях *Achillea nobilis*, отобранных в с. Учкент, с. Стальское, содержание Cd превышает МДУ в 1.2-1.7 раза.

Финансирование. Работа выполнена в лаборатории почвенных и растительных ресурсов Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН в рамках темы Госзадания № 0205-2016-0003 «Динамика почвенного покрова и биопродуктивности экосистем Северо-Западного Прикаспия и Восточного Кавказа». Рег. № АААА-А17-117081640024-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С. 1996. Физическая география Дагестана. М.: Школа. 381 с.
 Андреева И.В., Говорига В.В. 2008. К вопросу о возможных причинах высокой подвижности никеля в растениях // Агрехимия. № 6. С. 68-71.
 Басов Ю.В., Басов А.Ю. 2010. Особенности аккумуляции тяжелых металлов гречихой в условиях техногенеза //

- Вестник Орловского государственного аграрного университета. Т. 25. № 4. С. 39-43.
- Веригина К.В. 1977. Инструкция по определению тяжелых металлов и фтора химическими методами в почвах, растениях и водах при изучении загрязненности окружающей среды. Почвенный институт им. В.В. Докучаева. М. 46 с.
- ГН 2.1.7.2041-06. 2006. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве. М. 6 с.
- ГН 2.1.7.2511-09. 2009. Гигиенические нормативы. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М. 3 с.
- ГОСТ 174.3.01-83. 1983. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. 3 с.
- ГОСТ 26213-91. 1991. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР. 8 с.
- Говорина В.В., Ракипов Н.Г., Кео Сопхеак Лин, Сидоренкова Н.К. 2007. Содержание и распределение кадмия, свинца и никеля в растениях яровой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания и загрязнения тяжелыми металлами // *Агрохимия*. № 3. С. 61-67.
- Гринкевич Н.И. 1975. Влияние геохимических факторов среды на накопление биологически активных веществ лекарственных растений. Автореф. дисс. ... докт. фармацевт. наук. М. 40 с.
- Даваева Ц.Д., Сангаджиева О.С., Бамбаева Е.Н., Сангаджиева Л.Х. 2017. Изменение степени аккумуляции тяжелых металлов растениями сенокосов и пастбищ аридных территорий // *Материалы XIX Международной научной конференции с элементами научной школы молодых ученых «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России»*. Махачкала. С. 186-188.
- Дмитраков Л.М., Дмитрикова Л.К. 2006. Транслокация свинца в растения овса // *Агрохимия*. № 2. С. 71-77.
- Елькина Г.Я. 2008. Поведение меди в системе почва-растение в условиях европейского северо-востока // *Агрохимия*. № 6. С. 72-79.
- Ильин В.Б. 2006. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе почва – сельскохозяйственная культура // *Агрохимия*. № 3. С. 52-59.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. 1989. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир. 439 с.
- Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Сорокина О.И., Гунин П.Д., Бажа С.Н., Энх-Амгалан С. 2011. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г. Улан-Батор (Монголия) // *Аридные экосистемы*. Т. 17. № 4 (49). С. 14-31.
- Кортиков В.Н., Кортиков А.В. 2002. Полная энциклопедия лекарственных растений. Ростов на Дону: Проф-Пресс. 800 с.
- Минкина Т.М., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А., Назаренко О.Г., Максимов А.Ю., Замулина И.В., Бурачевская М.В., Сушкова С.Н. 2018. Аккумуляция тяжелых металлов разнотравной степной растительностью по данным многолетнего мониторинга // *Аридные экосистемы*. Т. 24. № 3 (76). С. 43-55. [Minkina T.M., Mandzhiyeva S.S., Chaplygin V.A., Nazarenko O.G., Maksimov A.Yu., Zamulina I.V., Burachevskaya M.V., Sushkova S.N. 2108. Accumulation of Heavy Metals by Forb Steppe Vegetation According to Long-Term Monitoring Data // *Arid Ecosystems*. Vol. 8. No. 3. P. 190-202.]
- Перельман А.И., Касимов Н.С. 1999. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000. 610 с.
- Правила сбора и сушки лекарственных растений (сборник инструкций). 1985 / Ред. А.И. Шретер. М: Медицина. 328 с.
- Практикум по агрохимии. Учебное пособие. 2001. 2-е изд., перераб. и доп. / Ред. В.Г. Минеев. М.: Изд-во МГУ. 689 с.
- Разумов В.А. 1986. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. М.: Россельхозиздат. 303 с.
- Санитарные правила и нормы. 2002. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Приор. 464 с.
- Семенова В.В. 2019. Воздействие антропогенного фактора на накопление тяжелых металлов в видах рода *Achillea* L., произрастающих в предгорной зоне Дагестана // *Экология урбанизированных территорий*. М.: Камертон. № 1. С. 87-92.
- Godzik B. 1991. Accumulation of Heavy Metals in *Biscutella laevigata* (Cruciferae) as a Function of Their Concentration in Substrate // *Polish Botanical Studies*. Vol. 2. P. 241-246.
- Monni S., Uhlig C., Hansen E., Magel E. 2001. Ecophysiological Responses of *Empetrum nigrum* to Heavy Metal Pollution // *Environmental Pollution*. Vol. 112. P. 121-129.