

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-87-90>
УДК 633.88:577.18(571.1)

Жаркова Н.Н., Сухоцкая В.В.,
Ермохин Ю.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
Россия, г. Омск
E-mail: nn.zharkova@omgau.org, suhotskay-1990@mail.ru, yui.ermokhin@omgau.org

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Жаркова Н.Н., Сухоцкая В.В., Ермохин Ю.И. Интенсивность биологического накопления микроэлементов (цинка и меди) растениями *Echinacea purpurea* L. в условиях Западной Сибири. *Овощи России*. 2020;(2):87-90. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-87-90>

Поступила в редакцию: 30.01.2020
Принята к печати: 04.03.2020
Опубликована: 25.04.2020

Natalya N. Zharkova, Valentina V.
Sukhotskaya, Yuri I. Ermokhin

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin»
Omsk, Russia
E-mail: nn.zharkova@omgau.org, suhotskay-1990@mail.ru, yui.ermokhin@omgau.org

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Zharkova N.N., Sukhotskaya V.V., Ermokhin Yu.I. Intensity of biological accumulation of microelements (zinc and copper) plants of *Echinacea purpurea* L. under conditions of Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(2):87-90 (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-87-90>

Received: 30.01.2020
Accepted for publication: 04.03.2020
Accepted: 25.04.2020

Интенсивность биологического накопления микроэлементов (цинка и меди) растениями *Echinacea purpurea* L. в условиях Западной Сибири



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для восполнения недостатка доступных для растений запасов элементов питания требуется внесение макро- и микроудобрений. Так как микроэлементы имеют способность мигрировать в системе «почва – растение», необходимо не только контролировать их содержание в данных системах, но и определять биологическую аккумуляцию растений, в том числе и лекарственных, с учётом конкретных зональных особенностей территории. Целью работы было изучение интенсивности биологического накопления цинка и меди эхинацеей пурпурной в условиях Западной Сибири.

Материалы и методы. Полевые опыты проводили в период 2016-2018 годов на лугово-чернозёмной почве южной лесостепи Омской области. В качестве объекта исследования была выбрана ценная лекарственная культура – эхинацея пурпурная. Медные и цинковые удобрения в ацетатных формах вносили по фону (N_{125}). В почвенных и растительных образцах содержание подвижных форм Zn и Cu определяли атомно-абсорбционным методом.

Результаты. При внесении цинковых и медных удобрений содержание подвижных форм Zn и Cu в почве увеличилось по сравнению с контролем и фоном. При этом применение микроудобрений не привело к превышению ПДК. Содержание цинка в лекарственном сырье эхинацеи пурпурной при внесении микроудобрений изменялось от 9,9 до 17,1 мг/кг; меди – от 2,09 до 4,41 мг/кг. В вариантах опыта при внесении цинковых удобрений коэффициенты концентрации (Kk) цинка в почве были выше по сравнению с растениями ($Kk_{\text{раст.}} > Kk_{\text{почва}}$). Обратная ситуация складывается по накоплению меди растениями. Kk_{Cu} при внесении медных и цинковых удобрений в растениях выше, чем в почве: $Kk_{\text{раст.}} > Kk_{\text{почва}}$. Для оценки интенсивности поглощения микроэлементов эхинацеей пурпурной использовали коэффициенты биологического поглощения ($KBP_{Zn, Cu}$), которые показали, что данная культура является концентратором цинка и меди, так как $KBP > 1$. Причем в растениях эхинацеи пурпурной более энергично накапливается медь ($KBP > 10$), по сравнению с цинком. Содержание микроэлементов в лекарственном сырье эхинацеи не превышало МДУ (Cu – 30 мг/кг, Zn – 50 мг/кг).

Ключевые слова: коэффициент биологического поглощения (КБП), *Echinacea purpurea* L., цинк, медь, Западная Сибирь.

Intensity of biological accumulation of microelements (zinc and copper) plants of *Echinacea purpurea* L. under conditions of Western Siberia

ABSTRACT

Relevance. To compensate for the lack of nutrient reserves available for plants, the introduction of macro and micronutrient fertilizers is required. Since microelements have the ability to migrate in the soil – plant system, it is necessary not only to control their content in these systems, but also to determine the biological accumulation of plants, including medicinal ones, taking into account specific zonal features of the territory. Thus, the aim of the work was to study the intensity of the biological accumulation of zinc and copper by *Echinacea purpurea* in Western Siberia.

Materials and methods. Field experiments were conducted in the period 2016-2018 on meadow chernozem soil of the southern forest-steppe of the Omsk region. A valuable medicinal crop, *Echinacea purpurea*, was chosen as the object of study. Copper and zinc fertilizers in acetate forms were applied in the background (N_{125}). In soil and plant samples, the content of mobile forms of Zn and Cu was determined by the atomic absorption method.

Results. With the addition of zinc and copper fertilizers, the content of mobile forms of Zn and Cu in the soil increased in comparison with the control and background. At the same time, the use of micronutrient fertilizers did not lead to excess MPC. The zinc content in the medicinal raw material of *Echinacea purpurea* during the application of micronutrient fertilizers varied from 9.9 to 17.1 mg / kg; copper from 2.09 to 4.41 mg / kg. In the test cases, when applying zinc fertilizers, the concentration coefficients (Kk) of zinc in the soil were higher compared to plants ($Kk_{\text{soil}} > Kk_{\text{plant}}$). The reverse situation is the accumulation of copper by plants. Kk_{Cu} when applying copper and zinc fertilizers in plants is higher than in the soil: $Kk_{\text{plant}} > Kk_{\text{soil}}$. To assess the intensity of the absorption of trace elements by *Echinacea purpurea*, biological absorption coefficients ($CBA_{Zn, Cu}$) were used, which showed that this culture is a concentrator of zinc and copper, since $CBA > 1$. Moreover, copper in plants of *Echinacea purpurea* accumulates more vigorously ($CBA > 10$), compared to zinc. The content of microelements in the medicinal raw material of *Echinacea* did not exceed MDU (Cu – 30 mg / kg, Zn – 50 mg / kg).

Keywords: coefficient of biological absorption (CBA), *Echinacea purpurea* L., zinc, copper, Western Siberia.

Введение

В настоящее время в России и в мире существует агрохимическая проблема, связанная с истощением запасов доступных растениям форм биофильных макро- и микроэлементов в почвах сельскохозяйственных угодий [1]. Для восполнения их недостатка требуется внесение макро- и микроудобрений. Микроэлементы имеют способность мигрировать из почвы в другие сопредельные среды, в том числе в системе «почва-растение», поэтому важно определение коэффициентов биологического поглощения у культуры, способных аккумулировать отдельные элементы. Особенно важно это при исследовании лекарственных растений, которые являются источниками не только биологически активных веществ, но и микроэлементов.

Эхинацея пурпурная – лекарственное растение семейства Сложноцветные. Она широко используется в фармацевтической промышленности, и клиническими испытаниями подтверждены её лекарственные свойства. Эхинацея пурпурная применяется при лечении бактериальных инфекций дыхательных путей и мочевой системы, обладает иммуномодулирующей активностью, имеет противовирусный и антибактериальный эффекты и т.д. [2, 3, 4].

Несмотря на достаточную изученность биохимического состава эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) [5, 6], лишь в единичных работах встречаются данные микроэлементного анализа эхинацеи пурпурной [7, 8]. Вопрос о её способности к накоплению микроэлементов в зависимости от внесения в почву различных доз микроудобрений остаётся слабоизученным. Между тем известно, что многие лекарственные растения являются концентраторами жизненно необходимых микроэлементов и их комплексов, усиливающих терапевтический эффект основного действующего вещества [9]. Почвенные и гидротермические условия, определённые концентрации и соотношения химических элементов в почве и растениях и другие факторы оказывают влияние на поступление микроэлементов в растения. Поэтому с практической точки зрения для отбора хозяйственно ценных лекарственных растений важно помимо биохимического состава растений определить интенсивность накопления микроэлементов, коэффициенты концентрации и миграцию микроэлементов в системе почва-растение. Так как биологические эффекты микроэлементов в живых системах сильно зависят от их концентрации и поэтому должны тщательно контролироваться, особенно если эта культура используется в медицине, как в случае с эхинацей.

Целью исследований являлось изучение интенсивности биологического накопления цинка и меди лекарственной культуры – эхинацей пурпурной в условиях Западной Сибири.

Материалы и методы

Исследования проводили на лугово-чернозёмной почве опытного поля Омского ГАУ в течение 2016-2018 годов. Объектами исследований являлись растения эхинацеи пурпурной (первого, второго, третьего года жизни) и лугово-чернозёмная среднетяжелосуглистая среднесуглинистая почва. Содержание гумуса в слое 0...20 см – 5,2%, нитратного азота (по Кочергину) – 10 мг/кг почвы, подвижного фосфора (по Чирикову) – 349, калия – 749 мг/кг почвы, рН водной вытяжки – 6,5-6,8. Обеспеченность нитратным азотом перед посадкой растений была низкой, фосфором и калием – высокая. Опыт закладывали в 4-х кратной повторности, варианты размещали систематически со смещением на две делянки. Учётная площадь – 10 м². Предшественник – чистый пар, основная обработка почвы общепринятая для зоны. Посадку рассады проводили в третьей декаде мая. Схема посадки эхинацеи 70 см х 60 см. Удобрения вносили в почву разбросным способом под перекопку до посадки культуры с заделкой на глубину 10-15 см.

Микроудобрения использовали в виде ацетатных форм на фоне N₁₂₅ (аммиачная селитра). Дозы рассчитывали исходя из содержания подвижных форм Zn и Cu в почве до посадки и предельно допустимой концентрации Zn (23 мг/кг) и Cu (3 мг/кг) (ГН 2.1.7.2041-06).

В ходе исследований были отобраны надземная часть растений эхинацеи пурпурной и почвенные образцы (слой 0-30 см) на каждом варианте опыта:

1. Без удобрений (контроль);
2. Фон (N₁₂₅);
3. N₁₂₅ + 0,25 ПДК Zn (10,7 кг д.в./га);
4. N₁₂₅ + 0,5 ПДК Zn (21,4 кг д.в./га);

5. N₁₂₅ + 0,75 ПДК Zn (32,4 кг д.в./га);
6. N₁₂₅ + 1,0 ПДК Zn (42,8 кг д.в./га);
7. N₁₂₅ + 0,25 ПДК Cu (2,3 кг д.в./га);
8. N₁₂₅ + 0,5 ПДК Cu (4,7 кг д.в./га);
9. N₁₂₅ + 0,75 ПДК Cu (7,0 кг д.в./га);
10. N₁₂₅ + 1,0 ПДК Cu (9,4 кг д.в./га).

Пробы растений были подготовлены к анализу в соответствии с ФС.2.5.0055.15, пробы почв – ГОСТ ISO 11464-2015.

Содержание подвижных форм Zn и Cu в образцах почв и растений (трава) определяли атомно-абсорбционным методом (вытяжка: ацетатно-аммонийный буфер, рН рН 4,8).

Для установления специфики культуры (биологический особенностей) и влияния различных доз микроудобрений (цинковых и медных) на интенсивность поглощения микроэлементов были рассчитаны коэффициенты концентрации (Кк, уравнение 1) и коэффициенты биологического поглощения (КБП, уравнение 2) [10]:

$$K_k = C_i / C_f \quad (1)$$

где C_i – содержание химического элемента на варианте опыта;

C_f – содержание элемента на фоне.

$$K_{BP} = C_p / C_n \quad (2)$$

где C_p – содержание элемента в растении, мг/кг;

C_n – содержание подвижной формы элемента в почве, мг/кг.

Математическую обработку данных полевого опыта проводили по Б. А. Доспехову с использованием программ для Microsoft Excel [11].

Результаты и их обсуждение

Период вегетации 2012-2016 годов был типичным для зоны южной лесостепи Западной Сибири: резкие колебания суточных температур и недостаток влаги. Вегетационный период 2016 года характеризовался повышенными температурами и отсутствием осадков, что привело к острой ранневесенней засухе. В 2017 году наблюдалась раннелетняя засуха, среднесуточные температуры воздуха незначительно превышали среднесуточные показатели. В 2018 году преобладала дождливая погода, температура воздуха была близка к среднесуточным значениям [12].

В ходе проведённых исследований было определено содержание подвижных форм цинка и меди в лугово-чернозёмной почве при внесении различных доз цинковых и медных удобрений под растениями эхинацеи пурпурной (табл. 1).

Содержание подвижного Zn в почве при внесении цинковых удобрений изменялось от 6,2-12,4 мг/кг, при внесении меди – от 3,1-6,8 мг/кг. Концентрация Cu в почве повысилась незначительно при внесении медных и цинковых удобрений (0,25-0,41 мг/кг). Внесение микроудобрений не привело к превышению ПДК.

В наших исследованиях цинк и медь по степени подвижности (Кп) можно расположить в следующий ряд Zn > Cu. Данная тенденция изменения степени подвижности цинка и меди связана с тем, что Cu образует более прочные специфические связи с компонентами почвенного поглощающего комплекса (ППК) и гуминовыми кислотами, чем Zn, который связывается неспецифически и становится более подвижным [15].

Для выявления особенностей накопления микроэлементов в лекарственном сырье эхинацеи пурпурной было изучено содержание Zn и Cu. В растениях эхинацеи содержание цинка больше по сравнению с медью (табл. 1). Эти данные согласуются с исследованиями [7], в которых авторы отмечают, что цинк (помимо Fe, Mn и Ca) в растениях эхинацеи присутствует в значительно больших концентрациях, причем в траве концентрация Zn в сравнении с Cu выше. Как видно из табл. 1 содержание цинка и меди в лекарственном сырье эхинацеи не превышает МДУ (максимально допустимый уровень), которые составляют для Cu – 30 мг/кг, для Zn – 50 мг/кг.

Для сравнения степени накопления микроэлементов растениями эхинацеи пурпурной был рассчитан коэффициент концентрации (Кк) (рис. 1-2).

Накопление цинка и меди в почве и растениях происходит по-разному. Кк Zn в почве выше по сравнению с растениями, обратная ситуация складывается по Cu. Более высокое поглощение Zn обусловлено биофильностью данного элемента и безбарьерным характером его поглощения растениями эхинацеи пурпурной (рис. 1).

Таблица 1. Содержание микроэлементов в почве и растениях эхинацеи пурпурной, ($M \pm SEM$, г. Омск, Омская область, в среднем за 2016-2018 гг.)

Table 1. The content of trace elements in the soil and plants of *Echinacea purpurea*, ($M \pm SEM$, Omsk, Omsk region, on average for 2016-2018)

Вариант опыта	Содержание в почве, мг/кг		Содержание в растениях, мг/кг	
	Zn	Cu	Zn	Cu
Без удобрений (контроль);	1,6 ± 0,05	0,24 ± 0,04	4,4 ± 0,09	2,1 ± 0,41
Фон (N_{125})	1,5 ± 0,05	0,32 ± 0,04	4,6 ± 0,09	2,1 ± 0,41
Фон+0,25ПДК Zn (10,7 кг д.в./га)	6,2 ± 0,12*	0,33 ± 0,01*	11,1 ± 0,39*	2,1 ± 0,41
Фон+0,5ПДК Zn (21,4 кг д.в./га)	7,4 ± 0,56**	0,35 ± 0,03**	12,7 ± 1,29**	2,7 ± 0,07**
Фон+0,75ПДК Zn (32,4 кг д.в./га)	9,4 ± 1,69**	0,30 ± 0,003*	13,9 ± 1,97**	3,5 ± 0,39**
Фон + ПДК Zn (42,8 кг д.в./га)	12,4 ± 3,39**	0,30 ± 0,003*	15,8 ± 3,04**	4,4 ± 0,89**
Фон+0,25ПДК Cu (2,3 кг д.в./га)	3,1 ± 0,36*	0,25 ± 0,03*	9,9 ± 0,42*	2,6 ± 0,17*
Фон+0,5ПДК Cu (4,7 кг д.в./га)	4,1 ± 0,20**	0,29 ± 0,01**	13,3 ± 1,50**	2,8 ± 0,06**
Фон+0,75ПДК Cu (7,0 кг д.в./га)	5,3 ± 0,89**	0,34 ± 0,02**	14,6 ± 2,23**	3,5 ± 0,34**
Фон + ПДК Cu (9,4 кг д.в./га)	6,8 ± 1,74**	0,41 ± 0,06**	17,1 ± 3,65**	4,3 ± 0,79**
ПДК [13]	23	3	-	-
МДУ [14]	-	-	50	30

Примечание: *различия вариантов опыта по отношению к контролю и фону статистически значимы при $p < 0,05$; **различия между вариантами опыта статистически значимы при $p < 0,05$.

В вариантах опыта при внесении медных удобрений коэффициенты концентрации меди в растениях выше, чем в почве, что обусловлено биологическими особенностями культуры (рис. 2).

Основным источником формирования микроэлементного состава растений считается запас микроэлементов в почве. Поэтому для оценки их интенсивности поглощения растениями эхинацеи использовали коэффициент биологического поглощения (КБП) (табл. 3).

Расчёт коэффициентов биологического поглощения химических элементов показал, что в звене «почва-расте-

ние» их величины превышают 1, следовательно, данная культура является концентратором микроэлементов цинка и меди. Причём наибольшим биологическим поглощением характеризуется медь, коэффициент во многих вариантах опыта превышает 10, что говорит об энергичном накоплении. По цинку значения коэффициента изменяются по вариантам опыта от 1,27-3,24, что указывает на сильное накопление и данного элемента.

Согласно проведённым полевым опытам с эхинацеей пурпурной наибольшая урожайность биомассы отмечалась на вариантах 0,5 ПДК Zn (12,7 т/га) и 1 ПДК Cu (16,8 т/га)

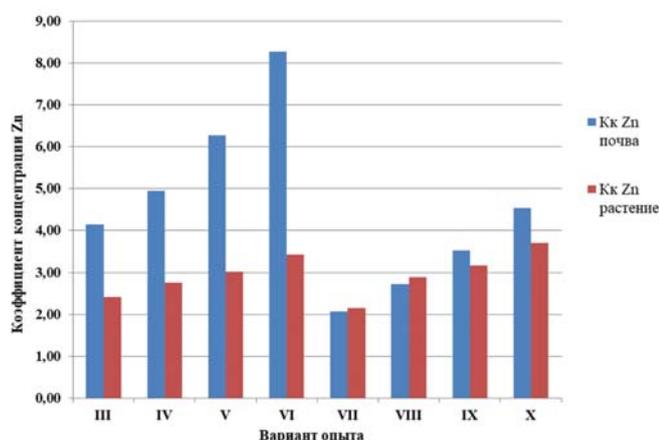


Рис. 1. Коэффициенты концентраций Кк Zn
Pg. 1. Concentration coefficients Kk Zn

Примечание: 3. $N_{125} + 0,25$ ПДК Zn; 4. $N_{125} + 0,5$ ПДК Zn; 5. $N_{125} + 0,75$ ПДК Zn; 6. $N_{125} + 1,0$ ПДК Zn; 7. $N_{125} + 0,25$ ПДК Cu; 8. $N_{125} + 0,5$ ПДК Cu; 9. $N_{125} + 0,75$ ПДК Cu; 10. $N_{125} + 1,0$ ПДК Cu

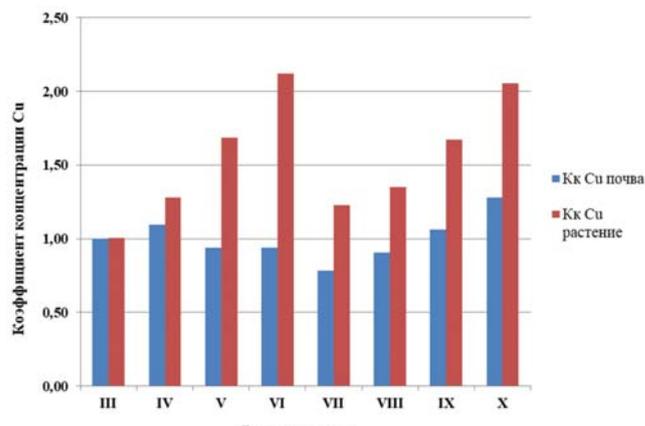


Рис. 2. Коэффициенты концентраций Кк Cu
Pg. 2. Concentration coefficients Kk Cu

Примечание: 3. $N_{125} + 0,25$ ПДК Zn; 4. $N_{125} + 0,5$ ПДК Zn; 5. $N_{125} + 0,75$ ПДК Zn; 6. $N_{125} + 1,0$ ПДК Zn; 7. $N_{125} + 0,25$ ПДК Cu; 8. $N_{125} + 0,5$ ПДК Cu; 9. $N_{125} + 0,75$ ПДК Cu; 10. $N_{125} + 1,0$ ПДК Cu
Различия между вариантами опыта статистически значимы при $p < 0,05$ (кроме Кк растение варианты V и VI)

Таблица 3. Коэффициенты биологического поглощения Zn и Cu растениями эхинацеи пурпурной, (г. Омск, Омская область, в среднем за 2016-2018 гг.)
Table 3. Biological Absorption Coefficients of Zn and Cu by Echinacea purpurea Plants, (Omsk, Omsk region, on average for 2016-2018)

Вариант опыта	КБП	
	Zn	Cu
Контроль	2,75**	8,60**
Фон+0,25ПДК Zn	1,79**	6,53**
Фон+0,5ПДК Zn	1,72**	7,60**
Фон+0,75ПДК Zn	1,48**	11,70*
Фон + ПДК Zn	1,27**	14,70*
Фон+0,25ПДК Cu	3,19**	10,20*
Фон+0,5ПДК Cu	3,24**	9,69**
Фон+0,75ПДК Cu	2,75**	10,24*
Фон + ПДК Cu	2,51**	10,41*
Элементы биологического накопления (по А.И. Перельману [16])	*Энергичного >10	
	**Сильного 1-10	

Об авторах:

Жаркова Наталья Николаевна – кандидат с.-х. наук, доцент, доцент кафедры экологии, природопользования и биологии
Сухоцкая Валентина Владимировна – аспирант кафедры агрохимии и почвоведения
Ермохин Юрий Иванович – доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры агрохимии и почвоведения

[12]. Кроме коэффициента биологического поглощения, нами для этих вариантов опыта была рассчитана нормативная величина – предельное содержание микроэлемента в растениях (ПСЭ):

$$\text{ПСЭ} = \text{МДУ} / \text{КБП} \quad (3)$$

Согласно формуле 3 с учётом зональных особенностей Западной Сибири установлены ПСЭ_{Zn}=29,1 мг/кг и ПСЭ_{Cu}=2,88 мг/кг. Полученные значения указывают на более интенсивную концентрацию меди растениями эхинацеи пурпурной по сравнению с цинком, так как содержание Cu в отдельных вариантах опыта превышало предельное содержание данного микроэлемента (ПСЭCu).

Заключение

Результаты изучения содержания микроэлементов в почвенных и растительных образцах эхинацеи пурпурной, возделываемой в условиях Западной Сибири, позволяют сделать следующие заключения:

1. Содержание подвижных форм цинка и меди при внесении различных доз микроудобрений находится в пределах агрохимической, биогеохимической и гигиенических норм, не превышает ПДК. Подвижность данных форм микроэлементов в почвах очень низка, из-за чего отмечается их недостаток.

2. Дефицит эссенциальных микроэлементов в почве привёл к недостатку этих элементов в растениях, превышения МДУ не отмечалось.

3. В растительном лекарственном сырье эхинацеи пурпурной при внесении микроудобрений отмечается накопление подвижных форм цинка и меди, КБП >1.

About the authors:

Natalya N. Zharkova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate professor, Assistant professor, of the Department of Ecology, Environmental Management and Biology
Valentina V. Sukhotskaya – postgraduate Student, Department of Agrochemistry and Soil Science
Yuri I. Ermokhin – Doc. Sci (Agriculture), Professor, Department of Agrochemistry and Soil Science

• Литература

1. Сысо А.И., Сиромля Т.И. Химические элементы и их соединения в почвах и растениях нативных и антропогенных экосистем Сибири. *Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: материалы III Международной школы-семинара для молодых исследователей*. Тюмень, 23-28 апреля 2018 г. С.137-150.
2. Mohammadhassan R., Akhavan S., Mahmoudi A., Khalkhali A., Barzin R. Antiviral activity of Echinacea (*Echinacea purpurea*). *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences (IJBPAS)*. May, 2016;5(5):999-1005.
3. Duke J.A. Handbook of Medicinal Herbs, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, New York. 2002. 896 pp.
4. Persival S.S. Use of Echinacea in medicine. *Biochemical Pharmacology*. Jul, 2000;15;60(2):155-158. DOI: 10.1016/s0006-2952(99)00413-x.
5. Загумеников В.Б., Бабаева Е.Ю., Петрова А.Л., Малахова И.П. Изучение зольной и влажности в траве эхинацеи пурпурной свежей. *Химико-фармацевтический журнал*. 2012;46(10):26-28.
6. Куркин В.А., Акушская А.С., Авдеева Е.В., Вельмьякина Е.И., Даева Е.Д., Кадентев В.И. Флавоноиды травы эхинацеи пурпурной. *Химия растительного сырья*. 2010;(4):87-89.
7. Ražić S.S., Onjia A., Potkonjak B. Slavica Trace elements analysis of Echinacea purpurea - Herbal medicinal. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. December, 2003;33(4):845-850. DOI: 10.1016/S0731-7085(03)00338-8.
8. Фарниева К.Х. Эффективность интродукции и перспективы использования эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) в условиях ПСО-Алании: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.14. Горский гос. аграр. университет, Владикавказ, 2015. 118 с.
9. Афанасьева Л.В., Аюшина Т.А., Рупышев Ю.А., Харпукхаева Т.М. Особенности накопления микроэлементов в листьях *Vaccinium vitis-idaea* в светлых лесах Икатского хребта. *Химия растительного сырья*. 2017;(4):159-164. DOI: 10.14258/jcprm.2017041939.
10. Уфимцева М.Д., Терехина Н.В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. СПб.: Наука, 2005. 339 с.
11. Дослехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Жаркова Н.Н., Сухоцкая В.В., Ермохин Ю.И. Формирование урожая лекарственных культур (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) под влиянием эссенциальных микроэлементов. *Овощи России*. 2019;(5):72-76. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-72-76>
13. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
14. ОСТ 10243 – 2000 Сено. Технические условия. Сборник отраслевых стандартов кормов и семян аридных кормовых культур. М., 2000. 12 с.
15. Корельская Т.А., Попова Л.Ф. Тяжелые металлы в почвенно-растительном покрове северо-западного ландшафта города Архангельска. *Арктика и Север*. 2012;(7):1-17.
16. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высш. шк., 1975. 342 с.

• References

1. Syso A.I., Syromlya T.I. Chemical elements and their compounds in soils and plants of native and anthropogenic ecosystems of Siberia. *Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural environments: materials of the III International School-Seminar for young researchers*. Tyumen, April 23-28, 2018. P.137-150. (In Russ.)
2. Mohammadhassan R., Akhavan S., Mahmoudi A., Khalkhali A., Barzin R. Antiviral activity of Echinacea (*Echinacea purpurea*). *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences (IJBPAS)*. May, 2016;5(5):999-1005.
3. Duke J.A. Handbook of Medicinal Herbs, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, New York. 2002. 896 pp.
4. Persival S.S. Use of Echinacea in medicine. *Biochemical Pharmacology*. Jul, 2000;15;60(2):155-158. DOI: 10.1016/s0006-2952(99)00413-x.
5. Zagumennikov V.B., Babaeva E.Yu., Petrova A.L., Malakhova I.P. The study of total ash and humidity in the grass of *Echinacea purpurea* fresh. *Chemical and Pharmaceutical Journal*. 2012;46(10):26-28. (In Russ.)
6. Kurkin V.A., Akushskaya A.S., Avdeeva E.V., Velmyaykina E.I., Daeva E.D., Kadentsev V.I. Flavonoids of *Echinacea purpurea*, *Chemistry of plant materials*. 2010;(4):87-89. (In Russ.)
7. Ražić S.S., Onjia A., Potkonjak B. Slavica Trace elements analysis of Echinacea purpurea - Herbal medicinal. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. December, 2003;33(4):845-850. DOI: 10.1016/S0731-7085(03)00338-8.
8. Farnieva K.Kh. Efficiency of introduction and prospects of using *Echinacea purpurea* (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) in conditions of North Ossetia-Alania: dis. ... cand. biol. Sciences: 03.02.14. Mountain State. Agrarian University, Vladikavkaz, 2015. 118 p. (In Russ.)
9. Afanasyeva L.V., Ayushina T.A., Rupyshv Yu.A., Harpukhaeva T.M. Features of the accumulation of trace elements in the leaves of *Vaccinium vitis-idaea* in the light-coniferous forests of the Ikat Range. *Chemistry of plant materials*. 2017;(4):159-164. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2017041939.
10. Ufimtseva M.D., Terekhina N.V. Phytointication of the ecological state of the urban geosystems of St. Petersburg. St. Petersburg: Nauka, 2005. 339 p. (In Russ.)
11. Dospikhov B.A. Methodology of field experience. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
12. Zharkova N.N., Sukhotskaya V.V., Ermokhin Y.I. Formation of a crop of medicinal crops (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) under influence of essential microelements. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(5):72-76. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-72-76>
13. GN 2.1.7.2041-06. Maximum allowable concentration (MPC) of chemicals in the soil. M.: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадzor, 2006. 15 p. (In Russ.)
14. OST 10243 – 2000 Hay. Technical conditions Collection of industry standards for feed and seeds of arid forage crops. M., 2000. 12 p. (In Russ.)
15. Korelskaya T.A., Popova L.F. Heavy metals in the soil and vegetation cover of the residential landscape of the city of Arkhangelsk. *Arctic and North*. 2012;(7):1-17. (In Russ.)
16. Perelman A.I. Geochemistry of the landscape. M.: Higher. school., 1975. 342 p. (In Russ.)