

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА – ЛИСТЬЯ ПОДОРОЖНИКА БОЛЬШОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. НОВОСИБИРСКА

Сиромля Т.И.¹, Мяделец М.А.¹, Охлопкова О.В.², Качкин К.В.²

¹ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 8/2), e-mail: tatiana@issa.nsc.ru

²ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия (630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 52)

Исследовано содержание химических элементов (ХЭ) в системе почва - листья подорожника большого (*Plantago major* L.) и дана сравнительная оценка с аналогичными объектами других регионов. Рассчитана подвижность ХЭ в почве, коэффициенты биологического поглощения A_x и биогеохимической подвижности B_x , биогеохимическая активность вида. Для Fe, Li, K и Mg выявлена достоверная сильная корреляционная связь между их подвижностью в почве и коэффициентом A_x . Корреляция между подвижностью ХЭ и B_x отрицательная (разной степени силы) для всех исследованных ХЭ, кроме Mg и Na. Биогеохимическая активность *P. major* на исследованной территории меняется от 52,5 до 78,4. Растительное сырье *P. major*, собранное на территории г. Новосибирска, является экологически чистым по содержанию ХЭ и в целом соответствует образцам аптечного сырья.

Ключевые слова: элементный химический состав, почва, подорожник большой, *Plantago major* L., экологическая оценка, лекарственное растительное сырье.

CHEMICAL ELEMENTS IN THE SOIL – LEAVES OF PLANTAGO MAJOR IN THE NOVOSIBIRSK

Siromlya T.I.¹, Myadelets M.A.¹, Ohlopkova O.V.², Kachkin K.V.²

¹Institute of Soil Science and Agrochemistry Siberian Branch of RAS; Novosibirsk, Russia (630090, Novosibirsk, Prospect Lavrentiev, 8/2), e-mail: tatiana@issa.nsc.ru

²Novosibirsk State Medical University Ministry of health of Russia, Novosibirsk, Russia (630091, Novosibirsk, Krasniy prospect, 52)

The content of chemical elements (ChE) in the soil – leaves of *Plantago major* in the city of Novosibirsk and the comparative evaluation with similar objects in other regions. Calculated mobility of ChE in the soil, biological absorption coefficients A_x and biogeochemical mobility B_x , biogeochemical activity of the species. For Fe, Li, K and Mg revealed significant strong correlation between their mobility in the soil and the coefficient of A_x . The correlation between mobility ChE and B_x negative (varying degrees of strength) for all investigated HAE, except for Mg and Na. Biogeochemical activity of *P. major* in the studied area varies from 52,5 to 78.4. Vegetable materials *P. major*, gathered in the city of Novosibirsk, is environmentally friendly on the content of heavy metals and is generally consistent with patterns of pharmaceutical raw materials.

Keywords: elemental chemical composition, soil, *Plantago major* L., environmental assessment, herbal drugs.

В настоящее время антропогенные факторы оказывают интенсивное воздействие на все компоненты природной среды. В связи с этим качество сырья лекарственных растений (ЛР), произрастающих в техногенно нарушенных местообитаниях, необходимо оценивать с учетом не только традиционных фармакопейных показателей, но и требований экологической чистоты, т.е. содержания химических элементов (ХЭ) в целом и тяжелых металлов (ТМ) в частности.

К приоритетным загрязнителям биосферы, подлежащим первоочередному контролю в пищевых продуктах и пищевом сырье, относят Cd, Pb, Hg, As. Кроме них, к числу контролируемых компонентов в продуктах питания объединенная комиссия ФАО и ВОЗ относит Si, Sr, Zn, Fe. Содержание ХЭ в сырье ЛР в России в настоящее время не

нормируется, и в литературе в основном используются значения, приведенные в СанПиН 2.3.2.1078-01 для биологически активных добавок на растительной основе (чай).

Факторы, влияющие на содержание ХЭ в ЛР, можно разделить на три группы: 1) элемент (содержание и формы соединений в почве); 2) растение (вид, фазы вегетации, распределение по органам и т.п.); 3) почва (гранулометрический и минералогический состав, рН, содержание органического вещества и полутвердых оксидов, емкость катионного обмена и т.д.). Помимо изменения элементного химического состава, ХЭ почвы оказывают значительное влияние на биосинтез действующих веществ в ЛР [2]. Оптимальный синтез биологически активных веществ происходит только при определенных пределах концентраций и соотношениях ХЭ в растительном организме и среде [3].

В настоящее время для ЛР достаточно подробно изучено влияние автотранспорта и частично – промышленных предприятий. В основном на основании проведенных исследований авторы не рекомендуют проводить заготовку сырья ЛР ближе 200-300 м от автомагистралей. По нашим данным [7], у подорожника большого (*Plantago major* L.) не соответствует нормативам зольность растений, собранных на расстоянии до 25 м от автотрассы, а содержание ХЭ вообще существенно не отличается от фонового. И.В. Гравель и др. [1] отмечают, что содержание ХЭ в сырье ЛР, собранном в радиусе 3,5 км от эпицентра выброса предприятия, существенно выше фонового, однако концентрации не достигают реально опасных для здоровья человека.

В таком случае ЛР вообще можно рассматривать как источник дополнительного поступления ХЭ в организм человека, тем более что микроэлементы в сырье ЛР отличаются наиболее благоприятными соотношениями и находятся в органически связанной, легко доступной для усвоения форме. Для коррекции элементного баланса в организме человека предлагается даже использовать сырье, не удовлетворяющее требованиям Государственной фармакопеи (ГФ) по содержанию в нем биологически активных веществ [6].

Подорожник большой (*Plantago major* L.) является одним из наиболее известных и характерных представителей урбанофлоры. Это ценное лекарственное растение, листья которого включены в ГФ. Применяется при хронических гастритах с пониженной секрецией, энтеритах и колитах, при язвенной болезни, ускоряет заживление ран и язв, оказывает кровоостанавливающее, противовоспалительное и бактерицидное действие.

Целью работы стало исследование содержания ХЭ в системе почва – листья *P. major* в условиях г. Новосибирска и экологическая оценка данного лекарственного сырья.

Материал и методы исследования

Объектом исследования послужили образцы почв (глубина отбора 0-20 см в зоне расположения корневой системы по диагонали пробных площадок в 5 точках с последующим

объединением в смешанный образец) и листья *P. major*, собранные в фазу цветения растений в вегетационные периоды 2011-2012 гг. на территории крупного промышленного центра – г. Новосибирска (табл. 1). В качестве объекта сравнения использовалось аптечное сырье производства разных производителей.

Таблица 1

Характеристика места сбора исследуемых образцов

№ точки	Место сбора	Расстояние от трассы, м	Физ. глина, %	pH
I	п. Плотниково (НСО)	5-10	24,5	6,9
II	Ост. «Куприна», ул. Никитина	4-10	11,6	7,7
III	Ост. «Сибирская ярмарка», Красный проспект	2-10	14,0	7,4
IV	Ост. «Горбольница», ул. Залесского	8-10	13,0	7,1
V	Ост. «Карьер Борок», ул. Большевикская	5-10	11,1	7,5

Отбор образцов проводили общепринятыми методами. В каждой точке отбирали не менее 3 средних проб, дважды в течение фазы цветения. Далее представлены средние арифметические значения ($n=6$ для pH, количества физической глины и валового содержания ХЭ в почве; для всех остальных показателей $n=12$). Содержание физической глины определяли по ГОСТ 12536-79, $pH_{\text{сол}}$ – по ГОСТ 26483-85. Определение общего содержания ХЭ проводили методом атомно-абсорбционного анализа. Содержание ХЭ в листьях растений исследовали после их предварительного сухого озоления. Подвижную форму ХЭ извлекали из почвы ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8 и анализировали атомно-абсорбционным методом по РД 52.18.289-90. Содержание ХЭ приведено в пересчете на воздушно-сухие образцы. Все анализы выполнены в трех аналитических повторностях.

Для оценки доступности ХЭ растениям рассчитывалась их подвижность в почве – отношение содержания подвижных форм к общему содержанию в почве. Для оценки способности растений накапливать ХЭ рассчитывали коэффициент биологического поглощения A_x – отношение содержания ХЭ в золе растения к общему содержанию в корнеобитаемом слое почвы [5]. A_x отражает скорее потенциальную биогеохимическую подвижность элементов, поэтому дополнительно был рассчитан коэффициент биогеохимической подвижности B_x – отношение содержания ХЭ в сухом веществе растений к его подвижной форме, извлекаемой из почвы ацетатно-аммонийным буфером. Данный показатель характеризует доступность элементов растениям и степень использования ими подвижных форм элементов, содержащихся в почве [5].

На основе данных о коэффициенте A_x для количественного выражения общей способности растений к увеличению концентрации ХЭ была рассчитана биогеохимическая активность вида (БХА) – суммарная величина, получаемая при сложении коэффициентов A_x

отдельных ХЭ, которая позволяет судить об общей способности растения к увеличению концентрации ХЭ при извлечении их из почвы.

Результаты исследования и их обсуждение

Все исследованные почвы характеризуются близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора. По гранулометрическому составу городские почвы являются супесчаными, а почвенные образцы из п. Плотниково – легкосуглинистыми, поэтому валовое содержание в них ТМ оценивается по разным критериям в соответствии с ГН 2.1.7.2511-09. В некоторых случаях обнаружено превышение ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) валового содержания ТМ в почве Ni (24,3 мг/кг), Pb (87,3 мг/кг) и Zn (72,0-95,5 мг/кг) (табл. 2). Значительное превышение ОДК по валовому содержанию Pb в точке II обуславливает и высокое содержание подвижных форм данного элемента, превышающее предельно допустимую концентрацию (ПДК). В данной точке повышена подвижность большинства элементов, что в целом характерно для загрязненных территорий [8]. Во всех остальных случаях превышения ПДК исследуемых ТМ не обнаружено. Для марганца, свинца и цинка выявлена сильная корреляционная связь ($r > 0,9$) между валовым содержанием и количеством подвижных форм. Анализируя степень подвижности ХЭ (рис. 1), как условный показатель доступности ХЭ растениям, следует отметить, что наибольшей подвижностью в исследуемых образцах обладают Sr (до 51,42%) и Cd (до 27,85%), наименьшей – Fe (до 0,15%) и Na (до 0,29%).

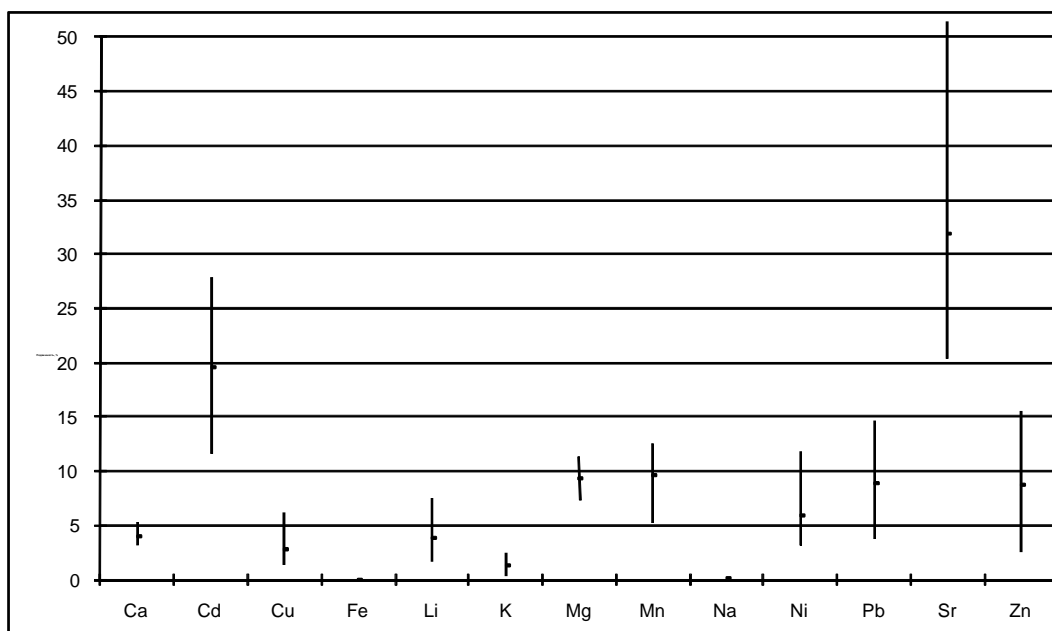


Рис. 1. Подвижность ХЭ в почвах, %.

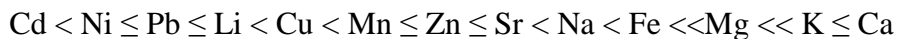
Химические элементы в системе почва – листья *P. major*

№ образца		Химический элемент, мг/кг													
		Ca	Cd	Cu	Fe	Li	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Sr	Zn	
I	ПОЧВА	общ.	8591	0,420	13,50	21026,8	16,79	8375	2633	694,4	11738	31,00	18,50	38,5	35,80
		подв.	276	0,064	0,84	7,7	0,29	95	210	80,0	27	0,99	0,70	19,8	0,96
	растение	31179	0,181	12,51	381,0	1,61	23144	2568	48,3	108	1,66	1,58	40,1	30,41	
II	ПОЧВА	общ.	14269	0,160	13,30	13613,2	8,534	9900	2026	295,9	16500	11,60	87,30	65,9	43,00
		подв.	706	0,041	0,20	21,1	0,64	38	150	37,0	30	1,37	12,78	16,3	4,61
	растение	31996	0,216	9,68	425,0	2,49	24596	3595	44,1	58	1,46	1,53	67,8	41,29	
III	ПОЧВА	общ.	7537	0,430	19,40	18140,8	13,14	10000	1150	448,7	13138	24,30	25,20	51,8	95,50
		подв.	396	0,050	0,44	5,6	0,40	244	120	24,0	26	1,21	2,58	10,6	9,92
	растение	24403	0,171	16,43	362,0	1,44	28884	2193	35,2	102	1,40	1,63	28,9	50,11	
IV	ПОЧВА	общ.	10366	0,280	22,50	18030,6	13,46	9723	1640	426,1	12688	16,20	26,90	62,0	72,00
		подв.	336	0,078	0,41	11,1	0,30	189	157	33,0	27	0,85	1,68	16,6	11,20
	растение	26712	0,174	13,81	331	1,69	29759	2769	36,2	85	1,65	1,78	39,9	49,16	
V	ПОЧВА	общ.	7533	0,180	10,30	10555,1	9,45	9953	1349	328,8	13058	15,40	11,60	53,6	26,40
		подв.	296	0,032	0,22	16,1	0,48	60	154	37,0	38	0,66	1,16	19,4	1,20
	растение	29615	0,265	15,86	579	2,81	21979	4314	44,5	148	1,84	1,58	87,6	68,48	
Аптечное сырье			31564	0,288	11,62	518	3,340	23524	2806	48,2	135	1,58	1,93	87,5	34,85

Примечание: **общ.** – валовое содержание ХЭ в почве; **подв.** – содержание подвижных форм ХЭ; **растение** – общее содержание ХЭ в растениях; жирным шрифтом выделены значения, превышающие допустимые концентрации.

При сравнении содержания ТМ в исследуемых образцах растительного сырья с показателями ПДК по СанПиН 2.3.2.1078-01 превышения допустимых значений не отмечается. Согласно полученным данным, в более запыленных растениях выше содержание цинка. Значительное превышение ПДК подвижного свинца в точке II отражается на достоверно большем количестве этого элемента в растениях, но тем не менее оно в 5 раз ниже ПДК для БАД на растительной основе. В большей степени в листьях *P. major* варьирует количество Li (V=34%), Na (V=31%) и Zn (V=30%). Наиболее постоянным содержанием отличается Pb (V=9%), что, возможно, является проявлением физиологического барьера растений к ТМ [9]. Также незначительной изменчивостью количественного содержания характеризуются Ca и Ni (V=10%). Полученные данные в значительной степени совпадают с ранее полученными нами результатами по влиянию на элементный состав *P. major* автотранспортного загрязнения и приведенными в той же статье литературными данными [7]. Обращают на себя внимание данные В.Н. Шапурко [10] по содержанию ТМ (мг/кг) в фитомассе фоновых растений *P. major* Брянской области: Pb – 11,3-23,6; Zn – 73,4-247,0; Cu – 36,9-44,7; Ni – 16,0-19,5; Fe – 2232-5780; Mn – 89-233; что в разы и даже на порядок выше техногенно загрязненных растений *P. major* Новосибирской, Томской, Кемеровской, Красноярской, Волгоградской областей.

Ряд накопления ХЭ выглядит следующим образом:



Содержание ХЭ в сырье лекарственных растений в России в настоящее время не нормируется, но можно отметить, что достоверных отличий между содержанием ХЭ в аптечном сырье и сырье, собранном в исследуемых точках, не установлено. У аптечного сырья *P. major*, исследованного И.В. Гравель и др. [1], содержание Ni и Zn совпадает с полученными нами результатами, количество Fe, Mn, Cu, Pb и Cd примерно в два раза ниже.

Как показано на рис. 2, Ca и K проявляют себя как элементы интенсивного накопления ($100 > A_x \geq 10$) во всех исследуемых точках произрастания *P. major*, у Mg и Zn пограничная ситуация, Cd, Cu и Sr характеризуются сильным накоплением ($10 > A_x \geq 1$). К элементам слабого накопления ($1 > A_x \geq 0,1$) относятся Fe, Li, Mn, Na, Ni, Pb. Очень низкий коэффициент A_x для Pb отмечается у *P. major* и в работах И.В. Гравель и др. [1]. Между подвижностью ХЭ в почве и A_x выявлена сильная корреляционная связь для Fe ($r=0,78$), Li ($r=0,93$), K ($r=0,92$), Mg ($r=0,87$). Коэффициент B_x также максимален для калия (118-647) и кальция (45-112). По другим элементам картина сходная, но резко меняются параметры для железа и стронция. Корреляция между подвижностью ХЭ и B_x отрицательная (разной степени силы) для всех исследованных элементов, кроме магния и натрия. Биогеохимическая активность *P. major* на исследованной территории меняется от 52,5 до 78,4.

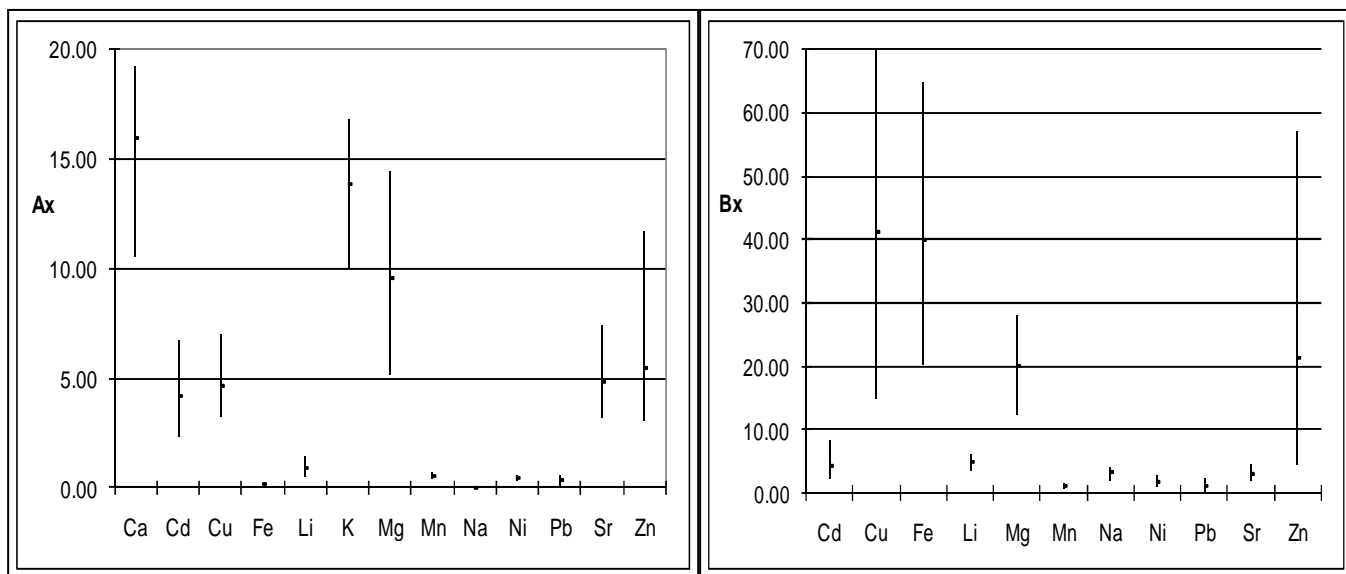


Рис. 2. Диапазоны коэффициентов биологического поглощения A_x и биогеохимической подвижности B_x .

Также можно отметить, что содержание полисахаридов во всем исследованном сырье соответствует требованиям ГФ (не менее 12%), количество дубильных веществ изменяется в диапазоне 5,5-6,9% и в среднем несколько выше, чем в аптечном сырье. В точках II и V наблюдается несколько повышенная запыленность образцов, что сопровождается увеличением количества флавонолов и снижением содержания хлорофилла [4].

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что городские почвы могут быть загрязнены ХЭ в количествах, превышающих существующие нормативы, но это явление не распространено повсеместно и наблюдается не для всех исследованных ХЭ. Для Mn, Pb и Zn выявлена сильная корреляционная связь между валовым содержанием и количеством подвижных форм. Подвижность ХЭ резко отличается, изменяясь от 0,15 до 50%.

Содержание ХЭ в растениях *P. major* г. Новосибирска в значительной степени соответствует данным по Томской, Кемеровской, Красноярской, Волгоградской областям, но по Брянской области данные значительно выше.

Са и К проявляют себя как элементы интенсивного накопления, у Mg и Zn пограничная ситуация, Cd, Cu и Sr характеризуются сильным накоплением. К элементам слабого накопления относятся Fe, Li, Mn, Na, Ni, Pb. Коэффициент B_x также максимален для К и Са, по другим ХЭ картина сходная, но резко меняются параметры для Fe и Sr. Между подвижностью ХЭ в почве и A_x выявлена сильная корреляционная связь для Fe, Li, К, Mg. Биогеохимическая активность вида меняется от 52,5 до 78,4. Растительное сырье *P. major*,

выращенное даже на загрязненных территориях, отвечает требованиям ГФ, является экологически чистым по содержанию ХЭ и в целом соответствует образцам аптечного сырья.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-05-31211.

Список литературы

1. Гравель И.В., Шойхет Я.Н., Яковлев Г.П., Самылина И.А. Фармакогнозия. Экоотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах : учебное пособие. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 304 с.
2. Гринкевич Н.И., Сафронич Н.Л. Химический анализ лекарственных растений. – М. : Высшая школа, 1983. – 176 с.
3. Ковальский В.В. Проблемы биогеохимии микроэлементов и геохимической экологии. Избранные труды. – М. : Россельхозакадемия, 2009. – 357 с.
4. Мяделец М.А., Сиромля Т.И., Охлопкова О.В., Качкин К.В. Элементный химический состав листьев и лекарственных форм подорожника большого (*Plantago major L.*), произрастающего в антропогенно нарушенных местообитаниях // Лекарственное растениеводство: от опыта прошлого к современным технологиям : материалы III Международной научно-практической интернет-конференции. – Полтава, 2014. – С. 128-132. – URL: http://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/conference/2014/med_herbs/34_mydelec.pdf (дата обращения: 05.11.2014).
5. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М. : Астрей-2000, 1999. – 610 с.
6. Попов А.И. Изучение влияние антропогенных факторов на элементный состав и ресурсы лекарственных растений Кемеровской области и республики Тыва : автореф. дис. ... д-ра фарм. наук. – М., 1995. – 44 с.
7. Сиромля Т.И. Влияние автотранспортного загрязнения на экологическое состояние подорожника большого (*Plantago major L.*) // Сибирский экологический журнал. – 2011. – № 5. – С. 677-688.
8. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2007. – 277 с.
9. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. – 172 с.
10. Шапурко В.Н. Ресурсы и экологическое качество лекарственных растений (на примере Брянской области) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Брянск, 2014. – 24 с.

Рецензенты:

Якименко В.Н., д.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт почвоведения и агрохимии» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск.

Высочина Г.И., д.б.н., профессор, зав. лабораторией фитохимии, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Центральный сибирский ботанический сад» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск.