

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФГБНУ

Федеральный аграрный научный центр

Северо-Востока,

К.С.-Х.Н.

Устюжанин Игорь Александрович

«04» августа 2022 г.



ОТЗЫВ

Ведущего учреждения – Федерального аграрного научного центра Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого на диссертационную работу Сухоцкой Валентины Владимировны «Оптимизация питания цинком и медью эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) на лугово-чернозёмной почве Западной Сибири», представленной на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.04 – агрохимия в диссертационный совет Д 220.010.07 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы исследования обусловлена возрастающим вниманием к лекарственным растениям как сырью для фармацевтической промышленности. Зависимость от импортного сырья требует разработки и принятия мер по импортозамещению лекарственного сырья. Лекарственное растениеводство нуждается в разработке технологий производства растительного сырья, что невозможно без изучения особенностей произрастания лекарственных растений в разных почвенно-климатических зонах. Условия выращивания лекарственных растений существенно влияют на накопление ими биологически активных веществ, микроэлементов. Подобные исследования весьма важны. Однако их явно недостаточно в настоящее время. Поэтому заявленная тема исследования, несомненно, актуальна и её результаты востребованы у производителей растительного сырья. Кроме того, в работе решают-

ся некоторые общие вопросы микроэлементного питания растений, касающиеся не только эхинацеи пурпурной, но и в целом сельскохозяйственных культур.

Конкретное личное участие автора заключается в планировании исследования и разбивке опыта, в отборе проб почв и растительного материала, в аналитической обработке проб, в анализе полученных результатов, написании текста работы и выводов. Полученные автором результаты в целом соответствуют проведённым ранее исследованиям. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации в целом обоснованы.

Научная новизна результатов исследований состоит в комплексном подходе к изучению содержания и поведения микроэлементов в системе почва-растение. С использованием метода почвенно-растительной оперативной диагностики («ПРОД») в условиях южной лесостепи Западной Сибири на лугово-чернозёмных почвах были установлены нормативные количественные характеристики связи между содержанием микроэлементов в почве и растениях, влияние доз вносимых микроудобрений на величину урожая эхинацеи пурпурной и качество лекарственного сырья.

Определены оптимальные уровни содержания и соотношения цинка и меди в почве и растениях, гарантирующие высокий урожай растительного сырья с высоким качеством. Установленные параметры позволяют диагностировать и оптимизировать питание растений эхинацеи пурпурной в процессе роста и развития и управлять эффективностью применения удобрений с микроэлементами (Zn, Cu).

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы состоит, в первую очередь, в попытке автора выявить закономерности накопления и поведения микроэлементов (Zn, Cu) в системе в системе «почва – растение», что является трудной задачей, не решенной до сих пор в почвенной науке. Однако в процессе проведённых исследований автором были определены оптимальные величины содержания цинка и меди в лугово-черноземной почве при нормативных агрохимических параметрах. На основании проведённых опытов установлены оптимальные дозы внесения цинковых и медных удобрений способствующие достоверному повышению урожайности эхинацеи пур-

пурной при сохранении высокого качества сырья.

Теоретическая значимость результатов исследования заключается также в применении научно обоснованной системы диагностики и оптимизации минерального питания микроэлементами (цинком и медью) эхинацеи пурпурной на лугово-черноземной почве в условиях юга Западной Сибири, обеспечивающей повышение урожайности и улучшение качества лекарственного сырья при высоких показателях экономической и биоэнергетической эффективности.

Полученные результаты могут быть применены при промышленном выращивании не только эхинацеи пурпурной, но и других лекарственных и сельскохозяйственных культур в условиях юга Западной Сибири.

Краткая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и выводов. Работа изложена на 225 страницах машинописного текста, содержит 63 таблицы, 34 рисунка и 25 приложений. Список использованной литературы включает 322 источника, в том числе 32 на иностранных языках.

По теме диссертации опубликована 21 работа, отражающая основные положения исследования, среди которых 8 публикаций – в журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации и 2 статьи - в журнале из базы Scopus.

Во введении показаны актуальность, степень разработанности темы, научная новизна исследований, теоретическая и практическая значимость результатов исследований, сформулированы цель и задачи. Приведены методология и методы исследований, основные положения, выносимые на защиту, достоверность исследований и апробация работы

В главе 1 «История и состояние изученности вопроса» приведён литературный обзор. Представлена характеристика вида *Echinacea purpurea* (L.) Moench (эхинацея пурпурная), его биологические особенности, распространение, применение в медицине и перспективы дальнейшего изучения и использования. Проанализирован собранный литературный материал о содержании микроэлементов в почвах и растениях, о физиологической роли меди и цинка в живых организмах, об особенностях поступления и накопления элементов в растениях. Показана возможность применения

интеграционной системы «ПРОД» при изучении влияния применения микроудобрений на сельскохозяйственные культуры.

В главе 2 «Условия, объекты, методика проведения исследований» дана характеристика почвенно-климатических условий зоны южной лесостепи, где проводились исследования. Описаны погодные условия в годы проведения исследований. Представлены описание и агрохимическая характеристика почвы опытного участка. Указаны известные нормативы содержания микроэлементов в почвах и реальное их содержание в почве опытного участка.

В главе приведена схема многолетнего микрополевого опыта по выращиванию эхинацеи пурпурной с расчётом доз макро- и микроудобрений. Приведены ссылки на используемые полевые и лабораторные методы исследования.

В целом в главе дан достаточно полный обзор условий и методов исследования.

В главе 3 «Диагностика потребности эхинацеи пурпурной в удобрениях на основе полевого опыта» приведены результаты полевого опыта по изучению влияния внесения разных доз микроэлементов на урожайность культуры. Выявлены оптимальные, по мнению автора, количества удобрений с микроэлементами для получения максимального урожая эхинацеи.

В главе 4 «Почвенная диагностика минерального питания эхинацеи пурпурной» приведены результаты определения содержания подвижных соединений меди и цинка в пахотном горизонте и в профиле лугово-чернозёмной почвы до закладки опыта, а также результаты определения содержания микроэлементов в пахотном горизонте после внесения удобрений с микроэлементами. Прослежена динамика изменения содержания микроэлементов в течение трёх лет ведения исследований. Приведены регрессионные уравнения зависимости содержания цинка и меди в почве от дозы внесения удобрений. Автор предполагает, что на основании расчёта оптимального содержания микроэлементов, можно диагностировать уровень содержания и эффективности элементов и рекомендовать оптимальные дозы меди и цинка для внесения в лугово-чернозёмную почву.

Автор предприняла попытку изучения синергического взаимодействия этих

элементов при их совместном внесении в почву. Ею выявлены оптимальные соотношения микроэлементов, дающие при совместном внесении наибольший эффект.

В главе представлены результаты изучения способности культуры к усвоению макро- и микроэлементов из почвы и удобрений, показаны величины внесения микроудобрений, при которых с высоким урожаем выносятся больше всего основных макроэлементов.

В главе 5 «Растительная диагностика минерального питания эхинацеи пурпурной» изучается химический состав растений эхинацеи пурпурной, содержание в растительной массе макро- и микроэлементов и связи между содержанием меди и цинка в почве и растениях. На основании использования различных доз и комбинаций удобрений с микроэлементами автор изучает их накопление и соотношение в растениях. По данным автора в среднем за три года жизни растений оптимальный уровень питания по цинку составляет: при внесении $Zn_{21,4}$ – 12,7 при внесении $Cu_{9,4}$ – 17,1 мг/кг, синтезируя биосинтез урожая 9,9 и 13,2 т/га соответственно.

Отмечается большее накопление меди растением, чем цинка. При оптимальных дозах внесения микроэлементов (0,5 ПДК Zn (21,4 кг д.в./га) и ПДК Cu (9,4 кг д.в./га)) отмечается взаимное положительное влияние элементов на урожайность культуры.

Накопление цинка в растениях происходит интенсивнее накопления меди, следовательно, $K_{кр} Zn > K_{кр} Cu$. Однако коэффициент биологического поглощения выше у меди, по сравнению с цинком. При внесении цинковых удобрений $K_{БН_{Zn}}$ изменяется от 1,28 до 3,25, при внесении медных удобрений $K_{БН_{Cu}}$ изменяется от 6,53 до 14,54.

В главе представлены коэффициенты использования макроэлементов из почвы при внесении микроэлементов.

В главе 6 «Удобрение и качество урожая эхинацеи пурпурной» рассматривается влияние внесения микроэлементов на качество урожая лекарственной культуры, наличие и количество биологически активных веществ в сырье.

Применение цинка и меди под лекарственное растение эхинацею пурпурную с использованием комплексного метода Ю.И. Ермохина «ПРОД» оказывает положи-

тельное действие на биосинтез биологически активных веществ в растительном сырье, следовательно, повышает качество исследуемой лекарственной культуры.

На основе проведенных исследований утверждается, что микроэлементы (Zn и Cu), применяемые в оптимальных дозах (21,4 и 9,4 кг/га), оказали положительное влияние на содержание танинов в лекарственном сырье, способствовали накоплению аскорбиновой кислоты до 4,14 и 5,84%, что выше фонового варианта на 27 и 65,2%, увеличили концентрацию каротина на 0,9 и 2,56 мг/кг, повысили содержание экстрактивных веществ на 0,115 и 0,35 %, а содержание цикориевых кислот - на 0,009 и 0,0086 %.

Отмечается, что, хотя применение удобрений с медью и цинком привело к повышению содержания в растительном сырье некоторых «токсичных» элементов (Cd, As, Hg, Pb), однако их содержание остаётся существенно ниже ПДК в лекарственном растительном сырье и лекарственных препаратах.

Глава 7 «Биоэнергетическая и экономическая оценка эффективности применения микроэлементов под эхинацею пурпурную» посвящена изучению биоэнергетической и экономической составляющих выращивания лекарственного сырья с применением микроэлементов.

Утверждается, что внесение оптимальных расчетных доз медных и цинковых удобрений в лугово-черноземную почву под лекарственную культуру эхинацею пурпурную энергетически эффективно, так как рассчитанный КПД >1. Показано, что внесение микроэлементов экономически рентабельно.

В «Заключении» приведены основные выводы, полученные автором в процессе работы над диссертацией.

«Рекомендации производству» На основе результатов проведённых многолетних исследований автор рекомендует применение медных и цинковых удобрений на лугово-чернозёмной почве используя принципы «ИСПРОД» (интеграционной системы почвенно-растительной оперативной диагностики) для получения высокого урожая качественного сырья эхинацеи пурпурной.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Основные замечания по диссертационной работе:

1. Замечания по формальным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям:

- Формулировка цели: **Цель** исследования – "изучить...". Это не цель, а одна из задач, поскольку цель должна отвечать на вопрос "для чего проведено исследование?", а вовсе не "что сделать?"
- По мнению автора "Теоретическая значимость результатов исследования заключается в разработке научно обоснованной системы диагностики и оптимизации минерального питания цинком и меди эхинацеи пурпурной". Однако научно обоснованная система диагностики и питания растений разработана еще основателем этой научной школы Ю.И. Ермохиным; все что сделал соискатель – использовал разработанную ранее систему для оценки влияние цинка и меди. То есть теоретической значимости работы автор сформулировать не смог.
- По мнению автора "... проведен глубокий анализ научной литературы..." На самом деле современной научной литературой по изучаемому вопросу соискатель не владеет, так как из 322 обработанных источников только 13 опубликованы за 2018-2020 гг., а за последние 2 года – ни одного.

2. Работа изобилует стилистическими и синтаксическими ошибками русского языка, что существенно осложняет восприятие материала. Много лишних фраз, непонятных формулировок, в результате чего часто размывается суть излагаемого материала. Обилие повторяющихся некорректных оборотов и выражений, например:

- «Разработаны и научно обоснованы результаты...» – результаты не могут быть разработаны (это теоретическая работа), они могут быть получены (на практике).»
- «...урожайные данные эхинацеи...»
- «установленные ... уровни содержания ... макро- и микроэлементов (цинка и меди) ... позволяют диагностировать ... минеральное питание». Непонятно, цинк и медь – это все-таки микро- или макро- удобрения? И как уровни содержания элементов могут в принципе влиять на процесс диагностирования?

- что имеется в виду под "ответной реакцией почвы" на внесение меди?

3. Работа перегружена табличным материалом, формулами. Часть этого материала можно перенести в приложение, что существенно облегчит восприятие самой работы и её сути.

4. На стр. 85 говорится «Исследования показали, что внесение меди в оптимальных дозах в почву характеризуется более интенсивным действием Cu на процесс минерализации органического вещества почвы, что и оценивается экспресс методами почвенной диагностики». Однако далее в работе нигде не упоминается об органическом веществе и не приведены данные по его минерализации.

5. Большое число нареканий вызывает математическая часть работы, когда подставление конкретных полученных автором значений в формулы, разработанные автором, приводит в итоге к совершенно другим результатам, чем показано автором. Например, "коэффициент « bZn » был равен 0,378 мг Zn/кг (уравнение 41), что указывает на оптимальный уровень содержания Zn – **12,7 мг/кг** растений, при внесении оптимальной дозы Zn 21,4 кг/га (Таблица 36)". Согласно уравнению 41 $У_{мг/кгZn} = 0,378Zn + 5,39$ при внесении 21,4 кг/га цинка получаем содержание в растении **13,5 мг** цинка. Если же считать дозу 21,4 кг/га = 7,4 мг/кг почвы, то получится **8,19 мг**. Тоже не совпадает с расчетами автора.

- Заключение №8: "С помощью математического моделирования установлены уровни оптимального питания эхинацеи пурпурной неорганическими формами азота ($N_n - 118$, мг%), фосфора ($P_n - 15$, мг%) и калия ($K_c - 273$, мг%) в листьях фазы цветения и сбалансированным медным питанием : $N_n \approx 7.9 P_n \approx 0.1 K_c$ ". Опять чисто арифметическое несоответствие: 118:15:273 никак не может быть равно 1:7,9:0,1, поскольку калия в два раза больше, чем азота, а не в десять раз меньше.
- Непонятны механизмы пересчета концентраций из кг/га в мг/кг: если в случае цинка пересчетный коэффициент был равен **1,86** (42,8 кг/га соответствует 23 мг/кг), то в случае меди – **3,13** (9,4 кг/га соответствует 3,0 мг/кг)?
- Статистически **неправомерно** считать коэффициенты корреляции и уравнения регрессии при всего двух парах сравниваемых показателей ("Применение рас-

чётных доз цинка от низких до оптимальных (10,7...21,4 кг д.в./га) наблюдается тесная корреляционная связь между дозами цинка и урожайностью соцветий ($r=0,96-0,99$).

6. Фактические данные по урожайности эхинацеи, приведенные в диссертационной работе, не совпадают с данными, представленными в печатных работах автора, в частности в статьях Жаркова Н. Н., Сухоцкая В. В., Ермохин Ю. И. Эффективность применения цинковых удобрений при выращивании лекарственных культур в условиях Западной Сибири // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Том 13. – № 1 (64). – С. 77-84; Сухоцкая В. В., Жаркова Н. Н., Ермохин Ю. И. Влияние медных удобрений на формирование урожайности лекарственного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) // Вестник КрасГАУ. – 2019. № 2 (143). – С. 38-44; 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 (49). – С. 72-76. Более того, представленные в последней работе фактические данные по влиянию цинка на урожайность растений эхинацеи – средние арифметические по каждому варианту с указанием ошибки средней – свидетельствуют о полном отсутствии различий между вариантами, т.е. об отсутствии влияния цинка на растения. Подозрительно низкая величина НСР может быть объяснена сильным влиянием повторностей опыта, поскольку при варьировании по повторностям в пределах 10-20% такой низкой величины НСР быть не может.

7. В формулировке Заключения №4 содержится принципиальная теоретическая ошибка – невозможно одновременно оптимизировать два разных фактора, один из них в любом случае не будет оптимальным. Кроме того, если автор исследует более одного признака (общая урожайность, урожайность корневищ, урожайность соцветий, урожайность надземной массы), то в виду наличия донорно-акцепторных взаимодействий между разными органами растения для каждого из признаков оптимальными будут различные уровни микроудобрений. Отсюда следует, что полученные автором данные никак не могут "служить критериями оценки потребности в подвижном Zn и Cu".

Вопросы по содержанию диссертационной работы.

- Приведенные уравнения 4-10 противоречат данным таблицы 5. Исходя из данных таблицы, нет никакой статистически значимой связи между дозой внесенного цинка и урожайностью сухой массы ни в один из годов исследования. Коэффициенты корреляции, приведенные в уравнениях, противоречат данным таблицы 5, в противном случае наибольшая урожайность была бы при наибольшей дозе цинка; при колоколообразной форме зависимости урожайности от доз внесения цинка никаких прямых зависимостей быть не может, тем более с коэффициентом корреляции 0,96-0,99. Все остальные рассуждения строятся как раз на прямой зависимости между изучаемыми параметрами.
- Почему автор никак не учитывает реальное содержание элементов в почве по годам и его влияние на морфологические параметры растений? Со второго по третий год изучения содержание цинка в почве УМЕНЬШИЛОСЬ вдвое, а содержание меди, наоборот, УВЕЛИЧИЛОСЬ вдвое. Но все расчеты и рассуждения автора идут по ТЕОРЕТИЧЕСКИМ данным о содержании элементов. Это принципиально неверно и делает обсуждение и заключение из данных недостоверными и в высокой степени сомнительными.
- По каким параметрам (а их использовано шесть) соискатель делает вывод об "оптимальной дозе" вносимых элементов? Если в случае меди - уравнение прямой пропорциональности, значит можно внести и 2 и 10 ПДК, и при этом урожайность будет еще больше повышаться, значит те дозы будут еще более "оптимальны"?
- Стр. 104, табл. 31: уравнение регрессии показывает, что внесение в почву 1 кг/га цинка (что соответствует 0,345 мг/кг почвы) приводит к накоплению в растении $У_{\text{мг/кг Zn}} = 0,378Zn + 5,39 = 5,768$ мг цинка. **Вопрос:** откуда в растении появляется столько цинка? Почему накопление элемента в 20 раз превышает количество, внесенное в почву? Аналогично, при внесении 1 кг/га меди накапливается $У_{\text{мг/кг Zn}} = 1,26 Cu + 5,99 = 7,25$ мг цинка. Откуда берется цинк в таком количестве, если его вообще не вносили? Полученные уравнения рег-

рессии не несут в себе никакого биологического смысла и представляются в высшей степени сомнительными.

- Стр. 111, табл. 36: согласно расчетам автора, оптимальным соотношением меди и цинка является 1:4. Однако на практике этого проверено не было, так как такого варианта опыта, как совместное внесение обоих элементов вообще нет в схеме исследования. **Вопросы:** откуда взялись эти данные, зачем они нужны, если автор настаивает на том, что оптимальная доза меди 9,4, а цинка 21,4 кг/га, т.е. реальное соотношение элементов 1:2,3?
- Хотелось бы узнать, каким образом миллиграммные дозы цинка и меди повлияли на содержание макроэлементов в почве? Для этого необходимо привести данные по содержанию NPK в каждом варианте опыта с указанием точности их определения. В противном случае приведенные данные не представляют никакого интереса и являются недоказанными.
- Почему фактическое содержание подвижной меди при ОДНОКРАТНОМ внесении (в 2016 г.) выросло в 3,5 раза от 0,19 мг/кг (2016 г.) до 0,70 мг/кг (2018 г.)?
- Заключение №2: "Предложены математические формулы с целью прогноза общей урожайности эхинацеи пурпурной и в дальнейшем расчета доз микроудобрений на планируемый урожай (ПУ т/га) по формулам (17-18): $DZn = (ПУ_{т/га} - ФУ_{т/га}) / 0,079$ кг/га (17), $DCu = (ПУ_{т/га} - ФУ_{т/га}) / 0,53$ кг/га (18)". **Вопрос:** зачем делать ПРОГНОЗ урожайности, если в формулу подставляются величины уже ФАКТИЧЕСКИ ПОЛУЧЕННОГО урожая?
- Заключение №6: на основании каких данных автор считает дозы 9,4 кгCu/га и 21,4 кгZn/га соответственно "сбалансированным медным и цинковым питанием"? Что в данном случае понимается под конкретным термином "сбалансированное"?

Заключение

Несмотря на вышеизложенные замечания, считаем, что диссертация Сухоцкой Валентины Владимировны «Оптимизация питания цинком и медью эхинацеи пур-

пурной (*Echinacea purpurea* L.) на лугово-чернозёмной почве Западной Сибири» является завершённой научно-исследовательской работой по актуальной теме. По актуальности тематики, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости диссертация Сухоцкой В.В. соответствует критериям п.п. 9-14, установленным в «Положении о порядке присуждения учёных степеней», утверждённым Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. Сухотская Валентина Владимировна заслуживает присуждения учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.04 – агрохимия.

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном заседании отдела земледелия и агрохимии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока 3 августа 2022 г., протокол № 2.

Зав. отделом, ведущий научный сотрудник,
доктор сельскохозяйственных наук

 Козлова Л.М.

Подпись д. с.-х.н. Козловой Людмилы Михайловны заверяю

Начальник отдела кадров
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока





Волкомурова Н.А.

Адрес организации:
610007, г. Киров, ул. Ленина, д. 166а
Тел. (8332) 33-10-03
Факс (8335) 33-10-25
priemnaya@fanc-sv.ru