

## Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-72-76>  
УДК 633.88:631.81.095.337

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

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

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** 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>

**Поступила в редакцию:** 16.09.2019

**Принята к печати:** 19.10.2019

**Опубликована:** 25.10.2019

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»

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

**For citation:** Zharkova N.N., Sukhotskaya V.V., Ermokhin Yu.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 (In Russ.)  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-72-76>

**Received:** 16.09.2019

**Accepted for publication:** 19.10.2019

**Accepted:** 25.10.2019

# Формирование урожая лекарственных культур (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) под влиянием эссенциальных микроэлементов



## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Широкий спектр фармакологического действия пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной определяют постоянный интерес к изучению этих культур. Лекарственные культуры содержат не только большое количество биологически активных веществ, но и микроэлементов, необходимых для нормального роста и развития. Агрономическое биообогащение лекарственного сырья позволяет повысить урожайность, управлять качеством продукции в сторону усиления фармакологического действия. Таким образом, целью работы было изучить влияние различных доз ацетата цинка на продуктивность двух лекарственных культур пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в период с 2012 по 2018 годы на лугово-чернозёмной почве южной лесостепи Западной Сибири. В качестве объектов исследований были выбраны многолетние лекарственные культуры – пижма обыкновенная и эхинацея пурпурная. Цинковые удобрения использовали в ацетатной форме и вносили по фону ( $N_{125}, N_{135}P_{45}K_{45}$ ).

**Результаты.** Внесение цинковых удобрений в почву способствовало повышению урожайности лекарственных культур в условиях юга Западной Сибири. Выявлено, что максимальная урожайность отмечалась на вариантах 0,75 ПДК Zn (пижма обыкновенная) и 0,5 ПДК Zn (эхинацея пурпурная). Таким образом, пижма обыкновенная оказалась более отзывчивой на применение микроудобрений. В исследованиях установлена высокая корреляционная взаимосвязь ( $r=0,88-0,99$ ) между показателями урожайности и дозами вносимого цинка. Полученные оптимальные дозы цинковых удобрений (60 и 21,4 кг д.в./га), могут быть рекомендованы для выращивания данных культур с целью повышения их продуктивности.

**Ключевые слова:** урожайность, пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.), эссенциальный микроэлемент, цинк, лугово-чернозёмная почва.

## Formation of a crop of medicinal crops (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) under influence of essential microelements

## ABSTRACT

**Relevance.** A wide range of pharmacological effects of tansy and *Echinacea purpurea* determine the continuing interest in the study of these cultures. Medicinal crops contain not only a large number of biologically active substances, but also trace elements necessary for normal growth and development. Agronomic bio-enrichment of medicinal raw materials allows you to increase productivity, manage product quality in the direction of enhancing the pharmacological action. Thus, the aim of the work was to study the effect of various doses of zinc acetate on the productivity of two medicinal crops of tansy and *Echinacea purpurea*.

**Material and methods.** Studies were conducted from 2012 to 2018 on meadow-chernozem soil of the southern forest-steppe of Western Siberia. As objects of research, perennial medicinal crops were chosen – *Tanacetum vulgare* L. and *Echinacea purpurea* L. Zinc fertilizers were applied in the background ( $N_{125}, N_{135}P_{45}K_{45}$ ) used in acetate form.

**Results.** The introduction of zinc fertilizers into the soil contributed to an increase in the yield of medicinal crops in the conditions of the south of Western Siberia. It was revealed that the maximum yield was observed on the variants of 0.75 MAC Zn (*Tanacetum vulgare* L.) and 0.5 MAC Zn (*Echinacea purpurea*). Thus, tansy was more responsive to the use of micronutrient fertilizers. The studies established a high correlation relationship ( $r = 0.88-0.99$ ) between yield indicators and doses of zinc added. The obtained optimal doses of zinc fertilizers (60 and 21.4 kg / ha) can be recommended for growing these crops in order to increase their productivity.

**Keywords:** productivity, *Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L., essential trace element, zinc, meadow chernozem soil.

## Введение

**Ц**инк – важный микроэлемент для роста растений, играющий большую роль в каталитических реакциях ряда ферментов [1]. У растений ферменты, содержащие цинк, участвуют в метаболизме углеводов, синтезе белка, поддержании целостности клеточных мембран, регуляции синтеза ауксина и образовании семян и пыльцы. Многие исследователи наблюдали, что цинк тесно связан с метаболизмом азота у растений, что приводит к снижению синтеза белка при дефиците Zn [1, 2].

Цинк необходим растениям в небольших, но оптимальных количествах. Он участвует в нескольких ключевых физиологических функциях, включая: мембранную структуру, фотосинтез, активность фитогормонов, метаболизм липидов и нуклеиновых кислот, регуляцию генов и защиту от засухи и болезней. В качестве кофактора цинк активирует различные гормоны (например, ауксин), которые необходимы для роста и развития растений [3, 4]. Он играет существенную роль во многих биологических процессах и является важным микроэлементом для растений, животных и человека [5, 6, 7]. У людей дефицит цинка связан с качеством питания, что является следствием недостатка цинка в почвах [8, 9].

Дефицит цинка из всех питательных микроэлементов в сельскохозяйственных почвах считается наиболее географически распространённым, ограничивающим производство сельскохозяйственных культур (потери урожая могут превышать до 40%) [6, 10, 11].

Основными причинами недостатка Zn в сельскохозяйственных культурах являются, главным образом, почвенные условия: низкое содержание подвижного Zn в почве и его низкая доступность растениям, потери органических веществ из почвы, высокое содержание азота, кальция, фосфатов и др. [6, 9, 12].

Лекарственные культуры также являются важными источниками микронутриентов, включая Zn. Для восполнения недостатка микроэлементов в мире широко используется приём агрономического биообогащения растениеводческой продукции. Основой этого приёма является использование микроудобрений (Zn) для повышения содержания микроэлементов в сельскохозяйственных растениях, а также для повышения продуктивности культур [13, 14, 15].

В исследованиях зарубежных авторов изучалось влияние различных методов (корневое и внекорневое внесение) и концентраций цинка на рост и некоторые биохимические показатели, а также на содержание питательных веществ в масле *Chrysanthemum balsamita* L. В эксперименте было установлено, что применение цинка способствовало повышению показателей роста растений, содержанию белка, хлорофилла, антиоксидантной способности растений, а также оказывало положительное влияние на содержание фенолов по сравнению с контрольными растениями [16].

В Индийском институте садоводческих исследований (IIHR) в Бангалоре изучали влияние цинка и фосфора в различных комбинациях на лекарственное растение стевия. Исследования показали, что общий урожай биомассы был значительно увеличен с применением Zn и P в различных комбинациях и параметрах [17].

Для изучения влияния действия и последствий цинковых удобрений были выбраны две многолетние, популярные среди средств фитотерапии лекарственные культуры – пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) и эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.). Пижма является распространённым лекарственным растением, которое применяют в медицинской практике как желчегонное, противовоспалительное, спазмолитическое средство за счёт широкого спектра значимых биологически активных веществ [18]. *Tanacetum vulgare* L. является природным биоаккумулятором ряда микроэлементов Cd, Mn и Zn, поэтому может

использоваться как биоиндикатор этих элементов [19].

Эхинацея пурпурная используется в медицине и ветеринарии в качестве эффективного иммунокорректора. Фундаментальные и клинические исследования доказали её широкий спектр действия: противовирусное, антибактериальное, противогрибковое, антиоксидантное и противовоспалительное [20]. В литературе отсутствуют данные об аккумуляционной способности цинка эхинацеей пурпурной, вследствие этого изучение данного вопроса представляет особый интерес.

**Целью исследований** являлось изучение действия и последствий цинковых удобрений на урожайность пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной.

## Материалы и методы

Исследования проводили в 2012–2018 годах на опытном поле ФГБОУ ВО «Омский ГАУ», расположенном на третьей надпойменной террасе р. Иртыш (г. Омск). Почва опытного поля – лугово-чернозёмная среднетяжёлая среднесуглинистая. Содержание гумуса в слое 0...20 см – 5,2%, нитратного азота (по Кочергину) – 7-10 мг/кг почвы, подвижного фосфора (по Чирикову) – 216-349, калия – 419-749 мг/кг почвы, pH водной вытяжки – 6,5-6,8. Обеспеченность нитратным азотом перед посадкой растений была низкая, фосфором и калием в опыте с пижмой – средняя, в опыте эхинацеей – высокая. Содержание подвижных форм цинка определяли атомно-адсорбционным методом на спектрометре «VarianAA-140» (ГОСТ 30178-96) в корнеобитаемом слое – 0,30-0,65 мг/кг почвы (низкое). Материалом для исследования служили многолетние лекарственные культуры пижма обыкновенная и эхинацея пурпурная (рис. 1, 2).

### Схема однофакторного полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

Пижма обыкновенная (опыт №1)	Эхинацея пурпурная (опыт №2)
1. Без удобрений (контроль);	1. Без удобрений (контроль);
2. Фон ( $N_{135}P_{45}K_{45}$ );	2. Фон ( $N_{125}$ );
3. $N_{135}P_{45}K_{45} + 0,25$ ПДК Zn;	3. $N_{125} + 0,25$ ПДК Zn;
4. $N_{135}P_{45}K_{45} + 0,5$ ПДК Zn;	4. $N_{125} + 0,5$ ПДК Zn;
5. $N_{135}P_{45}K_{45} + 0,75$ ПДК Zn;	5. $N_{125} + 0,75$ ПДК Zn;
6. $N_{135}P_{45}K_{45} + 1,0$ ПДК Zn.	6. $N_{125} + 1,0$ ПДК Zn.

Опыт закладывали в четырёхкратной повторности, делянки размещали в опыте с пижмой обыкновенной систематически, последовательно в один ярус; в опыте с эхинацеей пурпурной варианты размещали со смещением на две делянки. Учётная площадь – 10 м<sup>2</sup>. Предшественник – чистый пар, основная обработка почвы общепринятая для зоны – вспашка плугом на глубину 22...24 см.

Цинковые удобрения вносили в виде ацетата цинка на фоне макроудобрений в расчёте  $N_{135}P_{45}K_{45}$  (опыт с пижмой обыкновенной),  $N_{125}$  (опыт с эхинацеей пурпурной). Дозы цинковых удобрений вносили в дозах 20; 40; 60; 80 кг д.в./га (опыт №1) и 10,7, 21,4, 32,4, 42,8 кг д.в./га (опыт №2), исходя из содержания в почве до посадки и предельно допустимой концентрации цинка (23 мг/кг).

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

## Результаты и их обсуждение

Погодные условия вегетационных периодов 2012-2018 годов были типичными для зоны южной лесостепи Западной Сибири: резкие колебания суточных температур и недостаток влаги.



Рис. 1. Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) в фазы весеннего отрастания, бутонизации и цветения  
Fig. 1. *Tanacetum vulgare* L. in the phases of spring regrowth, budding and flowering



Рис. 2. Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.) в фазы отрастания, бутонизации и цветения  
Fig. 2. *Echinacea purpurea* L. in the phases of regrowth, budding and flowering

В 2012 году преобладала жаркая с недостаточным количеством осадков погода. Вегетационный период 2013 года характеризовался неравномерным распределением осадков. Средняя температура за период вегетации была ниже среднемноголетних значений. Погодные условия 2014 года характеризовались достаточно большим количеством влаги и неравномерным ее распределением. Температурный режим был ниже среднемноголетних значений, за исключением июня и августа. 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 среднемноголетние показатели. В 2018 году преобладала дождливая погода, температура воздуха была близка к среднемноголетним значениям.

Цинковые удобрения положительно влияли на продуктивность изучаемых лекарственных культур (пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной).

В опыте с пижмой обыкновенной ацетат цинка оказал более значимое воздействие по сравнению с фоном, где вносились только макроудобрения. На контроле и фоне урожайность пижмы обыкновенной была близкой и составила 14,1-14,4 т/га (табл. 1). В вариантах с применением расчетных доз цинка наблюдается повышение продуктивности биомассы пижмы обыкновенной. Так, при внесении ацетата цинка в дозах 20, 40 и 60 кг д.в./га прибавка урожайности составила 1,3, 2,6, 4,8 т/га, соответственно. Снижение прибавки до 3,4 т/га, а, следовательно, и урожайности отмечалось в варианте ПДК Zn (80 кг д.в./га).

Дозы цинковых удобрений в пределах 20-40 кг д.в./га обеспечивали равную окупаемость 0,07 т. Максимальная окупаемость 0,08 т/га отмечается в варианте Фон+0,75ПДКZn (60 кг д.в./га).

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ подтверждает наличие зависимостей между дозами цинковых удобрений и урожайностью пижмы обыкновенной (рис. 3).

Полученные уравнения прямой зависимости указывают на сильную связь ( $r=0,88-0,99$ ) вносимого в почву микроэлемента с урожайностью культуры. Каждый кг Zn до максимальной вносимой дозы (80 кг д.в./га) повышал урожайность пижмы обыкновенной в среднем за годы исследований на 0,05 т/га (уравнение 1). В пределах оптимальной дозы (60 кг д.в./га) урожайность пижмы при внесении 1 кг д.в./га повышалась на 0,08 т (уравнение 2).

В опыте с эхинацеей пурпурной внесение азотных удобрений (фон) повышало урожайность данной культуры на 1,5 т/га по сравнению с контролем (табл. 2). Урожайность воздушно сухой массы при использовании цинка варьировала в пределах 7,7...9,8 т/га. Максимальная урожайность эхинацеи отмечалась при внесении Zn в дозе 21,4 кг д.в./га и составила 9,8 т/га, дальнейшее увеличение дозы приводило к снижению продуктивности (7,7-8,0 т/га) до уровня контрольных и фоновых значений. Наибольшая прибавка (1,55 т/га) и окупаемость (0,07 т) наблюдались на варианте 0,5 ПДК Zn на фоне  $N_{125}$ .

Статистический анализ экспериментальных данных позволил установить зависимости между дозами и урожайностью эхинацеи пурпурной (рис. 4).

При внесении цинковых удобрений в дозах от 10,7 до 42,8 кг д.в./га урожайность подчинялась полиномиальной зависимости, связь средняя ( $\eta = 0,63$ ). Для выявления коэффициента интенсивности действия была установлена прямая зависимость до оптимальной дозы вносимого цинка (21,4 кг д.в./га). Оба уравнения показывают, что 1 кг Zn удобрений повышал среднюю урожайность на 0,07 т (уравнения 3-4).

Уравнения 2, 4 и коэффициенты интенсивности действия

Таблица 1. Урожайность *Tanacetum vulgare* L., в пересчете на сухое вещество (г. Омск, Омская область, в среднем за 2012-2014 годы)  
Table 1. Productivity of *Tanacetum vulgare* L., in terms of dry matter (Omsk, Omsk region, on average for 2012-2014)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к фону, т/га	Окупаемость 1 кг д.в. Zn урожаем, т
Без удобрений (контроль);	14,1±3,14	-	-
Фон (N <sub>135</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> )	14,4±2,73*	-	-
Фон+0,25ПДКZn (20 кг д.в/га)	15,7±0,92*	1,3	0,07
Фон+0,5ПДК Zn (40 кг д.в/га)	17,0±0,88*	2,6	0,07
Фон+0,75ПДКZn (60 кг д.в/га)	19,2±3,92*	4,8	0,08
Фон + ПДК Zn (80 кг д.в/га)	17,8±1,99*	3,4	0,04
НСР <sub>05</sub>	0,08		

Примечание: \*различия между опытными вариантами (контролем и фоном) достоверны при  $p < 0,05$ .

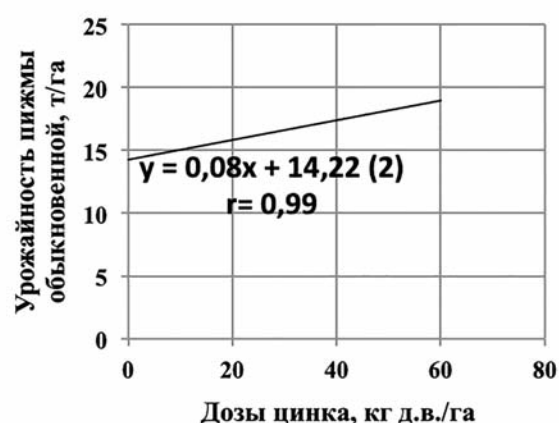
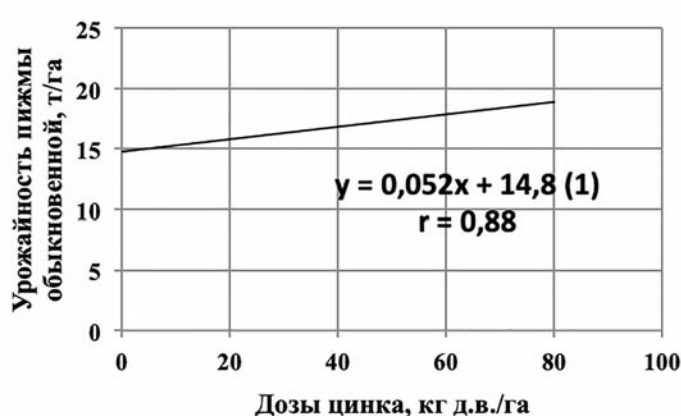


Рис. 3. Зависимость урожайности пижмы обыкновенной от доз цинковых удобрений  
Fig. 3. The dependence of the yield of *Tanacetum vulgare* L. on doses of zinc fertilizers

Таблица 2. Урожайность *Echinacea purpurea* L. в пересчете на сухое вещество (г. Омск, Омская область, в среднем за 2016-2018 годы)  
Table 2. Productivity of *Echinacea purpurea* L. in terms of dry matter (Omsk, Omsk region, on average for 2016-2018)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к фону, т/га	Окупаемость 1 кг д.в. Zn урожаем, т
Без удобрений (контроль);	7,8±0,80	-	-
Фон (N <sub>125</sub> )	8,3±0,13	-	-
Фон+0,25ПДКZn (10,7 кг д.в/га)	8,6±0,31*	0,32	0,03
Фон+0,5ПДК Zn (21,4 кг д.в/га)	9,8±2,02*	1,55	0,07
Фон+0,75ПДКZn (32,4 кг д.в/га)	7,7±0,87*	-	-
Фон + ПДК Zn (42,8 кг д.в/га)	8,0±0,57*	-	-
НСР <sub>05</sub>	0,09		

Примечание: \*различия между опытными вариантами (контролем и фоном) достоверны при  $p < 0,05$ .

позволяют проверить достоверность оптимальных доз цинковых удобрений. Подставив лучшие дозы цинковых удобрений 60 и 21,4 в уравнения 2, 4 получим:

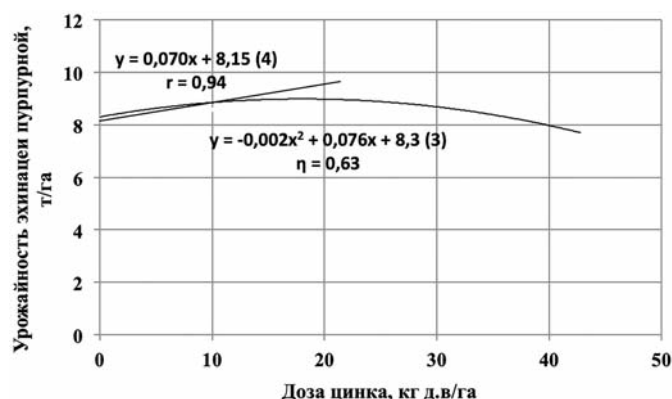
$$Y_1 = 0,08 \cdot 60 + 14,22 = 19,02 \text{ т/га.}$$

$$Y = 0,07 \cdot 21,4 + 8,5 = 9,6 \text{ т/га.}$$

Фактическая урожайность в варианте 0,75ПДК Zn составила 19,2 т/га (опыт №1) и 0,5ПДК Zn – 9,8 т/га (опыт №2). Таким образом, ошибка составляет 0,1-2,0%.

### Закключение

В результате проведенных исследований были выявлены оптимальные дозы цинковых удобрений под пажитку обыкновенную (60 кг д.в./га) и эхинацею пурпурную (21,4 кг д.в./га) на лугово-чернозёмной почве. Данные дозы могут быть рекомендованы для интродукции лекарственных культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири, с целью повышению продуктивности исследуемых лекарственных растений.



**Рис. 4. Зависимость урожайности эхинацеи пурпурной от доз цинковых удобрений**  
**Fig. 4. The dependence of the yield of Echinacea purpurea L. on doses of zinc fertilizers**

### Об авторах:

**Жаркова Наталья Николаевна** – канд. с.-х. наук, доцент кафедры экологии, природопользования и биологии, nn.zharkova@omgauu.org

**Сухоцкая Валентина Владимировна** – аспирант кафедры агрохимии и почвоведения, suhotskay-1990@mail.ru

**Ермохин Юрий Иванович** – доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры агрохимии и почвоведения, yui.ermokhin@omgauu.org

### About the authors:

**Natalya N. Zharkova** – PhD (Agriculture), Associate professor, assistant professor, of the Department of Ecology, Environmental Management and Biology, nn.zharkova@omgauu.org

**Valentina V. Sukhotskaya** – postgraduate Student, Department of Agrochemistry and Soil Science, suhotskay-1990@mail.ru

**Yuri I. Ermokhin** – DSc (Agriculture), Professor, Department of Agrochemistry and Soil Science, yui.ermokhin@omgauu.org

### Литература

1. Fageria, N.K. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *Pesq. Agropec. Bras.* 2002;(37):1765-1772.
2. Fageria, N.K. Dry matter yield and nutrient uptake by lowland rice at different growth stages. *J. Plant Nutr.* 2004;27(6):947-958.
3. Begum, M.C., Islam M., Sarkar M.R., Azad M.A.S., Huda A.N., Kabir A.H. Auxin signaling is closely associated with Zn efficiency in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Plant Interact.* 2016;(11):124-129.
4. Chang, H.B., Lin C.W., Huang H.J. Zinc-induced cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Plant Growth Regul.* 2005;(46):261-266.
5. Lebourg, A., Sterckeman T., Ciesielski H., Proix N. Trace metal speculation in three unbuffered salt solutions used to assess their bioavailability in soil. *J. Environ. Qual.* 1998;(27):584-590.
6. Alloway, B.J. Zinc in Soils and Crop Nutrition (second ed.), IZA and IFA, Brussels Belgium, Paris, France. 2008. 136 p.
7. Cakmak, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil.* 2008;(302):1-17.
8. Cakmak, I., Kalayci M., Ekiz H., Braun H.J., Kilinç Y., Yilmaz A. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crop Res.* 1999;(60):175-188.
9. Alloway, B.J. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environ. Geochem. Health.* 2009;(31):537-548.
10. Singh, B., Natesan S.K.A., Singh B.K., Usha K. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. *Curr. Sci.* 2005;(88):36-44.
11. Sadeghzadeh, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2013;13(4):905-927.
12. Alloway, B.J. Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production, Springer, Dordrecht, Netherlands. 2008. P.181-200.
13. Shahzad, Z., Rouached H., Rakha A. Combating mineral malnutrition through iron and zinc biofortification of cereals *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2014;(13):29-346.
14. Montalvo, D., Degryse F., R.C. da Silva, Baird R., McLaughlin M.J. Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Adv. Agron.* 2016;(139):215-267.
15. White, P.J. Biofortifying crops with essential mineral elements / P.J. White, M.R. Broadley. *Trends Plant Sci.* 2005;(10):586-593.
16. Derakhshani, Z., Hassani A., Rasouli-Sadaghiani M.H., Bagher Hassanpouraghdam M. Effect of Zinc Application on Growth and Some Biochemical Characteristics of Costmary (*Chrysanthemum balsamita* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2011;(42):2493-2503.
17. Das, K., Dang R., Shivananda T.N., Sur P. Interaction Between Phosphorus and Zinc on the Biomass Yield and Yield Attributes of the Medicinal Plant Stevia (*Stevia rebaudiana*). *The Scientific World Journal.* 2005;(5):390-395.
18. Половецкая, О.С. Химический анализ флавоноидных соединений пажитки обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.). *Научный форум: Медицина, биология и химия.* 2017;2(4):52-57.
19. Jasion, M., Samecka-Cymerman A., Kolon K., Kempers A.J. *Tanacetum vulgare* as a Bioindicator of Trace-Metal Contamination: A Study of a Naturally Colonized Open-Pit Lignite Mine. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2013;65(3):442-448.
20. Хасина, Э.И. Эхинацея пурпурная как средство коррекции экологически обусловленных патологий. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2014;16,5(2):1030-1032.

### References

1. Fageria, N.K. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *Pesq. Agropec. Bras.* 2002;(37):1765-1772.
2. Fageria, N.K. Dry matter yield and nutrient uptake by lowland rice at different growth stages. *J. Plant Nutr.* 2004;27(6):947-958.
3. Begum, M.C., Islam M., Sarkar M.R., Azad M.A.S., Huda A.N., Kabir A.H. Auxin signaling is closely associated with Zn efficiency in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Plant Interact.* 2016;(11):124-129.
4. Chang, H.B., Lin C.W., Huang H.J. Zinc-induced cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Plant Growth Regul.* 2005;(46):261-266.
5. Lebourg, A., Sterckeman T., Ciesielski H., Proix N. Trace metal speculation in three unbuffered salt solutions used to assess their bioavailability in soil. *J. Environ. Qual.* 1998;(27):584-590.
6. Alloway, B.J. Zinc in Soils and Crop Nutrition (second ed.), IZA and IFA, Brussels Belgium, Paris, France. 2008. 136 p.
7. Cakmak, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil.* 2008;(302):1-17.
8. Cakmak, I., Kalayci M., Ekiz H., Braun H.J., Kilinç Y., Yilmaz A. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crop Res.* 1999;(60):175-188.
9. Alloway, B.J. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environ. Geochem. Health.* 2009;(31):537-548.
10. Singh, B., Natesan S.K.A., Singh B.K., Usha K. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. *Curr. Sci.* 2005;(88):36-44.
11. Sadeghzadeh, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2013;13(4):905-927.
12. Alloway, B.J. Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production, Springer, Dordrecht, Netherlands. 2008. P.181-200.
13. Shahzad, Z., Rouached H., Rakha A. Combating mineral malnutrition through iron and zinc biofortification of cereals *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2014;(13):29-346.
14. Montalvo, D., Degryse F., R.C. da Silva, Baird R., McLaughlin M.J. Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Adv. Agron.* 2016;(139):215-267.
15. White, P.J. Biofortifying crops with essential mineral elements / P.J. White, M.R. Broadley. *Trends Plant Sci.* 2005;(10):586-593.
16. Derakhshani, Z., Hassani A., Rasouli-Sadaghiani M.H., Bagher Hassanpouraghdam M. Effect of Zinc Application on Growth and Some Biochemical Characteristics of Costmary (*Chrysanthemum balsamita* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2011;(42):2493-2503.
17. Das, K., Dang R., Shivananda T.N., Sur P. Interaction Between Phosphorus and Zinc on the Biomass Yield and Yield Attributes of the Medicinal Plant Stevia (*Stevia rebaudiana*). *The Scientific World Journal.* 2005;(5):390-395.
18. Polovetskaya, O.S. Chemical analysis of flavonoid compounds of common tansy (*Tanacetum vulgare* L.). *Scientific Forum: Medicine, Biology and Chemistry.* 2017;2(4):52-57. (In Russ.)
19. Jasion, M., Samecka-Cymerman A., Kolon K., Kempers A.J. *Tanacetum vulgare* as a Bioindicator of Trace-Metal Contamination: A Study of a Naturally Colonized Open-Pit Lignite Mine. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2013;65(3):442-448.
20. Hasina, E.I. Echinacea purpurea as a means of correction of environmentally caused pathologies. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* 2014;16,5(2):1030-1032. (In Russ.)