



УДК 574.24:615.322

Накопление тяжелых металлов и мышьяка листьями подорожника большого

Н. А. Дьякова

Дьякова Нина Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, Воронежский государственный университет, Ninochka_V89@mail.ru

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Целью исследования являлось изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере листьев подорожника большого, собранных в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Исследование проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам, изучалось накопление тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия, никеля, меди, цинка, кобальта, хрома) и мышьяка, в 51 образце листьев подорожника большого. Сравнивая данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и содержание этих элементов в листьях подорожника большого, можно предполагать наличие значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в генеративных органах растения, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Оказалось, подорожник большой способен избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня; при значительном же содержании данных элементов в почвах растение также физиологически блокировало их поступление в листья. На основании этого можно сделать вывод, что для подорожника большого в условиях антропогенной нагрузки происходит формирование эдафотипа в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям. Результаты исследований показали, что листья подорожника большого способны накапливают токсические элементы из почв, что важно при планировании мест заготовки лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

Ключевые слова: Воронежская область, листья подорожника большого, тяжелые металлы.

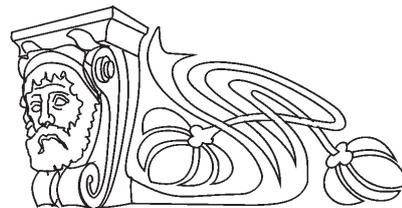
Поступила в редакцию: 21.02.2020 / Принята: 28.02.2020 / Опубликовано: 01.06.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-2-232-239>

Введение

Воронежская область является экономически значимым районом растениеводства и земледелия. При этом освоение минеральных



ресурсов, активная химизация в сельском хозяйстве, последствия Чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем. Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов, особенно тяжелых металлов, в организм человека [1–3].

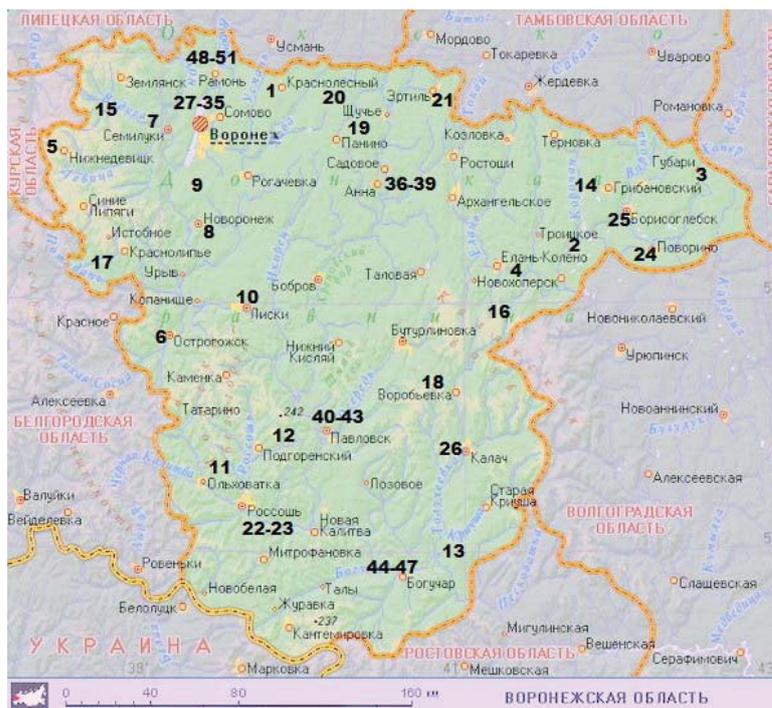
Цель исследования – изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере листьев подорожника большого, собранных в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие.

Материалы и методы

Объектом исследования были выбраны листья подорожника большого (*Plantago major* L.). Подорожник большой является многолетним травянистым синантропным растением, произрастающим в Воронежской области повсеместно [1].

Выбор районов для сбора образцов на территории Воронежской области обусловлен особенностями воздействия человека (рисунок): химические промышленные предприятия (23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (27); атомная электростанция (АЭС) в г. Нововоронеж (8); международный аэропорт им. Петра I (30); улица г. Воронежа (ул. Димитрова) (31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); Воронежское водохранилище (рис.: 29); малые города (г. Борисоглебск (25), г. Калач (26)); зона значительного месторождения никелевых руд (4); районы, находящиеся в зоне радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС (5–7); районы активного ведения сельского хозяйства (10–22); фон (для сравнения) – заповедные территории (1–3)). Также проводили отбор проб вдоль дорог разной степени загруженности: лесная зона (32) – трасса М4 «Дон», лесостепная зона (33) – трасса А144 «Курск-Саратов», степная зона (34) – трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога малой загруженности (35) и железная дорога (36).

Анализ образцов листьев подорожника большого проводился на аналитическом комплексе



Карта отбора образцов
Sampling card

на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам [4]. Каждое определение проводили тоекратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel». В образцах определяли концентрацию наиболее токсичных элементов: свинца, мышьяка, ртути, кадмия, никеля, цинка, кобальта, хрома и меди.

Результаты и их обсуждение

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в образцах листьев подорожника большого, собранной на изучаемых территориях, представлено в таблице.

Содержание свинца в листьях подорожника большого в среднем составляло 1,12 мг/кг, принимая значения от 0,37 мг/кг (для образца, собранного в Репьевском районе вдоль сельскохозяйственных угодий) до 3,22 мг/кг (для образца, собранного вдоль трассы М4 в Рамонском районе). Концентрация свинца в почвах районов, в которых производился сбор образцов, варьировала от 1,71 до 34,57 мг/кг [2]. Связать низкое накопление свинца в тканях листовой пластинки подорожника большого можно с тем, что соединения данного элемента малорастворимы, что может ограничивать его биодоступность для растения. Кроме того, возможно предположить

наличие физиологического барьера в растении, препятствующего накоплению данного фитотоксиканта, вызывающего в большом количестве выраженное ингибирование процессов роста и развития растения [5].

Концентрация ртути в образцах подорожника большого варьировала от 0,005 до 0,009 мг/кг, что в 11–20 раз меньше установленной нормативной документацией предельно допустимой концентрации. Содержание элемента в листьях подорожника большого также значительно меньше содержания его в почве исследуемых районов [2]. Это также можно объяснить тем, что в почве ртуть образует малорастворимые соединения, которые достаточно прочно удерживаются почвенными коллоидами. Также понижение фитотоксичности ртути можно связать с наличием в растениях действующей системы инактивации токсикантов.

Содержание кадмия в сухом растительном сырье подорожника большого варьировало от 0,02 до 0,27 мг/кг, что также значительно меньше установленных фармакопейной статьёй нормативов. При этом содержание кадмия в верхних слоях почв рассматриваемых территорий в некоторых образцах превышало установленные нормативы и достигало значений 0,71 мг/кг [2]. Объяснить низкую степень накопления кадмия в листьях подорожника большого можно тем,



Содержание тяжелых металлов и мышьяка в образцах листьев подорожника большого (*Plantago major* L.)
Heavy metal and arsenic content of leaves of a plantain big (*Plantago major* L.)

№	Район сбора / Area of collecting	Валовое содержание элемента, мг/кг / Gross element content, mg/kg										
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn		
1	Воронежский биосферный заповедник / Voronezh biosphere reserve	0,67	0,007	0,02	0,32	1,53	2,22	0,38	3,24	18,50		
2	Хоперский заповедник / Khopyor reserve	0,46	0,005	0,04	0,30	2,53	1,46	0,51	5,11	21,69		
3	Борисоглебский район / Borisoglebsk district	0,56	0,006	0,02	0,24	1,29	1,20	0,27	4,01	26,11		
4	с. Елань-Колено / village of Elan-Koleno	0,75	0,005	0,05	0,27	2,61	2,63	0,64	3,76	30,29		
5	с. Нижнедевицк / village of Nizhnedevitsk	0,63	0,006	0,03	0,25	1,10	3,61	0,71	5,63	18,16		
6	г. Острогожск / city of Ostrogzhsk	0,86	0,009	0,11	0,32	3,72	3,02	1,16	6,71	31,72		
7	г. Семилуки / city of Semiluki	0,90	0,009	0,12	0,37	2,83	4,05	1,51	6,29	36,96		
8	г. Нововоронеж / city of Novovoronezh	0,78	0,007	0,01	0,27	1,96	2,62	0,62	6,04	19,04		
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ) / High-voltage power transmission lines (Novovoronezhsky city district)	0,85	0,006	0,01	0,24	1,40	4,89	0,97	5,28	43,85		
10	Лисинский р-н / Liskinsky district	1,05	0,007	0,14	0,26	1,28	3,74	0,59	6,49	11,54		
11	Ольховатский р-н / Olkhovatsky district	0,79	0,006	0,11	0,43	3,02	5,93	0,83	4,30	28,26		
12	Подгоренский р-н / Podgorensky district	0,90	0,009	0,19	0,35	4,29	2,08	0,50	7,47	21,80		
13	Петропавловский р-н / Peter and Paul district	0,76	0,006	0,17	0,21	0,96	3,63	0,77	7,04	24,87		
14	Грибановский р-н / Gribovsky district	0,70	0,006	0,05	0,47	4,19	4,84	0,71	5,13	25,12		
15	Хохольский р-н / Khokholsky district	0,78	0,006	0,15	0,32	2,70	5,59	0,96	4,38	21,86		
16	Новохоперский р-н / New Khopyor district	0,57	0,007	0,17	0,36	2,18	1,86	0,63	3,97	23,73		
17	Репьевский р-н / Reruevsky district	0,37	0,006	0,13	0,44	2,62	2,95	1,42	4,68	26,09		
18	Воробьевский р-н / Vorobyevsky district	0,68	0,009	0,09	0,25	3,48	2,91	0,64	5,58	19,42		
19	Панинский р-н / Paninsky district	0,73	0,006	0,16	0,43	3,79	3,83	0,92	4,44	30,61		
20	Верхнехавский р-н / Verkhnekhavsky district	1,90	0,006	0,19	0,46	2,71	2,73	0,49	6,16	31,08		
21	г. Эртиль / city of Ertil	1,37	0,007	0,10	0,26	4,27	3,71	0,84	4,76	35,16		
22	Россошанский р-н / Rossosh district	0,63	0,006	0,13	0,45	4,80	4,74	0,39	7,04	24,02		
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь) / Near OJSC «Minudobriya» (city of Rossoch)	1,08	0,009	0,25	0,87	6,49	10,50	2,16	8,00	42,86		
24	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино) / Near LLC «Bormash» (city of Povorino)	3,18	0,009	0,27	0,65	4,84	9,42	1,86	9,87	36,70		
25	г. Борисоглебск / city of Borisoglebsk	1,63	0,008	0,17	0,41	4,40	9,90	1,74	5,81	31,84		
26	г. Калач / city of Kalach	2,58	0,009	0,18	0,39	4,66	10,38	1,38	6,49	37,17		
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж) / Near «VOGRES» Thermal Power Plant (city of Voronezh)	1,78	0,009	0,17	0,78	4,65	7,04	1,59	6,27	30,04		



Окончание таблицы / End of the table

№	Район сбора / Area of collecting	Валовое содержание элемента, мг/кг / Gross element content, mg/kg										
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn		
28	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж) / Near LLC "Sibur" (city of Voronezh)	2,37	0,007	0,13	0,32	3,21	6,53	1,15	8,70	51,64		
29	Вдоль водохранилища (г. Воронеж) / Along the reservoir (city of Voronezh)	0,84	0,007	0,11	0,45	4,24	3,65	0,48	3,89	32,98		
30	Вблизи аэропорта / Near the airport	1,75	0,009	0,17	0,43	5,71	4,82	0,52	7,48	29,52		
31	Улица г. Воронеж (ул. Ленинградская) / city of Voronezh Street (Leningrad Str.)	1,13	0,009	0,22	0,32	5,46	11,41	3,05	11,51	66,96		
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н) / Along the M4 route (Ramon district)	3,23	0,008	0,17	0,47	7,1	10,39	2,37	12,55	59,02		
33	100 м от трассы М4 (Рамонский р-н) / 100 m from M4 Route (Ramon District)	1,14	0,008	0,08	0,43	5,83	5,92	1,16	9,30	42,07		
34	200 м от трассы М4 (Рамонский р-н) / 200 m from M4 Route (Ramon District)	0,79	0,006	0,06	0,36	3,41	4,19	0,63	5,39	37,37		
35	300 м от трассы М4 (Рамонский р-н) / 300 m from M4 Route (Ramon District)	0,56	0,006	0,07	0,34	2,76	3,02	0,46	5,21	29,21		
36	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н) / Along the А144 route (Anna district)	3,15	0,008	0,16	0,36	8,90	8,38	2,07	11,41	51,86		
37	100 м от трассы А144 (Аннинский р-н) / 100 m from the route А144 (Anna district)	1,62	0,006	0,12	0,35	7,22	6,41	1,51	9,54	45,58		
38	200 м от трассы А144 (Аннинский р-н) / 200 m from the route А144 (Anna district)	0,58	0,006	0,07	0,27	5,34	4,94	0,77	7,27	32,17		
39	300 м от трассы А144 (Аннинский р-н) / 300 m from the route А144 (Anna district)	0,50	0,007	0,03	0,23	3,09	4,83	0,69	6,84	25,62		
40	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н) / Along the М4 route (Pavlovsk district)	2,36	0,008	0,19	0,37	8,49	7,60	2,58	9,39	62,83		
41	100 м от трассы М4 (Павловский р-н) / 100 m from the М4 route (Pavlovsky district)	1,09	0,007	0,12	0,36	7,16	6,47	1,88	8,20	52,95		
42	200 м от трассы М4 (Павловский р-н) / 200 m from the М4 route (Pavlovsky district)	0,97	0,007	0,08	0,27	3,25	5,27	1,05	7,78	32,86		
43	300 м от трассы М4 (Павловский р-н) / 300 m from the М4 route (Pavlovsky district)	0,86	0,006	0,06	0,29	3,10	3,66	1,16	5,93	24,90		
44	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н) / Along the non-high-speed road (Boguchar district)	1,63	0,007	0,05	0,43	5,72	3,74	0,64	5,28	32,07		
45	100 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н) / 100 m from non-high-speed road (Boguchar district)	0,55	0,005	0,03	0,32	5,37	2,95	0,59	4,85	25,62		
46	200 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н) / 200 m from non-high-speed road (Boguchar district)	0,45	0,005	0,03	0,30	3,18	3,62	0,60	5,19	28,64		
47	300 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н) / 300 m from non-high-speed road (Boguchar district)	0,47	0,005	0,01	0,21	2,52	3,05	0,47	4,41	27,97		
48	Вдоль железной дороги / Along the railroad	1,56	0,009	0,13	0,43	8,37	4,59	2,35	12,67	48,05		
49	100 м от железной дороги / 100 m from the railroad	0,53	0,009	0,10	0,42	7,31	3,92	1,28	8,12	39,67		
50	200 м от железной дороги / 200 m from the railroad	0,50	0,007	0,05	0,39	5,29	2,87	0,87	5,19	32,07		
51	300 м от железной дороги / 300 m from the railroad	0,50	0,007	0,02	0,36	3,21	3,10	0,64	5,07	29,60		
Среднее содержание элемента в сырье / Average element content of raw material		1,12	0,007	0,11	0,37	4,11	4,74	1,07	6,57	33,13		
Предельно допустимая концентрация / Threshold limit value		6,0	0,1	1,0	0,5	—	—	—	—	—		



что кадмий является основным фитотоксичным элементом, нарушающим работу большинства ферментных и антиоксидантных систем, в связи с чем, вероятно, у растений в процессе эволюции вырабатывается механизм физиологической блокировки всасывания и проведения его соединений по тканям и органам, что является основой их выживания в условиях техногенного загрязнения окружающей среды данным элементом [6, 7].

Содержание мышьяка в листьях подорожника большого можно оценить как значительное: среднее содержание данного элемента в сырье составляет 0,37 мг/кг, при этом варьирует в диапазоне от 0,21 мг/кг (для образца, собранного в Петропавловском районе вдоль сельскохозяйственных полей) до 0,87 мг/кг (для образца, собранного на расстоянии 700 м от ОАО «Минудобрения»). В трех изучаемых образцах отмечено превышение предельно допустимой концентрации, установленной нормативной документацией в 0,5 мг/кг (для образцов, собранных вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения» в Россошанском районе, ООО «Бормаш» в Поворинском районе и вблизи теплоэлектроцентрали «ВОГРЭС»). Содержание мышьяка в верхних слоях почв гораздо значительнее – от 0,55 до 3,81 мг/кг в разных точках отбора образцов [2]. При этом соединения мышьяка обладают низкой растворимостью и подвижностью в почве, что связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами, поэтому мышьяк становится малодоступным для растений элементом. С увеличением содержания мышьяка в почве возможно его токсическое действие на растительные организмы: увядание листьев, замедление темпов роста, клеточный плазмоз. Поэтому можно предположить наличие у подорожника большого эволюционно выработанных биохимических механизмов, тормозящих избыточное накопление мышьяка [7, 8].

Накопление никеля в изучаемых образцах листьев подорожника большого варьирует в диапазоне от 1,10 (для образца, собранного в Нижнедевицком районе) до 8,90 мг/кг (для образца, собранного вдоль трассы А144 в Аннинском районе), при этом концентрация металла в почве принимала значения от 2,23 до 98,25 мг/кг. При сопоставлении концентраций данного элемента в образцах растительного сырья и в верхних слоях почв [2] заметно, что при низком содержании никеля в почве он достаточно эффективно накапливается растением, что указывает на некоторую физиологическую потребность в нем для подорожника большого. Так, известно, что

никель необходим растительному организму для стабилизации работы трансляционного аппарата, активации некоторых ферментов, например, трансаминазы и аргиназы. Однако при повышенном содержании элемента в почве растение резко снижает эффективность его накопления, что, по-видимому, связано с токсическим действием избытка никеля, для которого описаны способности угнетения процессов фотосинтеза и транспирации [7, 9].

Анализ накопления хрома в листьях подорожника большого также свидетельствует о наличии физиологического барьера. Так, содержание данного металла в разных образцах сырья варьирует от 1,20 (для образца, собранного в заповедной зоне в Борисоглебском районе) до 11,41 мг/кг (для образца, собранного на улице г. Воронежа), при концентрации его в верхних слоях почв от 2,53 до 45,16 мг/кг [2]. Хром является фитотоксичным элементом. Повышенные концентрации его снижают размеры листьев, задерживают их рост, изменяется мезоструктура листа [7, 10].

Накопление кобальта в листьях подорожника большого также характеризуется наличием физиологического барьера. Так, содержание соединений кобальта в сырье варьирует от 0,38 (для образца, собранного в Воронежском биосферном заповеднике) до 3,05 мг/кг (для образца, собранного на улице г. Воронежа), при этом концентрация элемента в почве характеризуется значениями от 1,84 до 21,78 мг/кг [2]. При этом наиболее значительны концентрации хрома и кобальта в листьях подорожника большого, собранной вдоль дорог и на улице г. Воронежа, что наводит на мысль об аэрозольном загрязнении сырья данным токсикантом от выбросов автомобильного транспорта, а всасывание металла из почвы и накопление его в вегетативных органах, вероятно, блокируется биохимическим путем [7, 9].

Содержание меди в листьях подорожника большого можно оценить как высокое, в отобранных образцах оно варьировало от 3,24 (для образца, собранного в Воронежском биосферном заповеднике) до 12,67 мг/кг (для образца, собранного вдоль железной дороги в Рамонском районе). В почвах изучаемых территорий концентрация меди варьировала от 3,30 до 65,38 мг/кг [2]. Концентрация металла в некоторых образцах сырья (например, на территории Воронежского биосферного заповедника) превышала концентрацию его в почве территории, что позволяет говорить о концентрирующей способности по-



дорожника большого в отношении меди. Медь повышает интенсивность фотосинтеза и образования хлорофилла, активизирует углеводный и азотный обмены. Высокие концентрации меди приводят к замедлению развития растения, появлению бурых пятен на нижних листьях и их отмиранию. Так, на территориях с повышенным содержанием элемента в окружающей среде (вблизи ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», вдоль автомобильных дорог) отобранное сырье отличалось содержанием меди в 4–5 раз меньшим, чем в почвах, что также указывает на наличие физиологического барьера накопления избытка данного элемента [7, 11].

В условиях эксперимента отмечена также концентрирующая активность подорожника большого в отношении цинка. Содержание элемента в листьях растения варьирует от 11,54 (для образца, собранного в Лискинском районе вдоль сельскохозяйственных угодий) до 66,96 мг/кг (для образца, собранного на улице г. Воронежа), при его концентрации в почвах анализируемых территорий от 9,58 до 154,45 мг/кг [2]. Полученные результаты показывают, что при низких значениях содержания цинка в окружающей среде листья подорожника большого с данных территорий накапливают металл в превосходящих его содержание в почве концентрациях (что, например, отмечается для всех территорий сравнения – Воронежский биосферный заповедник, Хоперский заповедник, Борисоглебский район и др.). Это объясняется важным значением цинка в обменных процессах растения. Его физиологическая роль заключается в активации многих ферментативных реакций, – он является кофактором более 300 ферментов. Однако при загрязнении окружающей среды цинком срабатывают защитные механизмы, предотвращающие накопление избытка данного металла в растении, что можно связать с токсическим действием больших его концентраций. Данный факт отмечается для большого числа образцов листьев подорожника большого, отобранных на территории городов (г. Калач, г. Борисоглебск, г. Воронеж), вблизи промышленных предприятий (ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ТЭЦ «ВОГРЭС», ООО «Сибур»), а также вдоль и на ближайшем удалении от крупных автомобильных дорог и железнодорожного полотна [7, 8, 12].

Заключение

Были проанализированы свыше 50 образцов листьев подорожника большого, собранных в различных по уровню антропогенного воздей-

ствия районах Воронежской области, на предмет содержания тяжелых металлов и мышьяка. Сравнивая данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и содержание этих элементов в листьях подорожника большого, можно предполагать наличие значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в листьях подорожника большого, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Оказалось, подорожник большой способен избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня; при значительном же содержании данных элементов в почвах растение также физиологически блокировало их поступление в листья. На основании этого можно сделать вывод, что для подорожника большого в условиях антропогенной нагрузки происходит формирование эдафотипа в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям. Результаты исследований показали, что листья подорожника большого способны к накоплению токсических элементов из почв (в частности, мышьяка), а также, в силу большой площади листовой пластинки, возможно значительное загрязнение данного сырья аэрозольным путем (в частности, хромом и кобальтом), что важно учитывать при планировании мест заготовки данного лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

Список литературы

1. Дьякова Н. А. Эффективность и радиационная безопасность лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. Т. 3, № 24. С. 140–143.
2. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной // Вестник ВГУ. Сер. Химия, Биология, Фармация. 2017. № 1. С. 148–154.
3. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 628 с.
4. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд. XIV. Т. 2. М.: ФЭМБ, 2018. 1423 с.
5. Семенова И. Н., Сингизова Г. Ш., Зулкарнаев А. Б., Ильбулова Г. Ш. Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *Anethum graveo-*



- lens L. // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (дата обращения: 10.11.2019).
6. Шигабаева Г. Н. Тяжелые металлы в почвах некоторых районов г. Тюмени // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. Экология и природопользование. 2015. Т. 1, № 2. С. 92–102.
 7. Немерешина О. Н., Гусев Н. Ф., Петрова Г. В., Шайхутдинова А. А. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжёлыми металлами // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. 2012. № 1 (33). С. 230–234.
 8. Зайцева М. В., Кравченко А. Л., Стекольников Ю. А., Сотников В. А. Тяжелые металлы в системе почва-растение в условиях загрязнения // Ученые записки Орл. гос. ун-та. Сер. Естественные, технические и медицинские науки. 2013. № 3 (53). С. 190–192.
 9. Austenfeld F. A. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. // Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde. 1979. Bd. 142, H. 6. S. 769–777.
 10. Sharma D. S., Chatterjee C., Sharma C. P. Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism // Plant. Sci. 1995. Vol. 2. P. 145–151.
 11. Buszewski B., Jastrzebska A., Kowalkowski T. Monitoring of Selected Heavy Metals Uptake by Plants and Soils in the Area of Torun // Poland Polish Journal of Environmental Studies. 2000. Vol. 9, № 6. P. 511–515.
 12. Cataldo D. A., Wildung R. E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants // Environ Health Perspect. 1978. December. Vol. 27. P. 149–159.

Образец для цитирования:

Дьякова Н. А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка листьями подорожника большого // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, вып. 2. С. 232–239. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-2-232-239>

Accumulation of Heavy Metals and Arsenic in the Leaves of *Plantago Major*

N. A. Dyakova

Nina A. Dyakova, <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>, Voronezh State University, 1 University pl., Voronezh 394006, Russia, Ninotchka_V89@mail.ru

Voronezh Oblast is traditionally important agricultural and plant-growing region. The purpose of this study was to examine heavy metal contamination of medicinal plant products of Voronezh Oblast using the leaves of *Plantago major* L. that were collected in urban and agricultural ecosystems, exposed to anthropogenic impacts. The analysis was carried out using atomic absorption spectrometer MGA-915 MD, according to pharmacopeial methods. Accumulation of heavy metals (cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, mercury, nickel, zinc) and arsenic in 51 samples of *P. major* leaves was evaluated. In comparing heavy metal content in top layers of soil to the data obtained on the leaves of *P. major* we assume the existence of significant physiological barriers, preventing the accumulation of ecotoxicants in generative plant organs. The most remarkable effects were observed for lead, mercury, arsenic, cadmium, cobalt and chromium. It was found that *P. major* is capable of selectively concentrating of several heavy metals bound at enzyme active sites (copper and zinc, for instance) if the metal content in environment is lower than required for life sustaining. The transport of these chemical elements to the leaves was blocked by the plant if the amount of metals in soils was significant. Based on this evidence we can conclude that anthropogenic impact leads to formation of edaphotype of *P. major* due to selection under conditions of technogenic pollution and adaptation to these conditions. The results of the study demonstrate the ability of the leaves of *P. major* to accumulate toxic elements from the soils that should

be considered when planning sites of medicinal plant products storage and for their quality assessment.

Key words: Voronezh Oblast, *Plantago major* leaves, heavy metals.

Received: 21.02.2020 / Accepted: 28.02.2020 / Published: 01.06.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

References

1. D'yakova N. A. Effectiveness and radiation safety of medicinal vegetable raw materials of a plantain big, collected in the Central Black Earth. *Drug Development and Registration*, 2018, vol. 3, no. 24, pp. 140–143 (in Russian).
2. D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Comparison of features of accumulation of the basic toxic elements flowers of a linden heart-shaped and tansies ordinary. *Proceeding of Voronezh State University. Chemistry, Biology, Pharmacy*, 2017, no. 1, pp. 148–154 (in Russian).
3. Alekseyenko V. A. *Ekologicheskaya geokhimiya* [Ecological Geochemistry]. Moscow, Logos Publ., 2000. 628 p. (in Russian).
4. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [State pharmacopeia of the Russian Federation]. Ed. XIV. Moscow, FEMB, 2018, vol. 2. 1423 p. (in Russian).
5. Semenova I. N., Singizova G. Sh., Zulkaranaev A. B., Il'bulova G. Sh. Effects of copper and lead on plant growth and development as exemplified by *Anethum graveolens* L., *Modern Problems of Science and Education*, 2015, no. 3. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (accessed 10 November 2019) (in Russian).



6. Shigabayeva G. N. Heavy metals in soils of some districts of Tyumen, *Tyumen State University Herald. Natural Resource and Ecology*, 2015, vol. 1, no. 2, pp. 92–102 (in Russian).
7. Nemereshina O. N., Gusev N. F., Petrova G. V., Shajhudinova A. A. Some aspects of adaptation of *Polygonum aviculare* L. to pollution of the soil heavy metals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2012, no. 1 (33), pp. 230–234 (in Russian).
8. Zaytseva M. V., Kravchenko A. L., Stekol'nikov Y. A., Sotnikov V. A. Heavy metals in a system the soil plant in the conditions of pollution. *Scientific Notes of Orel State University, Ser. Natural, Technical and Medical Sciences*, 2013, vol. 3, no. 53, pp. 190–192 (in Russian).
9. Austenfeld F. A. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. *Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde*, 1979, Bd. 142, H. 6, S. 769–777.
10. Sharma D. S., Chatterjee C., Sharma C. P. Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism. *Plant. Sci.*, 1995, vol. 2, pp. 145–151.
11. Buszewski B., Jastrzebska A., Kowalkowski T. Monitoring of Selected Heavy Metals Uptake by Plants and Soils in the Area of Torun. *Poland Polish Journal of Environmental Studies*, 2000, vol. 9, no. 6, pp. 511–515.
12. Cataldo D. A., Wildung R. E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. *Environ Health Perspect.*, 1978, December, vol. 27, pp. 149–159.

Cite this article as:

Dyakova N. A. Accumulation of Heavy Metals and Arsenic in the Leaves of *Plantago Major*. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2020, vol. 20, iss. 2, pp. 232–239 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-2-232-239>
