

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-213-224

УДК 574.24:615.322

Научная статья

Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье тысячелистника обыкновенного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области

Н.А. Дьякова

*Воронежский государственный университет,
Российская Федерация, 394018, Воронеж, Университетская пл., д. 1*

✉ Ninotchka_V89@mail.ru

Аннотация. Воронежская область – один из важнейших регионов земледелия и растениеводства. Целью исследования анализ загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком лекарственного растительного сырья на примере травы тысячелистника обыкновенного, заготовленной в различных урбо- и агроэкосистемах Воронежской области. Исследование осуществлялось по фармакопейным методикам с использованием атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД. Определяли концентрации свинца, ртути, мышьяка, никеля, кадмия, меди, кобальта, цинка, хрома в 51 образце растительного сырья. Сравнение данных по содержанию изучаемых элементов в почвах региона и концентрации их в траве тысячелистника обыкновенного позволяет утверждать о наличии физиологических барьеров, препятствующих накоплению токсичных веществ в растении, что особенно заметно для свинца, кадмия, ртути, мышьяка, кобальта и хрома. Тысячелистник обыкновенный избирательно аккумулирует медь и цинк, если их содержание в окружающей среде ниже жизненно необходимого уровня. На основании проведенных исследований можно предполагать, что в условиях антропогенного воздействия на среду обитания тысячелистника обыкновенного в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям происходит формирование его эдафотипа. Результаты исследований также показали, что имеет место значительное загрязнение травы тысячелистника обыкновенного аэрозольным путем (в частности, свинцом, кадмием, никелем, хромом, кобальтом), что необходимо учитывать при оценке качества данного вида лекарственного растительного сырья и планировании мест его заготовки.

Ключевые слова: тысячелистник обыкновенный, свинец, мышьяк, никель, цинк, медь

Введение

Лекарственные препараты на основе лекарственного растительного сырья, насчитывающие на сегодняшний день более 6,5 тыс. наименований, пользуются высоким спросом в силу относительной безвредности и хорошего терапев-

тического эффекта. Большая доля заготовок растительного сырья расположена в европейской части России, для которой характерны значительная плотность населения, высокая активность хозяйственной деятельности, развитие транспортных магистралей, в связи с чем увеличивается угроза сбора растительного сырья в экологически неблагоприятных районах и возрастает актуальность выявления влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений [1].

Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) – многолетнее травянистое растение, оказывающее выраженное кровоостанавливающее, противовоспалительное и антисептическое действие. Является синантропным видом, сырье которого заготавливается из дикорастущих особей. Тысячелистник обыкновенный, благодаря хорошо развитой разветвленной корневой системе, хорошо накапливает фосфор, медь, цинк, поэтому часто используется в качестве сырья для высокопитательного удобрения в садоводстве. По этой же причине данное растение используют для очистки почв от тяжелых металлов [2–4].

Целью исследования являлось изучение загрязнения мышьяком и тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере травы тысячелистника обыкновенного, собранной в различных урбо- и агроэкосистемах.

Материалы и методы

Выбор исследуемых районов обусловлен характером специфического антропогенного воздействия на них (рисунок и таблица).

Анализ образцов травы тысячелистника обыкновенного осуществлялся по фармакопейным методикам на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД [2]. Определяли содержание наиболее токсичных элементов: кадмия, ртути, свинца, мышьяка, никеля, кобальта, цинка, хрома и меди.

Результаты и обсуждение

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в образцах травы тысячелистника обыкновенного, собранных на изучаемых территориях (рисунок), представлено в таблице.

Содержание свинца во всех отобранных образцах травы тысячелистника обыкновенного не превышала установленный фармакопейной статьей числовой показатель в 6 мг/кг [2]. Концентрация данного элемента в сырье, собранном на контрольных территориях, варьировала от 0,22 до 0,32 мг/кг, при этом в сырье из остальных районов, подверженных антропогенному воздействию, содержание металла колебалось от 0,25 до 2,37 мг/кг. Концентрация элемента в почвах районов, в которых производился сбор образцов, отмечена на уровне от 1,71 до 34,57 мг/кг [5]. Связать достаточно низкое накопление свинца в надземной части тысячелистника обыкновенного можно с тем, что соединения его малорастворимы, соответственно, его биодоступность для растения ограничена. Кроме того, возможно предположить наличие физиологического барьера в растении, препятствующего накоплению данного фитотоксиканта, вызывающего в большом количестве выраженное ингибирование процессов роста и развития растения [6–8]. Для агробиоценозов отмечены менее значительные концентрации свинца в траве тысячелистника обыкновенного (0,25–0,39 мг/кг), для урбобиоценозов – более значительные.

При этом наибольшие концентрации металла (более 1,0 мг/кг) отмечены для образцов, собранных вблизи химических предприятий (ООО «Сибур», ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»), в городах с развитой инфраструктурой (Калач, Борисоглебск, Воронеж), вблизи аэропорта, вдоль и на удалении 100–200 м от автотрасс, вдоль железной дороги. В связи с этим можно предположить значительное аэрозольное загрязнение свинцом травы тысячелистника обыкновенного, собранного в урбобиоценозах (вероятно, от выхлопных газов транспорта, выбросов промышленных предприятий) [9].

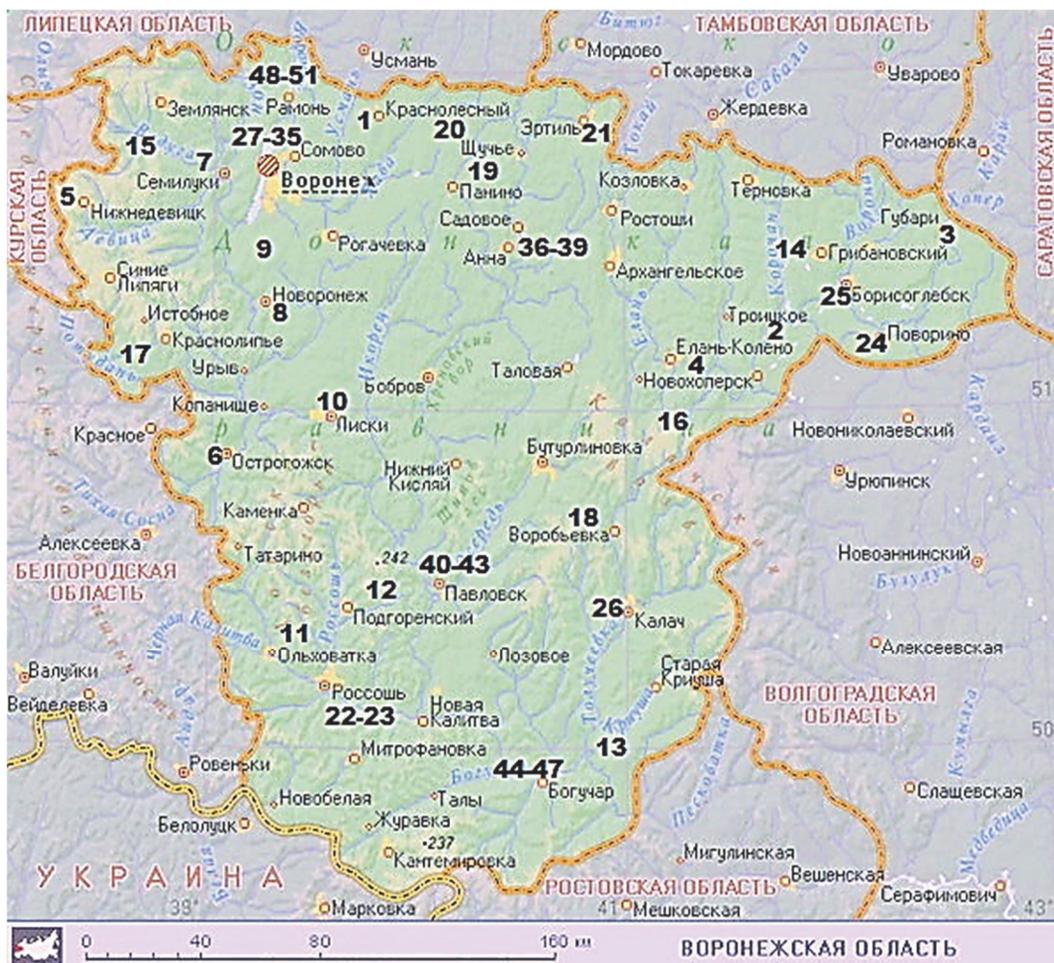


Рис. Карта отбора образцов:

- 1–3 – заповедные территории (контроль для сравнения); 4 – зона значительного месторождения никелевых руд;
- 5–7 – районы, находящиеся в зоне радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС;
- 8 – атомная электростанция (АЭС) в Нововоронеже; 9 – высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ);
- 10–22 – районы активного ведения сельского хозяйства; 23, 24, 28 – химические промышленные предприятия;
- 25, 26 – малые города (Борисоглебск и Калач соответственно); 27 – теплоэлектроцентраль (ТЭЦ);
- 29 – Воронежское водохранилище; 30 – международный аэропорт имени Петра I; 31 – улица Димитрова (Воронеж);
- 32 – трасса М4 «Дон» (лесная зона); 33 – трасса А144 «Курск – Саратов» (лесостепная зона);
- 34 – трасса М4 «Дон» (степная зона); 35 – проселочная автомобильная дорога малой загруженности;
- 36 – железная дорога

Figure. Sampling card:

- 1–3 – protected areas (control for comparison); 4 – zone of a significant deposit of nickel ores;
- 5–7 – areas in the zone of radioactive contamination after the Chernobyl accident;
- 8 – nuclear power plant (NPP) in Novovoronezh; 9 – high-voltage power transmission lines (VLE);
- 10–22 – areas of active agriculture; 23, 24, 28 – chemical industrial enterprises;
- 25, 26 – small towns (Borisoglebsk and Kalach respectively); 27 – combined heat and power plant (CHP);
- 29 – Voronezh Reservoir; 30 – Voronezh Peter the Great Airport; 31 – Dimitrova Street (Voronezh);
- 32 – highway M4 “Don” (forest zone); 33 – highway A144 “Kursk – Saratov” (forest-steppe zone);
- 34 – M4 highway “Don” (steppe zone); 35 – country road of low traffic; 36 – railway

Таблица

Концентрация тяжелых металлов и мышьяка в образцах травы тысячелетника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.)

[Table. Heavy metal and arsenic content of plain thousand-year-old grass (*Achillea millefolium* L.)]

№ п/п [No.]	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]	0,26	0,003	0,02	0,24	0,78	0,30	0,21	6,69	19,63
2	Хоперский заповедник [Khopyor reserve]	0,32	0,003	0,03	0,18	1,08	0,32	0,18	7,62	21,86
3	Борисоглебский район [Borisoglebsk district]	0,22	0,002	0,01	0,19	0,56	0,19	0,16	8,26	26,17
4	с. Елань-Колено [Village of Elan-Koleno]	0,27	0,004	0,02	0,20	1,45	0,37	0,19	9,47	25,63
5	с. Нижнедевицк [Village of Nizhnedevitsk]	0,42	0,002	0,04	0,17	0,67	0,42	0,49	10,84	19,09
6	г. Острогожск [City of Ostrogozhsk]	0,58	0,003	0,03	0,26	2,85	0,50	0,51	12,47	38,53
7	г. Семилуки [City of Semiluki]	0,61	0,004	0,03	0,28	2,61	0,62	0,58	16,91	37,95
8	г. Нововоронеж [City of Novovoronezh]	0,28	0,002	0,02	0,20	0,95	0,37	0,23	7,48	27,59
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ) [High-voltage power transmission lines (Novovoronezhsky city district)]	0,36	0,003	0,04	0,30	1,53	0,69	0,50	8,52	25,75
10	Лискинский р-н [Liskinsky district]	0,39	0,004	0,02	0,21	0,77	0,40	0,38	14,83	22,65
11	Ольховатский р-н [Olkhovatsky district]	0,28	0,003	0,02	0,25	2,06	0,71	0,18	11,17	23,89
12	Подгоренский р-н [Podgorensky district]	0,36	0,004	0,03	0,24	3,57	0,18	0,27	12,63	24,01
13	Петропавловский р-н [Petropavlovsky district]	0,28	0,003	0,01	0,21	0,59	0,60	0,47	14,15	26,30
14	Грибановский р-н [Gribanovsky district]	0,33	0,003	0,02	0,29	1,60	0,23	0,16	11,92	18,83
15	Хохольский р-н [Hokholsky district]	0,30	0,003	0,03	0,23	2,49	0,42	0,52	13,07	25,62
16	Новохоперский р-н [Novokhopyorsky district]	0,25	0,004	0,02	0,25	1,78	0,16	0,20	9,38	19,86
17	Репьевский р-н [Repyevsky district]	0,32	0,003	0,02	0,29	1,56	0,37	0,62	17,52	26,85
18	Воробьевский р-н [Vorobyevsky district]	0,26	0,003	0,02	0,17	2,10	0,25	0,35	14,28	24,84
19	Панинский р-н [Paninsky district]	0,34	0,003	0,04	0,22	1,89	0,59	0,52	13,53	18,37
20	Верхнехавский р-н [Verkhnekhavsky district]	0,27	0,004	0,05	0,23	0,94	0,61	0,40	18,19	27,47
21	г. Эртиль [City of Ertil]	0,48	0,004	0,04	0,19	1,30	0,58	0,26	16,31	19,53
22	Россошанский район [Rossoshansky district]	0,42	0,003	0,04	0,25	2,12	0,53	0,61	15,85	27,52
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь) [Near OJSC “Minudobreniya” (city of Rossoch)]	1,27	0,003	0,09	0,61	3,56	2,57	1,27	25,95	48,98
24	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино) [Near LLC “Bormash” (city of Povorino)]	2,00	0,004	0,11	0,78	4,85	1,89	1,02	34,71	42,50
25	г. Борисоглебск [City of Borisoglebsk]	1,41	0,004	0,07	0,31	1,60	0,87	0,86	17,85	36,96
26	г. Калач [City of Kalach]	1,08	0,002	0,05	0,30	2,84	1,16	0,92	28,48	37,70
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж) [Near “VOGRES” Thermal Power Plant (city of Voronezh)]	0,83	0,004	0,04	0,77	2,13	2,39	1,03	19,10	46,15

Продолжение таблицы / Table, continuation

№ п/п [No.]	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)]	1,13	0,004	0,05	0,45	1,04	1,90	0,83	20,80	49,05	
29	Вдоль водохранилища (г. Воронеж) [Along the reservoir (city of Voronezh)]	0,28	0,002	0,03	0,38	2,56	0,52	0,32	9,61	27,37	
30	Вблизи аэропорта [Near the airport]	1,72	0,005	0,04	0,39	2,40	0,47	0,29	17,31	25,27	
31	Улица Ленинградская (Воронеж) [Leningradskaya St (city of Voronezh)]	1,80	0,003	0,08	0,43	4,20	2,31	1,62	27,38	55,85	
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н) [Along the M4 route (Ramon district)]	2,08	0,005	0,06	0,47	4,65	1,86	0,75	31,49	50,38	
33	100 м от трассы М4 (Рамонский район) [100 m from M4 Route (Ramon district)]	1,33	0,005	0,04	0,43	3,29	1,67	0,53	19,64	39,65	
34	200 м от трассы М4 (Рамонский район) [200 m from M4 Route (Ramon district)]	0,69	0,004	0,02	0,30	2,76	0,93	0,42	17,53	27,51	
35	300 м от трассы М4 (Рамонский район) [300 m from M4 Route (Ramon district)]	0,30	0,004	0,02	0,30	2,12	0,91	0,28	14,97	26,37	
36	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н) [Along the A144 route (Anninsky district)]	2,37	0,005	0,07	0,40	4,53	1,63	0,65	26,91	48,04	
37	100 м от трассы А144 (Аннинский р-н) [100 m from the route A144 (Anninsky district)]	1,85	0,005	0,04	0,33	4,10	1,16	0,56	19,20	45,03	
38	200 м от трассы А144 (Аннинский р-н) [200 m from the route A144 (Anninsky district)]	1,26	0,004	0,04	0,27	3,27	0,85	0,41	17,33	35,61	
39	300 м от трассы А144 (Аннинский р-н) [300 m from the route A144 (Anninsky district)]	0,49	0,003	0,02	0,20	2,21	0,62	0,30	15,42	28,44	
40	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н) [Along the M4 route (Pavlovsky district)]	1,86	0,005	0,08	0,27	4,93	0,87	0,79	28,92	46,03	
41	100 м от трассы М4 (Павловский район) [100 m from the M4 route (Pavlovsky district)]	1,50	0,005	0,06	0,25	4,36	0,76	0,72	21,57	43,74	
42	200 м от трассы М4 (Павловский район) [200 m from the M4 route (Pavlovsky district)]	1,18	0,004	0,02	0,17	3,52	0,59	0,53	15,63	37,63	
43	300 м от трассы М4 (Павловский район) [300 m from the M4 route (Pavlovsky district)]	0,70	0,004	0,01	0,17	2,90	0,48	0,37	12,74	29,81	
44	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н) [Along the non-high-speed road (Bogucharsky district)]	0,76	0,003	0,03	0,30	1,54	0,54	0,45	12,75	29,30	
45	100 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н) [100 m from non-high-speed road (Bogucharsky district)]	0,42	0,004	0,02	0,30	1,65	0,35	0,38	14,25	23,28	
46	200 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н) [200 m from non-high-speed road (Bogucharsky district)]	0,31	0,004	0,02	0,27	1,12	0,41	0,40	13,72	17,10	
47	300 м нескоростной дороги (Богучарский р-н) [300 m from non-high-speed road (Bogucharsky district)]	0,37	0,004	0,02	0,20	0,78	0,42	0,31	10,10	22,39	

Окончание таблицы / Table, ending

№ п/п [No.]	Район сбора [Area of collecting]	Валовое содержание элемента, мг/кг [Gross element content, mg/kg]									
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	
48	Вдоль железной дороги [Along the railroad]	1,71	0,004	0,10	0,48	4,34	1,04	0,69	30,51	49,90	
49	100 м от железной дороги [100 m from the railroad]	0,88	0,004	0,08	0,41	3,62	0,85	0,34	23,04	41,92	
50	200 м от железной дороги [200 m from the railroad]	0,45	0,004	0,05	0,35	2,29	0,53	0,38	16,53	28,64	
51	300 м от железной дороги [300 m from the railroad]	0,35	0,004	0,02	0,35	1,96	0,61	0,29	12,08	15,82	
	Среднее содержание элемента в сырье [Average element content of raw material]	0,79	0,004	0,04	0,31	2,36	0,80	0,50	16,60	31,46	
	Предельно допустимая концентрация [Threshold limit value]	6,0	0,1	1,0	0,5	–	–	–	–	–	

Содержание ртути в образцах травы тысячелистника обыкновенного варьировало от 0,002 до 0,005 мг/кг. Предельно допустимая концентрации металла в лекарственном растительном сырье 0,1 мг/кг, что в десятки раз больше определенных значений [2]. Содержание ртути в почвах изучаемых территорий характеризуется числовыми значениями от 0,01 до 0,24 мг/кг [5]. В почве ртуть образует малорастворимые соединения, которые достаточно прочно удерживаются почвенными коллоидами. Также низкое содержание фитотоксичной ртути можно связать с наличием в растениях системы инактивации поллютантов [6–8].

Концентрация кадмия в траве тысячелистника обыкновенного варьировала от 0,01 до 0,11 мг/кг при среднем значении для всех образцов региона 0,04 мг/кг, что в 25 раз меньше установленной фармакопейной статьей предельно допустимой концентрации кадмия в лекарственном растительном сырье (1,0 мг/кг [2]) и значительно меньше содержания металла в верхних слоях почв изучаемых территорий (от 0,02 до 0,71 мг/кг) [5]. Объяснить низкий уровень накопления кадмия, являющегося главным блокатором основных ферментных и антиоксидантных систем в растении, можно тем, что, вероятно, у тысячелистника обыкновенного в процессе эволюции выработался механизм физиологической блокировки всасывания соединений данного металла [6; 10–12]. При этом более высокие концентрации вновь отмечены в урбоценозах – вблизи крупных химических предприятий (ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»), вдоль и вблизи автотрасс, вдоль железной дороги, что можно связать с аэрозольным загрязнением надземной части растения [9].

Концентрацию мышьяка в траве тысячелистника обыкновенного можно оценить как высокую. Так, в трех образцах (собранных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш») превышена предельно допустимая концентрация элемента, установленная фармакопейной статьей в 0,5 мг/кг [2]. Средняя же концентрация элемента в траве тысячелистника обыкновенного составила 0,31 мг/кг и варьировала от 0,17 до 0,78 мг/кг. Концентрация мышьяка в верхних слоях почв гораздо значительнее – от 0,55 до 3,81 мг/кг [5]. Известно, что соединения мышьяка обладают низкой растворимостью и по-

движностью в почве, что связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами. Также, с увеличением содержания его соединений в почве возможно развитие токсического действия на растительные организмы: увядание листьев, замедление темпов роста. Можно предположить преимущественное загрязнение «забракованных» образцов травы тысячелистника обыкновенного аэрозольным путем [11; 13; 14].

Средний уровень содержания никеля в траве тысячелистника обыкновенного оценивается в 2,36 мг/кг при колебании его от 0,56 до 4,85 мг/кг. Предельно допустимая концентрация никеля, а также хрома, кобальта, меди и цинка, определяемых нами, в лекарственном растительном сырье в настоящее время не нормируется [2]. Концентрация никеля в почвах изучаемых территорий принимала значения от 2,23 до 98,25 мг/кг [5]. Данный элемент незначительно накапливается в надземной части тысячелистника обыкновенного, хотя соли никеля находятся преимущественно в растворенном состоянии в почвенном растворе. Известно, что в значительных концентрациях никель оказывает токсическое действие на растительный организм, способствует угнетению процессов фотосинтеза и транспирации [4; 6; 8; 13; 15]. Вероятно, у тысячелистника обыкновенного выработался физиологический барьер к накоплению никеля в высоких концентрациях. Для никеля также отмечено более высокое содержание в образцах, собранных в урбобиоценозах с активной хозяйственной деятельностью человека – вблизи крупных химических предприятий, на улице Воронежа, вдоль и вблизи автотрасс, вдоль железной дороги, что подтверждает предположение о значительной доле аэрозольного пути загрязнения лекарственного растительного сырья [9].

Содержание хрома в изучаемых образцах травы тысячелистника обыкновенного варьировало от 0,16 до 2,39 мг/кг при среднем значении 0,80 мг/кг. Концентрации хрома в верхних слоях почв рассматриваемых территорий принимала значения от 2,53 до 45,16 мг/кг [5]. Фитотоксичность хрома проявляется в повреждении корней растения, а также увядании его надземной части, хлорозе молодых листьев [4; 6; 15]. Очевидно, что накопление данного металла блокируется растением на биохимическом уровне, что является его эволюционно выработанным приспособлением к жизни в условиях загрязнения среды обитания. При анализе полученных результатов также отмечены значительно более низкие концентрации хрома в образцах травы тысячелистника обыкновенного, собранных на контрольных территориях и в агробиоценозах. Здесь содержание металла не превышало 0,71 мг/кг. В урбобиоценозах концентрация хрома в надземной части тысячелистника обыкновенного значительно выше.

Средняя концентрация кобальта и его уровень накопления в траве тысячелистника обыкновенного еще более низкие, чем для хрома. Так, содержание кобальта в изучаемых образцах варьировало от 0,16 до 1,62 мг/кг при среднем уровне накопления в сырье Воронежской области 0,50 мг/кг. Концентрация его в верхних слоях почв характеризуется значениями от 1,84 до 21,78 мг/кг [5], что свидетельствует о низком уровне накопления кобальта травой тысячелистника обыкновенного. В образцах контрольных территорий и агробиоценозов также отмечены более низкие уровни концентраций данного металла, чем для образцов урбанизированных территорий, что может доказывать дополнительное аэрозольное загрязнение сырья [4; 6; 8].

Проведенные анализы показали, что трава тысячелистника обыкновенного в значительной степени накапливает медь и цинк. Так, концентрация меди варьировала от 6,69 до 34,71 мг/кг при среднем содержании в регионе 16,60 мг/кг. Содержание меди в верхних слоях почв изучаемых территорий изменялось от 3,30 до 65,38 мг/кг при среднем 23,25 мг/кг [5]. При этом для ряда образцов отмечена более высокая концентрация меди в сырье, чем в почве, на которой оно произрастало (например, для всех образцов, собранных в заповедных зонах, в Репьевском, Ольховатском, Панинском районах и др.). Это указывает на значительную концентрирующую способность наземной части тысячелистника обыкновенного в отношении меди, которая участвует в процессе фотосинтеза, активизирует углеводный и азотный обмен, повышает сопротивляемость растительного организма к инфекционным заболеваниям, увеличивает засухоустойчивость [3; 6; 7; 12]. Однако на высоком содержании меди в почвах некоторых урбанизированных территорий (вблизи крупных химических предприятий, на улице Воронежа, вдоль и вблизи крупных автомобильных дорог, вдоль железной дороги) содержание элемента в растении гораздо ниже, что говорит о накоплении данного металла в тысячелистнике обыкновенном до какого-то физиологически важного уровня, а далее его концентрирование растением блокируется.

Концентрация цинка в изучаемых образцах травы тысячелистника обыкновенного принимала значения от 18,83 до 55,85 мг/кг и в среднем составила 31,36 мг/кг. Сопоставляя полученные результаты с данными по почвам (содержание цинка варьировало от 9,58 до 154,45 мг/кг при среднем значении по региону 52,69 мг/кг [5]), можно отметить значительное накопление элемента в сырье. Для образцов травы тысячелистника обыкновенного, собранного на заповедных территориях, в Нижнедевицком, Лискинском, Россошанском районах отмечено содержание цинка в растительном сырье выше, чем в почве, на которой оно выросло. Это связано со значительной физиологической потребностью растения в данном элементе. Так, цинк активирует более 300 ферментов, участвует в образовании хлорофилла, является составной частью более 40 ферментов, активизирует метаболизм углеводов, протеинов, фосфатов, повышает устойчивость к патогенам, жаро- и засухоустойчивость [6; 8; 12]. Но при значительном содержании цинка в верхних слоях почв урбоценозов (на улицах крупных городов, вблизи крупных авто- и железных дорог, промышленных предприятий) в растении металл накапливается в меньшей степени (на уровне 40–55 мг/кг), что, вероятно, связано с токсическим действием его избытка в растительном организме.

Заключение

В ходе исследования был изучен 51 образец травы тысячелистника обыкновенного, собранной в различных по характеру антропогенного воздействия районах Воронежской области, на предмет содержания свинца, ртути, кадмия, мышьяка, никеля, меди, цинка, кобальта, хрома. Сравнивая данные по содержанию указанных элементов в почвах региона и концентрации их в траве тысячелистника обыкновенного, представляется возможным судить о наличии физиологических барьеров, препятствующих накоплению избытка токсичных элементов в растении, что особенно характерно для свинца, рту-

ти, мышьяка, кадмия, кобальта и хрома. При этом тысячелистник обыкновенный способен концентрировать медь и цинк в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня; при высоком содержании в почвах данных металлов растение также физиологически блокирует поступление элементов в его надземную часть. На основании проведенных исследований можно предполагать, что в условиях антропогенного воздействия на среду обитания тысячелистника обыкновенного в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям происходит формирование его эдафотипа. Результаты исследований также выявили значительное загрязнение травы тысячелистника обыкновенного аэрозольным путем (в частности, свинцом, кадмием, никелем, хромом, кобальтом), что необходимо учитывать при оценке качества данного вида лекарственного растительного сырья и планировании мест его заготовки.

Список литературы

- [1] Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной // Вестник ВГУ. Серия: Химия, биология, фармация. 2017. № 1. С. 148–154.
- [2] Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Т. 2. М.: ФЭМБ, 2018.
- [3] Попп Я.И., Бокова Т.И. Содержание меди в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 3. С. 100–107.
- [4] 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. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2013. № 3. С. 190–192.
- [5] Дьякова Н.А. Оценка загрязнения тяжелыми металлами верхних слоев почв урбо- и агроэкосистем Центрального Черноземья // Вестник ИрГСХА. 2019. № 95. С. 19–30.
- [6] Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение накопления тяжелых металлов и мышьяка и оценка влияния поллютантов на содержание флавоноидов у *Polygonum aviculare* (Caryophyllales, Polygonaceae) // Вестник Камчатского технического государственного университета. 2019. № 48. С. 71–77.
- [7] 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).
- [8] Немецкина 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. С. 230–234.
- [9] Rai A., Kulshreshtha K. Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2006. Vol. 4. Pp. 253–259.
- [10] Шигабаева Г.Н. Тяжелые металлы в почвах некоторых районов г. Тюмени // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015. № 1. С. 92–102.

- [11] *Понн Я.И., Бокова Т.И.* Содержание кадмия в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник КрасГАУ. 2017. № 3. С. 105–113.
- [12] *Понн Я.И., Бокова Т.И.* Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 84–92.
- [13] *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.
- [14] *Speak A.F., Rothwell J.J., Lindley S.J., Smith C.L.* Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city // Atmospheric Environment. 2012. Vol. 61. Pp. 283–293.
- [15] *Gupta G.P., Kumar B., Singh S., Kulshrestha U.C.* Deposition and Impact of Urban Atmospheric Dust on Two Medicinal Plants during Different Seasons in NCR Delhi // Aerosol and Air Quality Research. 2016. No. 16. Pp. 2920–2932.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 11.04.2020

Дата принятия к печати: 31.05.2020

Для цитирования:

Дьякова Н.А. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье тысячелистника обыкновенного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 3. С. 213–224. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-213-224>

Сведения об авторе:

Дьякова Нина Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии фармацевтического факультета Воронежского государственного университета. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0766-3888>, eLIBRARY SPIN-код: 3477-0510. E-mail: Ninotchka_V89@mail.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-213-224

Scientific article

Peculiarities of accumulation of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw materials of plain thousand, collected in urban and agribiocenoses of the Voronezh region

Nina A. Dyakova

*Voronezh State University,
1 Universitetskaya Ploshchad', Voronezh, 394018, Russian Federation*

✉ Ninotchka_V89@mail.ru

Abstract. The Voronezh region is traditionally the most important area of crop production and farming. The purpose of the study was to study contamination by heavy metals and arsenic of medicinal vegetable raw materials of the Voronezh region on the example of plain thousand-year-old grass collected in urban and agro-ecological systems with different anthro-

pogenic effects. The study was carried out by atomic absorption spectrometry on the basis of atomic absorption spectrometer MGA-915MD pharmacopoeia methods, accumulation of heavy metals (lead, mercury, cadmium, nickel, copper, zinc, cobalt, chromium) and arsenic was studied in 51 samples of large planter leaves. Comparing the data on heavy metal content in the upper soil layers of the region and the content of these elements in the grass of the common thousand, it can be argued that there are significant physiological barriers to the accumulation of ecotoxicants in the plant, which is particularly noticeable for elements such as lead, mercury, arsenic, cadmium, cobalt and chromium. The thousand-year-old is able to selectively concentrate some heavy metals entering the active centers of enzyme systems (such as copper and zinc, for example) if their environmental content is below some vital level; With significant content of these elements in soils, the plant also physiologically blocked their entry into the above-ground part of the plant. The results of studies have shown that plain thousand grass is able to accumulate toxic elements from soils in a significant amount, which is important in planning the places of production of medicinal vegetable raw materials and assessing its quality.

Keywords: ordinary yarrow, lead, arsenic, nickel, zinc, copper

References

- [1] Dyakova NA, Slivkin AI, Gaponov SP. Comparison of features of accumulation of the basic toxic elements flowers of a linden heart-shaped and tansies ordinary. *VSU Bulletin. Series: Chemistry, Biology, Pharmacy*. 2017;(1):148–154. (In Russ.)
- [2] *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii [State pharmacopoeia of the Russian Federation]* (vol. 2). 14 ed. Moscow: FEMB Publ.; 2018. (In Russ.)
- [3] Popp YI, Bokova TI. Copper content in medicinal plants growing in the catches of the rivers Irtysh and Obi. *Journal of the Oman State Agrarian University*. 2016;(3):100–107. (In Russ.)
- [4] Zaytseva MV, Kravchenko AL, Stekolnikov YA, Sotnikov VA. Heavy metals in a system the soil plant in the conditions of pollution. *Scientists Notes of Oryol State University. Series: Natural, Technical and Medical Sciences*. 2013;(3):190–192. (In Russ.)
- [5] Dyakova NA. Assessment of contamination by heavy metals of upper soil layers of urban and agro-ecosystems of the Central Black Earth. *Journal of the Irkutsk State Agricultural Academy*. 2019;(95):19–30. (In Russ.)
- [6] Dyakova NA, Slivkin AI, Gaponov SP. Study of accumulation of heavy metals and arsenic and assessment of the influence of pollutants on the content of flavonoids in *Polygonum aviculare* (Caryophyllales, Polygonaceae). *Journal of Kamchatka Technical State University*. 2019;(48):71–77. (In Russ.) doi: 10.17217/2079-0333-2019-48-71-77.
- [7] Semenova IN, Singizova GS, Zulkaranaev AB, Ilbulova GS. Effects of copper and lead on plant growth and development as exemplified by *Anethum graveolens* L. *Modern problems of science and education*. 2015;(3). (In Russ.) Available from: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (accessed: 10.02.2020).
- [8] Nemereshina ON, Gusev NF, Petrova GV, Shajhutdinova AA. Some aspects of adaptation of *Polygonum aviculare* L. to pollution of the soil heavy metals. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2012;1(33):230–234. (In Russ.)
- [9] Rai A, Kulshreshtha K. Effect of particulates generated from automobile emission on some common plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2006;4:253–259.
- [10] Shigabayeva GN. Heavy metals in soils of some districts of Tyumen. *Bulletin of the Tyumen State University. Ecology and Environmental Management*. 2015;1(2):92–102. (In Russ.)
- [11] Popp YI, Bokova TI. Cadmium content in medicinal plants growing in the catches of the rivers Irtysh and Obi. *Journal of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2017;(3): 105–113. (In Russ.)

- [12] Popp YI, Bokova TI. Content of zinc, copper and cadmium in various types of medicinal plants growing in the catches of the rivers Irtysh and Obi. *Journal of Novosibirsk State Agrarian University*. 2017;(1):84–92. (In Russ.)
- [13] 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;9(6):511–515.
- [14] Speak AF, Rothwell JJ, Lindley SJ, Smith CL. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. *Atmospheric Environment*. 2012;61:283–293.
- [15] Gupta GP, Kumar B, Singh S, Kulshrestha UC. Deposition and Impact of Urban Atmospheric Dust on Two Medicinal Plants during Different Seasons in NCR Delhi. *Aerosol and Air Quality Research*. 2016;(16):2920–2932.

Article history:

Received: 11.04.2020

Revised: 31.05.2020

For citation:

Dyakova NA. Peculiarities of accumulation of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw materials of plain thousand, collected in urban and agrobiocenoses of the Voronezh region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(3):213–224. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-213-224>

Bio note:

Nina A. Dyakova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Chair of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology of the Faculty of Pharmacy of the Voronezh State University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0766-3888>, eLIBRARY SPIN-code: 3477-0510. E-mail: Ninotchka_V89@mail.ru