

### ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертационную работу *Жарковой Натальи Николаевны* на тему: «Диагностика и оптимизация минерального питания, эффективности микроудобрений многолетних лекарственных растений на лугово-черноземной почве в условиях южной лесостепи Западной Сибири», представленной на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.04 – агрохимия (сельскохозяйственные науки)

#### *Актуальность*

В условиях импортозамещения возделывание лекарственных культур, которые выращивают в качестве сырья для фармацевтической промышленности, является важной отраслью растениеводства. Однако данная отрасль остаётся довольно специфичной, характеризуется большим числом выращиваемых видов, среди которых много интродуцентов. Часть видов введена в культуру в результате отбора продуктивных популяций местных дикоросов (пижма обыкновенная, тысячелистник), а часть видов являются представителями флоры других регионов земного шара (эхинацея пурпурная, маклейя сердцевидная и др.). В связи с этим остаётся довольно много нерешенных вопросов агротехнического сопровождения в зависимости от зоны выращивания и минерального питания этих культур. Вопросы минерального питания и использования микроэлементов при выращивании лекарственных культур приобретают особую актуальность, так как эти факторы оказывают сильное влияние на накопление целевых вторичных метаболитов и соответственно качества сырья. Содержание легкодоступных Zn и Cu ниже критических уровней для роста и развития растений приводит к значительным потерям урожая. Кроме того, данные элементы входят в состав ферментов, участвующих в биосинтезе фармакологически значимых соединений и их предшественников.

Все изучаемые автором виды относятся к семейству Астровые (Сложноцветные). Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.) является прекрасным иммуномодулятором, которая входит в состав более чем в 200 лекарственных препаратов, что особенно актуально в условиях пандемии. Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) используется для производства фитопрепаратов желчегонного действия, в частности «Танацехола», а в народной медицине и ветеринарии в качестве антигельминтного средства. Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) входит в научную медицину в качестве противовоспалительного, ранозаживляющего, бактерицидного средства.

Таким образом, автором решается целый ряд актуальных задач лекарственного растениеводства для условий южной лесостепи Западной Сибири.

**Научная новизна** представленной работы не вызывает сомнения, и отражается в представленных уникальных данных комплексной оценки эффективности применения микроудобрений на лекарственных культурах в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Автором разработана научно обоснованная система диагностики и оптимизации минерального питания, изучено взаимодействие микроудобрений в системе почва – многолетние лекарственные растения, позволяющая повышать их продуктивность и управлять качеством лекарственного сырья, влияя на накопление целевых фармакологически значимых вторичных метаболитов. Впервые на основе системного подхода установлены математические закономерности действия и последствия ацетатных форм цинковых и медных удобрений на продуктивность и качество сырья многолетних лекарственных культур, содержание и соотношение ряда макро- и микроэлементов в лугово-черноземной почве и растениях в зависимости от фенологической фазы, получены нормативные физиолого-агрохимические характеристики, позволяющие оптимизировать микроэлементное питание лекарственных растений на основе принципов единого комплексного метода «Интегральная система почвенно-растительной оперативной диагностики (ИСПРОД)». Определены оптимальное и предельное содержание и соотношение микроэлементов в системе почва – лекарственные растения с учетом агроэкологических условий региона.

**Теоретическая значимость результатов исследования** заключается в разработке научно обоснованной системы оптимизации минерального питания с использованием цинковых и медных микроудобрений при выращивании многолетних лекарственных культур (тысячелистник обыкновенный, пижма обыкновенная, эхинацея пурпурная), а также теоретических и методологических положений с целью повышения урожайности и качества лекарственного сырья при высоких показателях экономической и биоэнергетической эффективности. Предложена модель расчёта оптимальных доз медных и цинковых удобрений для трёх востребованных лекарственных видов. Предложен и обоснован методический подход к определению уровня обеспеченности растений элементами питания и прогнозирования урожая.

**Практическая значимость результатов исследования и их**

**реализация.** Для условий южной лесостепи Западной Сибири на основе комплексного метода «ИСПРОД» (интеграционная система почвенно-растительной оперативной диагностики) разработана научно обоснованная система диагностики и оптимизации минерального питания, эффективности микроудобрений при выращивании многолетних лекарственных культур, позволяющая повышать урожайность и качество лекарственного сырья, тем самым способствуя накоплению ценных биологически активных веществ. Разработанные автором методические положения и отдельные практические, включающие агрохимические приемы возделывания многолетних лекарственных культур на лугово-черноземной почве юга Западной Сибири, позволяют увеличивать урожайность тысячелистника обыкновенного (трава) на 32-43 %, пижмы обыкновенной (соцветия) на 43-74 %, эхинацеи пурпурной (трава) на 21-61 %, корни – 25-56 %; содержание фармакологически значимых целевых соединений: эфирного масла (тысячелистник) на 34-93 %, флавоноидов в пересчете на лютеолин (тысячелистник) на 34-37 %, флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин (пижма) на 21-27 %, суммы фенолпропаноидов в пересчете на цикоревую кислоту (эхинацея) на 4-7 %, что в свою очередь приводит к большей рентабельности переработки и производства отечественных фармпрепаратов. Большое практическое значение несут результаты, позволяющие прогнозировать накопление меди и цинка на почвах с сильным антропогенным загрязнением. Установленные нормативные количественные характеристики почвы и растений позволяют диагностировать и в дальнейшем оптимизировать макро- и микроэлементное питание лекарственных культур в период их роста и развития и тем самым управлять плодородием почвы и питанием растений, корректируя урожайность и качество лекарственного сырья, снижая негативные последствия ионного равновесия в почве и несбалансированного поступления микроэлементов в растения. Предложены апробированные формулы расчета доз микроудобрений в основное внесение на основе установленных оптимальных уровней содержания микроэлементов в почве и растениях, коэффициентов интенсивности действия микроэлементов. Полученные результаты способствуют насыщению отечественного фармацевтического производства высококачественным лекарственным сырьём, сокращению импорта лекарственного растительного сырья в РФ.

#### ***Общая оценка работы***

Представленная диссертационная работа хорошо структурирована и

может быть охарактеризована, как логически выполненное завершённое исследование.

Следует особенно отметить, что представленная работа выполнена на высоком методическом уровне и решает актуальную научную и практическую проблему при выращивании лекарственных растений – повышение не только урожайности, но и качества сырья. Исследование выполнялось в течение продолжительного времени и представлены трёхлетние данные по всем опытам, что говорит о достоверности полученных результатов и обоснованности выводов.

Результаты исследования и их обсуждение включают вопросы оценки урожайности и экономической составляющей разрабатываемых приёмов, что в конечном итоге приводит к снижению себестоимости сырья и повышению рентабельности и конкурентоспособности культуры. Показательно, что, выбрав для обсуждения наиболее значимые результаты, автор значительную часть данных многолетних исследований помещает в приложение, которые подтверждают тщательность и глубину проведенных исследований. При обсуждении полученных результатов диссертант широко использует табличные данные, глубокую статистическую обработку результатов – способ, обеспечивающий наглядность и возможность быстрого выявления наиболее значимых закономерностей. Последнее представляется особенно важным в связи с многоплановостью проведенного автором исследования.

Первая глава работы посвящена анализу проблемы недостатка микроэлементов в лекарственных растениях, а также физиологическое значение цинка и меди в растениях. Обзор литературы охватывает анализ источников за широкий временной отрезок по особенностям возделывания тысячелистника обыкновенного, пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной в различных климатических зонах и включает как классические, так и самые современные работы. Однако при анализе особенностей минерального питания изучаемых видов не представлены работы европейских авторов по поглощению и выносу макроэлементов на единицу продукции.

В главе 2 описаны условия и методики проведения эксперимента. Достоверность результатов подтверждается тем, что годы существенно отличались по температурному и влажностному режиму, как между собой, так и по сравнению со средними многолетними данными. При закладке опыта была использована рассадная технология, что соответствует современным тенденциям лекарственного растениеводства и позволяет

обеспечить максимальную эффективность борьбы с сорняками на первом этапе жизни культуры. К сожалению, из текста не понятно были высажены сорта и откуда были получены семена.

Глава 3 посвящена разработке методологии диагностики потребности многолетних лекарственных растений в микроудобрениях на основе полевого опыта. Статистически установлена зависимость между дозами применяемых удобрений, величиной и качеством урожая, содержанием элементов питания в почве и на основе этого появляется возможность научного прогнозирования действия удобрений. В результате многолетних исследований, установлены оптимальные дозы цинковых и медных удобрений под тысячелистник обыкновенный (60 и 9,7 кг д.в./га), пижму обыкновенную (60 и 7,2 кг д.в./га) и эхинацею пурпурную (21,4 и 9,4 кг д.в./га), которые могут быть рекомендованы для возделывания лекарственных культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири, с целью повышения их продуктивности.

Результаты изучения динамики содержания химических элементов в почве после внесения микроэлементов представлены в главе 4. Автором впервые определены оптимальные уровни и соотношения макро- и микроэлементов ( $N-NO_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $Zn$  и  $Cu$ ) в лугово-черноземной почве, которые обеспечивают эффективность микроудобрений, а также нормативные агрохимические показатели (вынос  $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $Zn$  и  $Cu$ , КИП, КИУ, ПЭУ,  $N_m$ ) эффективности применения цинковых и медных удобрений под лекарственные растения – тысячелистник обыкновенный, пижму обыкновенную, эхинацею пурпурную на лугово-черноземной почве, необходимые для расчета потребности лекарственных культур в элементах минерального питания.

Глава 5 имеет большое практическое значение, так как посвящена анализу качества сырья, выращенного с применением микроудобрений. С одной стороны, недостаточное или избыточное содержание макро- и микроэлементов в почве и растениях, нарушение ионного соотношения между элементами приводит к снижению продуктивности, но с другой стороны избыток одного из элементов может привести либо к его избыточному накоплению, либо послужить триггером к накоплению других нежелательных элементов или соединений. Важную роль в этом процессе играют видовые особенности каждой отдельной культуры. Многолетние полевые опыты, проведённые Жарковой Н.Н. позволили установить взаимосвязи между различными дозами цинковых и медных удобрений ( $X$ ,

кг Zn, Cu/га) и ответной реакцией содержания Zn и Cu в лекарственных растениях (У, мг Zn, Cu/кг), а также получить коэффициенты интенсивности действия («b») единицы внесенных элементов питания в почву на химический состав растений по годам жизни культур. Интересным является наблюдение автора, что использование химического состава растений в различные фазы развития в целях диагностики минерального питания и прогнозирования величины урожая является перспективным методом в практике применения удобрений. Установленные закономерности связи химического состава растений по фазам роста с биосинтезом урожая позволяют при благоприятных условиях возделывания лекарственных культур прогнозировать урожайность. Выявлены синергические отношения между Cu → Zn, которые характеризовались большими коэффициентами интенсивности действия («b»), чем между Zn → Cu. В лекарственных растениях (тысячелистника, пижмы и эхинацеи) при внесении микроудобрений в почву под растения происходит поглощение подвижных форм цинка и меди от среднего до весьма интенсивного. Согласно исследованиям, наибольший  $K_{N_{Zn}}$  и  $K_{N_{Cu}}$  отмечен у тысячелистника обыкновенного, несколько ниже в порядке убывания, в пижме, а затем эхинацеи пурпурной. Вместе с тем, более интенсивно изучаемые виды поглощают медь, что вероятно, является особенностью семейства.

Глава 6 посвящена качеству лекарственного сырья с точки зрения требований Государственной Фармакопеи РФ. Исследования автора показали, что сырьё изучаемых культур соответствовало требованиям ГФ (14 издание). Применение микроэлементов способствовало накоплению всех классов фармакологически значимых соединений, кроме фенилпропаноидов. Отмечено сильное повышение содержания соединений с антиокислительной активностью, которые выполняют функцию защиты растения при различных стрессах (аскорбиновая кислота, каротиноиды, флавоноиды). Содержание БАВ в лекарственном сырье изучаемых растений в большей степени зависело от концентрации меди в растениях, а значит от вносимых доз медных удобрений, что связано с тем, что медь является важной составляющей ряда ферментов, участвующих в биосинтезе этих соединений.

Диссертация изложена на 426 страницах основного текста, состоит из введения, 7 глав, выводов, практических рекомендаций, 71 приложения, содержит 118 таблиц, 18 рисунков. Библиографический список включает 648 источников, в том числе 276 – на иностранном языке.

Список используемой литературы, анализ полученного материала, а

также высокая публикационная активность автора (48 работ, в том числе 19 – в ведущих научных изданиях и журналах, перечень которых утвержден ВАК Министерства образования Российской Федерации, из них 3 работы в журналах, входящих в международную базу Scopus и WoS) подтверждают высокую профессиональную подготовленность Жарковой Н.Н. Научные статьи и автореферат отражают основное содержание диссертации. Полученные результаты исследований статистически достоверны, выводы обоснованы. Заключение диссертационной работы изложено в 12 пунктах и отражает наиболее значимые результаты исследования.

Работа не имеет принципиальных замечаний, а представленные ниже носят рекомендательный или уточняющий характер.

При анализе вариантов опыта возникает вопрос, не влияет ли почвенное внесение меди отрицательно на состав и число почвенных микроорганизмов. Ионы меди во многих случаях проявляют антимикробное и фунгицидное действие. Может быть, имело смысл рассмотреть вариант некорневой обработки?

Полученные после статистической обработки результаты исследований уравнения регрессии показывают положительное взаимодействие между поглощением и усвоением макроэлементов и вносимыми микроэлементами цинком и медью, а также их синергический эффект. Однако из этих уравнений не видно, когда вносимая доза уже становится избыточной и повышается содержание меди и цинка в сырье.

Учитывая, что опыты проводили на чернозёмной почве с нейтральной реакцией, доступность элементов могла быть достаточно низкой, при том, что в целом содержание в почве достаточным. И отсюда возникающий вопрос: насколько изучаемые виды способны извлекать медь и цинк при низком содержании доступных форм. Проявлялись ли на фоновых участках типичные симптомы недостатка меди или цинка.

На странице 246 автор сам себе противоречит. При переориентации под действием меди на биосинтез лигнинов, у растения не будет оставаться «строительного материала» на вторичный метаболизм и синтез флавоноидов, фенилпропаноидов и дубильных веществ.

В таблице 111 дозу микроэлемента лучше указывать как в остальных таблицах. И возникает вопрос, почему столь высокая экстрактивность сырья эхинацеи – 58,4-64,0%? Хотелось бы уточнить каким растворителем

проводили экстракцию. Для всех ли растений условия были одинаковы.

Автором выбраны растения одного семейства, но с различными классами целевых соединений (эфирное масло и флавоноиды у тысячелистника, флавоноиды у пижмы и фенилпропаноиды у эхинацеи пурпурной). Но у растений других семейств закономерности поглощения и способность извлекать элементы питания могут быть другими, что может привести к избыточной концентрации элемента в сырье. Этот факт отражено в частности в диссертации А.Ю. Соловьевой на примере поглощения селена. Кроме того, из той же работы видно, что погодноклиматические условия очень существенно влияли на поступление этого микроэлемента в растение и соответственно его накопление в сырье.

В работах Стеценко Л.А (ИФР РАН им К.А. Тимирязева) на примере календулы (Стеценко Л.А. Влияние меди на рост *Calendula officinalis* L. и особенности накопления ее в органах растения в условиях водной культуры Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2017. Т. 20. № 10. С. 42-46) показано очень неравномерное распределение меди в растении. И если в корнях содержание меди было очень высоким, в траве в целом наблюдалось превышение ПДК, то в цветках содержание может быть очень низким. Существенно отличалось содержание этого элемента и в стеблях и листьях, что актуально, например, для травы эхинацеи, где доля стеблей достаточно велика и сильно колеблется в зависимости от возраста растений и влажностного режима.

Интересно было бы параллельно провести вегетационный опыт, который позволил бы более детально отследить взаимодействие в системе микроэлемент-растение, а также определить их влияние на содержание действующих веществ. Как известно, накопление веществ вторичного метаболизма очень подвижно и подвержено влиянию огромного числа факторов, в частности температуры (в том числе суточная динамика), осадки, влажность воздуха и т.д. В полевых условиях учесть все эти факторы довольно сложно.

В таблицах приложения не всегда указан вид сырья, лучше уточнять, что имеется в виду (приложение 9,10 и др.). И зачем определять надземную массу пижмы, если сырье «цветки» (соцветия)? А в таблице 14 лучше писать корневища с корнями, так как это официальное название сырья.

### ***Заключение***

В целом, указанные недостатки не имеют принципиального значения и



носят скорее рекомендательный характер. Диссертационная работа Жарковой Натальи Николаевны выполнена на высоком научно-методическом уровне, результаты представляют большой теоретический и практический интерес. Она базируется на собранных автором лично новых экспериментальных данных, обработанных материалах, сделанных обобщениях и представляет собой завершённую квалификационную научно-исследовательскую работу, решающую важные теоретические и практические задачи в области агрохимии и соответствующую уровню искомой научной степени. Выводы, сделанные Жарковой Н.Н. на основании полученных результатов, конкретны и обоснованы, отражают содержание всей работы в целом, а предложения производству содержат практические рекомендации по выращиванию продукции высокого качества. Учитывая всё вышесказанное, можно заключить, что данная диссертационная работа на тему: «Диагностика и оптимизация минерального питания, эффективности микроудобрений многолетних лекарственных растений на лугово-черноземной почве в условиях южной лесостепи Западной Сибири» отвечает требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Жаркова Наталья Николаевна заслуживает присуждение учёной степени доктор сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.04 – агрохимия (сельскохозяйственные науки).

Маланкина Елена Львовна,  
профессор кафедры овощеводства  
ФГБОУ ВО «Российский государственный  
аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева»,  
доктор сельскохозяйственных наук  
(по специальности 06.01.06 –  
луговоеводство и лекарственные, эфирномасличные культуры),  
профессор

Москва, 127434, ул. Тимирязевская, д. 49  
e-mail: [gandurina@mail.ru](mailto:gandurina@mail.ru)  
[malankina@rgau-msha.ru](mailto:malankina@rgau-msha.ru); тел. +7-910-412-19-52

Подпись  
заверяю

Руководитель службы кадровой  
политики и приема персонала

