УДК 633.88:631.82
DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-32-128-131

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

Suhotskaya V. V., Zharkova N. N., Ermokhin Yu. I.

ВЛИЯНИЕ ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО РАСТЕНИЙ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ (*ECHINACEA PURPUREA*)

INFLUENCE OF ZINC FERTILIZERS ON THE CHEMICAL COMPOSITION AND QUALITY OF PLANTS OF THE EKHINATSEA OF PURPLE (*ECHINACEA PURPUREA*)

Представлены результаты полевых исследований 2016–2017 гг. по изучению действия и последействия цинковых удобрений на лугово-черноземной почве на химический состав и качество растительного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) в условиях Западной Сибири. В результате проведенных полевых исследований выявлены взаимосвязи между химическим составом растений и расчетными дозами применяемых микроудобрений (ацетата цинка). Установлено положительное влияние цинксодержащих удобрений на накопление массовой доли цинка и показатели качества лекарственного сырья эхинацеи. Увеличение содержания цинка в лекарственном сырье происходит с увеличением дозы вносимых удобрений. В 2016 году в пределах внесенных доз от 10,7 до 42,8 кг/га содержание массовой доли цинка в растениях варьирует от 7,9 до 11,2 мг/кг растительного сырья. В 2017 году наблюдалось накопление цинка в растениях эхинацеи пурпурной и изменялось от 5,5 до 15,0 мг/кг растительной массы эхинацеи. Применение расчетных доз микроудобрений способствовало снижению содержания процента общей золы в растительных образцах *Echinacea purpurea*, что положительно отражается на качестве сырья. Таким образом, установлена эффективность применения различных доз цинксодержащих удобрений под эхинацею пурпурную.

Ключевые слова: эхинацея пурпурная, ацетат цинка, дозы удобрений, химический состав, качество сырья, общая зола.

The results of the field studies of 2016–2017 for studying the effect and aftereffects of zinc fertilizers on meadow-black soil on the chemical composition and quality of plant raw materials of *Echinacea purpurea* (*Echinacea purpurea*) in Western Siberia are presented. As a result of the conducted field studies, the interrelations between the chemical composition of plants and the calculated doses of micronutrients used (zinc acetate) were revealed. The positive effect of zinc-containing fertilizers on the accumulation of a mass fraction of zinc and the quality indicators of medicinal raw materials of echinacea has been established. The increase in the zinc content in medicinal raw materials occurs with an increase in the dose of fertilizers. In 2016, within the introduced doses from 10.7 to 42.8 kg/ha, the content of the mass fraction of zinc in plants varies from 7.9 to 11.2 mg/kg of vegetable raw materials. In 2017, zinc accumulation was observed in *Echinacea purpurea* plants and varied from 5.5 to 15.0 mg/kg of Echinacea plant mass. The use of calculated doses of micronutrients contributed to the reduction of the percentage of total ash in plant samples of *Echinacea purpurea*, which has a positive effect on the quality of raw materials. Thus, the effectiveness of various doses of zinc-containing fertilizers for *Echinacea purpurea* has been established.

Key words: *Echinacea purpurea*, zinc acetate, fertilizer doses, chemical composition, quality of raw materials, total ash.

Сухоцкая Валентина Владимировна – аспирант кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина» г. Омск
Тел.: 8-950-338-09-83
E-mail: vv.suhotskaya350601@omgau.org

Жаркова Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, природопользования и биологии ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина» г. Омск
Тел.: 8-913-604-65-46
E-mail: nn.zharkova@omgau.org

Ермохин Юрий Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина» г. Омск
Тел.: 8-905-943-22-23
E-mail: yui.ermokhin@omgau.org

Suhotskaya Valentina Vladimirovna – Graduate student of the Department of Agrochemistry and Edaphology FSBEI HE «Omsk State Agricultural University name after P. A. Stolypin» Omsk
Tel.: 8-950-338-09-83
E-mail: vv.suhotskaya350601@omgau.org

Zharkova Natalya Nikolaevna – Ph.D of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Environmental Management and Biology FSBEI HE «Omsk State Agricultural University name after P. A. Stolypin» Omsk
Tel.: 8-913-604-65-46
E-mail: nn.zharkova@omgau.org

Ermokhin Yuriy Ivanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry and Edaphology FSBEI HE «Omsk State Agricultural University name after P. A. Stolypin» Omsk
Tel.: 8-905-943-22-23
E-mail: yui.ermokhin@omgau.org

В течение последних десятилетий во всем мире отмечается особый, повышенный интерес к свойствам растений, особенно к тем, которые обладают целебным действием. Особая ценность лекарственных трав заключается еще и в том, что они успешно используются не только для лечения конкретных заболеваний, но и для профилактики многих болезней, для повышения иммунитета. Лекарственные растения являются источниками минеральных веществ, при этом в растительном организме макро- и микроэлементы находятся в органически связанной форме, т. е. наиболее доступной для организма по сравнению с синтетическими препаратами. Микроэлементы играют важнейшую роль в организме человека, они связаны с гормонами, аминокислотами, витаминами, ферментами, что обуславливает нормальное течение многих физиологических процессов.

Исследований по содержанию макро- и микроэлементов в лекарственных растениях, произрастающих на территории Западной Сибири, немного или они полностью отсутствуют. Для восполнения этих «пробелов» на территории Омской области под руководством профессора Ю. И. Ермохина проводятся многолетние исследования по изучению влияния микроэлементов на лекарственные травы. Исследования посвящены вопросам оптимизации минерального питания и качества календулы лекарственной [1], тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) [2], пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) [3] и др. культур на основе системы почвенно-растительной оперативной диагностики.

Связующим звеном между удобрениями и растениями является, безусловно, почва. От обеспеченности почвы элементами минерального питания зависит и содержание макро- и микроэлементов в растениях. Многолетние исследования показывают, что почвы Омской области обеднены многими микроэлементами. В первом минимуме находится цинк, его недостаток отмечается практически на 99 % обследованной площади [4]. Цинк участвует в азотном обмене, содержится во многих ферментах, участвует в функции половых желез, в обеспечении иммунитета, роста, обмена веществ. При его дефиците отмечается хлороз, нарушается синтез белка, развивается розеточность [5].

Для того чтобы контролировать обеспеченность растений доступными им соединениями элементов питания из почвы по фазам развития, в настоящее время одновременно с другими агрохимическими методами используют методы растительной диагностики. Данная методика позволяет получить заблаговременный «ответ» растений на их обеспеченность элементами питания и применять эти данные для уточнения и корректировки анализа почв, состава и доз удобрений, с целью повышения их эффективности.

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*) – многолетнее лекарственное растение, представляющее большой интерес, так как обладает иммуностимулирующим действием и в естественной среде не произрастает в почвенно-климатических условиях Российской Федерации.

Цель исследования – оценить влияние цинковых удобрений на химический состав и качество сырья эхинацеи пурпурной на лугово-черноземной почве.

Задачи исследований:

- выявить связи между дозами цинксодержащих удобрений и накоплением Zn в растениях;
- оценить действие Zn на качество растительного сырья эхинацеи пурпурной;
- сравнить содержание цинка в растениях с максимально-допустимыми уровнями (МДУ).

Объекты исследований: эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*), почва лугово-черноземная, микроудобрения (ацетат цинка).

Полевой опыт был заложен в 2016 г., на базе Омского ГАУ на лугово-черноземной малогумусовой среднесуглинистой почве. Предшественник – чистый пар. В период закладки опыта с цинком (2016 г.) почва содержала в слое 0–30 см нитратного азота – 10,0 мг (низкий уровень), подвижного фосфора и калия – 394 и 749 мг/кг (высокий уровень), подвижного цинка – 0,65 мг/кг почвы в слое 0–30 см.

Полевой опыт закладывали в четырехкратной повторности. Площадь делянок 10 м². Размещение вариантов рендомизированное. Схема опыта:

1. Контроль.
2. N₁₂₅ (фон).
3. N₁₂₅ + 0,25 ПДК Zn (10,7 кг/га).
4. N₁₂₅ + 0,5 ПДК Zn (21,4 кг/га).
5. N₁₂₅ + 0,75 ПДК Zn (32,4 кг/га).
6. N₁₂₅ + ПДК Zn (42,8 кг/га).

В качестве фона использовали аммиачную селитру, микроэлемент вносили в форме ацета-та цинка.

Растительные образцы для определения в них содержания цинка отбирали в фазе цветения культуры. Содержание цинка в растениях определяли по ГОСТ 30178–96 в ФГБУ «ЦАС «Омский».

В полевых исследованиях 2016–2017 гг. выявлены закономерности действия и последствия различных доз Zn на содержание массовой доли цинка в лекарственном сырье эхинацеи. Влияние микроудобрений на процессы роста и развития лекарственной культуры находит отражение в изменении содержания Zn в растениях по годам проводимых исследований (табл. 1).

В 2016 г. установлено, что при внесении цинк-содержащих удобрений в дозах 10,7–42,8 кг д.в./га наблюдается увеличение содержания массовой доли цинка в лекарственном сырье по вариантам опыта (7,9–11,2 мг/кг). Применение расчетных доз Zn в первый год роста и развития культуры оказало положительное действие на накопление подвижного цинка эхинацеей пурпурной.

Таблица 1 – Содержание цинка в фазу цветения в растениях эхинацеи пурпурной в зависимости от доз ацетата цинка, мг/кг

Вариант опыта	2016	2017
N ₁₂₅ (фон)	5,2	4,2
N ₁₂₅ + 10,7 кгZn /га	7,9	8,5
N ₁₂₅ + 21,4 кг Zn /га	8,7	10,7
N ₁₂₅ + 32,4 кг Zn /га	9,8	12,1
N ₁₂₅ + 42,8 кг Zn /га	11,2	15,0
МДУ	50,0	

Последствие цинковых удобрений в 2017 г. проявилось более полно. Увеличение содержания цинка в растениях происходит с увеличением доз цинка по вариантам (0,25 ПДК Zn – ПДК Zn). При дозе внесенного цинка 42,8 кг д.в./га отмечается наибольшее содержание массовой доли цинка в образцах эхинацеи – 15,0 мг/кг.

Статистическая обработка полученных данных позволила установить связи между дозами ацетата цинка и содержанием массовой доли цинка в лекарственном сырье эхинацеи пурпурной (рис.).

Используемые в полевых исследованиях цинковые удобрения оказали положительное действие на накопления массовой доли цинка в растениях эхинацеи пурпурной как в год действия (2016 г.), так и в год последствия (2017 г.). С увеличением расчетных доз цинка происходит увеличение содержания цинка в растениях лекарственного сырья Zn мг/кг, на это указывают установленные коэффициенты корреляции ($r = 0,97-0,98$). Полученные уравнения 1–2 говорят о том, что при внесении 1 кг/га Zn удобрений содержание массовой доли цин-

ка в сырье эхинацеи увеличивается на 0,13 мг/кг в 2016 г. и 0,23 мг/кг в 2017 г. В соответствии с временным МДУ содержание цинка не должно превышать 50,0 мг/кг [6]. Содержание массовой доли цинка в растениях эхинацеи пурпурной по годам проведенных исследований не превышает МДУ.

Условия минерального питания эхинацеи пурпурной в течение вегетации определяют не только химический состав лекарственного сырья, но и его качество. Контролируя и регулируя условия питания в период роста и развития растений, можно воздействовать в желаемом направлении на качество будущего урожая лекарственного сырья.

Основным нормированным показателем качества лекарственного сырья *Echinacea purpurea* является содержание общей золы, которое в растениях эхинацеи пурпурной на должно превышать 12 % [7].

В проведенных исследованиях установлено, что общая зольность в сырье эхинацеи пурпурной изменяется в зависимости от года роста и развития культуры (табл. 2).

Рисунок – Математические модели связи цинка в растительных образцах эхинацеи пурпурной в фазу цветения при внесении различных доз цинка, 2016–2017 гг.

Таблица 2 – Содержание общей золы в растениях эхинацеи пурпурной в зависимости от доз цинковых удобрений, %

Вариант опыта	2016	2017	
	Целые растения	Целые растения	Соцветия
N ₁₂₅ (фон)	15,0	12,4	10,8
N ₁₂₅ + 10,7 кг Zn /га	14,2	11,5	9,9
N ₁₂₅ + 21,4 кг Zn /га	13,9	11,6	9,2
N ₁₂₅ +32,4 кг Zn /га	13,6	11,9	9,6
N ₁₂₅ +42,8 кг Zn /га	14,1	11,2	10,1

Процент золы в 2016 г. превышал нормированный показатель (12 %), что связано с неблагоприятными погодными условиями. В 2017 г. содержание общей золы изменялось от 11,2 до 12,4 % в целых растениях и от 9,1 до 10,8 % в соцветиях. Во второй год роста и развития куль-

туры содержание общей золы практически не превышало установленный норматив.

Таким образом, в опыте выявлена эффективность и целесообразность внесения научно обоснованных доз цинкостойких удобрений под *Echinacea purpurea* в условиях Западной Сибири.

Литература

1. Мельникова С. С. Оптимизация минерального питания и качества календулы лекарственной на лугово-черноземных почвах Омского Прииртышья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 2007. 18 с.
2. Тищенко Н. Н. Диагностика минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) на лугово-черноземной почве Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 2011. 17 с.
3. Шойкин О. Д. Диагностика и оптимизация минерального питания пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) на лугово-черноземной почве Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тюмень, 2013. 16 с.
4. Красницкий В. М. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири : монография. Омск : ОмГАУ, 2002. 144 с.
5. Ягодин Б. А. Сера, магний и микроэлементы в питании растений // Агрохимия. 1985. № 11. Р. 117–127.
6. ГОСТ 10243–2000. Сено. Технические условия. Сборник отраслевых стандартов кормов и семян аридных кормовых культур. М., 2000. С. 43–54.
7. Государственная Фармакопея Республики Беларусь, том 2: Общие и частные фармакопейные статьи / Республиканское унитарное предприятие «Центр экспертиз и испытаний здравоохранения». Минск, 2007. 471 с.

References

1. Melnikova S. S. Optimization of mineral nutrition and quality of medicinal calendula on meadow-Chernozem soils of Omsk Irtysh region : autoabstract of candidate of agricultural Sciences. Omsk, 2007. 18 p.
2. Tishchenko N. N. Diagnosis of mineral nutrition, fertilizer efficiency, size and quality of the crop of thousands of millifolium (*Achillea millefolium* L.) in the meadow-Chernozem soil of Western Siberia : autoabstract of candidate of agricultural Sciences. Omsk, 2011. 17 p.
3. Shoikin O. D. Diagnostics and optimization of mineral food of a motherwort five-bladed (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) on the meadow and chernozem soil of Western Siberia : autoabstract of candidate of agricultural Sciences. Tyumen, 2013. 16 p.
4. Krasnitsky V. M. Agrochemical and ecological characteristics of soils of Western Siberia : monograph. Omsk : Omsk State Agrarian University, 2002. 144 p.
5. Yagodin B. A. Magnesium and microelements in plant nutrition // Agrochemistry. 1985. № 11. P. 117–127.
6. GOST 10243–2000 Hay. Technical conditions. Collection of industry standards of feed and seeds of arid forage crops. M., 2000. P. 43–54.
7. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus, volume 2: General and private Pharmacopoeia articles / Republican unitary enterprise «Center of examinations and tests of health care». Minsk, 2007. 471 p.