

НАСТИНА ЮЛИЯ РАВИЛЕВНА

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ
ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛЕСОСТЕПИ СРЕД-
НЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.01 –общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном
учреждении высшего образования
«Ульяновский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»

Научный руководитель

Костин Владимир Ильич

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты:

Хайбуллин Мухамет Минигалимович,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, ботаники и селекции растений, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Амиров Марат Фуатович,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой растениеводства и плодовоовощеводства, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Ведущая организация:

ФГБНУ «Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Защита состоится «4» апреля 2019 года в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», по адресу: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел. 8-(846-63)-46-1 -31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Самарская ГСХА», с авторефератом – на сайте <http://www.ssa.ru/> и на электронном сайте ВАК РФ <http://vak.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2019 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – по-прежнему одна из основных продовольственных культур в России, в том числе в Ульяновской области, где она занимает около 206 тыс.га. В условиях области яровая пшеница способна формировать достаточно высокие урожаи (до 4,0 т/га и более). Однако биохимические и мукомольные показатели качества зерна низкие. В связи с этим поиск приемов повышения урожайности и качества продукции яровой пшеницы является актуальным.

Исследования проводились в соответствии с тематическими планами и программами Министерства сельского хозяйства РФ и являются составной частью плана научной работы Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина. Номер государственной регистрации 120.06.00149.

Степень разработанности проблемы. Изучением вопросов по использованию микроэлементов для предпосевной обработки семян в разных почвенно-климатических условиях занимались такие зарубежные и отечественные исследователи, как Кауа М. (2005), Arshad Ullah, M. (2012), Пейве Я.В. (1963), Школьник М.Я. (1974), Анспок П.М. (1990), Исайчев В.А., Костин В.И. (1997, 1998, 1999), Амиров М.Ф. (2007), Привалов Ф.И. (2009), Фатыхов И.Ш. (2010), Пилавов Ш.Г. (2016).

В проведенных исследованиях представлены актуальные методологические и агротехнические вопросы в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе яровой пшеницы. Однако в них не учитывался синергетический характер действия, а также анионный состав хлоридных и сульфатных соединений. В том числе практически не изучено влияние данных соединений на формирование урожайности яровой пшеницы, способствующих в онтогенезе активации ростовых процессов.

Цель исследований - совершенствование агротехнологии выращивания за счет повышения урожайности, активации ростовых процессов и улучшения качества зерна яровой пшеницы при применении микроэлементов для предпосевной обработки семян в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Для решения поставленной цели определены следующие задачи:

- изучить влияние предпосевной обработки микроэлементами на посевные качества семян яровой пшеницы;
- определить влияние предпосевной обработки семян микроэлементами на фотосинтетическую деятельность агрофитоценоза яровой пшеницы;
- изучить действие микроэлементов-синергистов на урожайность, ростовые процессы и качество зерна;
- дать энергетическую и экономическую оценку применения микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы.

Научная новизна. В условиях лесостепи Поволжья изучена сравнительная эффективность влияния предпосевной обработки семян растворами хлоридов и сульфатов марганца и цинка на продуктивность яровой пшеницы. Установлено положительное действие совместного применения сульфатов марганца и цинка на урожайность за счет активации

ростовых процессов и качество зерна опытной культуры.

Выявлены корреляционные связи действия микроэлементов с фитометрическими показателями растений яровой пшеницы.

Проведена оценка энергетической и экономической эффективности технологий возделывания яровой пшеницы с применением хлоридов и сульфатов марганца и цинка на разных фонах выращивания.

Практическая значимость. Полученные результаты исследований позволят в конкретных почвенно-климатических условиях предложить производству более эффективный способ предпосевной обработки семян микроэлементами-синергистами в виде сульфатов. Данный агроприем обеспечивает повышение урожайности яровой пшеницы сорта Симбирцит на 20 % и качества зерна: на неудобренном фоне содержание белка увеличивалось на 0,20 – 0,86 %, массовая доля клейковины на 1,08-1,13 %, масса 1000 семян на 0,29-2,0 г; на фоне минеральных удобрений – белка на 0,03-0,57 %, массовая доля клейковины на 1,02-1,11 %, масса 1000 семян на 0,61-1,60 г.

Предложенная производству обработка семян яровой пшеницы микроэлементами является малозатратной, повышает экономическую и энергетическую эффективность возделывания культуры.

Результаты исследований успешно прошли производственную проверку в 2012-2015 гг. внедрены на площади более 250 га в ПСК «Красная звезда» Ульяновского района, СПК «Новотимерсянский» и КФХ «Сяпуков Е.Ф.» Цильнинского района Ульяновской области.

Полученные данные используются в учебном процессе по курсам физиологии растений, растениеводства, а также представляют интерес для специалистов сельского хозяйства.

Основные положения, выносимые на защиту:

- ростовые и физиологические процессы яровой пшеницы при предпосевной обработке семян микроэлементами на удобренном и неудобренном фонах;
- влияние микроэлементов-синергистов на формирование агрофитоценоза яровой пшеницы;
- формирование основных элементов продуктивности, урожайность и качество зерна яровой пшеницы;
- энергетическая и экономическая оценка использования микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы;

Личный вклад автора. Автор лично совместно с руководителем разработал рабочую программу исследований, проводил полевые опыты, полевые наблюдения, лабораторные анализы, статистическую обработку экспериментальных данных, оформление диссертационной работы и апробацию практических разработок.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы докладывались на Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика

ка Международной академии аграрного образования, Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации В.И. Морозова, «Опыт, проблемы, перспективы» (Ульяновск, 2011); Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в сельском хозяйстве» (Курск, 2011); VIII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт проблемы и пути их решения» (Ульяновск, 2017).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 130 страницах текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, предложений производству: содержит 24 таблицы, 11 приложений, иллюстрирована 23 рисунками. Список использованной литературы включает 226 источников, в том числе 33 зарубежных авторов.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору с.-х.н., профессору, академику РАЕН, почетному работнику агропромышленного комплекса РФ, заслуженному работнику высшей школы РФ Костину В.И., агрономической службе ПСК «Красная звезда» Ульяновского района, руководителю крестьянского фермерского хозяйства Сяпукову Е.Ф. Цильнинского района за представленную возможность проведения производственных испытаний, а также выражает признательность всем сотрудникам кафедры «Биология, химия, технология хранения и переработки продукции растениеводства» факультета агротехнологии Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина за оказанную помощь в проведении полевых опытов и лабораторных анализов.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ СВЕДЕНИЙ

В работе приведён обзор отечественной и зарубежной литературы по теме исследований, представляющий механизм действия микроэлементов: цинка и марганца в растениеводстве. Рассмотрены вопросы их использования, влияние на физиолого-биохимические процессы, урожайность и качество сельскохозяйственных растений при предпосевной обработке семян. Значительное внимание уделено эффективности применения микроэлементов.

ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являлась яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum L.*) нового для России сорта Симбирцит.

В качестве микроэлементов изучали следующие вещества: сульфат цинка, сульфат марганца (II), хлорид марганца (II), хлорид цинка.

Полевые исследования по изучению влияния микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы в чистом виде и совместно с применением минеральных удобрений

ний проводились в 2009-2011 гг. на опытном поле Ульяновского ГАУ имени П.А. Столыпина. В качестве минерального удобрения применяли нитроаммофоску (17:17:17) в дозе 40 кг д.в./га по основным элементам. Схема полевого опыта включала по 7 вариантов предпосевной обработки семян на удобренном и удобренном фоне: 1. Контроль, 2. ZnCl₂; 3. MnCl₂; 4. ZnSO₄; 5. MnSO₄; 6. ZnCl₂+MnCl₂; 7. ZnSO₄+MnSO₄;

Повторность опытов четырехкратная с учетной площадью делянки 15 м². Делянки располагали рендомизированно. Используемая агротехника соответствовала общепринятой для данной зоны. Норма высева семян – 5,5 млн. шт./га. С целью удовлетворения потребности растений в микроэлементах были использованы растворы солей цинка и марганца в виде сульфатов и хлоридов. Обработка семян проводилась перед посевом. На контроле семена обрабатывались водой, опытные варианты предполагали обработку рабочими растворами солей в концентрации 0,1% из расчета 10 литров раствора на 1 тонну семян, ранее установленных на кафедре «Биология, химия и технология хранения и переработка продукции растениеводства».

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Содержание гумуса от 4,3 до 4,8%. Реакция среды в пахотном слое почвы слабокислая (pH_{сол.} – 5,8-6,5), содержание подвижного фосфора повышенное (105-150 мг/кг), обменного калия – высокое (137-200 мг/кг). Степень насыщенности основаниями составляет 96,4-97,9%, сумма поглощенных оснований 25,5-27,8 мг.-экв./100 г почвы.

В годы исследований (2009-2011 гг.) метеорологические условия были различными как по температурному режиму, так и количеству осадков. В целом, по влиянию агрометеорологических явлений на развитие яровой пшеницы сравнительно благоприятным следует считать 2011 год.

В опытах проводили следующие наблюдения, учеты и анализы:

Определение энергии прорастания и лабораторной всхожести согласно действующей методике по ГОСТ 12038-84; ГОСТ 12041-82. Определение силы роста методом морфофизиологической оценки проростков по ГОСТ 12036-66. Определение активности каталазы – по методике в изложении Б.П. Плешкова (1985). Определение густоты стояния растений и их сохранности перед уборкой проводили путем подсчета числа растений на трех учетных площадках делянки площадью 1 м²; Накопление биомассы - путем взвешивания растительных проб по фазам роста и развития растений (по Н.Н. Третьякову (1990). Определение ассимиляционной поверхности листьев – по Н.Н. Третьякову (1990). Вычисления производили по формуле: $S = A \times B \times 0,78$, где S – площадь листа (см²), A – ширина листа (см), B – длина листа (см). Относительную скорость прироста фитомассы (V) рассчитывали по формуле: $V = \frac{(\ln B_2 - \ln B_1)}{n}$, где V относительная скорость прироста фитомассы $1 \cdot 10^{-3}$ г/сутки; B₁, B₂ – сухая биомасса растений в начале и конце учетного периода, г; n – число дней учетного периода. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывалась

по формуле: $ЧПФ = \frac{B_2 - B_1}{(L_1 + L_2) \cdot n \cdot 0,5}$, где ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза,

г/м² · сутки; B_1, B_2 – сухой вес пробы в конце и начале учетного периода, г; L_1 и L_2 – площадь листьев в начале и конце учетного периода, см²; n – число дней в учетном периоде. Выживаемость растений рассчитывали по формуле:

$$\text{Выживаемость} = \frac{\text{Сохр.} \cdot \text{Всхож.}}{100\%},$$

Структуру урожая определяли по пробным снопам из 25 растений. Массу 1000 зерен по ГОСТ 12042-80; Для определения коэффициента взаимодействия выведена формула Костина – Исайчева:

$$\text{Квз.} = \frac{\sum DF - (D_1F_1 + D_2F_2 + D_3F_3 + \dots D_nF_n)}{\sum DF},$$

где Квз. – коэффициент взаимодействия; $\sum F$ – эффект от суммы факторов; D – доза или концентрация используемого вещества; F_1, F_2, F_3, F_n – действие изолируемых факторов.

Если $\sum F \geq (F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n)$, то наблюдается положительный синергизм. В том случае, если $\sum F > (F_1 + F_2 - F_3 + \dots - F_n)$, - положительный антагонизм. Если эффект от суммы факторов меньше суммы или разности действия изолирующих факторов, то, соответственно, рассматривается как отрицательный синергизм или антагонизм, хотя сам физиологический процесс может иметь положительный характер. При Квз. = 0 наблюдается аддитивность (по В.А. Исайчеву, 1997).

Массовая доля клейковины – по ГОСТ-13586.1-68, качество клейковины - на приборе ИДК-1. Содержание белка по ГОСТ 10846 – 91. Содержание крахмала колориметрическим методом в изложении Б.П. Плешкова (1985). Определение стекловидности по ГОСТ 10987-76. Определение натуры по ГОСТ 10840-64. Учет урожая проводили методом сплошного обмолота зерна с каждой делянки комбайном «Сампо» в фазу полной спелости и последующим взвешиванием. Климogramмы рассчитывались по методу Н. Walter (1955). Оценка энергетической эффективности проводилась по совокупным затратам энергоресурсов на возделывание культур и накоплению потенциальной энергии в урожае основной и побочной продукции по методике, разработанной Е.И. Базаровым и Е.В.Глинкой (1983). Экономическую оценку рассчитывали на основе технологических карт по системе натуральных и стоимостных экономических показателей с использованием нормативов и расценок, принятых для производственных условий учхоза Ульяновской ГАУ. Данные результатов исследований подвергались математической обработке методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов (Доспехов Б.А., 2011) на ПЭВМ с использованием программы Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН И РАННИЕ РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Значимым фактором роста урожайности яровой пшеницы является качество семян. Согласно мнению ряда исследователей, энергия прорастания семян выступает одним из важнейших параметров, характеризующих жизнеспособность семян (Овчаров К.Е., 1976). Показатель лабораторной всхожести является основным критерием оценки качества семян в агрономической практике, так как результат лабораторного опыта показывает процент семян, давших проростки в стандартизированных условиях субстрата влажности, температуры, и гарантирует воспроизводимость результата.

Нами установлено, что применение микроэлементов-синергистов оказало существенное влияние на показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести семян яровой пшеницы. Обработка семян раствором сульфата цинка совместно с сульфатом марганца позволяла повысить энергию их прорастания на 5,34 % по сравнению с контролем. Наилучший показатель лабораторной всхожести, равный 97 %, наблюдался при применении раствора сульфата марганца. Другие варианты опыта показывали лабораторную всхожесть в пределах 93,3-96,3 %. В данном случае проявляется синергетический эффект сульфатными соединениями цинка и марганца, их действие отрицательное проявление с $K_{вз} = -1,17$, сам физиологический процесс имеет положительную направленность.

При совместном действии солей сульфатов длина корешков увеличивалась до 5,11 см. Наибольшая длина проростков наблюдалась в варианте с применением сульфата марганца – 1,26 см, что выше контроля на 19,3 % и 41,5 %, соответственно. Увеличение сырой массы корешков отмечали на варианте с применением сульфата цинка совместно с сульфатом марганца, где она составила 0,23 г, а сырая масса проростков - 0,12 г.

Исследуемые микроэлементы влияют на силу роста. Так, при обработке семян на варианте сульфата марганца сила роста увеличилась на 3,82%, в варианте с применением совместно сульфата марганца и сульфата цинка она увеличивалась на 6,07 % по сравнению с контрольным вариантом, то есть, происходило физиологическое усиление эффекта одного элемента другим, при этом проявляется синергетическое действие. Рассчитанные результаты показывали, что данные сульфатные соединения увеличивают показатель и проявляют положительный синергизм $K_{вз} = 0,23$.

В среднем за годы исследований полевая всхожесть на опытных вариантах с применением сульфатных соединений на обоих фонах выращивания превышала контроль. Наибольшее значение получено на варианте с совместным применением сульфата марганца и сульфата цинка на удобренном фоне, оно превысило контроль на 7,32 %.

На обоих фонах выращивания под действием хлоридов этих металлов наблюдалось снижение полевой всхожести.

Предпосевная обработка семян стимулировала активность каталазы (таблица 1), что начинало проявляться после 12 часов набухания. Используемые микроэлементы-синергисты способствовали росту активности фермента. В период достижения максимальной активности каталазы (48-72 ч.) наибольшие величины были отмечены на варианте с применением сульфата марганца, и сочетанном действии сульфата цинка и сульфата марганца, где активность фермента превышала контроль на 7 % и 9,21 %. На 4-ые сутки прорастания происходило понижение активности каталазы, как на опытных вариантах, так и на контроле, что свидетельствует об ускоряющем влиянии микроэлементов на метаболизм растения.

Таблица 1 – Активность каталазы в проростках яровой пшеницы, микромоль H_2O_2 , разложившейся за 1 мин в расчете на 1 г сухого материала.

Вариант	Время, час				
	12	24	48	72	96
Контроль	23,89±0,49	34,51±0,26	62,85±0,60	91,11±0,71	69,72±0,86
ZnCl ₂	22,64±0,55	30,49±0,55	59,17±0,61	87,08±0,59	62,15±0,26
MnCl ₂	23,26±0,26	32,01±0,26	60,49±0,26	85,83±0,29	62,64±0,55
ZnSO ₄	24,93±0,43	37,92±0,51	66,18±0,60	96,74±0,43	71,81±0,94
MnSO ₄	25,97±0,26	39,44±0,35	66,04±0,88	97,57±0,97	75,76±0,49
ZnCl ₂ +MnCl ₂	23,96±0,45	35,49±0,35	64,31±1,39	92,01±0,26	75,00±0,45
ZnSO ₄ +MnSO ₄	26,81±0,55	38,75±0,17	67,64±0,43	99,51±0,10	77,36±0,43

Установлена положительная корреляционная зависимость между силой роста и энергией прорастания, лабораторной всхожести от активности каталазы. На основании множественного корреляционно – регрессионного анализа выведены уравнения регрессии:

$Y = 18,29 + 1,125X_1 + 0,516X_2$; ($R=0,933$; $D=87,06$ %), где Y – сила роста, X_1 – каталаза за 12 часов, X_2 – энергия прорастания. Наибольшая зависимость силы роста отмечается от активности каталазы, что составило 45,77% .

$Y = 1,173 + 0,0302X_1 + 1,01X_2$; ($R=0,914$; $D=83,59$ %), где Y – сила роста, X_1 – каталаза за 24 часа, X_2 – энергия прорастания. Данное уравнение показывает, что сила роста зависит от энергии прорастания на 80,86 % .

$Y = 41,462 + 0,412X_1 + 0,236X_2$; ($R=0,952$; $D=90,65$ %), где Y – сила роста, X_1 – каталаза за 96 часов, X_2 – энергия прорастания. Данное уравнение показывает, что сила роста зависит от активности каталазы на 71,79 % .

На протяжении всего периода процесса проращивания семян яровой пшеницы каталазная активность оказывала влияние на силу роста, энергию прорастания, лабораторную всхожесть. Следовательно, предпосевная обработка семян микроэлементами-синергистами вызывает активизацию физиолого-биохимических процессов при прорастании, тем самым оказывает положительное влияние на посевные качества семян и способствует повышению продуктивности культуры.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АГРОФИТОЦЕНОЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Ведущая роль в получении высоких урожаев принадлежит продуктивности фотосинтеза. Поэтому продуктивность растений, прежде всего, определяется размерами ассимиляционной поверхности листьев, их числом и интенсивностью работы фотосинтетического аппарата (Ничипорович, 1956, 1963, 1972; Устенко Г.П., 1963).

В среднем за годы исследований микроэлементы-синергисты оказывали положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата в течение всего онтогенеза. Максимальная площадь листьев формируется при применении варианта, где семена пшеницы обработаны совместно сульфатом цинка и марганца. Без внесения минеральных удобрений в фазу колошения она составляла 19,30 тыс.м²/га, на фоне внесения минеральных удобрений – 21,19 тыс.м²/га. Однако формирование урожая зависит не только от площади листьев, но и от времени их функционирования. Фотосинтетический потенциал (ФП) объединяет эти показатели.

В среднем по годам исследований наибольший ФП (таблица 2) отмечался в варианте с применением сульфата цинка и сульфата марганца. В период кущения-выхода в трубку этот показатель превышает контроль на неудобренном фоне на 14 %, при использовании минеральных удобрений на 27,05 %. Наибольшее значение ФП наблюдалось в период колошение-молочная спелость, где показатель превышает контроль на неудобренном фоне на 17,4 %; на удобренном фоне на 21 %.

Таблица 2 – Фотосинтетический потенциал *Triticum aestivum* млн.м²·дн./га
(среднее за 2009-2011 гг.)

Вариант		Фенологические фазы			∑ ФП
		кущение- выход в трубку	выход в трубку- колоше- ние	колошение- молочная спелость	
неудобренный фон	Контроль	0,079	0,164	0,350	0,592
	MnCl ₂	0,078	0,162	0,352	0,592
	ZnCl ₂	0,076	0,159	0,346	0,581
	ZnSO ₄	0,090	0,179	0,389	0,657
	MnSO ₄	0,089	0,195	0,402	0,686
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,089	0,180	0,396	0,664
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,090	0,189	0,411	0,690
удобренный фон	Контроль	0,085	0,174	0,379	0,638
	MnCl ₂	0,085	0,171	0,380	0,636
	ZnCl ₂	0,085	0,174	0,378	0,637
	ZnSO ₄	0,102	0,209	0,423	0,735
	MnSO ₄	0,104	0,208	0,447	0,758
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,098	0,208	0,431	0,738
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,108	0,210	0,453	0,772

Следует отметить, что применение обработки семян совместно сульфатом цинка и сульфатом марганца повышали ФП посевов яровой пшеницы на 16,5%, а применение микроэлементов сульфата цинка и сульфата марганца совместно с минеральными удобрениями – на 21 %, в результате чего увеличивалась работоспособность листового аппарата опытной культуры. Использование хлоридов цинка и марганца привело к формированию наименьшего ФП среди исследуемых вариантов.

Сухая биомасса, накопленная растениями, является одним из показателей, определяющих урожайность. Прирост сухого вещества можно считать наилучшим критерием оценки роста и развития растений. Интенсивность прироста сухого вещества определяется внешними факторами жизни растений (вода, температура, питание).

Интенсивное накопление сухого вещества в среднем по годам исследований происходило в фазу выхода в трубку. По всем фазам более интенсивный прирост отмечался на варианте с применением сульфата цинка и сульфата марганца: в фазу выхода в трубку – 5,24 г, колошение – 20,87 г, молочная спелость – 30,16 г без удобрений; с внесением удобрений в фазу выхода в трубку – 5,96 г, колошение – 22,45 г, молочная спелость – 32,99 г. Применение хлорида цинка и хлорида марганца не оказывало положительного влияния на прирост биомассы. Значения данных показателей находились на низком уровне по сравнению с контрольным вариантом, по-видимому, повышенный уровень концентрации хлора в основных органах ассимиляции – листьях, очевидно, является фактором, способствующим замедлению физиологических функций.

Показателем интенсивности формирования органического вещества в процессе фотосинтетической деятельности листового аппарата растений является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

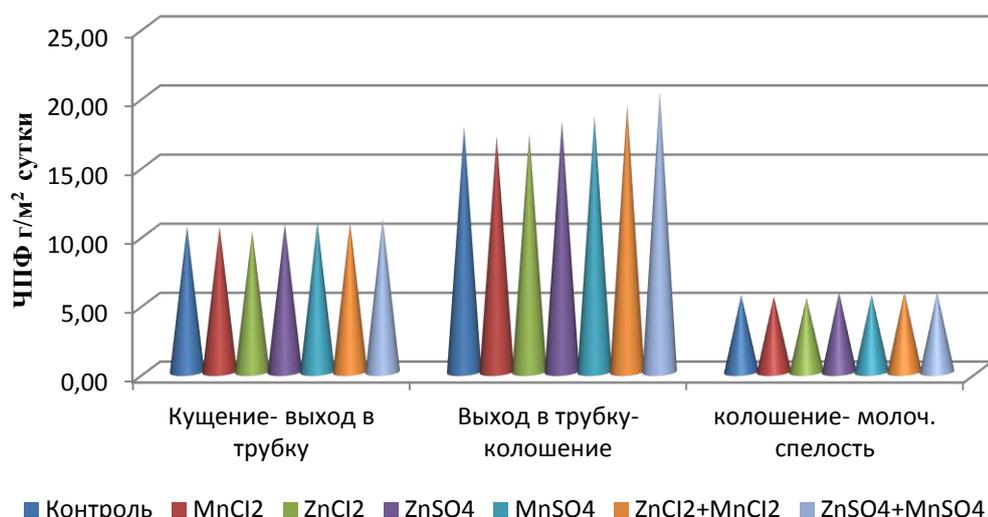


Рисунок 1 – Чистая продуктивность фотосинтеза *Triticum aestivum* на неудобренном фоне в среднем за годы исследований

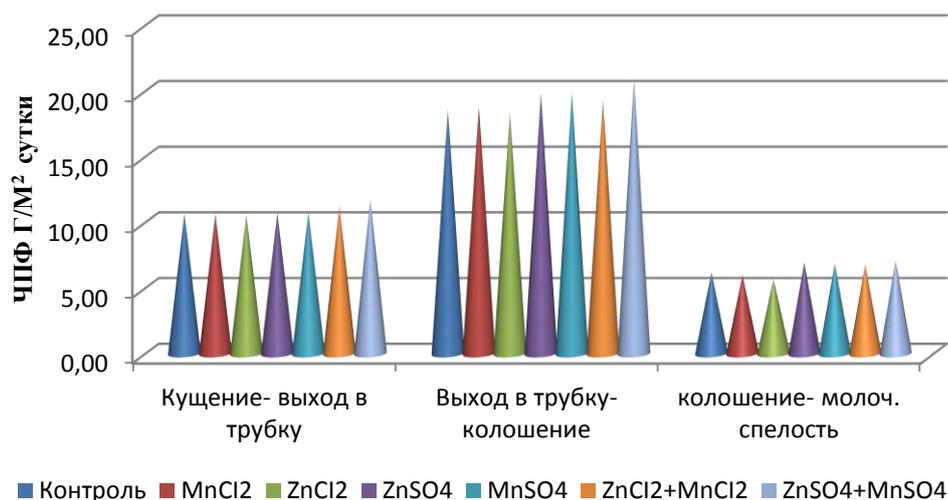


Рисунок 2 – Чистая продуктивность фотосинтеза *Triticum aestivum* на удобренном фоне в среднем за годы исследований

Наибольшие показатели продуктивности фотосинтеза приходились в фазу выход в трубку-колошение, где отмечено превышение контроля на 14,2 % и 11,6 % на неудобренном и удобренном фонах соответственно (рис.1,2) В фазу колошение-молочная спелость ЧПФ при предпосевной обработке семян совместно сульфатом цинка и сульфатом марганца на неудобренном фоне на 4,09 % выше, чем на контроле, а на удобренном фоне на 15,02 %. Применение хлорида цинка и хлорида марганца не способствовало увеличению нетто ассимиляции.

Установлена положительная корреляционная зависимость между урожайностью и показателями фотосинтетической деятельности (x_1 - площадь листовой поверхности, x_2 - содержание сухого вещества и x_3 - ЧПФ в течение вегетации яровой пшеницы).

В 2009 год: в фазу кущения – $Y = -5,029+0,0136X_1+0,338X_3$, $D = 87,67 \%$, $R = 0,93$; $Y = -2,49+0,446X_2+0,17X_3$, $D = 81,35 \%$, $R = 0,902$ – в фазу выхода в трубку; $Y = -2,333+0,00455X_1+0,056X_2$, $D = 79,40 \%$, $R = 0,891$ – в фазу колошения; в фазу молочной спелости – $Y = 0,449+0,0548X_2+0,103X_3$, $D = 86,8\%$, $R = 0,932$. Максимальная зависимость урожайности от сухого вещества 63,23%. Коэффициент регрессии $R = 0,9$ указывает на высокую зависимость между изучаемыми факторами.

В 2010 году в фазу кущения – $Y = -0,819+0,00586X_1+0,157X_3$, $D = 50,65\%$, $R = 0,71$; в фазу выхода в трубку – $Y = -0,569+0,00169X_1+0,211X_2+0,133X_3$, $D = 53,05\%$, $R = 0,72$; в фазу колошения площадь листьев оказала влияние на урожайность культуры 40,92% – $Y = 0,00305+0,00023X_1+0,00743X_2+0,0285X_3$, $D = 59,94\%$ $R = 0,77$; в фазу молочной спелости накопление сухой массы в большей степени повлияло на урожайность яровой пшеницы – 84,88% – $Y = 0,0926+0,00809X_1$, $D = 84,88\%$, $R = 0,92$.

В 2011 году в фазу кущения – $Y = -3,078+0,0191X_1+1,917X_2$, $D = 79,65 \%$, $R = 0,89$ наибольшая зависимость от сухого вещества 41,21 % и от площади листовой поверхности 38,43%; в фазу выхода в трубку – $Y = -0,96+0,000322X_1+0,556X_2$, $D = 71,5 \%$, $R = 0,84$ высокая зависимость от накопления сухой массы 70,5%; в фазу колошения очень сильная

зависимость урожайности от сухой массы $73,1\% - Y = -1,975 + 0,155X_2 + 0,0389X_3$, $D = 81,02\%$, $R = 0,90$; в фазу молочной спелости на урожайность яровой пшеницы оказало влияние ЧПФ-53,3%, так как происходит отток ассимилянтов в репродуктивные органы – $Y = -2,514 + 0,0162X_1 + 0,25X_3$, $D = 97,37\%$, $R = 0,98$. Коэффициент регрессии $R = 0,9$ указывает на очень сильную зависимость между изучаемыми факторами.

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Предпосевная обработка семян микроэлементами–синергистами повысила урожайность в полевых опытах в среднем за 3 года на неудобренном фоне на 0,5-20,3 %, а на удобренном фоне 0,4-18,3 % (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность яровой пшеницы, т/га

Вариант		2009 г	2010 г	2011 г	сред.	Прибавка	
						т/га	%
не удобренный фон	Контроль	2,23	1,24	2,45	1,97	0	100,0
	MnCl ₂	2,20	1,18	2,57	1,98	0,01	100,5
	ZnCl ₂	2,09	1,22	2,58	1,96	-0,01	99,4
	ZnSO ₄	2,47	1,30	2,97	2,25	0,28	114,2
	MnSO ₄	2,65	1,37	2,72	2,24	0,27	113,7
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	2,51	1,32	2,97	2,27	0,30	115,2
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	2,57	1,38	3,16	2,37	0,40	120,3
удобренный фон	Контроль	2,45	1,05	3,22	2,24	0	100,0
	MnCl ₂	2,38	0,96	3,40	2,25	0,01	100,4
	ZnCl ₂	2,24	0,98	3,49	2,24	0,0	100
	ZnSO ₄	2,65	1,18	3,70	2,51	0,27	112,05
	MnSO ₄	2,77	1,12	3,66	2,52	0,28	112,5
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	2,70	1,15	3,70	2,51	0,27	112,05
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	2,94	1,21	3,80	2,65	0,41	118,3
НСР ₀₅	для фактора А(минеральные удобрения)	0,14	0,064	0,04			
	для фактора В(микроэлементы)	0,26	0,12	0,08			

Наибольшая урожайность получена под влиянием сочетанного действия сульфатов цинка и марганца. Она составила 2,37-2,65 т/га при урожае на контроле 1,97 и 2,24 т/га на

не удобренном и удобренном фоне, соответственно. Следует отметить, что под влиянием хлоридов этих элементов урожайность на всех вариантах ниже по сравнению с сульфатами. Это еще раз доказывает положительное влияние сульфат-аниона на продуктивность растений.

Повышение качества зерновых культур является одной из ведущих проблем агропромышленного комплекса страны. В наших исследованиях при воздействии микроэлементов–синергистов и минеральных удобрений улучшается качество зерна *Triticum aestivum* (табл. 4).

В среднем за годы исследований под действием микроэлементов, содержание белка зерна яровой пшеницы увеличивалось на 0,20-0,86 % на неудобренном фоне почвы, на 0,03-0,57 % на фоне минеральных удобрений. Наибольшее содержание белка отмечено при совместной обработке семян сульфатом цинка и сульфатом марганца

Таблица 4 – Показатели качества зерна яровой пшеницы (среднее за 2009-2011 гг.)

Вариант		Белок, %	Массовая доля клейковины, %	ИДК, ед. (группа качества)
не удобренный фон	Контроль	12,47	21,6	85,6(II)
	MnCl ₂	12,79	23,4	84,9(II)
	ZnCl ₂	12,67	22,7	85,6(II)
	ZnSO ₄	13,07	22,8	78,2(II)
	MnSO ₄	12,94	23,6	78,8(II)
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	13,13	23,9	81,1(II)
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	13,33	24,6	78,8(II)
удобренный фон	Контроль	12,96	22,0	79,2(II)
	MnCl ₂	12,99	23,2	87,9(II)
	ZnCl ₂	13,05	22,6	87,4(II)
	ZnSO ₄	13,26	23,6	81,1(II)
	MnSO ₄	13,35	23,7	74,9(II)
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	13,31	24,0	77,6(II)
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	13,53	24,5	74,4(II)

Среднее содержание клейковины повышалась на неудобренном фоне на 1,08-1,13 %, на удобренном фоне на 1,02-1,11 %. Наибольшая массовая доля клейковины на обоих фонах выращивания отмечалась на варианте с применением совместно сульфата марганца и сульфата цинка. Предпосевная обработка семян способствовала формированию клейковины, свойственной зерну пшеницы, относимой ко второй группе качества.

При оценке мукомольных свойств продукции определяют натуру или объемную массу зерна. Результаты показывают, что предпосевная обработка семян микроэлементами

оказала незначительное влияние на выполненность зерна. Натурная масса на неудобренном фоне повышалась на 2,3-11,8 г/л, на удобренном фоне на 0,1-15,1 г/л.

Применение микроэлементов способствуют повышению стекловидности зерна. На фоне естественного плодородия стекловидность также увеличивается и изменяется в пределах от 62 до 71 %. Наилучшая стекловидность отмечена на удобренном фоне в варианте с применением совместно сульфата цинка и сульфата марганца, где составила 76 %.

Таким образом, применяемые для предпосевной обработки семян яровой пшеницы микроэлементы оказывали положительное влияние на показатели качества зерна.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Применение микроэлементов–синергистов способствовало увеличению количества энергии, накопленной в продукции, на неудобренном фоне на 20,3 %, на фоне минеральных удобрений на 18,2 % по отношению к контролю, а применение хлорида цинка способствовало снижению количества энергии. Анализ энергетической эффективности изучаемой технологии показывает, что применение микроэлементов–синергистов цинка и марганца способствует увеличению биоэнергетической эффективности с 1,64 до 1,94 на неудобренном фоне, и с 1,30-1,52 на фоне удобрений.

Расчет экономической эффективности показывает, что применение микроэлементов – синергистов марганца и цинка, особенно в виде сульфатов, экономически оправдано, так как повышается эффективность производства яровой пшеницы, что приводит к уменьшению себестоимости продукции до 4714,90 руб /т. и увеличению рентабельности до 41,6 %, с внесением удобрения себестоимость продукции уменьшается до 6671,91 руб/т. и, следовательно, увеличивается рентабельность до 27,3%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных лабораторных, полевых и производственных опытов можно сделать следующие заключения.

С учетом местных агроклиматических условий установлено, что применение сульфатов марганца и цинка для предпосевной обработки семян яровой пшеницы более эффективно, чем использование хлоридов.

1. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы микроэлементами-синергистами способствовала повышению активности окислительно-восстановительного фермента каталазы. На основании множественного корреляционно-регрессионного анализа установлена корреляционная зависимость между силой роста, энергией прорастания, лабораторной всхожестью и активностью каталазы на протяжении всего времени проращивания семян. Зависимость силы роста составила 45,77 %, энергия прорастания – 80,86 %, каталазы – 71,79 %.

2. Применение микроэлементов-синергистов способствовало формированию высокопродуктивного агрофитоценоза яровой пшеницы. Повысилась фотосинтетическая активность агрофитоценоза: площадь ассимиляционной поверхности увеличилась на неудобренном фоне до 15,1 %, на фоне минеральных удобрений до 26,8 %, чистая продуктивность фотосинтеза в период трубкования – колошения составила 23,5-25,33 г/м² в сутки. Установлена корреляционная зависимость между показателями фотосинтетической деятельности и урожайности во все годы исследований.

3. Предпосевная обработка семян микроэлементами-синергистами повысила урожайность в полевых опытах в среднем за 3 года на неудобренном фоне на 0,5-20,3 %, а на удобренном фоне на 0,4-18,3 %. Наибольшая урожайность получена под влиянием сочетанного действия сульфатов цинка и марганца. Она составила 2,37-2,65 т/га при урожае на контроле 1,97 и 2,24 т/га. Под влиянием хлоридов данных элементов урожайность на всех вариантах ниже по сравнению с использованием сульфатов. Считаем, что это обусловлено положительным влиянием сульфат-аниона. Исследуемые микроэлементы-синергисты повысили качество полученной продукции. Так, на неудобренном фоне содержание белка увеличивалось на 0,20-0,86 %, массовая доля клейковины на 1,08-1,13 %, масса 1000 семян на 0,29-2,0 г; на фоне минеральных удобрений: белка – 0,03-0,57 %, массовая доля клейковины на 1,02-1,11 %, масса 1000 семян на 0,61-1,60 г. Наилучшие мукомольные показатели зерна отмечались на удобренном фоне при сочетанном применении сульфата цинка и марганца.

4. Применение микроэлементов-синергистов марганца и цинка, особенно в виде сульфатов, экономически оправдано, так как повышается эффективность производства яровой пшеницы, что приводит к уменьшению себестоимости продукции до 4714,90 руб/т. и увеличению рентабельности до 41,6% на неудобренном фоне. С внесением удобрения себестоимость продукции уменьшалась до 6671,91 руб/т. и, следовательно, увеличивалась рентабельность до 27,3%. Анализ энергетической эффективности изучаемой технологии показывал, что применение микроэлементов-синергистов цинка и марганца способствует росту коэффициента биоэнергетической эффективности с 1,64 до 1,94 на неудобренном фоне, и с 1,30 до 1,52 на фоне удобрений.

Предложения производству

Для увеличения урожайности, активации ростовых процессов и улучшения качества зерна яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья рекомендуется обрабатывать семена перед посевом микроэлементами цинка и марганца в виде сульфатных соединений сочетанного применения в концентрации 0,1% из расчета 10 л рабочего раствора на 1 тонну семян. Для обработки можно использовать протравливатель «Мобитокс-супер» или ПС–20М-4.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах и изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов научных исследований

1. Настина, Ю.Р. Влияние микроэлементов на изменение фотосинтетической деятельности посевов яровой пшеницы и формирование урожая/ Ю.Р. Настина, В.И. Костин, Е.Н. Ерофеева// Нива Поволжья. – 2012. – № 3 (24). – С. 14-18.

2. Настина, Ю.Р. Влияние предпосевной обработки на качество зерна яровой пшеницы / Ю.Р. Настина, В.И. Костин, А.А. Настин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4 (36).– С. 39-43.

3. Настина, Ю.Р. Энергетическая и экономическая эффективность применения микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы / Ю.Р. Настина, В.И. Костин, А.А. Настин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4 (40). – С. 44-48.

Другие публикации:

4. Настина, Ю.Р. Влияние микроэлементов на продуктивность яровой пшеницы / Ю.Р. Настина // Материалы международной научно-практической конференции «Наука и инновации в сельском хозяйстве», Курск – 2011 г. – С. 126-130.

5. Настина, Ю.Р. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами на показатели их прорастания / Ю.Р. Настина // Материалы Международной научно - практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика Международной академии аграрного образования, Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Владимира Ивановича Морозова «Опыт, проблемы, перспективы», Ульяновск-2011. – С. 208-212.

6. Настина, Ю.Р. Перспективы использования микроэлементов – синергистов в технологии возделывания яровой пшеницы / Ю.Р. Настина // материалы VIII международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения», Ульяновск -2017. – С. 118-121.

Отпечатано в типографии

Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина

Подписано в печать 17.01.2019 Формат 60x84/16

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл.печ.л. 1,0 Заказ _____. Тираж 100 экз.

432980, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец,1