

УДК 574.24:615.322

DOI 10.34014/2227-1848-2020-2-145-156

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА ЛИСТЬЯМИ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ (*URTICA DIOICA* L.)

Н.А. Дьякова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Россия

Целью исследования являлось изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере листьев крапивы двудомной, собранных в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих различное антропогенное воздействие.

Материалы и методы. Содержание тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия, никеля, меди, цинка, кобальта, хрома) и мышьяка изучалось в 51 образце листьев крапивы двудомной. Исследование проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам.

Результаты. Все образцы удовлетворяли требованиям нормативной документации по содержанию нормируемых тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути) и мышьяка.

При сравнении данных по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и в листьях крапивы двудомной можно отметить 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, крапива двудомная способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня, и блокировать поступление данных элементов в листья при значительном их содержании в почвах.

Можно предполагать, что для крапивы двудомной в условиях антропогенной нагрузки, проявляющейся в техногенном загрязнении внешней среды, в результате действия отбора и адаптации к этим условиям происходит формирование эдафотипа.

Выводы. Листья крапивы двудомной незначительно накапливают токсические элементы из почв, что важно при планировании мест заготовки лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

Ключевые слова: Воронежская область, листья крапивы двудомной, тяжелые металлы, мышьяк.

Введение. На сегодняшний день в медицинской и фармацевтической практике нашей страны применяется более 6 тыс. лекарственных препаратов на основе лекарственного растительного сырья. Значительный интерес к таким лекарственным средствам обусловлен хорошим терапевтическим эффектом и относительной безвредностью фитопрепаратов [1, 2]. Большая доля заготовок фитосырья проводится в европейской части Российской Федерации, отличающейся значительной плотностью населения, высокой активностью хозяйственной деятельности, развитием транспортных магистралей. В связи с этим возрастает актуальность исследований, касающихся влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений [3, 4].

Синантропным видом растений, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей, является крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) – многолетнее, повсеместно встречающееся травянистое растение, обладающее выраженным кровоостанавливающим и поливитаминным действием. Богатый химический состав листьев растения, включающий каротиноиды, витамины группы В, К, С, хлорофилл, дубильные вещества, флавоноиды, большое количество органических и фенолкарбоновых кислот, обуславливает широкое применение крапивы двудомной в медицине и фармации. Способность накапливать фосфор, медь и цинк благодаря хорошо развитой разветвленной корневой системе определяет использование растения в качестве сырья для

высокопитательного удобрения в садоводстве, а также использование для очистки почв от тяжелых металлов [5–7].

Воронежская область является экономически значимым районом растениеводства и земледелия. При этом освоение минеральных ресурсов, активная химизация сельского хозяйства, последствия Чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем. Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются источниками поступления различных экотоксикантов, в частности тяжелых металлов, в организм человека [8].

Цель исследования. Изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере листьев крапивы двудомной, собранных в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих различное антропогенное воздействие.

Материалы и методы. Выбор территорий Воронежской области для сбора образцов

обусловлен особенностями воздействия человека (рис. 1): химические промышленные предприятия – на рис. 1 обозначены числами 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 – 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 проводился 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, железная дорога – 36.

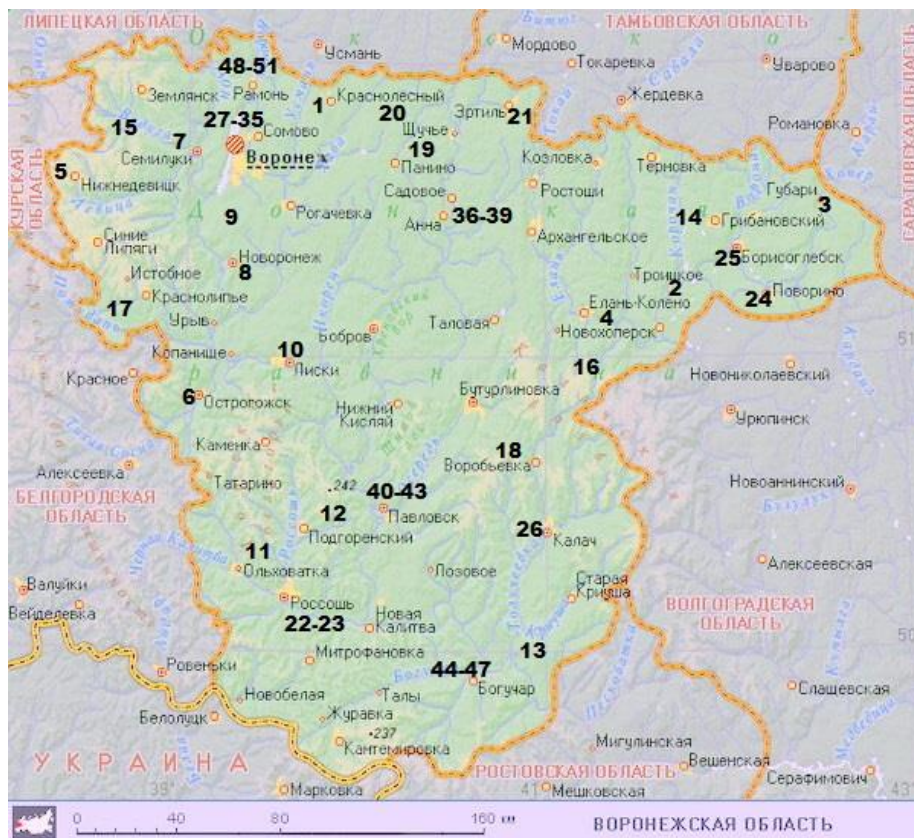


Рис. 1. Карта отбора образцов

Fig. 1. Sampling map

Анализ образцов листьев крапивы двудомной проводился на аналитическом комплексе на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам [9]. В образцах определялась концентрация наиболее токсичных элементов: свинца, мышьяка, ртути, кадмия, никеля, цинка, кобальта, хрома и меди. Каждое определение проводилось троекратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывались с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в образцах листьев крапивы двудомной, собранной на изучаемых территориях, представлено в табл. 1.

Содержание нормируемых фармакопейной статьей тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия) и мышьяка во всех образцах соответствовало требованиям [9]. Однако определяемые концентрации элементов достаточно

сильно варьировали в зависимости от места сбора образцов сырья.

Так, содержание свинца в листьях крапивы двудомной в среднем составляло 0,70 мг/кг, принимая значения от 0,29 мг/кг (для образца, собранного в Репьевском районе) до 2,76 мг/кг (для образца, собранного вблизи предприятия машиностроения ООО «Бормаш» в Повонинском районе). При этом концентрация свинца в почвах районов, в которых производился сбор образцов, составляла от 1,71 до 34,57 мг/кг [1]. Низкое накопление свинца в тканях листовой пластинки крапивы двудомной можно объяснить малой растворимостью соединений данного элемента, что может ограничивать его биодоступность для растения. Кроме того, возможно предположить наличие у растения физиологического барьера, препятствующего накоплению данного фитотоксиканта, вызывающего в большом количестве выраженное ингибирование процессов роста и развития растения [10].

Таблица 1

Table 1

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в образцах листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.)

Heavy metals and arsenic concentrations in *Urtica dioica* L. leaf tissues

№	Район сбора Sampling area	Валовое содержание элемента, мг/кг Gross content of elements, mg/kg								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1	Воронежский биосферный заповедник Voronezh Biosphere Reserve	0,40	0,007	0,01	0,09	1,58	1,74	0,19	5,13	17,83
2	Хоперский заповедник Khopyor Nature Reserve	0,38	0,005	-	0,07	2,56	2,21	0,34	7,78	23,86
3	Борисоглебский район Borisoglebsk district	0,37	0,005	-	0,05	1,79	1,03	0,08	7,30	32,75
4	с. Елань-Колено Village of Elan-Koleno	0,43	0,007	-	0,07	3,46	4,64	0,35	7,37	19,70
5	с. Нижнедевицк Village of Nizhnedevitsk	0,52	0,007	0,02	0,05	1,27	3,86	0,26	6,29	27,09
6	г. Острогожск Ostrogzhsk	0,50	0,007	0,01	0,08	2,54	5,12	0,10	6,70	23,06
7	г. Семилуки Semiluki	0,48	0,007	0,01	0,10	3,73	4,17	0,91	7,36	39,06
8	г. Нововоронеж Novovoronezh	0,36	0,006	0,02	0,06	1,90	2,73	0,67	8,31	26,35

№	Район сбора Sampling area	Валовое содержание элемента, мг/кг Gross content of elements, mg/kg								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ) High-voltage power transmission lines (Novovoronezhsky city district)	0,39	0,006	0,01	0,12	4,76	4,14	1,20	8,53	34,86
10	Лискинский район Liskinskiy district	0,47	0,008	0,02	0,06	1,12	3,85	1,05	6,26	19,08
11	Ольховатский район Olkhovatskiy district	0,36	0,007	-	0,11	3,86	5,16	0,11	7,31	34,72
12	Подгоренский район Podgorenskiy district	0,40	0,006	-	0,10	4,65	0,85	0,32	9,15	29,83
13	Петропавловский район Petropavlovskiy district	0,44	0,007	0,01	0,07	1,03	1,86	0,06	10,75	36,60
14	Грибановский район Gribanovskiy district	0,53	0,005	0,02	0,12	4,98	2,39	0,26	8,66	35,51
15	Хохольский район Hokholskiy district	0,46	0,006	-	0,09	5,23	4,30	0,43	11,52	32,01
16	Новохоперский район Novokhoperskiy district	0,54	0,007	-	0,11	3,10	0,96	0,09	9,31	25,17
17	Репьевский район Repyevskiy district	0,29	0,007	-	0,11	4,05	2,86	0,29	8,15	27,39
18	Воробьевский район Vorobyevskiy district	0,32	0,007	0,01	0,07	4,84	1,53	0,32	11,95	27,53
19	Панинский район Paninskiy district	0,46	0,006	0,02	0,11	4,23	6,73	0,23	8,08	36,63
20	Верхнехавский район Verkhnekhavskiy district	0,43	0,007	0,01	0,12	3,95	4,16	0,37	11,57	38,20
21	г. Эртиль Ertil	0,94	0,008	0,02	0,07	4,61	1,87	0,08	9,53	31,02
22	Россошанский район Rossoshanskiy district	0,53	0,008	0,01	0,11	4,84	3,90	0,16	7,59	36,80
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь) The area near “Minudobreniya (Rossoch)	0,45	0,008	0,01	0,25	6,35	13,80	2,87	12,08	57,98
24	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино) The area near “Bormash” (Povorino)	2,76	0,009	0,03	0,10	8,89	8,42	0,98	13,64	48,71
25	г. Борисоглебск Borisoglebsk	1,57	0,008	0,01	0,14	3,51	6,28	1,37	9,02	52,89
26	г. Калач Kalach	1,55	0,006	-	0,36	5,86	7,25	0,96	10,26	42,28

№	Район сбора Sampling area	Валовое содержание элемента, мг/кг Gross content of elements, mg/kg								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж) The area near “VOGRES” Thermal Power Plant (Voronezh)	0,68	0,009	0,01	0,12	2,45	5,93	1,52	8,74	41,03
28	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж) The area near “Sibur” (Voronezh)	1,86	0,009	0,01	0,16	2,30	7,47	0,62	9,53	52,05
29	Вдоль водохранилища (г. Воронеж) Along the water storage reservoir (Voronezh)	0,46	0,008	0,01	0,13	3,18	1,20	0,21	7,35	26,06
30	Вблизи аэропорта Near the airport	0,89	0,009	0,01	0,16	3,39	3,62	0,59	8,34	24,76
31	Улица г. Воронеж (ул. Ленинградская) Leningrad Str. (Voronezh)	1,43	0,009	0,02	0,16	4,24	5,53	3,51	12,70	49,07
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский район) Along the M4 Route (Ramonskiy District)	1,45	0,009	0,03	0,17	5,56	4,75	2,74	14,17	47,94
33	100 м от трассы М4 (Рамонский район) 100 m from M4 Route (Ramonskiy District)	0,83	0,009	0,02	0,15	5,10	3,94	1,02	9,83	41,06
34	200 м от трассы М4 (Рамонский район) 200 m from M4 Route (Ramonskiy District)	0,78	0,009	0,01	0,10	3,16	2,97	0,72	6,38	32,97
35	300 м от трассы М4 (Рамонский район) 300 m from M4 Route (Ramonskiy District)	0,53	0,008	0,01	0,09	3,12	3,74	0,37	7,93	31,03
36	Вдоль трассы А144 (Аннинский район) Along A144 Route (Anninskiy District)	1,83	0,009	0,02	0,13	4,70	7,35	2,53	10,86	52,05
37	100 м от трассы А144 (Аннинский район) 100 m from A144 Route (Anna district)	0,56	0,009	0,01	0,11	4,18	5,28	1,54	6,39	43,50
38	200 м от трассы А144 (Аннинский район) 200 m from A144 Route (Anninskiy district)	0,36	0,008	-	0,07	4,34	4,85	0,86	7,92	39,59

№	Район сбора Sampling area	Валовое содержание элемента, мг/кг Gross content of elements, mg/kg								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
39	300 м от трассы А144 (Аннинский район) 300 m from A144 Route (Anninskiy District)	0,34	0,008	-	0,07	4,12	5,62	0,73	5,86	37,40
40	Вдоль трассы М4 (Павловский район) Along the M4 Route (Pavlovskiy District)	1,75	0,009	0,02	0,09	8,54	4,64	3,50	10,83	52,90
41	100 м от трассы М4 (Павловский район) 100 m from M4 Route (Pavlovskiy District)	0,62	0,008	0,01	0,09	7,22	3,92	2,85	9,38	44,00
42	200 м от трассы М4 (Павловский район) 200 m from M4 Route (Pavlovskiy District)	0,54	0,009	0,01	0,06	6,35	2,86	1,70	7,21	45,91
43	300 м от трассы М4 (Павловский район) 300 m from M4 Route (Pavlovskiy District)	0,50	0,006	-	0,06	5,35	3,59	0,75	7,37	39,27
44	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский район) Along the non-high-speed road (Boguchar district)	0,67	0,008	0,01	0,10	4,67	2,72	0,43	7,48	28,84
45	100 м от нескоростной дороги (Богучарский район) 100 m from low-speed road (Boguchar District)	0,65	0,008	0,01	0,09	4,14	3,86	0,32	6,94	21,97
46	200 м от нескоростной дороги (Богучарский район) 200 m from low-speed road (Boguchar District)	0,56	0,006	0,01	0,09	3,57	2,27	0,16	6,01	29,64
47	300 м от нескоростной дороги (Богучарский район) 300 m from low-speed road (Boguchar District)	0,54	0,007	-	0,06	3,52	1,60	0,07	7,04	26,93
48	Вдоль железной дороги Along the railroad	1,89	0,009	0,03	0,18	5,12	4,84	0,26	14,20	47,05
49	100 м от железной дороги 100 m from the railroad	0,86	0,009	0,02	0,16	4,56	3,61	0,15	13,82	45,92
50	200 м от железной дороги 200 m from the railroad	0,78	0,008	-	0,12	3,67	2,25	0,07	12,79	41,07
51	300 м от железной дороги 300 m from the railroad	0,69	0,007	-	0,10	3,73	1,30	0,12	9,03	36,08

№	Район сбора Sampling area	Валовое содержание элемента, мг/кг Gross content of elements, mg/kg								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Среднее содержание элемента в сырье Average concentration of elements content in raw materials		0,70	0,007	0,01	0,11	3,83	4,01	0,83	8,98	36,27
Предельно допустимая концентрация [2] Maximum allowable concentration [2]		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

Концентрация ртути в образцах крапивы двудомной варьировала в пределах от 0,005 до 0,009 мг/кг, что в 11–20 раз меньше установленных нормативной документацией предельно допустимых значений. Содержание элемента в почве исследуемых районов [1] значительно превышало его содержание в листьях растения. Это можно объяснить тем, что в почве ртуть образует малорастворимые соединения, которые достаточно прочно удерживаются почвенными коллоидами. Понижение фитотоксичности ртути также можно связать с наличием в растениях действующей системы инактивации токсикантов.

Содержание кадмия в сухом растительном сырье крапивы двудомной варьировало от значений ниже пределов обнаружения до 0,03 мг/кг, что в 30 раз меньше установленных фармакопейной статьей нормативов. При этом содержание кадмия в некоторых образцах верхних слоев почв рассматриваемых территорий превышало установленные нормативы и достигало значений 0,71 мг/кг. Низкую степень накопления кадмия в листьях крапивы можно объяснить тем, 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 соединений элемента по тканям и органам растения, что является основой их выживания в условиях техногенного загрязнения окружающей среды данным элементом [11].

Содержание мышьяка в листьях крапивы двудомной также можно оценить как незначи-

тельное: средняя концентрация данного элемента в сырье составляла 0,14 мг/кг, варьировала в диапазоне 0,05–0,36 мг/кг в зависимости от места сбора и не превышала предельно допустимых значений, установленных нормативной документацией (0,5 мг/кг). При этом содержание мышьяка в верхних слоях почв было гораздо значительнее – от 0,55 до 3,81 мг/кг в разных точках сбора образцов [1]. Объяснить низкое накопление мышьяка листьями крапивы двудомной можно также малой растворимостью и подвижностью соединений данного элемента в почве, что связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами. При высоком содержании мышьяка в почве возможно его токсическое действие на растительные организмы, проявляющееся в увядании листьев, замедлении темпов роста, клеточном плазмозе. Поэтому можно предположить наличие у крапивы двудомной эволюционно выработанных биохимических механизмов, тормозящих избыточное накопление мышьяка [11, 12].

Содержание никеля в изучаемых образцах листьев крапивы двудомной варьировало в диапазоне от 1,12 до 13,80 мг/кг, при этом концентрация металла в почве составляла от 2,23 до 98,25 мг/кг. Сопоставление концентраций данного элемента в образцах растительного сырья и в верхних слоях почв [1] позволило установить, что при низком содержании никеля в почве он достаточно эффективно накапливается растением. Это указывает на некоторую физиологическую потребность крапивы двудомной в данном элементе: никель необходим растительному организму для стабилизации работы трансляционного аппарата, акти-

вазии 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, проявляющимся в угнетении процессов фотосинтеза и транспирации [11, 13].

Анализ накопления хрома в листьях крапивы двудомной также свидетельствовал о наличии физиологического барьера. Так, содержание данного металла в разных образцах сырья варьировало от 1,03 до 13,80 мг/кг, при этом его концентрация в верхних слоях почвы составляла от 2,53 до 45,16 мг/кг [1]. Хром является фитотоксичным элементом, его повышенные концентрации способствуют уменьшению размеров листьев, задержке их роста, изменению мезоструктуры листа [14].

Накопление кобальта в листьях крапивы двудомной также указывало на наличие физиологического барьера. Так, содержание соединений кобальта в сырье варьировало от 0,07 до 3,51 мг/кг, при этом концентрация элемента в почве составляла 1,84–21,78 мг/кг [1]. Наибольшие концентрации кобальта определялись в листьях крапивы двудомной, собранной вдоль дорог и на улице г. Воронежа. Это наводит на мысль об аэрозольном загрязнении сырья данным токсикантом от выбросов автомобильного транспорта, при этом всасывание металла из почвы и накопление его в вегетативных органах, вероятно, блокируется биохимическим путем. Начальная реакция растений на избыток кобальта – межжилковый хлороз молодых листьев, связанный с подавлением митоза [11, 13].

Содержание меди в листьях крапивы двудомной можно оценить как высокое – от 5,13 до 14,20 мг/кг. В почвах изучаемых территорий концентрация меди составляла 3,30–65,38 мг/кг [1]. Концентрация металла в некоторых образцах сырья (например, в Борисоглебском районе, на территории Воронежского биосферного заповедника) превышала его содержание в почвах данных территорий, что позволяет говорить о концентрирующей способности крапивы двудомной в отношении меди. Медь повышает интенсивность фотосинтеза и образования хлорофилла, активизирует

углеводный и азотный обмены. Но высокие концентрации меди приводят к замедлению развития растения, появлению бурых пятен на нижних листьях и их отмиранию. На территориях с повышенным содержанием элемента в окружающей среде (вблизи ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», вдоль автомобильных дорог) концентрация меди в отобранном сырье была в 4–5 раз ниже, чем в почвах, что также указывает на наличие физиологического барьера, препятствующего избыточному накоплению данного элемента [10, 15].

В условиях эксперимента концентрирующая активность крапивы двудомной отмечена также в отношении цинка. Содержание элемента в листьях растения изменялось от 17,83 до 57,98 мг/кг при его концентрации в почвах от 9,58 до 154,45 мг/кг [1]. Полученные результаты показывают, что при низких концентрациях цинка в окружающей среде листья крапивы двудомной накапливают металл в превосходящих его содержание в почве концентрациях (что, например, отмечалось для Воронежского биосферного заповедника, Хоперского заповедника, Борисоглебского района и др.). Это объясняется необходимостью цинка для нормального протекания обменных процессов в растении. 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 металла в растении в избыточном количестве, обладающем токсическим действием. Данный факт отмечался для большого числа образцов листьев крапивы двудомной, в частности 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 [6, 11, 17, 18].

Заключение. Таким образом, все образцы листьев крапивы двудомной, собранные в различных по уровню антропогенного воздействия районах Воронежской области и проанализированные на предмет содержания тя-

желых металлов и мышьяка, оказались соответствующими требованиям нормативной документации. Сравнение данных по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и в листьях крапивы двудомной позволило говорить о наличии физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в листьях крапивы двудомной, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Оказалось, что крапива двудомная способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (такие, как медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жиз-

ненно важного уровня; при значительном же содержании данных элементов в почвах растение физиологически блокирует их поступление в листья.

На основании этого можно предполагать, что для крапивы двудомной в условиях антропогенной нагрузки, проявляющейся в техногенном загрязнении внешней среды, в результате действия отбора и адаптации к этим условиям происходит формирование эдафотипа.

Результаты исследований показали, что листья крапивы двудомной незначительно накапливают токсические элементы из почв, что важно при планировании мест заготовки лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Дьякова Н.А. Оценка экологического состояния образцов верхних слоев почв и корней одуванчика лекарственного, отобранных на территории Воронежской области. Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2016; 2: 119–126.
2. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной. Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2017; 1: 148–154.
3. Дьякова Н.А. Эффективность и радиационная безопасность лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018; 3 (24): 140–143.
4. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка эффективности и безопасности лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье. Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2018; 1: 124–131.
5. Тринеева О.В., Сливкин А.И. Исследование микроэлементного состава листьев крапивы двудомной. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Медицина. Фармация. 2015; 22 (219): 169–174.
6. Сливкин А.И., Тринеева О.В. Исследования элементного состава лекарственного растительного сырья методом масс-спектрометрии (на примере листьев крапивы двудомной и плодов облепихи крушиновидной). Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2016; 1: 152–156.
7. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара: Офорт; 2004. 1180.
8. Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. LAMBERT Academic Publishing; 2013: 211.
9. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Т. 2. Москва: ФЭМБ; 2018. 1423.
10. Семенова И.Н., Сингизова Г.Ш., Зулкарнаев А.Б., Ильбулова Г.Ш. Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *Anethum graveolens* L. Современные проблемы науки и образования. 2015; 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (дата обращения: 10.11.2019).
11. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Петрова Г.В., Шайхутдинова А.А. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжелыми металлами. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012; 1 (33): 230–234.
12. Зайцева М.В., Кравченко А.Л., Стекольников Ю.А., Сотников В.А. Тяжелые металлы в системе почва-растение в условиях загрязнения. Ученые записки Орловского государственного университета. Сер. Естественные, технические и медицинские науки. 2013; 3: 190–192.

13. Austenfeld F.A. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde. Bd. 142. 1979; 6: 769–777.
14. 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; 2: 145–151.
15. 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; 6: 511–515.
16. Cataldo D.A., Wildung R.E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. Environ. Health Perspect. 1978; 27: 149–159.
17. Castanheiro A., DeWael K., Samson R. Urban green as indicator of metal pollution. 15th Castle Meeting New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism. Dinant; 2016: 15–17.
18. Castanheiro A., Samson R., DeWael K. Magnetic- and particle-based techniques to investigate metal deposition on urban green. Science of the Total Environment. 2016; 571: 594–602.

Поступила в редакцию 17.12.2019; принята 20.03.2020.

Автор

Дьякова Нина Алексеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». 394007, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1; e-mail: Ninochka_V89@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>.

Образец цитирования

Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка листьями крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.). Ульяновский медико-биологический журнал. 2020; 2: 145–156. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-2-145-156.

ACCUMULATION OF HEAVY METALS AND ARSENIC IN GREAT NETTLE (*URTICA DIOICA* L.) LEAF TISSUES

N.A. Dyakova

Voronezh State University, Voronezh, Russia

The aim of the paper was to study the heavy metal contamination of medical herbs in the Voronezh region. The authors analyzed leaf tissues of Urtica Dioica L. collected in urban and agroecosystems and exposed to various anthropogenic effects.

Materials and Methods. Heavy metal (including lead, mercury, cadmium, nickel, copper, zinc, cobalt, chromium) and arsenic concentrations were studied in 51 samples of Urtica Dioica L. leaf tissues. The research was conducted by atomic absorption spectrometry, using MGA-915MD atomic absorption spectrometer in accordance with a pharmacopoeia method.

Results. All samples met the regulatory requirements on standardized heavy metal (lead, cadmium, mercury) and arsenic concentrations.

Comparing the data on the heavy metal concentrations in Urtica Dioica L. leaf tissues and in the upper soil layers collected in the Voronezh region, the authors state that there are significant physiological barriers that prevent ecotoxinant accumulation in the generative plant tissues. It is especially evident for such elements as lead, mercury, arsenic, cadmium, cobalt and chrome. Urtica Dioica L. is able to selectively accumulate some heavy metals constituting the enzyme active sites (e.g., copper and zinc), if their environmental concentrations are below a certain vital level. The plant can also block the delivery of these elements into leaf tissues if their environmental concentrations in the soil are too high.

It can be assumed that under anthropogenic load manifested in technogenic environmental pollution a peculiar edaphic type is being formed for Urtica Dioica L. as a result of selection and adaptation to such conditions.

Conclusion. Urtica Dioica L. leaf tissues accumulate toxic elements from soils, which is important when planning the places for procuring medicinal plant material and assessing its quality.

Keywords: Voronezh region, *Urtica Dioica* L. leaf tissues, heavy metals, arsenic.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

References

1. Dyakova N.A. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya obraztsov verkhnikh sloev pochv i korney oduvanchika lekarstvennogo, otobrannykh na territorii Voronezhskoy oblasti [Assessment of the ecological condition of samples of the top layers of soils and roots of dandelion medicinal selected in the Voronezh region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya.* 2016; 2: 119–126 (in Russian).
2. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Sravnenie osobennostey nakopleniya osnovnykh toksicheskikh elementov tsvetkami lipy serdtsevidnoy i pizhmy obyknovennoy [Comparison of accumulation characteristics of the main toxic elements by the flowers of *Tilia cordata* and *Tanacetum vulgare*]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya.* 2017; 1: 148–154 (in Russian).
3. Dyakova N.A. Effektivnost' i radiatsionnaya bezopasnost' lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya podorozhnika bol'shogo, sobrannogo v Tsentral'nom Chernozem'e [Efficiency and radiation safety of medicinal plant material of *Plantago major*, collected in the Central Black Earth Region]. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv.* 2018; 3 (24): 140–143 (in Russian).
4. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Otsenka effektivnosti i bezopasnosti lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya podorozhnika bol'shogo, sobrannogo v Tsentral'nom Chernozem'e [Evaluation of the efficacy and safety of medicinal plant material of *Plantago major*, collected in the Central Black Earth Region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya.* 2018; 1: 124–131 (in Russian).
5. Trineeva O.V., Slivkin A.I. Issledovanie mikroelementnogo sostava list'ev krapivy dvudomnoy [Analysis of the microelement composition of *Urtica dioica* leaf tissues]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Meditsina. Farmatsiya.* 2015; 22 (219): 169–174 (in Russian).
6. Slivkin A.I., Trineeva O.V. Issledovaniya elementnogo sostava lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya metodom mass-spektrometrii (na primere list'ev krapivy dvudomnoy i plodov oblepikhi krushinovidnoy) [Analysis of the elemental composition of medicinal plant materials by mass spectrometry (*Urtica dioica* leaf tissues and *Hippophae rhamnoides* L. fruits)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya.* 2016; 1: 152–156 (in Russian).
7. Kurkin V.A. *Farmakognoziya* [Pharmacognosy]. Samara: Ofort; 2004. 1180 (in Russian).
8. Velikanova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. *Ekootsenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v urbousloviyakh g. Voronezha* [Ecological evaluation of medicinal plant materials in urban conditions in Voronezh]. LAMBERT Academic Publishing; 2013: 211 (in Russian).
9. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. Izdanie XIV. Tom 2. Moskva: FEMB; 2018. 1423 (in Russian).
10. Semenova I.N., Singizova G.Sh., Zulkaranaev A.B., Il'bulova G.Sh. Vliyanie medi i svintsa na rost i razvitiye rasteniy na primere *Anethum graveolens* L. [Influence of copper and lead on the growth and development of plants on the example of *Anethum graveolens* L.]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2015; 3. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (access date: 10.11.2019) (in Russian).
11. Nemereshina O.N., Gusev N.F., Petrova G.V., Shaykhutdinova A.A. Nekotorye aspekty adaptatsii *Polygonum aviculare* L. k zagryazneniyu pochvy tyazhelymi metallami [Some aspects of *Polygonum aviculare* L. adaptation to heavy metal soil pollution]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2012; 1 (33): 230–234 (in Russian).
12. Zaytseva M.V., Kravchenko A.L., Stekol'nikov Yu.A., Sotnikov V.A. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie v usloviyakh zagryazneniya [Heavy metals in the soil-plant system under pollution]. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki.* 2013; 3: 190–192 (in Russian).
13. Austenfeld F.A. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. *Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde.* Bd. 142. 1979; 6: 769–777.
14. 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; 2: 145–151.
15. 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; 6: 511–515.

16. Cataldo D.A., Wildung R.E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. *Environ. Health Perspect.* 1978; 27: 149–159.
17. Castanheiro A., DeWael K., Samson R. Urban green as indicator of metal pollution. *15th Castle Meeting New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism*. Dinant; 2016: 15–17.
18. Castanheiro A., Samson R., DeWael K. Magnetic- and particle-based techniques to investigate metal deposition on urban green. *Science of the Total Environment*. 2016; 571: 594–602.

Received 17 December 2019; accepted 20 March 2020.

Information about the author

Dyakova Nina Alekseevna, Candidate Sciences (Biology), Associate Professor, Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, Voronezh State University. 394007, Russia, Voronezh, Universitetskaya Square, 1; e-mail: Ninochka_V89@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>.

For citation

Dyakova N.A. Nakoplenie tyazhelykh metallov i mysh'yaka list'yami krapivy dvudomnoy (*Urtica dioica* L.) [Accumulation of heavy metals and arsenic in great nettle (*Urtica Dioica* L.) leaf tissues]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*. 2020; 2: 145–156. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-2-145-156 (in Russian).