

УДК 615.322 : 574.2

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2024.4.24 EDN: TQWSVH

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ПУСТЫРНИКА ПЯТИЛОПАСТНОГО ТРАВЫ

© Дьякова Н.А.

*Воронежский государственный университет, Россия, 394006, Воронеж, Университетская площадь, 1**Резюме*

Цель. Изучение особенностей накопления в лекарственном растительном сырье на примере пустырника пятилопастного травы синантропной флоры средней полосы России наиболее значимых токсичных элементов и биологически активных веществ, а также анализ взаимосвязи между данными процессами.

Методика. Проанализировано свыше 50 образцов пустырника пятилопастного травы, заготовленной в различных урбоценозах средней полосы России, в которых определено содержание токсичных элементов и основных групп биологически активных веществ.

Результаты. Выявлено наличие значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в пустырнике пятилопастного траве, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Пустырника пятилопастного трава также способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (медь и цинк). Сырье пустырника пятилопастного, собранного в ряде урбоценозов, отличается повышенным содержанием флавоноидов в пересчете на рутин, что, вероятно, объясняется тем, что ключевой фермент синтеза флавоноидов – фенилаланинаммиаклиаза – имеет ярко выраженную стресс-индуцибельность. Однако, вблизи некоторых производственных предприятий и вдоль автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения, нами были отобраны образцы со сниженным относительно других образцов сырья содержанием флавоноидов в пересчете на рутин. В этих же образцах отмечено наименьшее содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, что позволяет предположить, что при чрезмерном токсическом влиянии поллютантов возможно также угнетение вторичного синтеза метаболитов в растениях.

Заключение. Умеренное положительное влияние на накопление флавоноидов в пустырнике пятилопастного траве отмечено для ртути и цинка. На содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, умеренное отрицательное влияние оказывал никель.

Ключевые слова: пустырник пятилопастной, тяжелые металлы, мышьяк, флавоноиды, экстрактивные вещества.

ECOLOGICAL AND HYGIENIC STUDIES OF THE QUALITY OF HERBAL MEDICINAL RAW MATERIALS IN THE URBANIZED TERRITORIES OF THE MIDDLE STRIP OF RUSSIA ON THE EXAMPLE OF THE WASTELAND OF FIVE-LEAF GRASS

Dyakova N.A.

*Voronezh State University, 1, University Square, 394006, Voronezh, Russia**Abstract*

Objective. Studying the peculiarities of accumulation of the most significant toxic elements and biologically active substances in medicinal plant raw materials using the example of a wasteland of five-lobed grass of the synanthropic flora of the middle strip of Russia, as well as analyzing the relationship between these processes.

Methods. More than 50 samples of five-lobed grass pustyrnik harvested in various urbocenoses of the middle strip of Russia were analyzed, in which the content of toxic elements and main groups of biologically active substances was determined.

Results. The presence of significant physiological barriers preventing the accumulation of ecotoxicants in the motherwort of five-lobed grass has been identified, which is especially noticeable for elements such

as lead, mercury, arsenic, cadmium, cobalt and chromium. The motherwort of five-leaf grass is also able to selectively concentrate some heavy metals included in the active centers of enzyme systems (copper and zinc). The raw material of five-lobed motherwort collected in a number of urbocenoses is characterized by an increased content of flavonoids in terms of rutin, which is probably explained by the fact that the key enzyme for the synthesis of flavonoids - phenylalanine ammonia-lyase - has a pronounced stress inducibility. However, near some production plants and along high-traffic roads, we took samples with a content of flavonoids reduced relative to other samples of raw materials in terms of rutin. In the same samples, the lowest content of extractives extracted by 70% alcohol was noted, which suggests that with excessive toxic influence of pollutants, it is also possible to inhibit the secondary synthesis of metabolites in plants.

Conclusion. A moderate positive effect on the accumulation of flavonoids in the pustyrnik of five-lobed grass was noted for mercury and zinc. Nickel had a moderate negative effect on the content of extractives extracted by 70% alcohol.

Keywords: *Leonurus quinquelobatus*, heavy metals, arsenic, flavonoids, extractives.

Введение

Интерес к препаратам на основе растительного сырья возрастает с каждым годом. Это объясняется высокой терапевтической эффективностью таких лекарственных средств, а также, что наиболее важно, безвредностью и отсутствием побочных эффектов. При этом значительная доля заготовок лекарственных растений осуществляется в средней полосе России, отличающейся высокой плотностью населения, активной хозяйственной деятельностью, развитой сетью транспортных магистралей, большим количеством промышленных производств, интенсивными технологиями ведения сельского хозяйства. В данных условиях нарастает угроза заготовки растительного сырья в экологически неблагоприятных районах, а потому актуальным становится выявление влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений [4, 5, 7].

Одним из синантропных видов, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей является пустырник пятилопастной (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) – многолетнее, повсеместно встречающееся, травянистое растение, широко используемое в медицине и фармации в качестве седативного, гипотензивного, спазмолитического, кровоостанавливающего, мочегонного средства [12, 14, 16]. Такое широкое применение обусловлено богатым химическим составом пустырника пятилопастной травы, основу которого составляют флавоноиды, иридоиды, алкалоиды (до 0,4%), эфирное масло (до 0,9%), дубильные вещества (до 2,5%), горечи, витамин С, каротин, макро- и микроэлементы [13, 15]. Пустырник пятилопастной используется в ряде лекарственных препаратов и более чем 40 БАДов, в виде растительного сырья, настойки, жидкого экстракта, сухого экстракта. Пустырник пятилопастной представляет собой рудеральный синантропный евро-азиатский вид, сырье которого заготавливается в дикорастущих особей. Повсеместно встречается в средней полосе России [3, 6, 9, 11].

Малоисследованным аспектом влияния хозяйственной деятельности человека на лекарственные растения является то, что в ответ на увеличение антропогенной нагрузки индуцируется дополнительный синтез вторичных метаболитов, которые играют важную роль в адаптации растений к изменяющимся условиям. Известно, что лигандами для хелатирования токсичных веществ являются органические кислоты, аминокислоты, пептиды, при этом некоторые вторичные метаболиты, например, фенольные соединения, в частности флавоноиды, могут являться хелаторами и принимать участие в детоксикации экотоксикантов, в частности, тяжелых металлов, в растительном организме, в результате чего возможно повышение содержания полифенолов в ответ на стрессовое воздействие окружающей среды [8-10].

Цель исследования – изучение особенностей накопления в лекарственном растительном сырье на примере пустырника пятилопастной травы синантропной флоры средней полосы России наиболее значимых токсичных элементов и биологически активных веществ, а также анализ взаимосвязи между данными процессами.

Методика

Выбор территорий для заготовки пустырника пятилопастной травы объясняется особенностями антропогенного воздействия (табл. 1) заповедная зона (контроль): Воронежский биосферный заповедник (1); Хоперский заповедник (Новохоперский район); (2), Хоперский заповедник

(Борисоглебский район) (3); территория разработки медно-никелевых месторождений (4); зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению после аварии на Чернобыльской АЭС (Нижедевицкий (5), Острогжский (6), Семилукский (7) районы); Нововоронежская атомная электростанция (АЭС) (8); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); зоны с активной сельскохозяйственной деятельностью (Лискинский (10), Ольховатский (11), Подгоренский (12), Петропавловский (13), Грибановский (14), Хохольский (15), Новохоперский (16), Репьевский (17), Воробьевский (18), Панинский (19), Эртильский (20), Верхнехавский (21), Россошанский (22) районы); химические предприятия ОАО «Минудобрения» (23), ООО «Бормаш» (24); города с развитой легкой промышленностью (Борисоглебск (25), Калач (26)); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (27); предприятие по выпуску синтетического каучука ООО «Сибур» (28); Воронежское водохранилище (29); аэропорт (30); улица Воронежа (31); территории вдоль дорог разной степени загруженности – трасса М4 «Дон» (32-35, 40-43), трасса А144 (36-39), нескоростная автомобильная дорога (44-47) и железная дорога (48-51) [8, 10].

Пустырника пятилопастного траву заготавливали в соответствии с требованиями ФС.2.5.0034.15 «Пустырника трава», в конце июня – начале июля, в фазу начала цветения от дикорастущих растений, в сухую погоду, срезая верхушки стеблей и ветвей длиной до 40 см. Сушили растительное сырье естественным теневым способом при хорошей вентиляции. [1].

В заготовленных образцах пустырника пятилопастного травы определяли концентрацию нормируемых элементов – свинца, ртути, кадмия, мышьяка, а также наиболее токсичных металлов, содержание которых в лекарственном растительном сырье в настоящее время не нормируется – никель, хром, кобальт, медь, цинк. Исследования образцов проводили с использованием аналитического комплекса на базе атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915МД» в соответствии с ОФС.1.5.3.0009 [2]. Изучение содержания в сырье суммы флавоноидов в пересчете на рутин, эфирного масла, экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом вели по фармакопейным методикам [1, 2]. Каждое определение проводили трижды, полученные результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

Изучение взаимосвязи между количественным содержанием тяжелых металлов и мышьяка, и биологически активных веществ в изучаемых образцах пустырника пятилопастного травы вели методом параметрической статистики по критерию корреляции Пирсона. При расшифровке рассчитанных коэффициентов использовали шкалу Чеддока [7, 9].

Результаты исследования и их обсуждение

Концентрация свинца (табл. 1) во всех образцах пустырника пятилопастного травы не превышала установленный ГФ XV числовой показатель [2]. Концентрация свинца в сырье, собранном на контрольных территориях, варьировала от 0,17 мг/кг до 0,34 мг/кг, при этом в остальных образцах, заготовленных в условиях антропогенного воздействия, содержание металла колебалось от 0,17 мг/кг до 2,59 мг/кг. Для агроценозов отмечены менее значительные концентрации свинца в пустырнике пятилопастного траве (0,17-0,42 мг/кг).

Содержание ртути варьировало от 0,002 мг/кг до 0,006 мг/кг. Концентрация металла в образцах, собранных в заповедных зонах, практически не отличалась от его концентрации в образцах растений, произраставших в урбоценозах.

Концентрация кадмия колебалась от 0,02 мг/кг до 0,48 мг/кг при среднем содержании 0,11 мг/кг, что в 9 раз меньше его ПДК. Концентрация металла в сырье заповедных зон находилась на уровне 0,02-0,03 мг/кг. Более высокие концентрации вновь отмечены в образцах пустырника пятилопастного, произраставшего в урбоценозах – вблизи крупных химических предприятий, в городах, вблизи автотрасс и железной дороги.

Концентрация мышьяка в образце, собранном вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», превышала фармакопейные нормы. Средняя же концентрация элемента в пустырнике пятилопастного траве составила 0,21 мг/кг и варьировала от 0,11 мг/кг до 0,53 мг/кг.

Средний уровень содержания никеля в пустырнике пятилопастного траве оценивается в 3,89 мг/кг (при колебании от 1,04 мг/кг до 8,46 мг/кг). Для сырья заповедных зон отмечено накопление металла на уровне 1,31-3,19 мг/кг, агроценозов - 1,04-4,01 мг/кг. Более высокое содержание никеля (более 5 мг/кг) выявлено в образцах, собранных вблизи ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», ОАО «Воронежсинтезкаучук», на улице городов, вблизи автотрасс (М4, А144) и железной дороги.

Таблица 1. Средние значения содержания тяжелых металлов и мышьяка и биологически активных веществ в пустырника пятилопастного траве

№ п/п	Территория заготовки образцов	Содержание элемента, мг/ кг									Содержание биологически активных веществ, %	
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	Сумма флавоноидов в пересчете на рутин	Экстрактные вещества извлекаемые 70% спиртом
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Территория Воронежского биосферного заповедника	0,20	0,004	0,03	0,16	1,45	0,29	0,55	6,23	22,98	0,35	28,21
2	Территория Хоперского заповедника	0,34	0,003	0,02	0,11	3,19	0,44	0,62	8,32	27,92	0,37	26,17
3	Террит. Теллермановского леса (Борисоглебский р-н)	0,17	0,002	0,03	0,10	1,31	0,26	0,48	7,67	32,65	0,48	31,40
4	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,28	0,003	0,02	0,12	2,81	0,52	0,52	9,45	28,07	0,41	19,53
5	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,53	0,004	0,07	0,11	1,27	0,72	0,61	11,23	30,80	0,89	26,90
6	Улица города Острогожск	0,52	0,004	0,03	0,17	3,85	1,08	0,59	12,04	39,63	0,95	31,18
7	Улица города Семилуки	0,47	0,004	0,04	0,20	3,25	1,20	0,63	12,15	41,85	0,78	28,53
8	Улица города Нововоронеж	0,23	0,002	0,02	0,15	1,74	0,57	0,56	7,30	27,10	0,85	22,25
9	ВЛЭ (Каширский район)	0,40	0,003	0,06	0,23	4,27	1,15	0,67	12,74	47,47	0,84	17,06
10	Агробиоценоз Лискинского района	0,32	0,003	0,08	0,12	1,04	0,61	0,72	10,53	21,97	0,44	27,90
11	Агробиоценоз Ольховатского района	0,17	0,003	0,02	0,17	3,62	0,89	0,54	9,62	32,64	0,98	29,33
12	Агробиоценоз Подгоренского района	0,23	0,005	0,04	0,18	4,01	0,53	0,65	15,04	29,85	0,42	19,06
13	Агробиоценоз Петропавловского района	0,38	0,003	0,03	0,12	1,16	0,72	0,83	11,96	34,70	0,53	23,18
14	Агробиоценоз Грибановского района	0,32	0,004	0,02	0,25	3,61	0,59	0,43	14,04	38,20	0,65	25,92
15	Агробиоценоз Хохольского района	0,28	0,003	0,06	0,15	2,83	0,31	0,60	13,29	38,25	0,5	18,94
16	Агробиоценоз Новохоперского района	0,30	0,003	0,03	0,21	3,18	0,27	0,57	11,05	29,00	0,77	24,98
17	Агробиоценоз Репьевского района	0,36	0,003	0,05	0,19	3,74	0,57	0,84	12,28	35,17	0,44	20,48
18	Агробиоценоз Воробьевского района	0,26	0,004	0,02	0,11	3,85	0,40	0,67	9,17	27,15	0,42	20,16
19	Агробиоценоз Панинского района	0,30	0,005	0,08	0,21	3,97	0,66	0,58	12,27	43,09	0,68	23,03
20	Агробиоценоз Верхнехавского района	0,42	0,005	0,07	0,23	2,56	0,85	0,54	15,85	34,52	0,74	25,00
21	Агробиоценоз Эртильского района	0,28	0,003	0,04	0,13	3,41	0,61	0,76	12,00	42,80	0,55	21,05
22	Агробиоценоз Россошанского района	0,25	0,004	0,06	0,25	3,28	0,77	0,80	16,75	40,50	0,51	22,16
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	1,45	0,005	0,35	0,37	4,58	3,52	1,36	19,63	87,87	1,11	28,57
24	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	1,05	0,005	0,41	0,46	8,46	2,78	1,52	21,50	65,75	0,3	17,42
25	Улица города Борисоглебск	0,87	0,004	0,29	0,23	5,22	2,13	0,85	18,42	62,03	0,9	27,70
26	Улица города Калач	0,72	0,005	0,10	0,20	5,45	4,05	0,78	14,80	57,20	1,08	31,24
27	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	1,24	0,005	0,13	0,53	3,56	3,16	0,95	17,52	63,18	0,75	23,70
28	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (г. Воронеж)	1,56	0,005	0,16	0,26	5,20	3,68	1,03	18,35	80,27	0,93	25,61
29	0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	0,27	0,004	0,07	0,24	4,17	0,71	0,77	9,53	35,48	0,67	23,51
30	Вблизи междунар. аэропорта Воронеж им. Петра I	0,83	0,004	0,04	0,39	5,50	1,06	0,65	12,08	30,07	0,67	19,07
31	Улица города Воронеж	2,59	0,006	0,36	0,32	5,91	4,51	2,29	22,07	89,42	1,04	32,85
32	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,15	0,005	0,48	0,32	6,43	3,61	1,84	25,86	78,01	0,57	15,70
33	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не	1,75	0,005	0,35	0,24	5,12	1,41	1,02	18,21	57,21	0,66	20,02
34	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не	0,98	0,005	0,11	0,20	4,42	0,81	0,83	14,28	39,53	0,87	27,90
35	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не	0,40	0,004	0,07	0,20	3,10	0,64	0,67	13,08	35,05	1,17	29,64
36	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,89	0,003	0,27	0,23	6,65	2,55	1,69	23,09	63,06	0,38	14,18
37	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,63	0,004	0,14	0,20	6,08	1,82	1,42	19,57	53,37	0,64	19,30
38	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,06	0,004	0,09	0,15	4,35	1,91	0,74	14,11	52,81	0,67	22,67
39	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,33	0,004	0,10	0,14	3,28	0,85	0,54	12,65	41,07	0,8	24,02
40	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-е	2,24	0,005	0,21	0,17	6,35	2,21	1,43	24,16	59,35	0,28	13,21
41	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не	1,84	0,005	0,16	0,15	4,08	1,95	1,20	20,55	52,17	0,51	24,52
42	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не	1,32	0,005	0,08	0,12	3,32	1,36	0,98	18,39	49,28	0,76	22,45
43	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не	0,90	0,005	0,08	0,11	3,08	0,97	0,71	12,91	35,17	0,84	25,08
44	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,92	0,005	0,07	0,26	3,86	0,91	0,83	15,53	58,38	1,38	30,45
45	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,57	0,004	0,05	0,20	3,45	0,72	0,64	12,05	41,85	0,83	26,89
46	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,39	0,003	0,02	0,16	3,05	0,69	0,63	10,49	36,14	0,84	27,45
47	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,41	0,004	0,02	0,11	2,45	0,52	0,67	11,59	39,18	0,57	25,17
48	0 м от железнодорожных путей	1,76	0,005	0,15	0,34	5,45	1,53	0,91	27,37	67,30	1,28	33,79
49	100 м от железнодорожных путей	0,64	0,005	0,06	0,27	4,65	1,31	0,73	23,90	51,34	0,83	27,56
50	200 м от железнодорожных путей дороги	0,50	0,004	0,05	0,23	4,25	0,83	0,65	12,21	44,75	0,82	25,80
51	300 м от железнодорожных путей дороги	0,50	0,004	0,06	0,19	3,36	0,65	0,67	14,25	38,39	0,64	23,06
	ПДК	6,0	0,1	1,0	0,5	-	-	-	-	-	Не менее 0,2	Не менее 15

Содержание хрома в изучаемых образцах пустырника пятилопастного травы варьировало от 0,29 мг/кг до 4,51 мг/кг. Отмечены значительно более низкие концентрации элемента в сырье, собранном на контрольных зонах – 0,26-0,44 мг/кг и в агроценозах – 0,31 0,89 мг/кг. В урбоценозах концентрация хрома в надземной части пустырника пятилопастно оказалась значительнее (0,65-4,51 мг/кг).

Уровень накопления кобальта в пустырнике пятилопастного траве ниже, чем для хрома. Его содержание варьировало от 0,52 мг/кг до 2,29 мг/кг. В образцах контрольных территорий и агроценозов также отмечены более низкие уровни концентраций данного металла.

Пустырника пятилопастного трава в значительной степени накапливает медь и цинк. Концентрация меди варьировала от 6,23 мг/кг до 25,86 мг/кг при среднем содержании в регионе 14,69 мг/кг. Концентрация цинка в изучаемых образцах пустырника пятилопастного травы принимала значения от 21,97 мг/кг до 89,42 мг/кг и в среднем составляла 45,31 мг/кг.

Вся заготовленная пустырника пятилопастного трава по результатам исследований признана доброкачественной по содержанию флавоноидов в пересчете на рутин. Образцы, собранные на контрольных территориях, содержали флавоноиды в среднем в 2 раза больше допустимого числового значения. В агроценозах региона содержание флавоноидов варьировало от 0,42% до 0,98%, что в среднем почти в 3 раза превышало установленный нормативной документацией числовой показатель и в 1,5 раза превышало содержание флавоноидов в образцах контрольных зон. Для образцов пустырника пятилопастного травы, собранных в условиях ряда урбоценозов области (вблизи ОАО «Минудобрения», ООО «Воронежсинтезкаучук», на улицах г. Борисоглебска, Калача, Воронежа, вдоль дороги обычного типа и железной дороги, а также на расстоянии 300 м от автотрасс М4 и А144), наблюдали также очень высокие концентрации флавоноидов (от 0,80% до 1,38%), что в 2-3,5 раза превышало содержание флавоноидов в образцах заповедных зон. Это можно объяснить биохимическим приспособлением растения к значительным окислительным стрессам, в ответ на которые происходит индукция синтеза полифенольных веществ [8, 9]. Однако можно выделить образцы, также собранные в условиях значительного антропогенного воздействия, отличавшиеся значительно меньшим содержанием флавоноидных соединений, на уровне 0,28-0,38% (вблизи ООО «Бормаш», вдоль трасс М4 и А144). Вероятно, при чрезмерном токсическом влиянии экотоксикантов происходит угнетение антиоксидантной системы растения, проявляющееся сниженным содержанием флавоноидов [8, 9]. При этом, при удалении от автомагистрали уже на 100 м происходило резкое, почти двукратное, увеличение содержание флавоноидов.

Содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, в пустырнике пятилопастного траве варьировало от 13,21% до 33,79% и не соответствовало фармакопейным требованиям для двух образцов – заготовленных вдоль трасс А144 и М4. Для этих же двух образцов выявлены самые низкие значения содержания суммы флавоноидов в пересчете на рутин. Данный факт может указывать на то, что значительная антропогенная нагрузка, которой подвержены растения, произрастающие вдоль дорог с интенсивным движением, вызвала подавление биосинтеза не только флавоноидов, но и других биологически активных веществ, извлекаемых 70% спиртом этиловым (флавоноиды составляют в данном случае не более 5% экстрактивных веществ).

Для изучения влияния токсичных элементов на накопление биологически активных веществ в пустырнике пятилопастного траве анализировали коэффициенты корреляции (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между содержанием токсичных элементов и биологически активных веществ в пустырнике пятилопастного траве

Группа биологически активных веществ	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Сумма флавоноидов в пересчете на рутин	0,13	0,30	0,02	0,24	-0,01	0,24	-0,03	0,14	0,34
Экстрактивные вещества, извлекаемые 70% спиртом	-0,15	0,11	-0,28	-0,04	-0,36	0,00	-0,24	-0,18	0,01

Умеренное положительное влияние на накопление флавоноидов в пустырнике пятилопастного траве отмечено для ртути и цинка. На содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, умеренное отрицательное влияние оказывал никель.

Заключение

Проанализировано свыше 50 образцов пустырника пятилопастного травы, заготовленной в различных урбаноценозах средней полосы России, в которых определено содержание токсичных элементов и основных групп биологически активных веществ. Анализируя данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона, можно утверждать о наличии значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в растении, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Пустырника пятилопастного трава также способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк). Содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, не соответствует требованиям фармакопейной статьи для двух образцов пустырника пятилопастного травы – для образцов, заготовленных вдоль трасс А144 в Аннинском районе и М4 в Павловском районе.

Сырье пустырника пятилопастного, собранного в ряде урбаноценозов, отличается повышенным содержанием флавоноидов в пересчете на рутин, что, вероятно, объясняется тем, что ключевой фермент синтеза флавоноидов – фенилаланинаммиаклиаза, имеет ярко выраженную стресс-индуцибельность. Однако, вблизи некоторых производственных предприятий и вдоль автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения, нами были отобраны образцы со сниженным относительно других образцов сырья содержанием флавоноидов в пересчете на рутин. В этих же образцах отмечено наименьшее содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, что позволяет предположить, что при чрезмерном токсическом влиянии поллютантов возможно также угнетение вторичного синтеза метаболитов в растениях. Умеренное положительное влияние на накопление флавоноидов в пустырнике пятилопастного траве отмечено для ртути и цинка. На содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом, умеренное отрицательное влияние оказывал никель.

Литература (references)

1. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. – М.: ФЭМБ, 2018. – 1543 с. [*Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XIV, Tom 2. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Volume 4. Moscow: FEMB, 2018. – 1543 p. (in Russian)*]
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XV. Режим доступа: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15>. [*Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XV. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XV. Moscow: FEMB, 2023. https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15 (in Russian)*]
3. Дьякова Н.А. Анализ накопления тяжелых металлов и мышьяка травой *Leonurus quinquelobatus* Gilib. // Вестник Нижневартковского государственного университета. – 2021. – №2(54). – с. 48-56. [D'yakova N.A. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. Bulletin of Nizhnevartovsk State University. – 2021. – N2(54). – P. 48-56 (in Russian)]
4. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней лопуха обыкновенного // Вестник Смоленской медицинской академии. – 2022. – №1. – С. 175-180. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. *Vestnik Smolenskoy Gosudarstvennoy Medicinskoj Akademii*. – 2022. – N1. – P. 175-180. (in Russian)]
5. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней одуванчика лекарственного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2022. – Т.21, №2. – С. 171-186. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2022. – V.21, N2. – P. 171-176. (in Russian)]
6. Дьякова Н.А. Изучение накопления естественных и искусственных радионуклидов лекарственным растительным сырьем на примере травы пустырника пятилопастного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2023. – Т.22, №1. – С. 167-174. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2023. – V.22, N1. – P. 167-174. (in Russian)]

7. Дьякова Н.А. Изучение накопления радионуклидов лекарственным растительным сырьем Центрального Черноземья. – 2022. – Т.21, №3. – С. 170-175. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2022. – V.21, N3. – P. 170-175. (in Russian)]
8. Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой горца птичьего, произрастающей в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области // Вестник Смоленской Государственной Медицинской Академии. – 2020. – №4. – с. 152-157. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Vestnik Smolenskoj Gosudarstvennoj Medicinskoj Akademii. – 2020. – N4. – P. 158-163. (in Russian)]
9. Дьякова Н.А. Эколого-фармакогностическая оценка качества травы пустырника пятилопастного, произрастающего в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области // Традиционная медицина. – 2022. – №4. – с. 44-48. [D'yakova N.A. *Tradicionnaya medicina*. Traditional medicine. – 2022. – N4. – P. 44-48 (in Russian)]
10. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях одуванчика лекарственного синантропной флоры Воронежской области // Вестник Смоленской Государственной Медицинской Академии. – 2020. – Т.19, №4. – С. 158-163. [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Vestnik Smolenskoj Gosudarstvennoj Medicinskoj Akademii. – 2020. – V.19, N4. – P. 152-157. (in Russian)]
11. Куркин В.А. Фармакогнозия / А.В. Куркин. – Самара: Офорт, 2004. – 1179. [Kurkin V.A. *Farmakognoziya*. Farmakognoziya. Samara: Ofort, 2004. – 1179 p. (in Russian)]
12. Buzogani T., Cucu V. Dinamika de acumulare repartizarea si conservarea iridoidelor in planta Leonurus cardiaca L. // *Farmacia*. – V.34, N3. – P. 173-176.
13. Rastogi S., Pandey M.M., Rawat A.K.S. Traditional herbs: A remedy for cardiovascular disorders // *Phytomedicine*. – 2016. – V23, N11. – P. 1082-1089.
14. Ritter M., Melichar K., Strahler S. et al. Cardiac and electrophysiological effects of primary and refined extracts from Leonurus cardiaca L. (Ph.Eur.) // *Planta Medica*. – 2010. – V76, N6. – P. 572-582.
15. Wojtyniak K., Szymański M., Matławska I. Leonurus cardiaca L. (Motherwort): A review of its phytochemistry and pharmacology // *Phytotherapy Research*. – 2012. – V27, N8. – P. 1115-1120.
16. Zhou Y., Gao X., Wu Ch., Wu Y. Bioaccessibility and safety assessment of trace elements from decoction of “Zhebawei” herbal medicines by in vitro digestion method // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2014. – V.28, N2. – P. 173-178.

Информация об авторах

Дьякова Нина Алексеевна – доктор фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» Минздрава России. E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 11.09.2024

Принята к печати 12.12.2024