

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина»

На правах рукописи

НАСТИНА ЮЛИЯ РАВИЛЕВНА

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ
ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛЕСОСТЕПИ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность: 06.01.01 –общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор В.И.Костин

Ульяновск - 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

	ВВЕДЕНИЕ	
ГЛАВА 1.	ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ СВЕДЕНИЙ	8
1.1	Народнохозяйственное значение и биологические особенности яровой пшеницы	8
1.2	Влияние микроэлементов на рост и развитие растений в растениеводстве	12
1.3	Проявление синергетического эффекта при совместном действии цинка и марганца в формировании урожая сельскохозяйственных растений	23
ГЛАВА 2.	ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ	
2.1	Объекты исследований	32
2.2	Агрохимическая характеристика почвы	34
2.3	Методика исследований	36
2.4	Технология возделывания яровой пшеницы	39
2.5.	Метеорологические условия	40
ГЛАВА 3.	ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН И РАННИЕ РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	
3.1	Показатели прорастания и посевные качества семян	46
3.2	Изменения активности каталазы в прорастающих семенах яровой пшеницы в зависимости от микроэлементов	55
ГЛАВА 4.	ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АГРОФИТОЦЕНОЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	59
4.1	Динамика развития ассимиляционной поверхности листьев в зависимости от микроэлементов и фона минерального питания	59*
4.2	Фотосинтетическая деятельность посева	62
4.3	Динамика накопления сухой массы (сухого вещества)	65
4.4	Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ)	68
ГЛАВА 5.	ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	
5.1	Урожайность	72
5.2	Биохимические и мукомольные показатели качества зерна	78
ГЛАВА 6.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ	

	ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	
6.1	Энергетическая эффективность	85
6.2	Экономическая оценка	88
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	93
	СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	94
	ПРИЛОЖЕНИЯ	119

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, государственными программами и являются составной частью плана научной работы Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина. Номер государственной регистрации данной работы №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, М. (2012), Пейве Я.В. (1963), Школьник Н.Я. (1974), Анспок П.И. (1990), Исайчев В.А., Костин В.И. (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 учитывались 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 не удобренном фоне содержание белка увеличивалась 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 прошли производственную проверку в 2012-2015 гг. Внедрены на площади более 250 га в ПСК «Красная звезда» Ульяновского района, СПК «Тимерсянский» 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 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 кон-

ференции «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.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ СВЕДЕНИЙ

1.1. Народнохозяйственное значение и биологические особенности яровой пшеницы

Пшеница – одна из главных зерновых культур мирового сельского хозяйства. Доля ее производства в мире составляет не менее 35% от общего количества производимого зерна.

Наибольшие площади посева яровой пшеницы сосредоточены в Российской Федерации, так как она является основной продовольственной культурой в нашей стране и занимает лидирующее место среди других зерновых культур. Основные площади посева яровой пшеницы сосредоточены в Поволжье, Западной и Восточной Сибири, на Южном Урале. В этих регионах выращивают ценные злаки с высоким содержанием белка и клейковины при сравнительно невысоком урожае.

Значение зерна высоко: оно одновременно является основным источником питания человека, кормом для сельскохозяйственных животных и сырьем для промышленности. Зерно питательно и калорийно. Химический состав зерна пшеницы характеризуется наличием всех необходимых для питания элементов: белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных веществ, ферментов. Зерно пшеницы легко поддается хранению, транспортировке и переработке.

Наиболее значимым компонентом зерна является белок, так как с ним связаны такие жизненно важные процессы в организме человека, как обмен веществ, рост, развитие, размножение. Содержание белка в зерне может варьировать в пределах 8–22 %.

Значимость зерна пшеницы определяется уровнем клейковины, под которым понимается упруго-эластичный гель, нерастворимый в воде и образующийся при смешивании размеленной муки с водой. Основу клейковины образует сочетание белков глиадина и глютенина, которое является уникальным и проявляется в хлебном злаке.

Существенную долю зерна пшеницы (48 – 63%) занимают углеводы, представленные в виде крахмала и имеющие большое энергетическое значение в пи-

тании человека.

Около 2–7 % зерна образуют сахара, 2–3 % – клетчатку. Сахара содержатся в основном в зародыше зерна. Клетчатка имеет важное значение в пищеварении человека, так как ее способность не растворяться в воде и не усваиваться организмом способствует регулированию деятельности кишечника, снижению сердечно-сосудистых заболеваний, предотвращению ожирения человека.

На долю жира, содержащегося в зародыше и алейроновом слое зерна пшеницы, приходится 2%.

Хлеб, приготовленный из пшеничной муки, отличают высокие вкусовые качества и хорошая усваиваемость организмом. Высокая калорийность такого хлеба обусловлена тем, что в 100 граммах содержится 250 ккал.

Зерно, отруби и другие отходы помола являются ценным концентрированным кормом для сельскохозяйственных животных и сырьём для комбикормовой промышленности. В сельском хозяйстве солома используется в виде грубого корма и подстилки животных. В промышленности солома востребована в производстве бумаги, картона, упаковочного материала, шляп.

В Ульяновской области яровая пшеница занимает около 120 тыс. га и может формировать урожай зерна до 5,0 т/га. Зерно яровых сильных пшениц – важный объект регионального экспорта.

В РФ выращиваются в основном два вида яровой пшеницы: мягкая (*Triticum aestivum* L.) и твердая (*Triticum durum* Desf.); наибольший ареал имеет первая из них (примерно 90% площади), так как ее сорта более пластичны и лучше приспособлены к почвенно-климатическим условиям.

Получение высокого урожая и качества зерна яровой культуры возможно только при условиях, соответствующих ее биологическим требованиям к теплу, свету, влаге, почве, элементам питания и правильном построении ее технологии возделывания.

В процессе жизненного цикла у растений наблюдаются большие изменения. «Ф.М. Куперман (1973) выделила 12 этапов органогенеза, отражающих морфологические процессы в онтогенезе растений. Морфофизиологический анализ

органогенеза растений позволяет оценивать действие климатических условий, агротехники на растения с целью повышения их продуктивности. Установлено, что на I–II этапах происходит прорастание семени и дифференциация вегетативных органов, на III–IV – дифференциация главной оси зачаточного соцветия, на V–VIII – формирование цветков, на IX – идет цветение, оплодотворение и образование зиготы, на X–XII – происходит формирование, развитие и рост семян» [цит. по Третьякову Н.Н. и др., 2005, С. 363].

Также в процессе роста и развития яровой пшеницы отмечается несколько фенологических фаз, связанных с морфологическими изменениями органов и образованием новых частей: прорастание семян, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, созревание (Ф.М. Пруцков, И.П. Осипов, 1990; А.В. Дозоров, 2002).

Яровая пшеница – влаголюбивая, светолюбивая и холодостойкая культура длинного дня. «Ее зерно начинает прорасти при температуре 1–2 °С, а жизнеспособные всходы появляются при 4 – 5° С; всходы появляются быстро при температуре посевного слоя в почве 10–12° С. Максимальную устойчивость к низким температурам яровая пшеница проявляет в самые ранние фазы развития. Всходы ее переносят непродолжительные заморозки до 8–10° С. Но во время цветения и налива зерна пшеница повреждается заморозками в 1–2 °С» [цит. по Фирсову И.П. и др., 2004, с.231].

Яровая пшеница характеризуется высокой устойчивостью к высоким температурам, которая увеличивается с присутствием влаги в почве. Оптимальной температурой воздуха в период налива и созревания яровой пшеницы является 22–25°С. Общая сумма активных температур в период от всходов до созревания должна составлять 1500–1750°С. При температуре 35–40°С урожайность культуры и качественные свойства зерна снижаются.

Продолжительность периода от всходов до кущения яровой пшеницы составляет 15–22 дней, за которые первичные зародышевые корни углубляются на 50–55 см. Вторичные корни яровой пшеницы формируются в фазе 3–4 листьев в зоне кущения. При благоприятных условиях длительность периода кущения до

выхода в трубку составляет 11 дней, до колошения – 15 дней. Продолжительность периода вегетации зависит от сорта яровой пшеницы, района ее возделывания, погодных условий и может варьировать в пределах 85–115 дней.

Яровая пшеница очень чувствительна к недостатку влаги в почве, особенно в начале кущения (задерживается рост и укоренение растений). Поэтому очень важно накопление влаги под яровую пшеницу в осенне-зимний и ранневесенний периоды. Потребление воды по фазам развития и роста яровой пшеницы примерно следующее: в период всходов 5–7 %, в фазе кущения 15–20 %, выхода растений в трубку – колошения 50–60 %, в фазе молочного состояния зерна 20–30 % и фазе восковой спелости 3–5 % общего потребления воды за весь вегетационный период. Транспирационный коэффициент пшеницы составляет – 450–550.

Яровая пшеница очень требовательна к почве, что объясняется сравнительно слабым развитием корней и пониженной усвояющей способностью их. Оптимальными почвами для культуры являются структурные черноземные и каштановые, плодородные дерново-подзолистые почвы. Пшеница страдает от повышенной почвенной кислотности, хорошие урожаи дает на почвах слабокислых и нейтральных (рН 6,0 – 7,5) (Посыпанов, Г.С., 2006; Васин В.Г., 2009; Коломейченко В.В., 2007).

Яровая пшеница предъявляет повышенные требования к предшественникам, поэтому для получения высокой урожайности надо размещать по лучшим предшественникам в севообороте. К ним относятся озимые по чистому и занятому пару, горох, пласт и оборот пласта многолетних бобовых трав. Хорошими предшественниками служат пропашные культуры: кукуруза, картофель, сахарная свекла.

Яровая пшеница очень требовательна к плодородию почв, в отличие от других яровых культур. Урожай хлебов во многом зависит от внесения его в рядки при посеве. Рядковое удобрение поможет в значительной мере улучшить питание в начальном периоде роста и развития посевов. Для рядкового внесения удобрений пригодны гранулированный суперфосфат, аммофос и нитроаммофос, азофоска и другие. Под яровые зерновые вносятся они в следующих дозах: простой гра-

нулированный суперфосфат 40-50 кг, двойной 25-30 кг, аммофос 30-35 кг, нитрофос или нитроаммофос 35-45 кг, азофоска 40-50 кг на гектар. При азотной недостаточности почв преимущество должно быть отдано сложным удобрениям.

Некорневые подкормки мочевиной (N_{30}) следует проводить в фазу налива зерна. Она улучшает качество зерна, увеличивает содержание белка на 1,5 % (Адаптивно-ландшафтная система..., 2017).

1.2. Влияние микроэлементов на рост и развитие растений в растениеводстве

Без микроэлементов жизнедеятельность любого растительного организма невозможна. Хотя несмотря на сравнительно низкое содержание в клетках, микроэлементы участвуют в наиболее значимых физиологических и биохимических процессах. В случае их недостатка нельзя рассчитывать на получение высокого урожая с хорошим его качеством (Городний Н. М., Вовкотруб Н. Ф., Куроедов В. А., 1990).

Многочисленные исследования минерального питания растений говорят о том, что микроэлементы: марганец, медь, молибден, цинк, бор, кобальт и др. ускоряют фотосинтетическую деятельность, способствуют росту урожайности, сокращают сроки созревания, улучшают качества продукции. Благодаря микроэлементам, способствующим уменьшению расхода воды растениями, повышается их устойчивость к засушливой погоде. Многочисленные опыты доказали, что использование микроэлементов в питании растений ведет к росту урожайности культур на 10–18% (Анспок П.И., 1978; Власюк П.А., 1963; Добролюбский О.К., 1956; Каталымов М.В., 1957; Пейве Я.В., 1963; Ягодин Б.А., 1995 и др.).

Находясь во всех важнейших тканях и органах растений, микроэлементы существенно влияют на течение ферментативных процессов и углеводного обмена. Наличие достаточного количества микроэлементов позволяет растению продуктивнее использовать основные элементы питания. С точки зрения физиологических процессов микроэлементы выступают кофакторами ферментов. (Василье-

ва И.М.,1959; Ковальский В.В.,1971; Маданов П.В.,1972; Панасин В.И.,2003; Ягодин Б.Я.,1995).

При применении микроэлементов в небольших дозах повышается активность фотосинтеза и устойчивость растений к стрессу. Однако, микроэлементы могут быть синергистами и повышать продуктивность растений, или антагонистами, вызывая гибель растений (Протасова Н.А., Щербаков А.П., 2003).

Эффективность микроудобрений определяется содержанием в почве микроэлементов, органического вещества, обеспеченностью ее азотом, фосфором и калием (Пейве Я. В., 1963; Панасин В.И., 2003). Характер действия микроэлементов определяется почвенно-климатическими и агротехническими условиями. Вследствие этого эффективность применения микроэлементов должна определяться применительно к конкретной зоне (Школьник М. Я., 1974; Анспок П. И.,1990). В условиях дефицита микроэлементов в почве их внесение или предпосевная обработка семян способствует существенному росту и развитию яровой пшеницы.

В настоящее время особое внимание уделено роли микроэлементов в жизни сельскохозяйственных растений. Исследования в данном направлении интенсивно развиваются, что обусловлено введением в сельскохозяйственное производство интенсивных технологий и необходимостью увеличения качества продукции.

Цинк поглощается растениями в форме ионов Zn^{2+} . Содержание его в растениях составляет в среднем 0,0003% и зависит от их вида, местности произрастания и климата.

Цинк является важным химическим элементом, необходимость которого для роста и развития растений впервые была показана в исследованиях К.А. Тимирязева в 70-х гг. XIX в., который установил, что цинк может устранять хлороз у растений (1872). В 1915 г. аналогичные исследования на кукурузе провел Maze, в 1926г. на ячмене и карликовом подсолнечнике – Sommer и Lipman.

В исследованиях Рихтера А.А. и Васильевой Н.Г. (1941) доказан рост интенсивности фотосинтеза под воздействием цинка. Цинк оказывает влияние на синтез хлорофилла, фотосинтез и углеводный обмен в растениях, так как связан с превращением соединений, содержащих сульфгидрильную группу, функция ко-

торых заключается в регулировании уровня окислительно-восстановительного потенциала в клетках.

В 1970 году физиологическая роль цинка была исследована М.Я. Школьником и И.А. Чернавиной. Проведенные опыты показали, что «различные виды растений значительно отличаются по своим требованиям к содержанию цинка в почве и способности его поглощения» [цит. По Школьнику М.Я., 1974, с 113]. Так, например, на внесение цинковых удобрений лучше всего реагирует кукуруза; у гороха в силу меньшей поглощаемости цинка ростовая и биохимическая отзывчивость слабее (Каракис К.Д. и др., 1989).

Согласно исследованиям Hant Jorathan (1998), мягкая пшеница интенсивнее поглощает ионы цинка корнями, чем твердая.

Ионова Л.П. (2009) в исследованиях установила, что некорневые подкормки цинком оказали положительное влияние на рост и физиологические процессы сельскохозяйственных культур: перца, томатов, кукурузы. Цинк способствовал увеличению нарастания площади листьев, большему накоплению хлорофилла, повышению продуктивности видимого фотосинтеза.

Значительная часть исследований доказывает, что цинк входит в состав большого количества ферментов. Доказано, что есть присутствие цинка в ферменте карбоангидразы, катализирующее обратимое разложение угольной кислоты (Wood, Sibli, 1952; Tobin, 1970; Risiel, Graf, 1972: по Школьнику М.Я.; 1974; Dell, Wilson, 1985; Hatch, Burnell. 1990). Дефицит цинка у растений негативно сказывается на скорости фотосинтеза. Цинк участвует в формировании необходимого соединения в растительной клетке – пировиноградной кислоты, так как катализирует щавель-уксусную дегидрогеназу, которая выполняет образование пировиноградной кислоты, отщепляя углекислый газ из щавелево-уксусной кислоты. Имеются данные о снижении в отсутствие цинка ферментов пентозофосфатного цикла (Bertran, Wolf, 1958; по Школьнику М.Я., 1974).

Исследования Brown et al (1993) доказали незаменимость цинка в синтезе белка. Высокая концентрация этого микроэлемента активно участвует в делении клеток и синтезе нуклеиновых кислот и белка. Главная роль цинка в синтезе белка

заключается во влиянии на стабильность и функционирование генетического материала. Так же доказана роль цинка в процессе деградации белков, в частности, в факторе транскрипции при отсутствии света (Sullivan et al., 2003).

В научных исследованиях L. Yon, Q. Suichu (1999) отмечено, что при нехватке цинка происходит не только снижение содержания хлорофилла в растениях, но и ослабление продуктивности фотосинтеза и синтеза белка. Поэтому при ранних признаках нехватки цинка ими предложено для диагностики содержания использовать активность рибонуклеазы в листьях. Цинк также выступает в поддержании структурной и функциональной целостности мембранных фосфолипидов в клетке (Mohamed Amal Amin и др., 2000).

К нарушению обмена веществ приводит недостаточное количество цинка, в результате которого происходит распад белков под воздействием фермента рибонуклеазы. Дефицит цинка в растении способствует замедлению образования сахаразы, крахмала и ауксинов, нарушает процесс образования белков, вследствие которого в них накапливаются небелковые соединения азота и нарушается фотосинтез. Недостаточное количество цинка приводит также к подавлению процесса деления клеток, морфологическим изменениям листьев, деформации и уменьшению листовой пластинки и стеблей, задерживает рост междоузлий растений (Корякина В.Ф., 1974; Сычев В.Г., 2009; Бровкин В.И., Соколенко С.Ф., 2010).

Существенное влияние цинка на накопление углеводов в растении исследовано Кустовым А.Х. (1961). Проведенные им исследования показали, что внесение цинка привело к росту содержания белкового азота в листьях и репродуктивных органах. Влияние цинка на биосинтез белковых веществ проявляется в воздействии данного микроэлемента на образование и передвижение углеводов, активирование деятельности ферментов, принимающих непосредственное участие в азотном метаболизме. Физиологическая роль цинка у растений тесно связана с его участием в обмене веществ. Недостаток цинка ведет к накоплению амидов и аминокислот – небелковых растворимых соединений азота.

Изменения в биохимических процессах, в частности в фосфорном обмене, наступают гораздо раньше, чем появляются признаки дефицита цинка. Исследо-

вание взаимодействия цинка и фосфора (Yang Zhimin и др., 1999) позволило определить оптимальную концентрацию данных элементов в питательном растворе для увеличения репродукции и массы вегетативных клеток пшеницы в тканевой культуре. Было доказано, что накопление цинка зависит от наличия фосфора. Большое количество цинка ассоциировалось с клеточными стенками, до 30 % находилось в вакуолях клеток.

В опытах Чернавиной И.А. (1970) было доказано, что для растений, страдающих от недостатка цинка, характерным признаком является задержка роста. Опыты Пилипенко Т.И. (1969), заключающиеся в исключении цинка из питательной среды растений, показали, что отсутствие данного элемента вызывает задержку роста вегетативных органов и нарушает процессы плодообразования.

Исследования Хамеса Ц.М. и Долобовской А.С. (1969) позволили определить влияние солей цинка на стимуляцию роста клеток, coleoptилей, семядолей и корней ясеня обыкновенного. Зависимость роста растений от обеспеченности цинком, очевидно, связана с влиянием цинка на метаболизм ауксинов. Власюк П.А. (1969), изучая действие цинка, отмечает, что растения в условиях дефицита и избытка цинка характеризуются нарушением обмена физиологически активных веществ. У них выявлено низкое отношение стимуляторов, ингибиторов и высокий уровень связанных форм ауксина. При дефиците цинка заметно ингибирование в зоне индолилацетанитрила и индолилуксусной кислоты.

По мнению Скуга (Skoog, 1940), (цит. по Власюк П.А., 1969, с. 258), «влияние цинка на рост растений осуществляется посредством действия его на ауксины; низкое содержание последних при недостатке цинка – скорее результат их разрушения, а не задержка синтеза. Однако Цуи Tsui (1948), подтвердив данные Скуга об уменьшении содержания ауксинов у растений, выращиваемых при недостатке цинка, показал влияние микроэлемента на синтез ауксинов. Уменьшение количества ауксинов в растениях томата при недостатке цинка связано с уменьшением содержания триптофана, являющегося предшественником ауксина». После этого сделан вывод, что цинк нужен непосредственно для синтеза триптофана и косвенно для синтеза ауксина.

Исследования Чернавиной И. А. (1970) показали, что индолилуксусная кислота химически соединена с аминокислотой триптофаном. На основании проведенных исследований было сделано заключение, что фермент, катализирующий синтез триптофана из индола и серина, может включать цинк или сам синтезироваться в ходе реакций, требующих присутствия цинка.

Увеличение скорости роста проростков кукурузы под влиянием ионов цинка отмечали Stefanov B.I., Bakardjieva N.T. (1996). Исследования ученых показали, что в прорастающих семенах увеличивается скорость гидролиза спирторастворимых белков, активируемая наличием цинка, происходит расщепление зеинов.

Согласно исследованиям Муравьева А.С. и др. (2010) «цинк способствует увеличению содержания адаптогенных аминокислот в листьях амаранта, стабилизирующих такие белковые молекулы, как аланин, глицин, пролин и глютаминовая кислота. Воздействие цинка ведет к повышению лизина в листьях, что делает белок амаранта полноценным».

В исследованиях Пузина Т.И. (2004) при влиянии сернокислого цинка и борной кислоты на гормональный статус растения картофеля эффект сульфата цинка проявлялся в повышении содержания цитокининов и отношения цитокинины / абсцизовой кислоты и снижения отношения индолилуксусная кислота / цитокинины. При этом повышалась интенсивность фотосинтеза и дыхания, возрастало количество клубней в кусте, снималось апикальное доминирование.

В опытах Верниченко И.В. и др. (2017) доказано, что для предпосевной обработки семян наибольшее протекторное действие на скорость поглощения азота зерновыми культурами при воздействии засухи имеет использование селена, а при повышенном содержании в среде Cd и NaSe – обработка семян цинком.

Все вышеперечисленные факты указывают на универсальность цинка как химического элемента, при недостатке которого отмечается нарушение дыхания и фотосинтеза в растениях.

Активность микроэлементов в биохимических процессах растений начинает проявляться при наличии у них определенной степени окисления. Ион Mn^{2+} является наиболее биологически мобильным микроэлементом (Н.Д. Тимашев, 1984).

«В растения поступает только двухвалентная форма, находящаяся в грунте или в обменном состоянии в почвенном впитывающем комплексе, или в почвенном растворе» [цит. Кузнецов В.В., 2006].

Исследования Удельновой Т.М., Бойченко Е.А., 1968; Власюк П.А., Климовицкой З.М., 1969; Школьник М.Я., 1974, показали, что наибольшая концентрация марганца наблюдается в листья и ростовых центрах растений – там, где ткани еще молоды и процесс образования новых клеток идет наиболее активно. Так же каталитическая его роль важна в цепочках окислительных процессов растений.

По мнению, Sommers T.F., 1973; Каракис К.Д., Рудакова Э.В., и др., (1989) «в процессе поступления ионов марганца в корень отмечена его адсорбция структурами клеточной оболочки, зависящая от содержания карбоксильных групп, полисахаридов, пектиновых веществ, имеющих металлосвязывающие группы» [цит. Каракис К.Д., 1989, с. 131] .

Согласно исследованиям Amberger A. (1973), активность ионов марганца зависит от концентрации растворов. При этом поглощение ионов марганца клеткой может быть пассивным и активным (Tierney C.E., Martens D.S., 1982). Поступление и доступность ионов марганца в растения пшеницы зависит от кислотности почв (М.В. Каталымов, 1950), и достаточно активное при рН 7–9 (М. И. Ковальчук, О. Г. Красина, 1984).

Власюк П. А., Климовицкая З. М. (1969) указывают, что старые листья озимой пшеницы накапливают марганца больше, чем молодые. Эта закономерность сохраняется при оптимальном и избыточном обеспечении растений марганцем.

Исследование хроматина обнаружило присутствие в нуклеиновых кислотах определенных количеств ионов марганца (Власюк П.А., Жидков В.А. и др., 1976).

В научной литературе единая точка зрения относительно транспорта марганца в растениях отсутствует. Так, Pearson J. N., Rengel Z. связывают данный процесс с ксилемой (1995), а исследования Власюка П. А., Климовицкой З. М.,(1969), Визира К. Л. (1960) указывают на флоэмное передвижение марганца.

В хлоропластах собрано до 30% марганца от общего содержания в клетках листовой паренхимы (Островская Л. К., 1976).

Григорович В.И., Захарова Н.И., Кутурин В.Н. и др. (1971) отмечают взаимосвязь содержания структурно связанного марганца с выделением кислорода.

Рзаев Н. Д., (1962), Гедзь С. М., (1984), Шалыго Н.В. (1997) пришли к выводу, что ионы марганца стимулируют биосинтез хлорофилла и аскорбиновой кислоты. В исследованиях Шутовой Т. В., Опанасенко В. К. и Климовой В. В. (1994) показано, что ионы марганца стимулируют также работу фотосистемы II. Роль ионов марганца в увеличении числа мембранно-связанных рибосом хлоропластов и в повышении связи хлорофилла с белковым компонентом пластид изучена в работах Ковальского В.В., Ноллендорфа А.Ф., Упитиса В.В. (1983, 1984).

Аллахвердиев С.И., Клеваник А.В., Климов В.В. и др. (1983) доказали участие ионов марганца в окислении воды и нахождение в структуре фотосистемы II. Повышение интенсивности фотосинтеза за счет ионов марганца установили Абу-талыбов М. Г., Самедова Н. (1953); Гусейнов Б.З., Школьник М.Я., Грешищева В.Н. (1958) – снижение полуденной депрессии фотосинтеза.

В исследованиях Кабата-Пендиас А. и Пендиас Х. (1989) доказана роль марганца в переносе электронов в фотосинтезирующей системе. Полученные данные указывают на положительное влияние марганца на количество пигментов в листьях растений, интенсивность фотосинтеза при высокой температуре, уменьшение дневной депрессии фотосинтеза (Школьник М.Я., 1974). По мнению Давлетияровой М.А. (1979, 1988) уменьшение полуденной депрессии фотосинтеза под влиянием марганца связано с его способностью повышать жаростойкость растений, что ведет к уменьшению денатурации ферментов при высокой температуре, и положительным влиянием на скорость передвижения ассимилянтов.

В исследованиях Хваткова А.Д., Ковалевой Н.В., Сагитовой М.Г., Соболевой О.М. (1960) показано, что вследствие роста интенсивности фотосинтеза увеличивается содержание сахара в растениях.

В исследованиях Никитишен В.И., Курганова Е.В (2007) отмечено, что фотохимическая стадия фотосинтеза осуществляется с участием двух пигментных систем – фотосистемы I и фотосистемы II. В состав обеих фотосистем входит марганец, содержание которого во фотосистеме II в 4 – 5 раза выше, чем в фото-

системе I.

Повышенное потребление и накопление марганца характерно для семейства злаковых (Трейман А. А., 1984; Ягодин Б. А., Торшин С. П., Кокурин Н. А., Савидов Н. А., 1989).

Исайчев В. А. (1997), Костин В. И. (1998), Мударисов Ф. А. (2001) указывают на увеличение листовой поверхности, чистой продуктивности фотосинтеза при применении на пшенице соединений марганца. В проведенных исследованиях предпосевная обработка сульфатом марганца семян пшеницы способствовала увеличению полевой всхожести культуры и снижению поражаемости пыльной головней (Шевченко Ф. П., 1966).

Дефицит марганца вызывает хлороз и ослабление структуры РНК (Власюк П. А., Жидков В. А. и др., 1976). Agarwala S. C. et al. (1964) установил, что при дефиците марганца происходит уменьшение содержания хлорофилла и снижение активности каталазы. Недостаточное количество марганца влияет на снижение активности АТФ-аз (Лисник С. С., 1971), ухудшение передвижения продуктов ассимиляции (Школьник Л. Я., Сааков В. С., 1964), сокращение темпов роста и снижение содержания сульфгидрильных групп у пшеницы (Власюк П. А., 1976). Пейве Я.В. (1961) установил, что «при недостатке марганца овес, ячмень, пшеница и другие злаки заболевают серой пятнистостью» [цит. по Пейве Я.В., 1961, с. 10].

Комплексное исследование дефицита марганца показало снижение концентрации глюкозы, повышение активности пероксидазы и снижение активности кислой фосфатазы (Khurana Neena, Chatterjee Chitralkha, 2000).

По результатам исследования Исайчева В. А. (1997) поступивший в растения марганец способен к взаимодействию с другими ионами, оказывая по отношению к ним синергизм или антагонизм. Наиболее интенсивно синергизм проявляется в отношении молибдена для яровой пшеницы.

Внесение марганца в дозе 2 мг на 1 кг почвы под культуры кукурузы увеличивало содержание сахаров и их восстановленных форм, в клеточном соке усиливалось содержание аргинина и глутамина (Власюк П.А., 1969).

В работах Дауренбековой Ш. Ж., Фурсова О. В., Прасоловой М. Ф. (1989) отмечено, что хлорид марганца усиливал синтез сахарозы и фруктозы в препаратах сахаросинтетазы созревающего зерна пшеницы.

Согласно исследованиям Bukowae M. J., Wittwer S. H. (1957), Трейман А. А. (1990) марганец слабо реутилизируется. Реутилизация совершается в основном из молодых листьев. Увеличенное содержание марганца отмечено в листе и сформированном колосе (Парибок Т. А., 1958; Pearson J. N., Renegel Z., 1995).

Ионы марганца повышали содержание гистоновых фракций, что говорит о роли марганца в стабилизации ДНК (Лобанова З. И., 1973; Симоненко Л. М., 1984). В исследованиях Кулаева О. Н. (1978) установлено, что в хроматиновом комплексе содержатся катионы ряда металлов, в том числе и марганца, который необходим как для поддержания структуры комплекса, так и для реализации его функций. Ионы марганца увеличивают температуру плавления ДНК. Исследованиями Власюка П.А. и Жидкова В.А. доказана роль марганца в увеличении накопления РНК рибосом сои и гороха, предотвращении ингибирования синтеза белка и нуклеиновых кислот в листьях сахарной свеклы. Обогащение семян марганцем приводит к изменению в гистоновых фракциях (Симоненко Л.М., 1984).

По данным ряда авторов (Абуталыбов М. Г., Бунятов И. М., Морданов А. А., 1956; Михлин Д. М., 1956), интенсификация первичных процессов прорастания свидетельствует об активации процессов гликолиза и цикла Кребса, происходящих в результате обработки препаратами марганца. В работе Саббах А.А. (1973) доказано стимулирующее влияние ионов марганца на рост клеток колеептиле растяжением, а также синтез специфических белков.

Большинство ферментных реакций, катализируемых ионами Mn, находится в цикле трикарбоновых кислот и гликозида. Ионы марганца стимулируют дыхание (Власюк П. А., Климовицкая З. М., 1969), увеличивают термостабильность фосфорилирующей системы митохондрий (Лузиков В. Н., 1973).

Доказано наличие ионов марганца в металлоэнзимах: ксантиноксидазе, глутаминсинтетазе, супероксиддисмутазе. Установлены ферменты, активизируемые ионами марганца, большинство из них входят в класс оксидоредуктаз: фосфати-

дилинозитол 4–киназа (Okpodu Camellia et al., 1995), полифенолоксидаза (Аваева С.М., 2000), глюкозо – 6 – фосфатдегидрогеназа (Семенихина А. В., Попова Т.Н. и др., 1999), пероксидаза (Абуталыбов М. Г., Бунятов И.М., Морданов А.А., 1956; Таги-Заде А. Х., 1957), изоцитратдегидрогеназа, малатдегидрогеназа, пируватдекарбоксилаза (Михлин Д. М., 1956), ауксиноксидаза (Masaki F., Galston A. N., 1961), РНК и ДНК полимеразы (Речкунова Н. И., Охайкина С. С. и др., 2000), фосфоенолпируватфосфорилаза (Singh D. K., Randhir Singh, 1996), оксалацетатдекарбоксилаза (Miune J. A., Cook R. A., 1986; Кретович В. Л., 1986), супероксиддисмутазы (Турков М. И., 1976).

В опытах Шеуджена А.Х. (1992) доказана роль марганца в интенсивности азотного обмена в вегетативных органах риса. В фазы кущения и выметывания растений марганцевые микроудобрения способствуют синтезу белковых соединений в корнях, листьях и стеблях растения. В конце вегетации марганец усиливает гидролиз белковых веществ до низкомолекулярных соединений. Марганец оказывает положительное влияние как на поглощение азота, так и на обмен веществ растений во всех фазах развития.

В исследованиях Ковзунова О. В., Эрст А. А., Азизбемян С. Г. (2017) выявлено влияние препарата «Нанопласт – Со, Мн ,Cu, Fe», содержащего ионы марганца, на протеомный статус представителей рода *Silene L.*

Марганец катализирует физиологические процессы, связанные с выделением водорода при фотолизе воды, что обусловлено тем, что марганец способен окисляться и восстанавливаться. В окислении марганца принимают участие пероксидазная и другая системы. Кроме того, марганец повышает активность фермента дегидрогеназы яблочной кислоты, которая принимает участие в процессах фотосинтеза и катализирует реакции карбоксилирования и декарбоксилирования. Такое активное воздействие микроэлементов оказывает влияние на биосинтез других веществ в организме, так как углеводы служат исходным материалом для их образования (Школьник М.Я., Макарова Н.А., 1957).

В опытах Шеуджен А.Х., Куркаев (2002); Бондарева Т.Н., Дмитриенко А.Х., (2005) установлено, что предпосевная обработка семян риса марганцем в сочета-

нии с воздушно-тепловым обогревом усиливала интенсивность роста прорастания в течение всего онтогенеза. При переходе от прорастания семян к фотосинтезу растения начинают поглощать элементы питания из почвы, и в качестве катализатора во многих биохимических реакциях, связанных с этим процессом, принимает участие марганец.

Представленные литературные данные исследований доказывают положительную роль марганца для роста и развития растений. В научной литературе показана необходимость присутствия микроэлементов, в том числе марганца, в составе ферментов и осуществлении большого цикла физиолого-биохимических реакций, активно исследуются вопросы внедрения микроэлементов в сельскохозяйственное производство.

1.3. Проявление синергетического эффекта при совместном действии цинка и марганца в формировании урожая сельскохозяйственных растений

Исследование отечественной и зарубежной литературы, посвященной взаимодействию ионов и механизму их действий, показало недостаточность раскрытия теоретических основ данных процессов.

О необходимости исследования взаимодействия ионов между отдельными микроэлементами говорят проведенные опыты Ринькиса Г.Я., Ноллендорфа В.Ф. (1982), Охрименко М.Ф. (1987), Гайсина И.А. (1989), Ягодина Б.А. (1990), которые показали зависимость от возрастных изменений потребностей растений в питательных элементах и обмена веществ в клетках.

Между исследуемыми элементами наблюдаются сложные взаимоотношения. Явление антагонизма и синергизма в поглощении микроэлементов может определяться реакцией среды, уровнем содержания в среде и в растении других элементов минерального питания, их соотношениями, видом растений, температурой внешней среды и другими факторами. В зависимости от перечисленных ситуаций антагонизм и синергизм могут переходить один в другой.

Ягодин Б.А., Максимова Е.Н., Сабина С.М. (1988) подтверждали необходимость расширения работ по изучению механизма поступления микроэлементов в клетку растений и их воздействие на структуру и проницаемость мембран.

Уровень выраженности явления антагонизма и синергизма и направленности действия может изменяться в зависимости от условий микроэлементов, может определяться реакцией среды, уровнем содержания в среде и в растении других элементов минерального питания, их соотношениями, видом растений, температурой внешней среды и другими факторами [цит. Ягодин Б.А., 1989, с. 70].

Поступление ионов микроэлементов, их взаимодействие и влияние на физиологические и биохимические процессы в растении сопровождается явлением синергизма, антагонизма, аддитивности, при этом важная роль отводится их концентрации (Финкис Г.Я., Ноллендорф В.Ф., 1982). В соответствии с этим применение микроэлементов требует учета характера синергизма, аддитивности и антагонизма ионов в солевых растворах.

«В зависимости от соотношения ионы-антагонисты способны повышать или снижать ионное равновесие. Синергизм ионов позволяет сбалансировать почвенный раствор. Так, ион минерального элемента может быть мало активен, если нет иона другого минерального элемента, способствующего улучшению его активности» [цит. по Костину В.И., 2014, с. 64].

«Ионы-синергисты влияют на усиление положительного влияния связанного с ними в одной паре другого иона, так как в растениях происходят физиолого-биохимические процессы, неотделимые от положительного и отрицательного антагонизма, синергизма, аддитивности и различных факторов химического и физического характера. Отрицательный синергизм проявляется в виде действия одной соли на усиление отрицательного воздействия другой.

Сбалансированность реакции обусловлена суммарным коагулирующим действием ионов, то есть их аддитивностью. По мнению В.И. Костина, это происходит чаще в случае близкой валентности и соседнего положения в лиотропных рядах ионов-коагулянтов, то есть в элементах побочных подгрупп с близким, почти одинаковым ионным радиусом» [цит. Костин В.И., 2014, с. 65].

Некоторые ионы способны влиять на поглощение и перемещение ионов. В отдельных случаях поглощение иона ведет к предотвращению вредного влияния, обусловленного избыточным поглощением другого иона. Для корректировки дефицита отдельных ионов следует применять смеси солевых растворов, а не отдельные соли.

Поглощение ионов хлора растениями было показано в работах Баславской С.С. (1940), увеличенный уровень концентрации хлора в основных органах ассимиляции – листьях, очевидно, и является фактором, способствующим замедлению физиологических функций по сравнению с влиянием серы.

В работах Ткачева Г.Я. (1968) изучено влияние концентрации хлора на прорастание семян ячменя и яровой пшеницы. В результате исследований выяснилось, что различные культуры по-разному реагируют на концентрацию хлора при прорастании семян. Ячмень оказался более чувствительным к повышенным концентрациям хлора, чем яровая пшеница. 0,04 %-ная концентрация хлора явилась для ячменя токсичной, а угнетение проростков яровой пшеницы началось с концентрации хлора в 0,06%. При концентрации хлора в 0,1% семена яровой пшеницы не развивались, что можно объяснить губительным действием хлора на различные физиологические процессы в растениях, в частности процессы дыхания.

Демчинская М.И. (1969) отмечает, что проведенные исследования на кукурузе позволили сделать вывод о том, что сульфат и карбонат-ионы, особенно в повышенных дозах, имеют явные преимущества перед хлор-ионом по действию на величину и качество урожая силосной массы кукурузы. Хлор действует отрицательно на урожай, его общую белковость и фракционный состав белка.

Показано ингибирующее влияние хлорида цинка (0,5-8 мМ) в исследованиях Munzuroqlu O. (2002) на формирование побегов и корней озимой пшеницы и огурца через 72 часа обработки.

Burhan et al. (2001) обнаружили негативное влияние нитрата и хлорида цинка на размеры органов проростков *Pennisetum americanum* и *Parkinsonia aculeate*.

Ингибирующее влияние хлорида цинка (при 3-5 мМ) показано и на растениях томата, Kosesakal T. (2012).

Исследования на люпине Корзюка О.В. и др. (2016) показали, что ионы хлора в концентрации 0,1 М вызывают торможение роста и развития 20-дневных растений люпина узколистного.

В результатах исследований, проведённых на озимой пшенице Охрименко Л. М., Кузьменко Л. А., Сивак М. Ф. (1984), указывается на синергизм между ионами марганца, меди и молибдена. Аналогичные исследования на яровой пшенице провела Орлова Э. Д. (1971). Обнаружено повышение урожайности яровой пшеницы под влиянием соединений марганца (Мухарев В.А., Гревцов П.В., 1972; Шаронова Т.В., 1975) и молибдена (Жориков Е.А., 1966). Уровень окислительно-восстановительных процессов может определять устойчивость культуры к зимостойкости и полегаемости. Ионы марганца способствовали повышенному синтезу аскорбиновой кислоты и активности пероксидазы на озимых культурах (Новицкая Ю.Е., 1958; Рзаев Н.Д., 1962; Гирфанов В.Г., 1978).

Исследования Мальгина М.А. (1966) влияния предпосевной обработки семян яровой пшеницы различными дозами сульфата марганца показали рост урожайности, однако, дозы, превышавшие оптимальные, характеризовались снижением содержания белка и клейковины. В условиях лесостепи Поволжья исследования по воздействию молибдена и марганца и их сочетаний на твердую пшеницу проведены Исайчевым В.А. (1997), Костиным В.И. (1998). Был обнаружен эффект синергизма для данных элементов в стимулировании физиолого-биохимических процессов. Указанные микроэлементы в своем взаимодействии способствовали увеличению урожайности, содержания белка и клейковины.

Исследования, проведенные Ионовой Л.П. (2007), по изучению влияния некорневых подкормок микроэлементами марганца и цинка в виде солей ($MnSO_4$, $ZnSO_4$) на некоторые физиологические процессы различных сортов гороха, показали наибольшую эффективность при комплексном сочетании микроэлементов. Марганец и цинк способствовали повышению накопления хлорофилла, интенсивности фотосинтеза и увеличению урожайности.

В опытах Просянной О.И. и др. (2011) при предпосевной обработке семян 80 г д.в. и некорневой подкормке растений 100 г д.в. на 1 га $ZnSO_4$ по фону

№₃₀ отмечено увеличение урожая яровой пшеницы на 0,6 т/га и количества продуктивных стеблей на 14,4 шт/м².

В опытах Есаулко А.Н. и др. (2010, 2011) при возделывании озимой пшеницы использование микроудобрений, содержащих цинк и марганец, способствует увеличению урожайности на 0,27-0,43 т/га, а также улучшению качества зерна.

В исследованиях Ошкина В.В. (2013) обнаружено синергетическое действие микроэлементов при внекорневой подкормке сахарной свёклы, которое способствовало прибавке урожайности в среднем за два года на 3-10,2 т/га, что составляет 6,2-21,2%. Исследования показали, что под действием одного элемента происходит увеличение урожайности на 3,7-4,7 т/га, при совместном действии микроэлементов – на 8,4-10,1 т/га; происходит усиление физиологического эффекта одного элемента другим, как следствие синергизм действия.

Исследования, проведенные Костиным В.И., Дозоровым А.В. и др. (2014) показали, что при совместной внекорневой подкормке сахарной свеклы микроэлементами в различных сочетаниях (марганца и цинка, цинка и бора, марганца и бора) проявляется абсолютный синергизм, так как действие изолирующих факторов превышает сумму факторов. Коэффициент взаимодействия цинка и марганца составляет 0,178, цинка с бором – 0,189, марганца с бором – 0,16.

В опытах Мударисова Ф. А. и др. (2014, 2016) доказана роль микроэлементов-синергистов в технологии возделывания озимой пшеницы. Результаты проведенных исследований показали улучшение биохимических показателей и хлебопекарных свойств зерна.

Исследования Болдышева Е.П. и др. (2015) доказали, «что обработка семян медью, цинком и марганцем при возделывании озимой ржи на лугово-черноземной почве имеет высокую эффективность», проявляющуюся в увеличении урожайности и улучшении качества зерна [цит. по Болдышевой Е.П., 2015, С.142].

Васильев О.А., Смирнова А.Н. (2015) изучали действие микроэлементов на урожайность и качества зерна яровой пшеницы. Проведенные опыты, «закключающиеся в исследовании эффективности подкормки растений растворами сульфата

цинка, сульфата марганца, борной кислоты и смесей этих микроэлементов», показали прибавку урожая и улучшение качества зерна, как при совместном использовании микроэлементов, так и в отдельности.

Слепченко П.П. и др. (2017) показали действие некорневой подкормки марганцем и цинком на урожайность озимой пшеницы. Обработка посевов микроэлементами в дозе 1 л/га обеспечивала частичное восполнение дефицита растений в микроэлементах и увеличивала урожайность на 7 ц/га. В целом, при проведении некорневых подкормок, разность между содержанием микроэлементов до посева и уборки урожая составила: для цинка – 0,02 мг/кг, марганца – 0,11 мг/кг.

Установлено, что под действием цинка и марганца урожайность зерна кукурузы увеличилась на 0,2-2,0 ц/га или 0,6-4,1% по сравнению с фоновым вариантом. Максимальная прибавка урожайности получена на варианте с цинком (Булдыкова И.А., 2017). Исследуемые микроэлементы положительно повлияли на структуру урожая кукурузы.

Предпосевная обработка семян удобрениями предназначена для обеспечения растения в доступной форме элементами питания в начальный период его жизни, что необходимо для дальнейшего развития растения. Хорошие условия питания с начала вегетационного периода ведут к образованию у молодых растений сильной корневой системы, что обуславливает дальнейшее более лучшее поглощение питательных веществ из почвы и удобрений (Воробьев Л.Н., 1991; Трапезников В.К., 1999).

Многочисленные исследования, проведенные при предпосевной обработке семян микроэлементами, дали положительные результаты. Дао Хыу Дык (2004), изучая влияние предпосевной обработки семян микроэлементами, пришел к выводу, что урожайность плодов сладкого перца существенно зависит от марганца и цинка. Его исследования показали, что большую урожайность образуют растения в вариантах с барботированием семян и совместным внесением марганца и цинка, что доказывает синергетический эффект совместного использования микроэлементов.

В ходе исследований, проводимых Фатыховым И.Ш., Мерзляковой А.О. и

др. (2010), на яровом рапсе при предпосевной обработке семян соединениями сернокислых солей марганца, цинка, меди и кобальта наблюдалось увеличение массы растений в среднем на 11,7 г и урожайности на 0,34-0,68 т/га относительно аналогичного контрольного варианта.

В исследованиях Вафиной Е.Ф. и Фатыхова И.Ш. (2014) по определению влияния предпосевной обработки семян овса минеральными соединениями, было доказано, что «применение минеральных соединений молибдена, бора, цинка, марганца, меди, кобальта и их смеси повышает урожайность зерна на 0,2-0,41 т/га». Прибавка обусловлена увеличением количества продуктивных стеблей и продуктивности одной метелки. Данные исследования показали, что опрыскивание семян сульфатом марганца за два дня до посева в норме 800 г/т способствовало росту урожайности овса в среднем на 0,27 т/га, а обработка сульфатом цинка в норме 900г/т – в среднем на 0,39 т/га.

Полевые опыты Балашова В. В. (2015) подтвердили эффективность проведения предпосевной обработки семян нута борной кислотой, сульфатом цинка, молибдатом аммония, медным купоросом и комплексом микроэлементов для повышения их продуктивности в засушливых условиях Нижнего Поволжья.

Предпосевная обработка семян микроэлементами и некорневого их внесения дали положительные результаты в технологии возделывания озимой пшеницы в опытах Исаева Ю.М., Семашкиной А.И. и др. (2016). Обработка семян озимой пшеницы сульфатом марганца и сульфатом цинка способствовали усилению ростовых процессов проростков, увеличению длины ростка и зародышевых корешков. Установлено, что под действием микроэлементов количество сохранившихся растений увеличилось по сравнению с контрольным вариантом, повысив зимостойкость. Обработка растений микроэлементами в период возобновления весенней вегетации способствовала развитию более мощной вегетативной массы и корневой системы.

Пилавов Ш.Г. (2016) установил, что предпосевная обработка семян тыквы микроэлементами приводит к увеличению скорости роста и развития проростков, что в последующем способствует более высокому урожаю растений.

В исследованиях Шеуджена А.Х. (2016) показано, что предпосевная обработка семян риса различными микроэлементами повышает урожайность зерна в среднем на 2,4 – 6,7 ц/га (на 3,3 – 9,0 %). При концентрации рабочего раствора бора, кобальта, молибдена, меди – 0,5 %, цинка и марганца – 1,0 % достигается наибольший прирост урожайности. Внесение микроудобрений до посева или в фазе всходов (бора, кобальта, молибдена – 2 кг/га, меди – 3 кг/га, цинка и марганца – 4 кг/га) обеспечит увеличение урожайности на 2,9 – 6,3 ц/га. Некорневая подкормка растений микроэлементами в фазе кущения риса 0,1 %-ными водными растворами ведет к росту урожайности на 3,6 – 5,4 ц/га.

Исследования Лихоманова Л.М. (2012) показали, что озимая тритикале проявляет высокую отзывчивость на внесение цинковых, медных и марганцевых удобрений. « Максимальная урожайность наблюдалась при использовании цинковых удобрений в дозе 100 г/ц семян – 3,18 т/га, наименьшая урожайность – без применения микроудобрений – 2,80 т/га. В результате было установлено влияние цинковых, медных и марганцевых удобрений на формирование урожайности зерна озимой тритикале» [цит. по Лихомановой Л.М.,2012, С. 16].

В исследованиях по установлению влияния обработки семян микроудобрениями применялись микроудобрения – сернокислые цинк, марганец, медь. Благодаря таким исследованиям было доказано, что при возделывании на лугово-черноземной почве озимой тритикале характеризуется высокой отзывчивостью на опудривание семян микроэлементами. Максимальная урожайность, «равная 3,18 т/га, достигнута при внесении цинковых удобрений в дозе 100г/ц семян, наименьшая урожайность получена без применения микроудобрений (Р60К60) и составляет 2,80 т/га. Таким образом, была установлена зависимость урожайности зерна озимой тритикале от применяемых доз цинковых, медных и марганцевых удобрений» [цит. по Гоман Н.В., Павлова Е.Ю., Кормин, 2018, с.364].

В целом, анализ литературных данных показывает, что в настоящее время нет достаточных исследований по сравнительному изучению применения цинка и марганца в виде хлоридных и сульфатных соединений на жизнедеятельность растений. Поэтому вопросы, связанные с взаимодействием ионов на растения (анта-

гонизм, синергизм и аддитивность), требуют дальнейшего глубокого изучения, в том числе и в зоне Среднего Поволжья, где в почве наблюдается дефицит микроэлементов, особенно цинка и марганца, тем более эти два элемента не реутилизуются в растениях.

Таким образом, перед нами стояла цель изучить влияние предпосевной обработки семян растворами микроэлементов в виде хлоридов и сульфатов цинка и марганца на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья и разработка рекомендаций по предпосевной обработке семян, направленных на достижение высокой продуктивности зерна.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

2.1. Объекты исследований

Объектом исследования являлась яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) нового для России сорта Симбирцит, который характеризуется как среднеспелый и высокоурожайный. Характеризуется высокой устойчивостью пыльной и твердой головне, устойчив к полеганию со следующими качественными показателями (таблица 1):

Таблица 1 – Качественные показатели яровой пшеницы сорта Симбирцит

Высота растения	средняя
Высота колоса	Средней длины-длинный
Количество зерен на 1 колос	до 31 (в среднем 25).
Вес 1000 зерен	Высокий (до 45 г)
Урожайность зерна	Очень высокая (6,6 т/га)
Содержание сырого протеина	13,7 %
Содержание клейковины	28-29 %
Натура зерна	784-810 г/л
Выход хлеба	640-730 мл
Устойчивость к полеганию	Хорошая (4,5 - 5 баллов)
Устойчивость к осыпанию	устойчив
Устойчивость против болезней	Высокая
Устойчивость к прорастанию на корню	Устойчив
Засухоустойчивость	средний уровень,

Сульфат цинка – цинковое, серосодержащее удобрение. Цинк сернокислый семиводный – белый кристаллический порошок или кристаллы. Химическая формула – $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Выветривается в сухом воздухе, растворим в воде, не-

растворим в спирте. Сульфат цинка применяется для повышения плодородия почвы в качестве микроудобрения, содержащего цинк и серу. В животноводстве – в качестве минеральной добавки к кормам. В качестве удобрения применяют для основного внесения, некорневых подкормок и при предпосевной обработке семян.

Сульфат марганца (II) (марганцевый купорос) — неорганическое соединение, соль металла марганца и серной кислоты с химической формулой $MnSO_4$, хорошо растворимо в воде, образует кристаллогидраты. Белый порошок, при прокаливании плавится и разлагается. Кристаллогидрат $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ — красно-розовый, техническое название марганцевый купорос. Хорошо растворим в воде, светло-розовая окраска раствора отвечает аквакомплексу $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$; гидролизуется по катиону. Применяют на известкованных почвах, используют 0,1 %-ный раствор сульфата марганца в виде некорневой подкормки озимых и яровых культур, гороха, фасоли, свеклы, а также при предпосевной обработке семян.

Хлорид марганца (II) представляет собой кристаллы темно-розового цвета. Хорошо растворяется в воде (гидролизуется по катиону) и соляной кислоте. Образует кристаллогидраты состава $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ и $MnCl_2 \cdot 2H_2O$, которые имеют строение $[Mn(H_2O)_4Cl_2]$ и $[Mn(H_2O)_2Cl_2]$. Не реагирует с водородом. Разлагается щелочами, гидроокисями аммония. Окисляется кислородом, озоном, фтором и хлором. Вступает в реакции обмена и комплексообразования. Применяют для обработки семян с целью ускорения роста растений, в физико-химическом анализе.

Хлорид цинка представляет собой химическое соединение двух элементов - хлора и цинка - и обозначается формулой $ZnCl_2$. Данное вещество представляет собой белые кристаллы. Хлорид цинка достаточно легко растворяется в воде - при комнатной температуре его растворимость равна 80%. Вещество весьма опасно для окружающей природы и человека: твердое вещество имеет 2-ую степень токсичности. Вещество при попадании на кожу и слизистые оболочки человека или животного, вызывает раздражение, при более длительном контакте с кожным покровом вызывает ожоги, разъедает ткани. Цинк хлористый применяется во многих сферах производства. В садоводстве - в качестве микроудобрения.

2.2. Агрохимическая характеристика почвы

Исследования по эффективности использования микроэлементов проведены на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ имени П.А. Столыпина, расположенного на территории Чердаклинского района Ульяновской области. Территория опытного поля относится к Левобережному приволжскому агропочвенному району, размещенному на надпойменной террасе р. Волга. Основными почвообразующими породами района являются древнеаллювиальные отложения в виде разнообразных глинистых осадков.

Рельеф левобережья Ульяновской области представляет собой слабоволнистую равнину, высота над уровнем моря составляет 40–50 м. В почвенно-климатическом отношении опытное поле ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ имени П.А. Столыпина относится к лесостепной зоне. Почва опытного участка представлена выщелоченным среднесуглинистым черноземом.

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Показатель	Метод	Значение
Пахотный слой, см		30
Гумус, %	По Тюрину	4,3...4,8
pH _{сол.}	потенциметрически	5,8...6,5
Гидролитическая кислотность, мг.-экв./100 г почвы	По Каппену	0,88...0,98
Сумма поглотенных оснований, мг.-экв./100 г почвы	По Каппену- Гильковицу	25,5...27,8
Степень насыщенности основаниями, %	-	96,4...97,9
Содержание легкогидролизуемого азота, мг/кг почвы	По Тюрину	86...96
Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы	По Чирикову	105...150
Содержание обменного калия, мг/кг почвы	По Чирикову	137...200

Агрохимическая характеристика почвы (таблица 2) показывает, что по содержанию гумуса она относится к малогумусным – от 4,3 до 4,8%.

Обеспеченность почвы используемыми микроэлементами приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика почвы опытного поля по степени обеспеченности микроэлементами

Микроэлементы	Содержание в почве (в мг на 1 кг почвы)	Обеспеченность почвы усвояемым микроэлементом
Цинк	0,1 – 0,2	Очень бедная
Марганец	25 – 30	Бедная

Характеристика почвы опытного поля по степени обеспеченности микроэлементами свидетельствует о крайне низкой обеспеченности почвы цинком (0,1-0,2 мг/кг) и низкой марганцем (30 мг/кг).

Содержание тяжелых металлов в почве опытного участка соответствует их нормативному содержанию в почвах Ульяновской области и не превышает ПДК (таблица 4).

Таблица 4 - Содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг возд.-сух. почвы

	Свинец	Кадмий	Никель	Хром
Ульяновская область	17,0	1,51	42,0	50,0
Почва опытного участка	16,1	1,50	42,0	50,0
ПДК	32	3	85	100

В целом агрохимические характеристики почвы опытного хозяйства Ульяновского ГАУ благоприятны для возделывания зерновых культур и позволяют получать высокие урожаи районированных сортов. Тем не менее, в отдельные годы возможно снижение продуктивности из-за неблагоприятных метеорологических явлений.

2.3. Методы исследований

Полевые исследования по изучению влияния микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы в чистом виде и совместно с минеральным удобрением проводились в 2009-2011 гг. на опытном поле Ульяновской 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 14 вариантов предпосевной обработки семян на удобренном и удобренном фоне.

Схема полевого опыта яровой пшеницы сорта Симбирцит включала:

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1. Контроль; | 8. Контроль +NPK; |
| 2. $ZnCl_2$; | 9. $ZnCl_2$ +NPK; |
| 3. $MnCl_2$; | 10. $MnCl_2$ +NPK; |
| 4. $ZnSO_4$; | 11. $ZnSO_4$ +NPK; |
| 5. $MnSO_4$; | 12. $MnSO_4$ +NPK; |
| 6. $ZnCl_2$ + $MnCl_2$; | 13. $ZnCl_2$ + $MnCl_2$ +NPK; |
| 7. $ZnSO_4$ + $MnSO_4$; | 14. $ZnSO_4$ + $MnSO_4$ +NPK. |

Повторность опытов четырехкратная с учетной площадью делянки 15 м². Делянки располагали рендомизированно.

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, технология хранения и переработка продукции растениеводства».

Опыты закладывали и проводили в соответствии с методическими указаниями Доспехова Б.А. (2011 гг.), Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1968, 1971 гг.).

В опытах проводили следующие наблюдения, учеты и анализы:

1. Определение энергии прорастания и лабораторной всхожести в соответствии с действующей методикой по ГОСТ 12038-84; ГОСТ 12041-82.

2. Определение силы роста методом морфофизиологической оценки проростков по ГОСТ 12036-66;

3. Определение активности каталазы по методике Б.П. Плешкова (1985).

4. Определение коэффициента взаимодействия ($K_{вз}$) по формуле Костина – Исайчева : $K_{вз} = \frac{\sum DF - (D_1F_1 + D_2F_2 + D_3F_3 + \dots + D_nF_n)}{\sum DF}$, где $K_{вз}$ – коэффициент взаимо-

действия; $\sum F$ – эффект от суммы факторов; D – доза или концентрация используемого вещества; F_1, F_2, F_3, F_n – действие изолируемых факторов. При $\sum F \geq (F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n)$, то имеет место положительный синергизм, 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 $K_{вз} = 0$ наблюдается аддитивность» [цит. по Исайчеву В.А., 1997, с. 5].

5. Определение густоты стояния растений и их сохранности перед уборкой, проводили путем подсчета числа растений на трех учетных площадках делянки общей площадью 1 м^2 .

6. Определение накопления биомассы методом взвешивания растительных проб по фазам роста и развития растений по методике Н.Н. Третьякова (1990).

7. Определение ассимиляционной поверхности листьев по методике по Н.Н. Третьякова (1990). Для расчета была использована формула ассимиляционной поверхности листьев: $S = A \times B \times 0,78$, где S – площадь листа, см^2 ; A – ширина листа, см ; B – длина листа, см .

8. Определение относительной скорости прироста фитомассы. Для расчета показателя была использована следующая формула: $V = \frac{(\ln B_2 - \ln B_1)}{n}$, где V – относительная скорость прироста фитомассы $1 \cdot 10^{-3}$ г.сутки; B_1, B_2 – сухая биомасса

растений в начале и конце учетного периода, г; n – число дней учетного периода.

9. Определение чистой продуктивности фотосинтеза по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{(L_1 + L_2) \cdot n \cdot 0,5}, \quad \text{где ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза, г/м}^2$$

·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.

10. Оценка выживаемости растений по формуле:

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

11. Оценка структуры урожая определена по пробным снопам из 25 растений;

12. Определение массы 1000 зерен по ГОСТ 12042-80;

13. Определение массовой доли клейковины – по ГОСТ-13586.1-68, качество клейковины проверено с использованием прибора ИДК-1.

14. Оценка содержания белка по ГОСТ 10846 – 91.

15. Оценка содержания крахмала колориметрическим методом в изложении Б.П. Плешкова (1985).

16. Определение стекловидности по ГОСТ 10987-76.

17. Определение природы по ГОСТ 10840-64.

18. Учет урожая проводился методом сплошного обмолота зерна с каждой делянки комбайном «Сампо» в фазу полной спелости и с последующим взвешиванием.

19. Климограммы рассчитывались по методу Н. Walter (1955).

20. Оценка энергетической эффективности проведена 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).

21. Экономическая оценка использования микроэлементов, определена на основе технологических карт по системе натуральных и стоимостных экономиче-

ских показателей с использованием нормативов и расценок, принятых для производственных условий опытного поля ФГБОУ ВО Ульяновской ГАУ имени П.А. Столыпина.

Данные результатов исследований подвергались математической обработке методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов (Доспехов Б.А., 2011) на ПЭВМ с использованием программы Excel 2007.

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием яровой пшеницы согласно методике государственного испытания (ГОСТ 10842-64) по следующим фенофазам:

1) всходы, 2) кущение, 3) трубкование, 4) колошение, 5) молочно-восковая спелость.

2.4. Технология возделывания яровой пшеницы

Технология возделывания яровой пшеницы состояла из следующих операций. Ежегодно в оптимальные сроки (с 25.08 по 15.09) проводили обработку почвы опытного участка. Лучшим предшественником для яровой мягкой пшеницы является озимая пшеница по чистому пару. Лушение стерни осуществляли вслед за уборкой озимой пшеницы агрегатом МТЗ-1221 + БДМ (3х4) (10–12 см). Вспашку проводили плугом ПЛН–5–35 (20–22 см). В весенний период при наступлении физической спелости почвы проводили закрытие влаги тяжелыми зубowymi боронами БЗТС-1. В качестве минерального удобрения применяли нитроаммофоску (17:17:17) в дозе 40 кг д.в./га по основным элементам. Внесение её проводили вручную под предпосевную культивацию (КПС–4 на глубину 10–12 см) в соответствии со схемой полевого опыта. Посев яровой пшеницы проводили элитными семенами вслед за культивацией в оптимальные агротехнические сроки рядовым способом сеялкой СЗП-3,6, так как поздние посевы грозят значительной потерей урожая.

Норма высева семян – 5,5 млн. шт./га. Обработка семян проводилась перед посевом. Прикатывание посевов осуществляли кольчато-шпоровыми катками

ЗККШ-6А. Для защиты яровой пшеницы от комплекса вредителей применяли высокоэффективный премиум-гербицид для тотального контроля двудольных сорняков в посевах зерновых культур – Калибр, и системный и контактный инсектицид Би-58, зарекомендовавший себя как высокоэффективное средство против широкого спектра вредителей на всех жизненных стадиях. Его действие направлено против сосущих и грызущих паразитов, а для человека он является умеренно-опасным веществом. Опрыскивание посевов яровой пшеницы проводили в фазу выхода в трубку опрыскивателем ОПШ-15. Доза препарата «Калибр» составила 50 г при расходе рабочего раствора 200 л/га, Би-58 – 1,5 литра на 200 л/га рабочего раствора. Уборку проводили прямым способом при достижении полной спелости зерна комбайном Terrion Sampo SR2010.

2.5. Метеорологические условия в годы исследований

Ульяновская область находится в лесостепной зоне Европейской части России между 52 °30' – 54 °53' северной широты и 45 °55' – 50 °15' восточной долготы на границе Приволжской и Восточной лесостепи и подразделяется на Правобережье и Левобережье Средней Волги. В связи с таким расположением области природные условия на ее территории отличаются переходным характером и значительным разнообразием.

Существенное влияние на сельскохозяйственное производство оказывают погодные и климатические условия. Все агротехнические приемы должны быть проведены с учетом агроклиматических ресурсов конкретной зоны. Территория лесостепи Поволжья характеризуется среднеконтинентальным климатом с контрастами температуры и увлажнения, теплым летом и умеренно-холодной зимой. По данным Приволжской гидрометеорологической службы среднегодовая температура воздуха составляет +4 °С при ее среднем значении в самом холодном месяце январе –14,3 °С и наиболее теплом – июле +20,3 °С. Продолжительность безморозного периода на данной территории составляет 130–150 дней, период активной вегетации растений со среднесуточными температурами выше +10 °С –

142 дня.

В среднем 19 сентября отмечаются первые заморозки, а дата последних заморозков – 14 мая. Длительность периода с устойчивым снежным покровом составляет 138 – 140 дней. Средняя высота снежного покрова в декабре составляет 12 - 15 см, а в феврале – 30-39 см. Устойчивое промерзание почвы отмечается в первой – второй декадах ноября, а полное оттаивание – с середины и до конца апреля. Глубина промерзания почвы составляет в среднем 90 - 95 см, а наибольшая – 140-142 см.

За год в зоне выпадает от 380 до 520 мм осадков, в т.ч. с апреля по октябрь – 260-310 мм. Их среднегодовое количество 400-450 мм, а соотношение в теплый и холодный периоды 37-40 %. Гидротермический коэффициент колеблется в пределах 0,8-1,0.

Типичной для климата региона является значительная вариабельность метеоусловий как с обострением засушливости в отдельные годы и их периоды, так и экстремальными ситуациями избытка влаги в другие. При этом периодически повторяющиеся явления недостаточного увлажнения почвы, особенно в период роста растений, нередко выступают в качестве главного фактора, лимитирующего урожайность культур. Зачастую неблагоприятное влияние на растения почвенных засух усиливается воздействием суховеев, обусловленных недостатком влаги в атмосфере. Общее число суховейных дней за вегетационный период в различные годы составляет 10 – 20 дней.

Для более полной характеристики погодных условий за годы проведения полевых опытов были использованы агроклиматические наблюдения Чердаклинской метеостанции (приложение 1).

Анализ динамики метеорологических элементов за 2009 – 2011 гг. показал значительную неравномерность выпадения атмосферных осадков как за вегетационный период, так и в целом за год. Последнее хорошо прослеживается по графику (рисунок 4,5).

Среднегодовая сумма осадков за 2009-2011 гг. составила 541,3 мм. Наименьшая годовая сумма осадков наблюдалась в 2010 году – 395,8 мм,

наибольшая в 2011 году – 681 мм, что на 109 мм больше, чем среднееголетнее значение (572 мм). Размах варьирования по годам исследования достаточно высокий и составляет 285 мм, коэффициент варьирования при этом 36,5%.

В 2009 году за период с апреля по август выпало 255,3 мм осадков, среднесуточная температура воздуха за этот же период была на уровне среднееголетних данных и составляла 15° С.

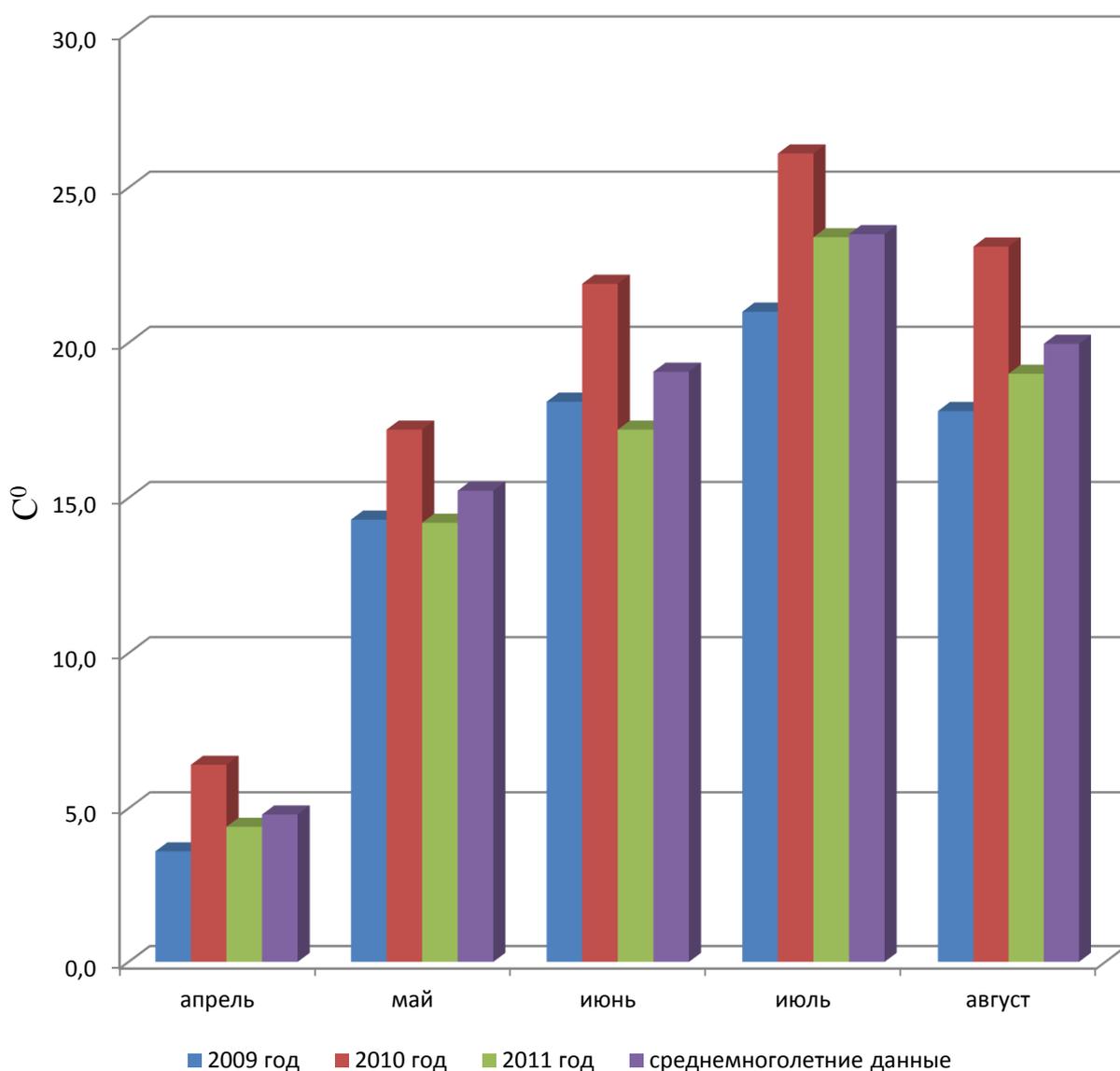


Рисунок 4 – Температурный режим в годы исследований (2009-2011 гг.).

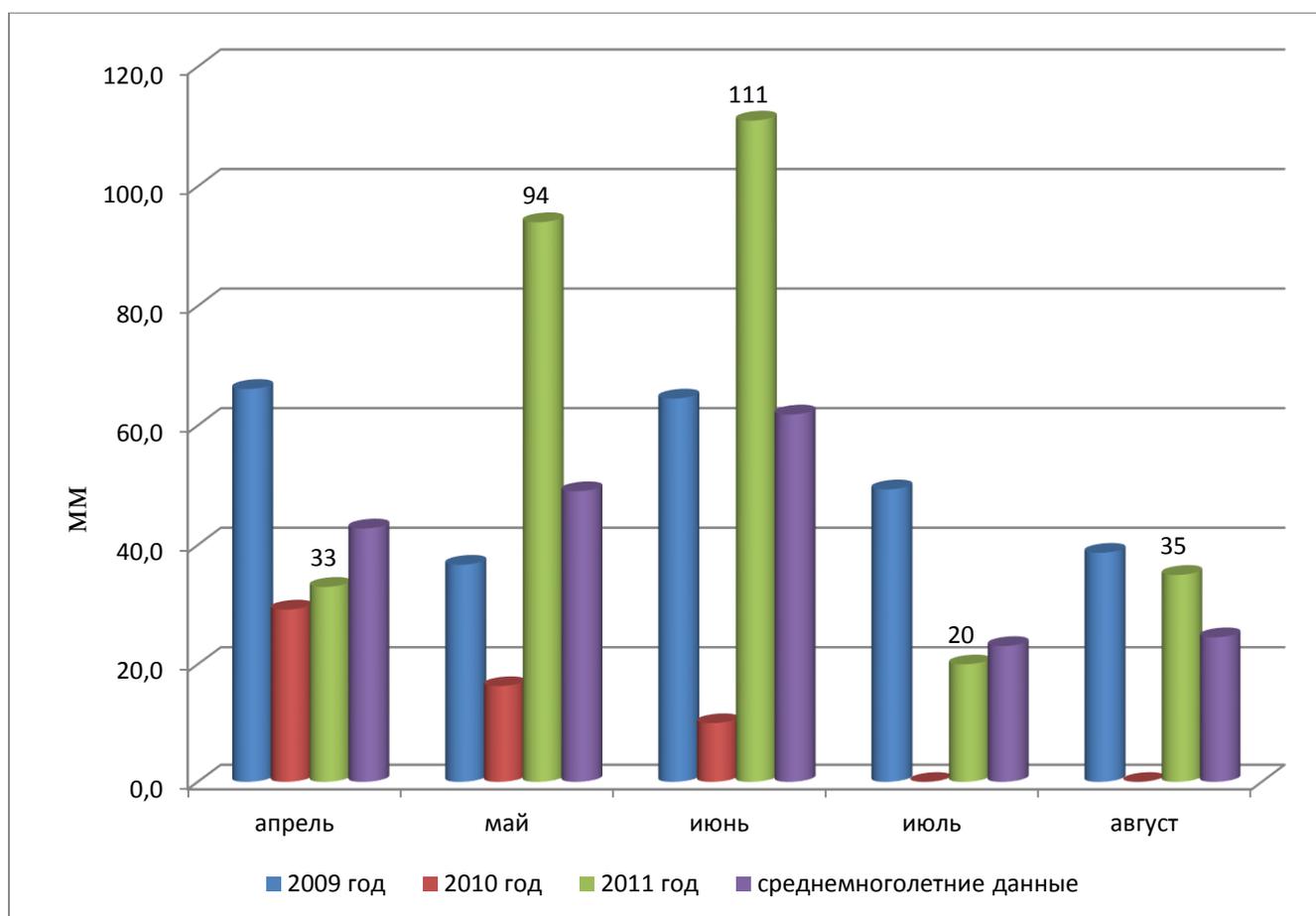


Рисунок 5 – Количество осадков за годы исследований (2009-2011 гг)

Экстремальным для яровой пшеницы и других культур стал острозасушливый 2010 год, в котором за период вегетации выпало всего 55,5 мм осадков, а средняя температура воздуха на $4,2^{\circ}\text{C}$ превышала среднемноголетние показатели.

Наиболее благоприятным по климатическим показателям можно считать вегетационный период 2011 года. За период с апреля по август выпало 293 мм осадков, основная доля из них 103 мм прилась на третью декаду мая и первую декаду июня, что совпало с фазой выхода в трубку.

Для более полной характеристики погодных условий за годы проведения опытов нами были построены климограммы по методу Walter H. (1955), которые позволяют оценить степень сухости погоды за период вегетации (рисунок 1,2,3)

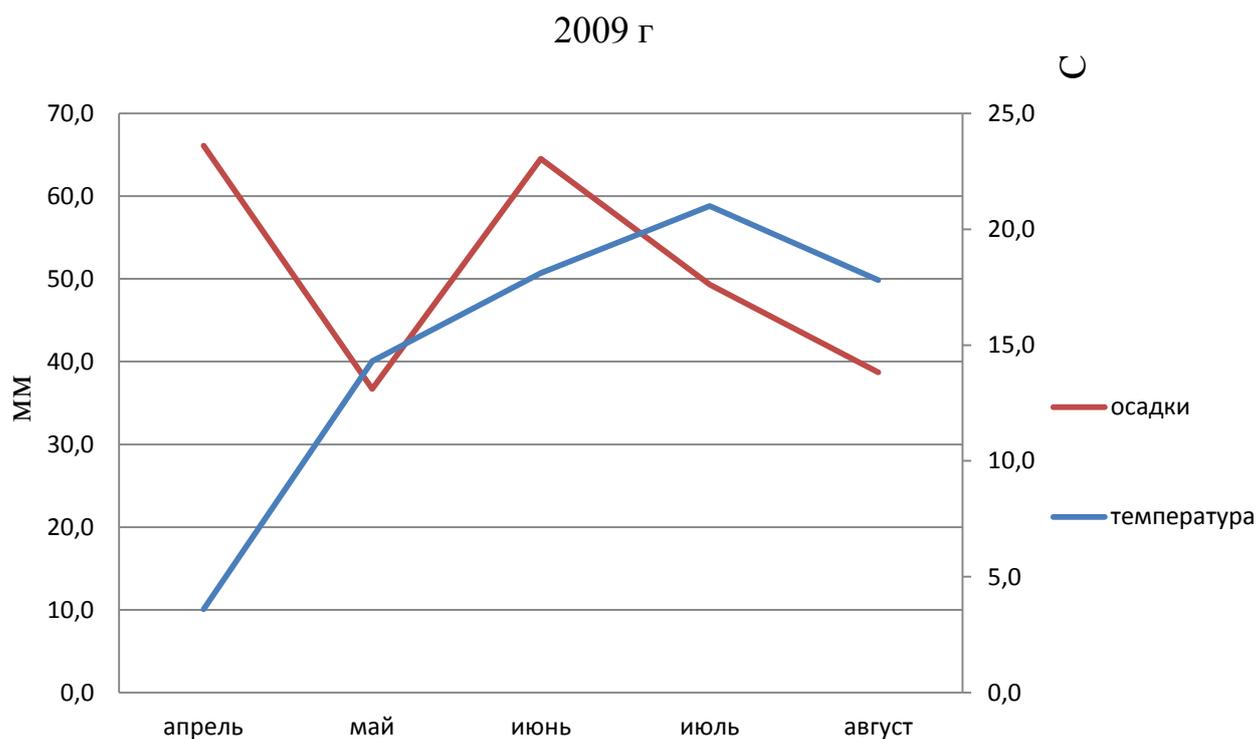


Рисунок 1 – Климограмма вегетационного периода яровой пшеницы 2009
год.

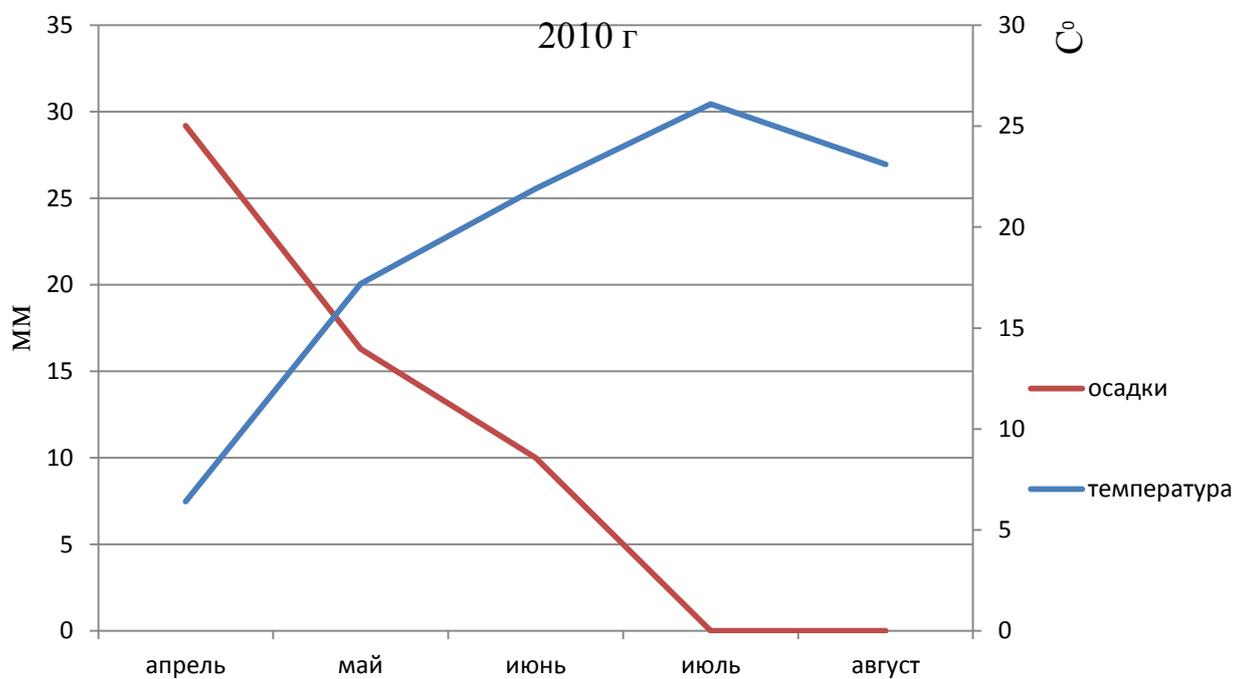


Рисунок 2 – Климограмма вегетационного периода яровой пшеницы 2010
год.

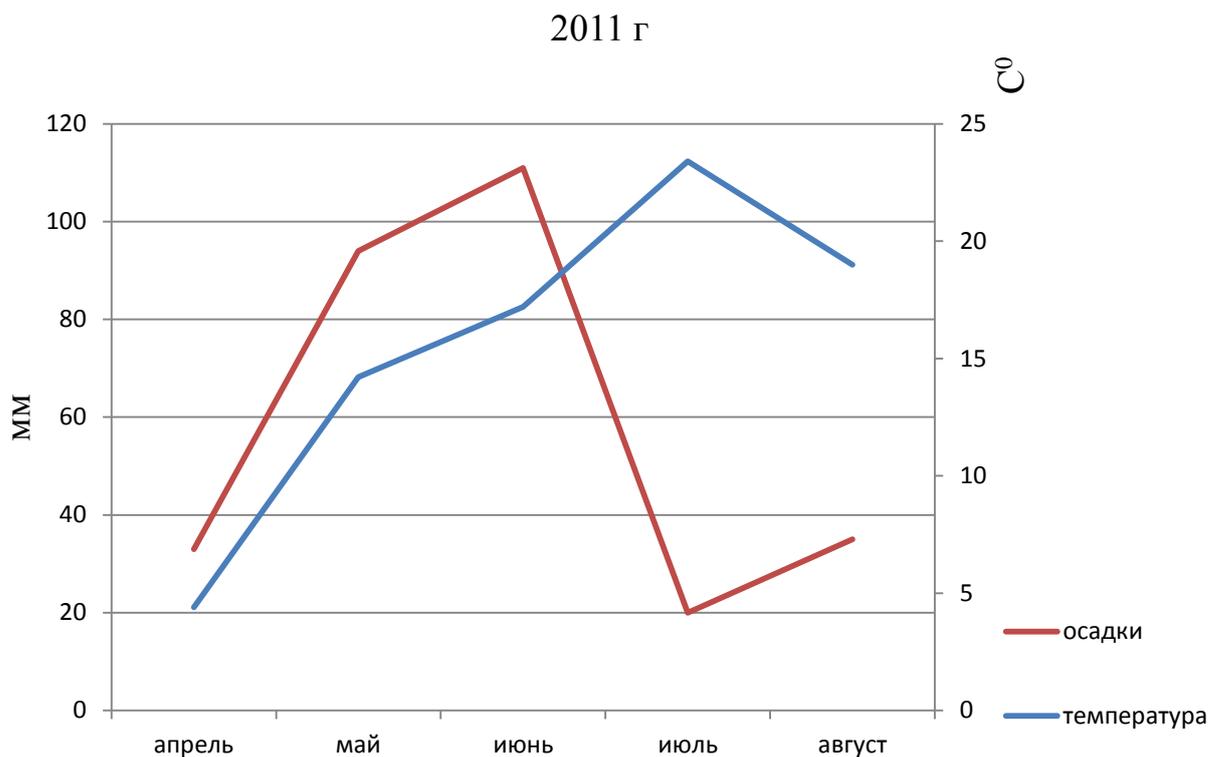


Рисунок 3 – Климодиаграмма вегетационного периода яровой пшеницы 2011 год.

Таким образом, агрометеорологические условия в годы проведения опытов сильно различались. Недостаток влаги, неравномерное выпадение осадков и высокая температура воздуха в период вегетации в отдельные годы привели к снижению урожайности яровой пшеницы.

ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН И РАННИЕ РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Прорастание семян зерновых культур – один из наиболее существенных и сложных физиолого-биохимических процессов, сказывающихся на прохождении всех последующих этапов развития растений. Оно характеризуется интенсивным обменом запасных веществ в семени, который обеспечивает нормальный рост и развитие растения.

Процесс развития проростка разделяется на пять фаз: 1) фаза водопоглощения; 2) фаза набухания семени; 3) фаза роста первичных корешков; 4) фаза развития ростка; 5) фаза становления проростка (Коренев Г.В., 1999).

Природные условия прорастания не всегда благоприятны для нормального начала вегетации. Количество влаги, тепла, наличие возбудителей болезней и вредителей как в почве, так и на поверхности семян, существенно сказываются на жизнеспособности проростков. Для увеличения всхожести и энергии прорастания посевного материала используют различные приемы предпосевной обработки семян.

3.1. Показатели прорастания и посевные качества семян

Значимым фактором роста урожайности яровой пшеницы является качество семян. Согласно мнению ряда исследователей энергия прорастания семян является важным параметром жизнеспособности 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 стандартизованных условиях субстрата влажности, температуры, и гарантирует воспроизводимость результата.

Высокие показатели энергии прорастания, лабораторной всхожести и силы роста присущи для семян, способных обеспечить получение дружных всходов и

высокую полевую всхожесть. При низких показателях всхожести семян посевы получают изреженными и характеризуются низкой продуктивностью.

Нами установлено (таблица 5), что применение микроэлементов – синергистов оказало существенное влияние на показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести семян яровой пшеницы, однако на вариантах с применением хлоридов эти показатели ниже контроля на 1,54-2,31 %, возможно, что ионы хлора подавляют процессы роста. Исследования Корзюка О.В. и др. (2016) показали, что ионы хлора в концентрации 0,1 М вызывают торможение роста и развития растений люпина узколистного.

Таблица 5 – Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян яровой пшеницы сорта Симбирцит, %

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
контроль	86,33±1,2	94,33±1,2
ZnCl ₂	84,33 ±1,2	94,00±0,8
MnCl ₂	85,00±1,4	93,33±0,9
ZnSO ₄	90,33±1,2	96,00±0,8
MnSO ₄	90,67±0,9	97,00±0,8
ZnCl ₂ +MnCl ₂	89,00±0,8	94,33±0,9
ZnSO ₄ +MnSO ₄	91,67±1,2	96,33±1,2

По данным таблиц видно, что обработка семян раствором сульфата цинка совместно с сульфатом марганца позволяет повысить энергию их прорастания на 5,34 % по сравнению с контролем. Наилучший показатель лабораторной всхожести, равный 97%, наблюдается при применении раствора сульфата марганца. Другие варианты опыта показывают лабораторную всхожесть в пределах 93,3 – 96,3 %. В данном случае проявляется синергетический эффект сульфатных соединений цинка и марганца, их отрицательное проявление с $K_{вз} = -1,17$, сам физиологический процесс имеет положительную направленность. У хлоридных соединений при совместном применении проявляется синергетическое действие, даже в дан-

ном случае цинк совместно с марганцем дает положительный синергизм действия, то есть взаимное влияние снимает отрицательный характер воздействия хлоридных соединений.

Рисунки 6 и 7 показывают, что предпосевная обработка семян растворами сернокислого цинка и марганца оказали наибольшее стимулирующее влияние на длину и массу зародышевых корешков и проростков.

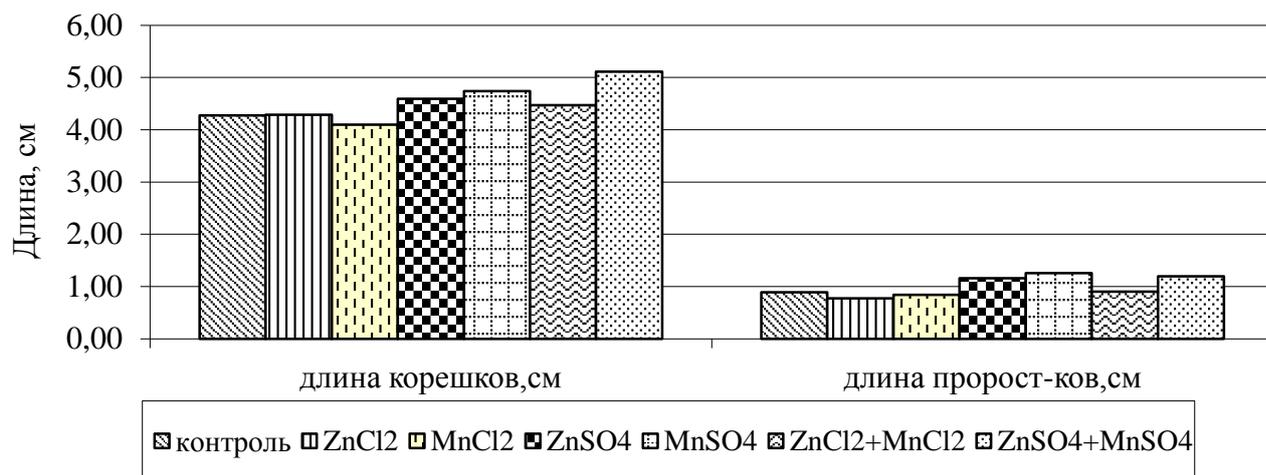


Рисунок 6 - Длина проростков и корешков яровой пшеницы, см.

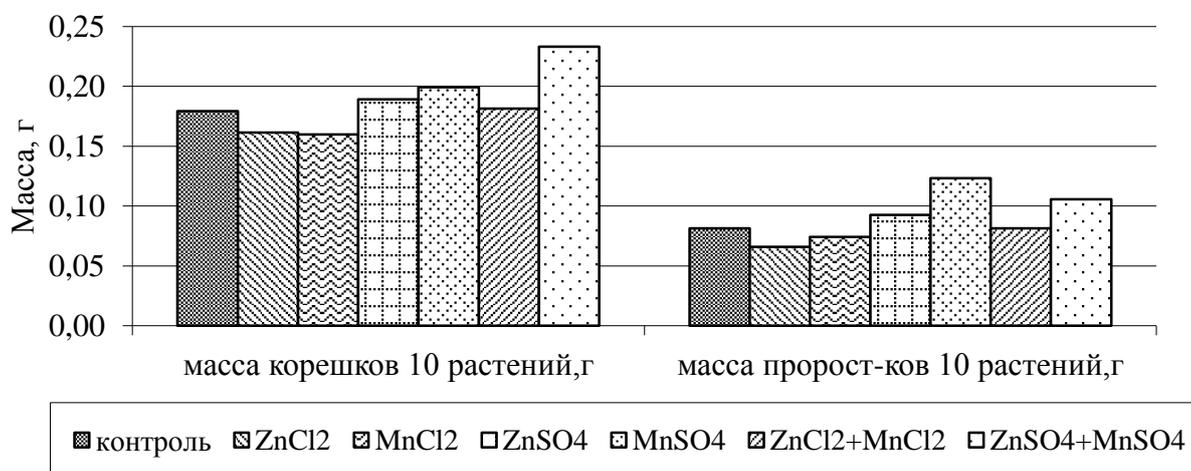


Рисунок 7 – Масса корешков и проростков яровой пшеницы, г.

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 % соответствен-

но. 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.

Таким образом, применение микроэлементов с разными анионами показали разную отзывчивость семян яровой пшеницы.

Наиболее полно действительные посевные качества семян характеризуются силой роста, т.е. способностью проростков к быстрому, дружному прорастанию и интенсивному росту.

В наших исследованиях, приведенных в таблице 6, при использовании хлоридов и сульфатов цинка и марганца отмечено улучшение посевных качеств семян.

Из таблицы 6 видно, что исследуемые микроэлементы влияют на силу роста. Так, при обработке семян на варианте с применением сульфата марганца и сульфата цинка сила роста увеличивалась по сравнению с контрольным вариантом на 6,07 %, на варианте сульфата марганца – на 3,82 %, то есть происходит физиологическое усиление эффекта одного элемента другим, при этом проявляется синергетический эффект. Рассчитанные результаты показывают, что данные сульфатные соединения увеличивают показатель и проявляют положительный синергизм $K_{вз} = 0,23$.

Хлориды, аналогично ранее представленным результатам, ингибируют эти начальные процессы, и сила роста снижается при его использовании на 4%. Аналогичная картина наблюдалась и по сырой массе.

Далее из рисунков 8,9,10,11,12,13,14, видно, что семена яровой пшеницы сорта Симбирцит, обработанные микроэлементами, по-разному реагировали на предпосевную обработку. Все опытные растения пшеницы имели разные морфофизиологические изменения.

Таблица 6 – Сила роста и морфофизиологическая оценка проростков яровой пшеницы

Вариант	оценка в баллах					сумма баллов	сила роста, %	сырая масса, г	
	5	4	3	2	1			надземная часть	корней
Контроль	14,0	12,5	14,8	0,3	4,3	167,8	90,18±1,82	0,73±0,05	1,03±0,12
MnCl ₂	11,6	10,8	11,4	1,2	4,4	164,0	86,25±1,09	0,67±0,04	0,92±0,08
ZnCl ₂	10,0	11,2	14,0	1,0	3,8	164,5	88,75±1,48	0,65±0,06	0,83±0,11
ZnSO ₄	14,8	11,5	19,7	0,0	4,5	182,0	91,0±1,00	0,76±0,04	1,03±0,09
MnSO ₄	18,7	17,0	11,3	0,0	3,0	192,7	94,0±1,41	0,78±0,03	1,05±0,10
ZnCl ₂ +MnCl ₂	20,0	13,3	11,7	1,3	3,3	192,7	92,96±1,39	0,77±0,03	1,01±0,08
ZnSO ₄ +MnSO ₄	24,8	8,8	11,4	0,0	1,6	206,0	96,25±1,48	0,85±0,05	1,15±0,04



Рисунок 8 – Проростки яровой пшеницы на варианте контроль



Рисунок 9 – Проростки яровой пшеницы на варианте хлорид цинка



Рисунок 10 – Проростки яровой пшеницы на варианте хлорид марганца



Рисунок 11 – Проростки яровой пшеницы на варианте сульфат цинка



Рисунок 12 – Проростки яровой пшеницы на варианте сульфат марганца



Рисунок 13 – Проростки яровой пшеницы на варианте хлорид цинка сов-

местно с хлоридом марганца.



Рисунок 14 – Проростки яровой пшеницы на варианте сульфат цинка с сульфатом марганца.

На рисунках 9, 10 видно, что варианты хлорид цинка и хлорид марганца отставали в росте по сравнению с растениями контрольного варианта. Длина проростков и корешков визуально меньше по отношению к другим. Она составляла в среднем 8,2 см и 8,6 см проростков и корешков 12,1 см и 12,3 см. Аналогично изменилась масса корешков и проростков. По-видимому, происходит угнетение проростков яровой пшеницы за счет ионов хлора.

Растения, обработанные (рисунок 14) вариантом сульфатом цинка совместно с сульфатом марганца, имеют наилучшие морфофизиологические показатели, которые выражаются длиной проростков и корешков. Она составляла в среднем 10,8 см проростков и 13,1 см корешков. Микроэлементы, используемые совместно, положительно повлияли на семена яровой пшеницы. Происходит усиление физиологического эффекта одного элемента другим, как следствие синергизм действия.

Таким образом, проведенные опыты позволяют сделать вывод о том, что сера в виде аниона SO_4^{2-} поступает в растения и включается в азотный метаболизм для биосинтеза аминокислот и белков.

Результаты лабораторных опытов подтверждались полевыми исследованиями (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние микроэлементов на полевую всхожесть яровой пшеницы сорта Симбирцит, (2009 – 2011 гг.) %

Вариант		2009 г	2010 г	2011 г	среднее.
неудобренный фон	Контроль	61,82±0,69	58,23±0,58	76,07±0,34	65,37
	MnCl ₂	59,36±0,80	55,95±0,75	78,34±0,22	64,55
	ZnCl ₂	58,36±0,62	56,79±0,77	78,69±0,15	64,61
	ZnSO ₄	65,27±0,72	59,95±0,75	80,30±0,23	68,51
	MnSO ₄	66,86±0,41	60,55±0,67	81,02±0,31	69,48
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	63,55±0,66	59,64±0,56	82,75±0,16	68,64
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	65,23±0,47	61,36±0,71	83,86±0,33	70,15
удобренный фон	Контроль	65,09±0,68	62,64±0,76	79,01±0,34	68,91
	MnCl ₂	64,73±0,72	60,05±0,58	79,74±0,23	68,17
	ZnCl ₂	62,55±0,68	61,86±0,84	80,29±0,22	68,23
	ZnSO ₄	72,14±0,79	66,41±0,65	83,84±0,27	74,13
	MnSO ₄	71,73±0,73	67,27±0,69	85,03±0,23	74,68
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	69,09±0,64	65,41±0,75	84,60±0,30	73,03
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	74,64±0,66	67,91±0,73	86,15±0,35	76,23

В среднем за годы исследований установлено, что 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, она превысила контроль на 7,32 %.

На обоих фонах выращивания под действием хлоридов этих металлов наблюдалось снижение полевой всхожести. По-видимому, ион хлора, по сравнению с ионом сульфата, относительно подавляет ростовые процессы растений яровой пшеницы, а сера, по сравнению с хлором, нужна в достаточном количестве

для биосинтеза серосодержащих аминокислот: цистина, цистеина и метионина.

В 2009 году наилучший показатель полевой всхожести на неудобренном фоне достигнут при применении сульфата марганца; здесь показатель выше контроля на 5,1 %. На удобренном фоне высокое значение полевой всхожести, превышающей контроль на 9,5%, получено при совместном использовании сульфата марганца и сульфата цинка.

В 2010 году на неудобренном фоне полевая всхожесть семян на варианте при сочетанном применении сульфата марганца и сульфата цинка превысила контроль на 3,2 %, а на удобренном фоне наилучшие результаты полевой всхожести получены при применении сульфата марганца и сульфата цинка – полевая всхожесть превысила контроль на 5,3 %. Это связано с тем, что под влиянием марганца и цинка, особенно при сочетанном их действии, происходит усиление активности фермента каталазы, которая расщепляет пероксид водорода.

При обработке семян микроэлементами полевая всхожесть в 2011 году увеличивалась на неудобренном фоне на 2,27 - 7,79 %, наибольший стимулирующий результат отмечен в варианте с применением сульфата марганца и сульфата цинка. На удобренном фоне полевая всхожесть повышалась с 79,84 % до 86,15 %, максимальная полевая всхожесть наблюдалась в варианте с применением совместно сульфата марганца и сульфата цинка, она превышает контроль на 7,14 %.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что под влиянием микроэлементов-синергистов происходит увеличение полевой всхожести яровой пшеницы на обоих фонах выращивания.

3.2. Изменения активности каталазы в прорастающих семенах яровой пшеницы в зависимости от микроэлементов

Каталаза – один из ведущих ферментов, утилизирующих пероксид водорода в растительном организме. «Пероксид водорода является наиболее стабильным из продуктов восстановления кислорода и способен легко проникать через биологические мембраны» [цит. Е.О.Половинкина, Ю.В Сеницына, 2010, с.62.]. Актив-

ность этого фермента является хорошим показателем сопротивляемости растений окислительному стрессу. Активизация данного фермента в биологической системе отображает уровень метаболизма организма как в целом, так и в виде совокупной стрессовой реакции. Данный фермент осуществляет преимущественно защитную функцию по утилизации перекиси водорода. Анализ активностей каталазы позволяет проследивать физиолого-биохимические процессы прорастающих семян, подвергнутых химической обработке, и, в первую очередь, состояние окислительно-восстановительных реакций, присущих дыханию.

«Первичная активизация метаболических и ростовых процессов в прорастающих семенах обусловлено интенсификацией дыхания, сопряженного с окислительно-восстановительными реакциями растительного организма» [цит. по Плешкову Б.П., 1987, с. 320.]. «Согласно современным исследованиям представленная каталаза играет ведущую роль, регулируя механизм окисления в организме, ее активность может учитываться в качестве меры интенсивности и продуктивности общего метаболизма» [по Полевой В.В., 1989, с.200.].

Нашими исследованиями установлено, что обработка семян микроэлементами оказала существенное влияние на активность каталазы в проростках из семян, подвергнутых предпосевной обработке. Активность каталазы от 7 до 12 мкмоль разлагаемой перекиси водорода наблюдалось в семенах в состоянии физиологического покоя. На протяжении 48 часов происходило увеличение активности фермента до максимума, после чего эта активность уменьшалась. К 48 часам набухания активность каталазы возросла по отношению к 12 часам в 4,3 раза. Каталазная активность отмечалась для большинства органов растений, увеличиваясь в период роста. J. Nagima, V.Alexanderescu, Z. Cseresnyes, (1978) показали, что при прорастании семян активность каталазы повышается, в изоэнзимном спектре происходит упрощение. Так же обнаружена коррелятивная связь всхожести с активностью каталазы (Н.И. Рукина, Н.А. Растегаева, Е.Т. Артамонова, 1978).

Предпосевная обработка семян стимулировала активность каталазы, которая начинала проявляться с 12 часов набухания (таблица 8). Используемые мик-

роэлементы-синергисты способствуют росту активности фермента. В период достижения максимальных значений (48-72 ч.) наибольшие величины активности 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 происходило понижение активности каталазы, как на опытных вариантах, так и на контроле, что свидетельствует о влиянии микроэлементов на метаболизм растения.

Таблица 8 – 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

Таким образом, анализ физиологических процессов, определяющих рост и развитие проростков, а также их изменения в результате предпосевной обработки семян микроэлементами показывает, что они в первую очередь интерпретируются и фиксируются в процессе прорастания. Изучаемые микроэлементы влияют на первичные ростовые процессы, особенно при сочетанном применении сульфата цинка и сульфата марганца способствовало более ускоренному переходу растений от гетеротрофного типа питания к смешанному и автотрофному.

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 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 каталазы на 71,79 %.

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

ГЛАВА 4 ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АГРОФИТОЦЕНО- ЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Фотосинтетическая активность растений в посевах, определяющая размер урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе яровой пшеницы, представляет собой комплекс физиолого-биохимических процессов, включающий в себя множество различных показателей. Это размеры фотосинтетического аппарата, скорость его развития и продолжительность работы, характеризующие динамикой роста ассимиляционной поверхности листьев, их фотосинтетическим потенциалом, показателем нетто ассимиляции (ЧПФ) как суммарного результата процессов фотосинтеза и дыхания, представляющим собой общую биомассу, накапливаемую за сутки в расчете на 1 м² листьев, степень усвоения CO₂ и др.

Все эти элементы и процессы фотосинтетической деятельности связаны между собой. Каждый из них зависит от абиотических факторов, минерального питания, в том числе и от микроэлементов при их использовании в качестве предпосевной обработки посевного материала.

4.1. Динамика формирования развития ассимиляционной поверхности листьев в зависимости от микроэлементов и фона минерального питания

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 А.А., 1956, 1963, 1972; Устенко Г.П., 1963).

Величина листовой поверхности (количество сформировавшихся листьев, их длина, ширина, продолжительность их жизни) – признак динамичный, непрерывно меняющийся в процессе роста и развития, зависящий от условий среды. Как отмечают Бараев А.И. и др. (1978), «листовая поверхность способна к увеличению при физической и химической обработке семян и растений, создании бла-

гоприятных условий вегетации» [цит. Бараев А.И. и др., 1978, с.45].

Исследования Вафиной Э.Ф. (2014), Корепановой У.В. (2011), Васина В.Г. (2015), Курносковой Т.Л., Осиповой Л.В. и др. (2017) показали, что обработка семян микроэлементами стимулирует процессы роста и развития растений, повышает его урожайность, также оказывает влияние на формирование ассимиляционного аппарата.

Следовательно, обработка семян микроэлементами в определенной концентрации может направленно изменять рост органов и тем самым влиять на коррелятивные связи растительного организма, в том числе яровой пшеницы.

Оканенко А.С. (1959) отмечала, что на развитие площади листьев большое влияние оказывают климатические условия. Нарастание листовой поверхности для всех вариантов во все годы исследований соответствует тенденции формирования оптимальных величин в фазы трубкования-колошения, в дальнейшем наблюдается уменьшение (падение).

В работах Ничипоровича А.А. и др. (1961) отмечается, что «оптимальная площадь поверхности листьев для создания высокопродуктивного посева составляет 40-50 тыс.м²/га» [цит. по Ничипоровичу А.А., 1961, с.95]. В наших исследованиях (рисунок 14,15, приложение 2) максимальная площадь ассимиляционной поверхности была значительно выше в 2011 году в фазу колошения на варианте с применением совместно сульфата цинка и сульфата марганца с внесением удобрений и составила 27,93 тыс.м²/га. В 2010 году растения *Triticum aestivum* L. сильно пострадали от неблагоприятных факторов среды, в результате чего развитие растений угнеталось, площадь ассимиляционной поверхности уменьшалась и составила в фазу колошения в среднем при применении микроэлементов на неудобренном фоне 8,64 тыс.м²/га и на фоне минеральных удобрений 8,78 тыс.м²/га. В 2009 году в фазу колошения на неудобренном фоне, в варианте с применением сульфата марганца она составила 24,35 тыс.м²/га, на удобренном фоне – 27,47 тыс.м²/га. При этом следует отметить, что с применением хлорида цинка и хлорида марганца отрастание растений по сравнению с другими вариантами проходило медленнее.

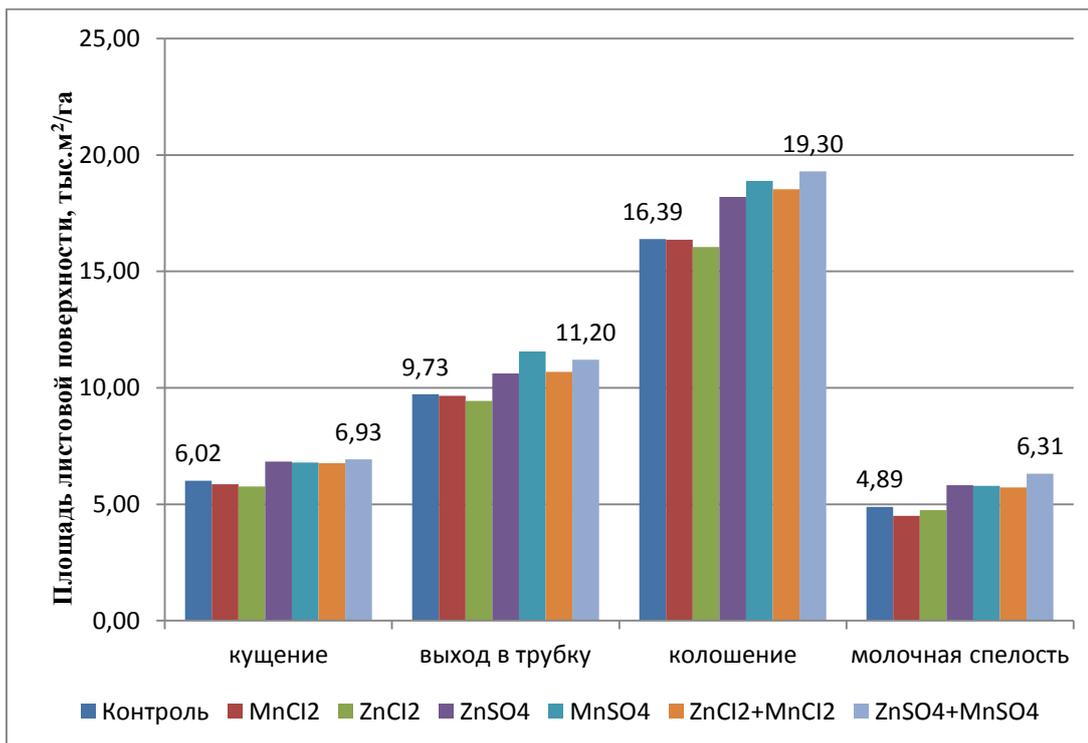


Рисунок 14 – Динамика формирования ассимиляционной поверхности *Triticum aestivum* на неудобренном фоне за годы исследований

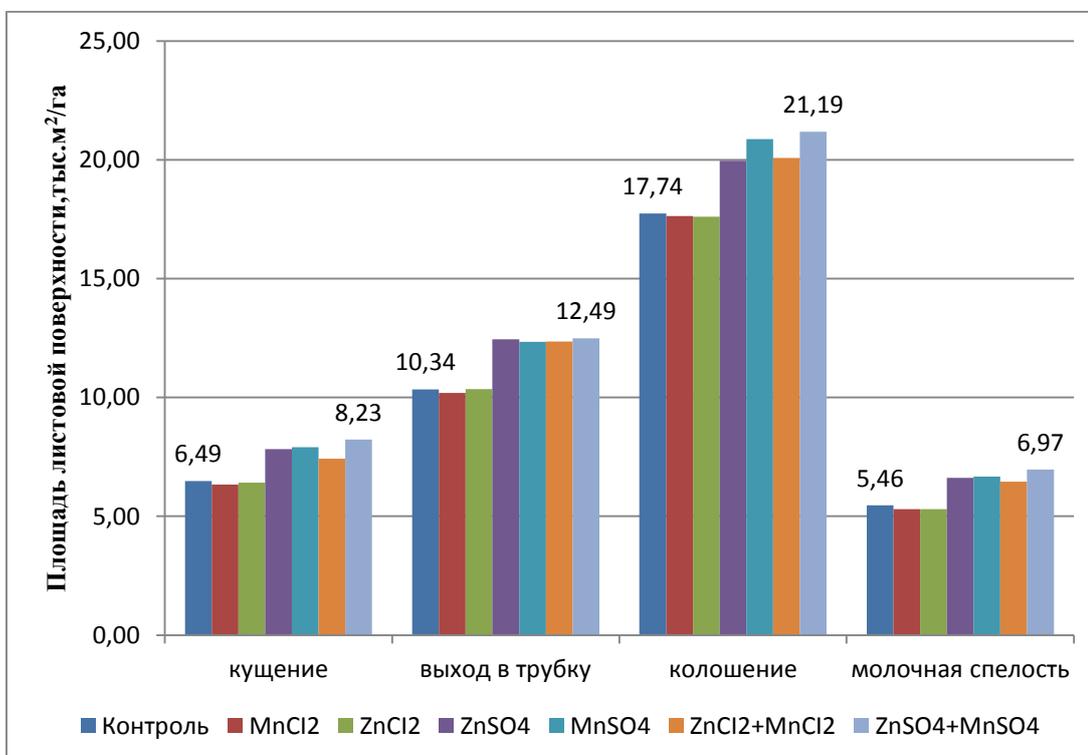


Рисунок 15 – Динамика формирования ассимиляционной поверхности *Triticum*

aestivum на удобренном фоне за годы исследований

В среднем за 2009-2011 годы в фазу кущения на неудобренном и удобренном фоне формирование наибольшей ассимиляционной поверхности листьев прослеживалось при совместной обработке семян пшеницы сульфатом цинка и марганца – на 15,1 % и 26,8 % соответственно. В фазу выхода в трубку на неудобренном фоне большая листовая поверхность сформировалась под действием сульфата марганца. В данном варианте показатели выше контроля на 18,8 %. На удобренном фоне лучшим вариантом оказалось совместное применение сульфата марганца и цинка на 20,8 % выше контроля. На обоих фонах выращивания в фазу колошения наблюдалось максимальное увеличение площади листовой поверхности в варианте с предпосевной обработкой семян пшеницы сульфатом цинка и марганца. Снижение площади листовой поверхности прослеживалось в фазу молочной спелости во всех вариантах на обоих фонах выращивания. Однако при применении хлорсодержащих солей уменьшение площади листовой поверхности было более интенсивным.

Продуктивность посевов зависит не только от величины площади листьев, но и от длительности функционирования фотосинтетического аппарата. Вследствие этого нами рассчитан фотосинтетический потенциал (ФП).

4.2. Фотосинтетическая деятельность посевов

В формировании биологического урожая существенное значение имеет фотосинтетический потенциал суммарной листовой поверхности, под которым понимается скорость ее образования и время активной работы. Фотосинтетический потенциал характеризует мощность ассимиляционного аппарата посева в целом за вегетацию.

В наших исследованиях ФП изменялся по годам и по вариантам (таблица 9, приложение 3,4,5). Наибольший фотосинтетический потенциал яровой пшеницы отмечался в 2011 году, что связано с большим количеством осадков, выпавших в летние месяцы, и составил без удобрений – 0,850-1,015 млн.м²/га дней, с внесени-

ем NPK –0,933-1,111 млн.м²/га дней. Самый низкий ФП на неудобренном фоне (0,186 - 0,264 млн. м²/га дней) и удобренном (0,186 - 0,281 млн. м²/га дней) был в 2010 году из-за высокой температуры и малого количества осадков.

Таблица 9 – Фотосинтетический потенциал яровой пшеницы млн.м²·дн./га (2009-2011 гг.)

Вариант		2009 г	2010 г	2011 г	среднее
неудобренный фон	Контроль	0,715	0,211	0,850	0,592
	MnCl ₂	0,688	0,196	0,892	0,592
	ZnCl ₂	0,671	0,186	0,885	0,581
	ZnSO ₄	0,785	0,234	0,953	0,657
	MnSO ₄	0,805	0,264	0,989	0,686
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,745	0,241	1,007	0,664
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,792	0,264	1,015	0,690
удобренный фон	Контроль	0,767	0,215	0,933	0,638
	MnCl ₂	0,772	0,186	0,948	0,636
	ZnCl ₂	0,743	0,209	0,958	0,637
	ZnSO ₄	0,883	0,273	1,049	0,735
	MnSO ₄	0,915	0,278	1,083	0,758
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,841	0,262	1,110	0,738
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,924	0,281	1,111	0,772

В среднем по годам исследований наибольший ФП (таблица10) отмечается в варианте с применением сульфата цинка и сульфата марганца. В период кушения-выхода в трубку этот показатель превышает контроль на неудобренном фоне на 14%, при использовании минеральных удобрений на 27,05 %. Наибольшее значение ФП наблюдается в период колошение-молочная спелость, где превышает контроль на неудобренном фоне на 17,4 %; на удобренном фоне на 21 %.

Следует отметить, что применение обработки семян совместно сульфатом цинка и сульфатом марганца повышает ФП посевов яровой пшеницы на 16,5%, а применение микроэлементов сульфата цинка и сульфата марганца совместно с минеральными удобрениями – на 21 %, в результате чего увеличивается работоспособность листового аппарата опытной культуры. Использование хлоридов

цинка и марганца привело к формированию наименьшего ФП среди исследуемых вариантов.

Таблица 10 – Фотосинтетический потенциал *Triticum aestivum* млн.м²·дн./га (среднее за 2009-2011 гг.)

Вариант		Фенологические фазы			
		кушение- выход в трубку	выход в трубку- колоше- ние	колоше- ние- молочная спелость	∑ ФП
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

Для характеристики интенсивности формирования листьев нами была рассчитана относительная скорость формирования листового аппарата, показывающая увеличение поверхности в расчете на единицу площади. Данные таблицы 11 показывают, что активный рост листьев яровой пшеницы наблюдался до фазы выхода в трубку, когда наряду с ростом старых листьев происходило образование новых. Средняя скорость прироста для данных периодов составила без применения удобрений 50,67-58,86 см²/сутки, а с минеральными удобрениями 47,68-54,12 см²/сутки. Темпы формирования листового аппарата к концу вегетации снижались, а с начала фазы колошения показатель становился отрицательным, т.к. происходит постепенное отмирание листьев.

Таблица 11 – Относительная скорость прироста ассимиляционной поверхности *Triticum aestivum* в среднем за годы исследований, мг/сутки

Вариант		Фенологические фазы		
		кушение- выход трубку	в выход трубку- колошение	в колошение- молочная спе- лость
неудобренный фон	Контроль	50,67	33,13	-52,41
	MnCl ₂	51,92	33,54	-53,93
	ZnCl ₂	54,93	31,67	-51,54
	ZnSO ₄	46,62	34,08	-52,13
	MnSO ₄	58,86	31,88	-53,70
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	44,04	36,88	-56,11
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	50,07	35,49	-52,36
удобренный фон	Контроль	47,68	34,54	-53,41
	MnCl ₂	50,83	34,10	-52,91
	ZnCl ₂	45,98	34,71	-55,34
	ZnSO ₄	47,11	31,84	-54,68
	MnSO ₄	52,24	31,66	-54,50
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	54,12	30,28	-53,53
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	48,92	32,45	-52,38

Таким образом, как показали результаты наших исследований, применение сульфатов цинка и марганца при различной обработке семян яровой пшеницы перед посевом оказали положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата, способствуя интенсивному фотосинтетическому потенциалу листьев опытной культуры, в отличие от хлоридов цинка и марганца, что может указывать на то, что растения испытывают потребность в сере. В исследованиях Рогалева И.Е. (1964) говорится, что локализация серы в значительной мере в основных органах ассимиляции и первичного синтеза, несомненно, активизирует физиологические функции и процессы обмена веществ в растении, что приводит к более ускоренному переходу его к репродуктивным органам.

4.3. Динамика накопления сухой массы (сухого вещества)

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).

Исследования многих ученых показывают прямую взаимосвязь между площадью листовой поверхности и накоплением сухого вещества (Ничипорович А.А., 1956, 1970, 1972; Левин В.И., 2000; Костин В.И., Исайчев В. А., Костин О.В., 2006; Никитишен В.И., 2007).

В результате многолетних исследований накопление сухой биомассы растениями яровой пшеницы изменялось в зависимости от погодно-климатических условий (приложение 6). Максимальный прирост биомассы был отмечен в 2011 году, когда после весенних всходов растений сложились благоприятные погодные условия, и составил в фазу молочной спелости 45,26 г/ 10 растений (вариант сульфат цинка и сульфат марганца с удобрениями). 2010 год был засушливым, что сказалось на работе листовой поверхности и, следовательно, на накоплении массы сухого вещества растений. Интенсивное накопление сухого вещества в среднем по годам (рисунок 16, 17) исследований происходило в фазу выхода в трубку. По всем фазам более интенсивный прирост отмечался на варианте с применением сульфата цинка и сульфата марганца, где составлял: 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 по сравнению с влиянием серы, как это было обнаружено еще в прошлом веке работами Баславской С.С. (1940), Благовещенского А.В. и Баславской С.С. (1936).

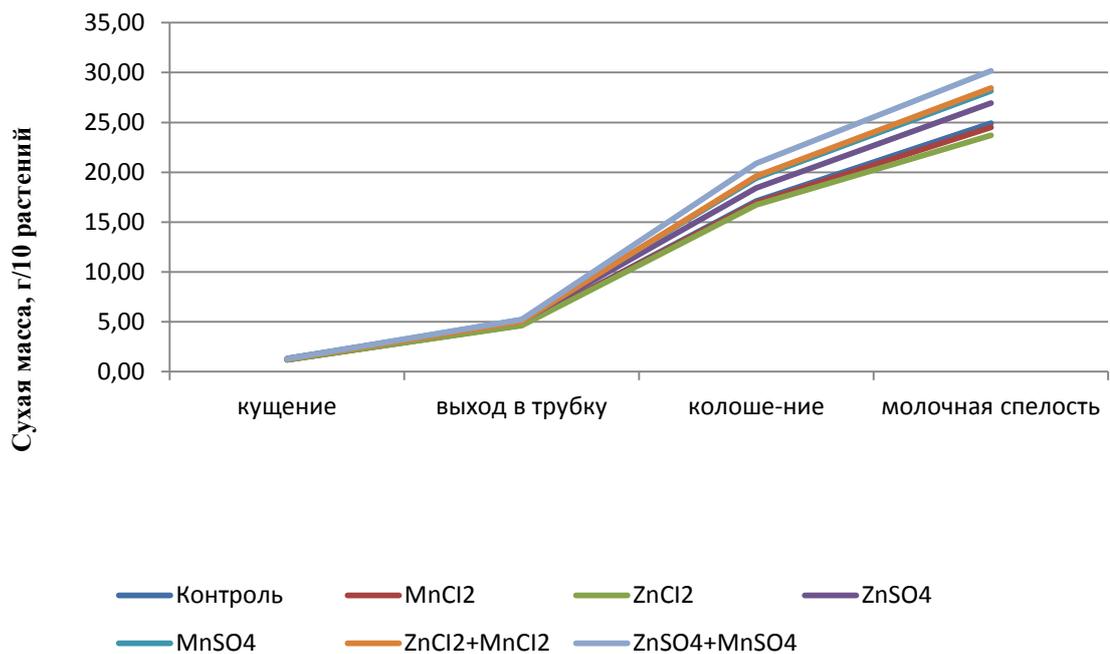


Рисунок 16 – Сухая масса растений *Triticum aestivum* на удобренном фоне (среднее за 2009-2011 гг).

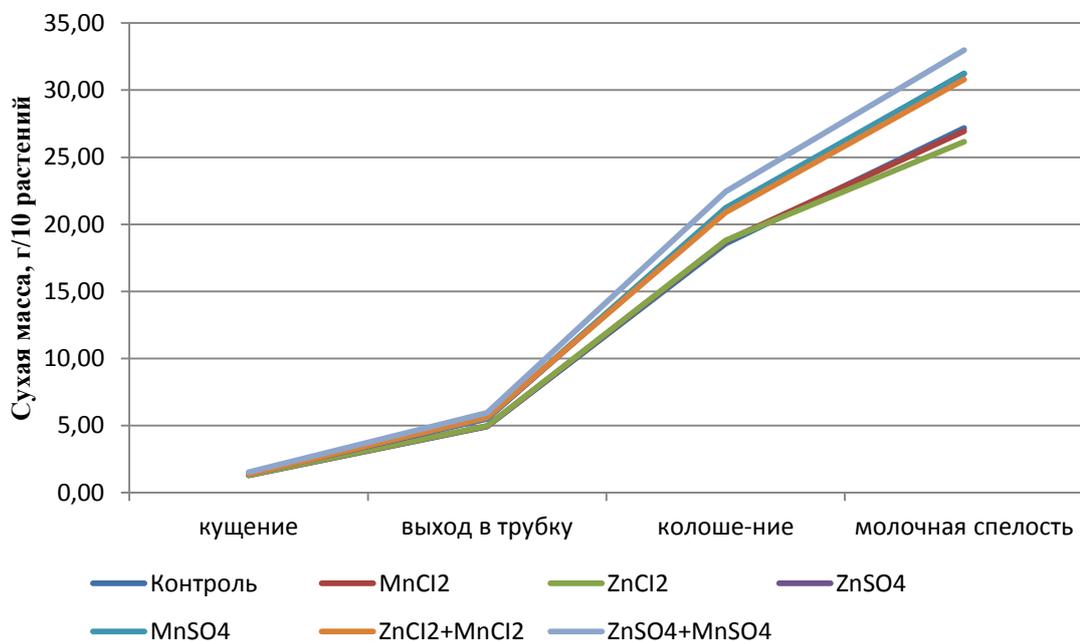


Рисунок 17 – Сухая масса растений *Triticum aestivum* на удобренном фоне (среднее за 2009-2011 гг).

4.3 Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ)

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

В наших исследованиях установлено, что продуктивность фотосинтеза колеблется по годам исследования и в течение онтогенеза яровой пшеницы (приложение 7).

В среднем по годам (рисунки 18, 19) исследований в течение индивидуального развития опытной культуры наиболее подходящие условия для продукционного процесса создавались в варианте с применением совместно сульфата цинка и сульфата марганца для предпосевной обработки семян, так как эти элементы являются синергистами, способствующими усилению физиологического эффекта одного элемента другим. 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. В фазу колошение-молочная спелость ЧПФ при предпосевной обработке семян совместно сульфата цинка и сульфата марганца на неудобренном фоне на 4,09 % выше, чем на контроле, а на удобренном фоне – на 15,02 %.

Отсутствие воздействия хлоридов на продуктивность фотосинтеза по сравнению с сульфатами обусловлено тем, что сера является макроэлементом и более энергично вступает в метаболические процессы, связанные с биосинтезом серосодержащих аминокислот, в том числе и белка, а хлор не включается в обменные процессы.

Исследования показывают, что наибольшая продуктивность фотосинтеза была получена с применением совместно сульфата цинка и сульфата марганца в благоприятном 2011 году и составляет в период кущение-выход в трубку –13,25 г/м² сутки на неудобренном фоне и 14,71 г/м² на удобренном фоне, выход в трубку-колошение –23,50 г/м²·сутки на неудобренном фоне, а на фоне минеральных удобрений 25,33 г/м²·, колошение – молочная спелость –9,50 г/м²·сутки и 11,66

г/м² соответственно.

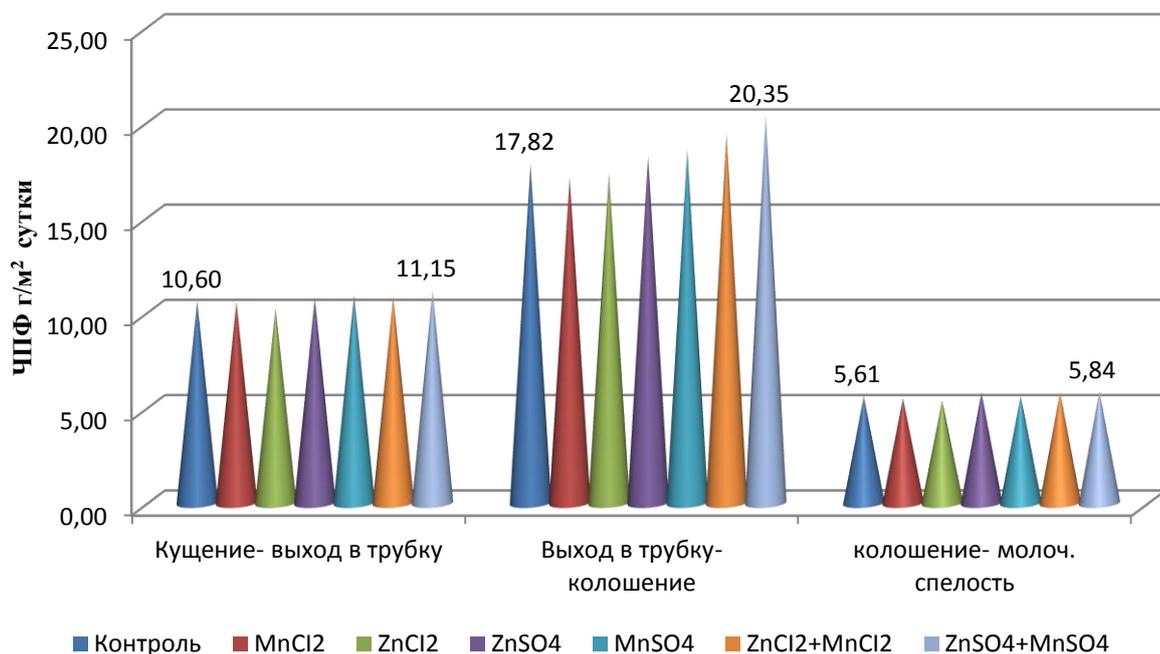


Рисунок 18 – Чистая продуктивность фотосинтеза *Triticum aestivum* на неудобренном фоне в среднем за годы исследований

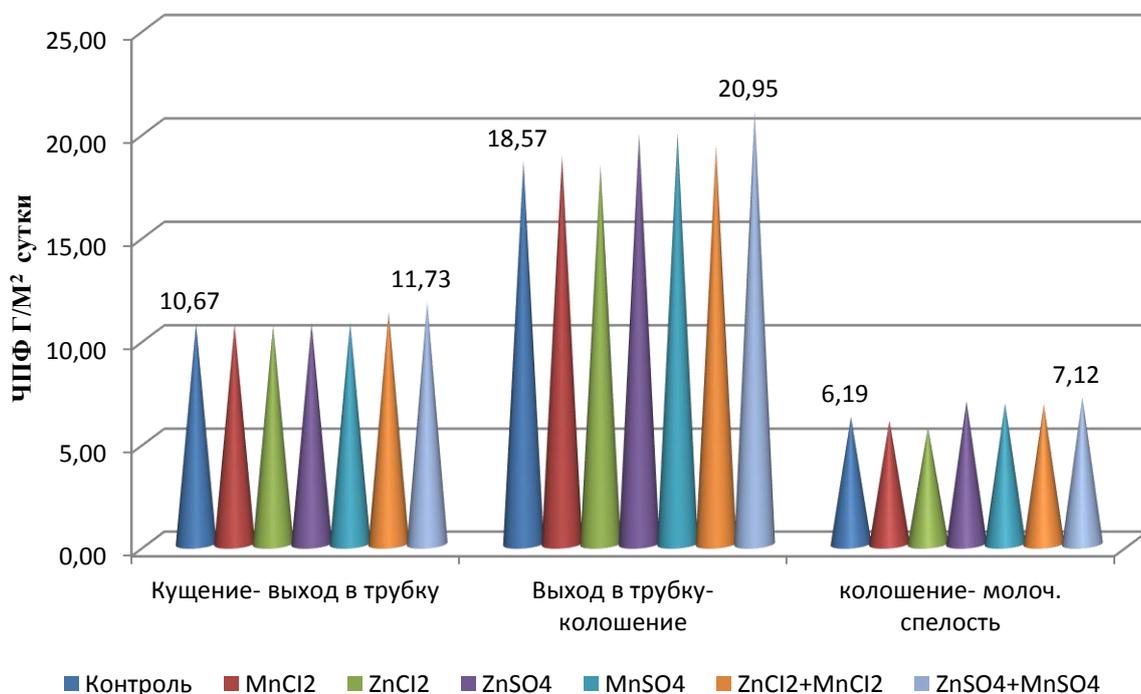


Рисунок 19 – Чистая продуктивность фотосинтеза *Triticum aestivum* на удобренном фоне в среднем за годы исследований.

Снижение продуктивности фотосинтеза наблюдалось на обоих фонах выращивания в период колошение-молочная спелость. Это связано с отмиранием листьев нижнего яруса и оттоком продуктов ассимиляции в репродуктивные органы. Применение хлорида цинка и хлорида марганца не способствовало увеличению нетто ассимиляции.

Таким образом, применение микроэлементов синергистов в виде сульфатов цинка и марганца для предпосевной обработки семян оказывает положительное действие на формирование листового аппарата *Triticum aestivum*, усиливая физиологический транспорт ассимилянтов в генеративные органы, что в конечном итоге приводит к повышению продуктивности экспериментальной культуры.

Наши исследования выявили, что это не случайные явления, а новые сильные факторы, действующие на изменение фотосинтетической деятельности в развивающемся растительном организме, часто приводящие на поздних стадиях развития растений к повышению качества зерна яровой пшеницы, что может иметь большое значение для растениеводства сельского хозяйства.

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).

2009 год: в фазу кущения – $Y = -5,029 + 0,0136X_1 + 0,338X_3$, $D = 87,67\%$, $R = 0,93$; в фазу выхода в трубку – $Y = -2,49 + 0,446X_2 + 0,17X_3$, $D = 81,35\%$, $R = 0,902$; в фазу колошения; в фазу молочной спелости – $Y = -2,333 + 0,00455X_1 + 0,056X_2$, $D = 79,40\%$, $R = 0,891$; 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.

6. ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

6.1 Урожайность

Яровая пшеница – ценнейшая зерновая культура разностороннего использования. Рост урожайности и улучшение качества зерна этой культуры – основная задача, стоящая перед сельхозпроизводителями Ульяновской области.

Синтетическим показателем, с помощью которого можно оценить влияние различных факторов на формообразовательные, ростовые, физиолого-биохимические процессы в растениях, выступает урожайность. Ее уровень определяется метеорологическими условиями, геномным потенциалом, технологиями возделывания, применением удобрений и микроэлементов.

Многими исследованиями установлено, что предпосевная обработка семян микроэлементами способствует росту урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению качества получаемой продукции, в частности марганцем и молибденом, как отмечено в работах Мальгина М.А. (1966), синергизм их действия показан Исайчевым В.А. (1997), Костиным В.И. (1999), Мударисовым Ф.А. (2001), Хованской Е.Л. (2002). Предпосевная обработка семян пшеницы сульфатом марганца в возрастающих дозах повышает урожайность и содержание белка, однако отмечается снижение содержания клейковины (Мальгин М.А., 1966); обработка соединениями марганца, цинка, борной кислотой и смесью солей способствует повышению урожайности семян Костин В.И. (2014); Фатыхов Ш., Сентемов В.В., 2010); Амиров М.Ф. (2012) и др.

Урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья имеет невысокий показатель и определяется наличием в почве влаги. Погодные условия в годы проведения полевых опытов были разными по влагообеспеченности: 2009 и 2011 - хорошо увлажненными, 2010- засушливым.

Результаты проведенных исследований (таблица 17) показали, что в 2009 году наивысшая урожайность была получена на фоне естественного плодородия

при использовании предпосевной обработки семян сульфата марганца. Урожайность культуры при данном варианте превысила контроль на 18,8 %. На удобренном фоне наибольшая прибавка урожая была получена при совместном применении сульфата марганца и сульфата цинка, превышение контрольного варианта составило 20%.



Рисунок 20 – Яровая пшеница сорта Симбирцит перед уборкой (внешний вид опыта 04.08.2011 г.

В 2010 году были экстремальные погодные условия: на фоне аномально высоких температур ощущалась острая нехватка влаги. В результате растения не смогли реализовать свои потенциальные возможности на обоих фонах выращивания даже под действием удобрений, что привело к снижению урожайности, так как удобрения, находящиеся в сухом верхнем слое почвы, остаются практически неиспользованными. Разница между контрольными вариантами составляет 0,19 т/га, что в пределах ошибки опыта. Лучшие показатели урожайности на обоих фонах выращивания отмечены на варианте с применением сульфата марганца и сульфата цинка, по-видимому, это связано с синергетическим эффектом (взаимным усилением этих d-элементов), когда действие одного иона усиливает влияние

другого. Это явление получило название синергизма.

Таблица 17 – Урожайность зерна 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			

На обоих фонах выращивания влияние хлоридов данных металлов показало отрицательные результаты. Это обусловлено тем, что ион хлора, по сравнению с ионом сульфата, менее необходим для ростовых процессов растений яровой пшеницы. «Сера же по сравнению с хлором необходима в достаточном количестве для поддержания определенного уровня окислительно-восстановительного по-

тенциала в клетке, необходимого для нормального функционирования всех ферментных систем» [цит. по Третьякову Н.Н., 2005, С. 276].

Благоприятные погодные условия 2011 года позволили получить запланированный урожай на удобренном фоне. Существенная прибавка урожайности на удобренном фоне наблюдается на варианте сульфат марганца и сульфат цинка, что соответственно на 18 % выше контроля.

В среднем за все годы исследований наивысшая урожайность в 2,37 – 2,65 т/га получена от обработки семян совместно сульфатом цинка и сульфатом марганца. На неудобренном фоне урожайность относительно контроля увеличивалась на 20,3%, на удобренном фоне – на 18,3%.

Многими исследователями установлено (Пырова С.А. (2005); Кадыров С.В., Коновалов Н.Н., 2008; Гоман Н.В. (2018)), что урожайность зерновых культур находится в прямой зависимости от элементов ее структуры (количества сохранившихся растений перед уборкой, продуктивных стеблей, величины колоса, количества и массы зерен в нем). Процесс развития структурных элементов в значительной степени зависит от используемых микроэлементов.

Анализ таблицы 18 (приложение 8,9,10,11) показывает, что предпосевная обработка семян микроэлементами привела к изменению структуры урожая.

В среднем за 3 года на неудобренном фоне количество растений, сохранившихся к уборке, возросло на 9,3-14,3%, а на удобренном фоне - на 11,5-17,1% относительно контроля. Количество продуктивных стеблей менялось в зависимости от используемых микроэлементов и минеральных удобрений: на неудобренном фоне от 300 до 354 шт/м², на удобренном от 308 до 352 шт/м². В вариантах с внесением минеральных удобрений максимальное увеличение продуктивных стеблей отмечено при обработке семян совместно сульфатом цинка и сульфатом марганца. Длина колоса увеличивалась в среднем на 0,3-0,7 см, число зерен в колосе на 0,2-1,6 шт (неудобренный фон) и на 0,2-2 шт (удобренный фон), а масса зерна в колосе возросла на 0,02-0,11 г на фоне естественного плодородия и на 0,06-0,11 г на удобренном фоне. Использование хлоридов цинка и марганца не оказало существенного влияния на количество сохранившихся и продуктивных растений.

При обработке семян микроэлементами в среднем за годы исследований намечалась тенденция к увеличению массы 1000 зерен (таблица 19). В опыте без минеральных удобрений масса 1000 зерен увеличивалась на 0,29-2,00 г, с применением удобрений – на 0,61-1,60 г.

Таблица 19 –Масса 1000 зерен сорта яровой пшеницы Симбирцит, среднее за годы

Вариант		2009 г	2010 г	2011 г	среднее
неудобренный фон	Контроль	39,43±0.86	33,17±1.48	39,11±1.34	37,24
	MnCl ₂	39,56±1.29	32,79±0.96	39,64±1.00	37,33
	ZnCl ₂	38,67±1.08	33,68±1,40	40,23±1.05	37,53
	ZnSO ₄	39,82±0.81	36,05±1.30	42,46±1.21	39,45
	MnSO ₄	40,94±0.75	35,86±0.56	41,67±1.36	39,49
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	39,82±0.94	34,26±1.12	41,99±1.01	38,69
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	40,00±1.22	35,05±0.97	42,64±1.28	39,23
удобренный фон	Контроль	40,83±0.90	33,03±1.12	42,15±1.17	38,67
	MnCl ₂	40,66±1.18	32,19±1.11	42,34±1.30	38,40
	ZnCl ₂	39,58±0.84	32,35±1.48	42,32±1.29	38,08
	ZnSO ₄	41,66±1.06	33,28±1.16	42,89±1.07	39,28
	MnSO ₄	42,42±1.10	33,28±1.30	43,13±1.35	39,61
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	42,30±1.07	33,43±0.97	42,82±1.41	39,52
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	42,74±0.95	34,55±1.13	43,51±1.17	40,27

Максимальная масса 1000 зерен отмечена в благоприятном 2011 году, оптимальные температуры и обильные осадки способствовали формированию крупного зерна. В опыте без удобрений масса зерен увеличивалась на 0,53-3,53 г, с применением удобрений – на 0,17-1,36 г

Таблица 18 – Влияние микроэлементов на элементы структуры урожайности яровой пшеницы (среднее за 2009-2011

гг.)

Вариант		Количество шт/ м ² .		количество зерен в колосе, шт.	масса зерна с одного колоса, г	длина колоса, см
		растений перед уборкой	продуктивных стеблей			
неудобренный фон	Контроль	261,0	299	20,9	0,78	7,2
	MnCl ₂	250,9	300	21,2	0,80	7,2
	ZnCl ₂	256,7	290	21,1	0,80	7,1
	ZnSO ₄	290,8	342	22,1	0,87	7,7
	MnSO ₄	287,9	341	22,4	0,89	7,8
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	285,3	331	21,8	0,85	7,5
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	298,3	354	22,5	0,89	7,9
удобренный фон	Контроль	270,1	307	21,9	0,86	7,4
	MnCl ₂	267,5	308	22,1	0,86	7,4
	ZnCl ₂	267,0	307	21,8	0,84	7,3
	ZnSO ₄	309,9	345	23,0	0,92	7,9
	MnSO ₄	313,5	351	23,9	0,96	8,0
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	301,3	340	23,7	0,95	7,7
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	316,4	352	23,8	0,97	8,2

Двухфакторный дисперсионный анализ подтверждает эффективность использования микроэлементов - синергистов для обработки семян данной культуры.

Установлена положительная корреляционная зависимость между урожайностью и элементами структуры урожайности.

Так, в 2009 году - $Y=0,471+0,0202x_2 + 0,00587x_3$, где y – урожайность зерна яровой пшеницы, т/га, x_1 - количество зерен в колосе, шт., x_2 – масса зерна с одного колоса, г, x_3 – количество продуктивных стеблей, шт./м². На урожайность в большей степени повлияло количество продуктивных стеблей, что составило – 78,68%, при общей зависимости от исследуемых факторов - $D=85,40\%$, $r=0,924$.

В 2010 году – в наибольшей степени прослеживалось влияние на урожайность массы зерна с одного колоса –36,48% и количества продуктивных стеблей 26,19%, при общей зависимости ($D=86,42\%$, $r=0,93$) и наблюдалась положительная корреляционная зависимость $Y=-0,369+0,0335x_1+0,945x_2+0,00146x_3$.

В 2011 году зависимость факторов аналогична предыдущим годам, т.е. наибольшая зависимость урожайности прослеживается от массы зерна с одного колоса, при общей зависимости ($D=91,1\%$, $r=0,954$) $Y=-2,117+5,18x_2$.

В среднем за годы исследований уравнение имеет вид:

$$Y=-0,77+3,284X_2+0,000558X_3, D=93,57\%, r=0,96.$$

6.2. Биохимические и мукомольные показатели качества зерна

Важное значения для эффективности сельскохозяйственного производства имеет решение проблемы повышения качества зерновых культур. Существенное снижение степени интенсификации зернового производства в период перестройки способствовало актуализации проблемы получения высококачественного зерна. С переходом на рыночные отношения импорт продовольственного зерна пшеницы не был оправдан. Вследствие его сокращения появились новые неподвижные проблемы, особенно для производства крупяных и макаронных изделий. В сложившихся условиях решение обозначенной проблемы видится в развитии

собственного зернового производства.

Уровень урожайности зерновых культур во многом определяется применяемой технологией их выращивания. Существенное влияние на продуктивность и качество зерна оказывают технологические приемы: сроки посева, нормы высева, обеспеченность растений элементами питания, сортовые признаки. Поэтому улучшение качества зерна пшеницы, как в настоящее время, так и на ближайшую перспективу имеет первостепенное значение в связи с интенсификацией всей отрасли производства зерна.

Перспективным высокоэффективным методом, способствующим росту урожайности и качеству зерна, является применение в технологии возделывания зерновых культур предпосевной обработки семян микроэлементами (Амиров М.Ф., 2012; Болдышева Е.П., 2014; Сорока Т.А., 2017 и др.).

Наиболее ценным компонентом пшеничного зерна является белок, вследствие этого его содержание и состав выступает важными показателями качества зерна. Считается, что чем выше содержание белка в зерне, тем лучше хлебопекарные свойства пшеницы.

Результаты проведенных исследований (таблица 20) показали, что под влиянием микроэлементов при предпосевной обработке семян происходит более интенсивное накопление белка в зерне яровой пшеницы. В среднем за годы исследований содержание белка увеличилось на 0,20-0,86 % на удобренном фоне почвы, на 0,03-0,57% на фоне минеральных удобрений. Наибольшее содержание белка получено при обработке семян сульфатом цинка и сульфатом марганца. Это обусловлено тем, что на его накопление большое влияние оказали микроэлементы в форме сульфатов цинка и марганца, так как они «являются неспецифическими активаторами ферментных систем, катализирующих отдельные звенья цепи реакций восстановления азота в растениях» [цит. Бурунов А.Н., 2011, С. 12].

Между содержанием белка и количеством осадков на протяжении вегетационного периода отмечалась устойчивая обратная зависимость. С увеличением влажности содержание накопленного белка снижалось. Выдающийся агрохимик и биохимик Прянишников Д.Н. (1965) установил, что зерно при большей влажности

беднее азотом, так как растению приходится образовывать гораздо большее число зерен при том же запасе азота в почве, что и при малой влажности.

Таблица 20 – Содержание белка в зерне яровой пшеницы сорта Симбирцит, %

Вариант		Годы исследований			Среднее
		2009г.	2010г.	2011г.	
неудобренный фон	Контроль	11,82	14,10	11,50	12,47
	MnCl ₂	12,50	14,12	11,76	12,79
	ZnCl ₂	11,90	14,45	11,65	12,67
	ZnSO ₄	12,73	14,52	11,95	13,07
	MnSO ₄	11,92	14,64	12,25	12,94
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	12,80	14,60	11,98	13,13
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	12,80	15,17	12,01	13,33
удобренный фон	Контроль	12,83	13,36	12,69	12,96
	MnCl ₂	12,77	13,90	12,16	12,99
	ZnCl ₂	12,85	14,05	12,26	13,05
	ZnSO ₄	12,98	14,08	12,70	13,26
	MnSO ₄	13,07	14,13	12,87	13,35
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	13,00	14,16	12,77	13,31
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	13,28	14,25	13,06	13,53
НСР ₀₅	Фактор А(минеральные удобрения)	0,12	0,10	0,12	
	Фактор В(микроэлементы)	0,24	0,20	0,22	

Высокая влажность 2011 года, обеспечивающая максимальный урожай яровой пшеницы за годы исследований, привела к снижению белковости зерна. Содержание белка варьировало на неудобренном фоне от 1,3 до 4,43 %, на удобренном фоне от 0,07 до 3 %, а под влиянием хлоридов цинка и марганца наблюдалось снижение содержания белка в зерне яровой пшеницы. По-видимому, это связано с тем, что ионы хлора на начальных этапах онтогенеза частично ингибируют биосинтез белка, что в последующем сказывается и на его накоплении в зерне.

Наибольшее содержание белка в зерне озимой пшеницы получено в 2010 году, когда стояла сухая, жаркая погода. Выраженное влияние на накопление белка оказала обработка семян с применением совместно сульфата цинка и сульфата марганца, где содержание белка составило 15,17 % на неудобренном фоне, и 14,25 % в варианте с внесением минеральных удобрений.

Таблица 21 – Количество и качество клейковины в зерне яровой пшеницы сорта Симбирцит

Вариант		Массовая доля клейковины, %				ИДК, еп			
		2009 г	2010 г	2011 г	сред.	2009 г	2010 г	2011 г	Сред.
неудобренный фон	Контроль	20,0	24,4	20,5	21,6	80,2	77,2	96,5	85,6
	MnCl ₂	22,4	26,5	21,4	23,4	82,8	85,8	96,8	84,9
	ZnCl ₂	20,2	26,5	21,6	22,7	82,7	81,9	96,7	85,6
	ZnSO ₄	20,8	26,3	21,5	22,8	73,5	77,8	87,6	78,2
	MnSO ₄	23,0	26,6	21,3	23,6	74,7	69,3	86,8	78,8
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	22,7	27,1	21,8	23,9	74,4	74,4	92,9	81,1
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	23,0	28,6	22,3	24,6	73,5	70,5	87,0	78,8
удобренный фон	Контроль	20,6	23,6	21,8	22,0	76,7	80,1	83,7	79,2
	MnCl ₂	23,2	24,0	22,3	23,2	85,4	75,1	92,5	87,9
	ZnCl ₂	21,8	23,9	22,2	22,6	87,4	77,3	92,9	87,4
	ZnSO ₄	24,0	24,3	22,5	23,6	81,7	73,5	83,7	81,1
	MnSO ₄	23,8	24,6	22,8	23,7	72,2	74,8	83,2	74,9
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	23,6	25,4	23,0	24,0	73,6	75,9	84,7	77,6
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	24,1	26,0	23,3	24,5	69,6	76,0	83,0	74,4
НСР 05	Для фактора А (минеральные удобрения)	0,32	0,26	0,15		0,1	0,25	0,43	
	Для фактора В (микроэлементы)	0,61	0,5	0,27		0,2	0,47	0,81	

Важным свойством зерна пшеницы является его способность образовывать белковый студень-клейковину, содержание и физические свойства которой позволяют обеспечить возможность получения муки с высокими хлебопекарными свойствами.

Процент содержания клейковины в зерне по годам исследований был наибольшим на удобренном фоне почвы по сравнению с естественным фоном. Вегетационный период 2009 года характеризовался достаточным количеством осадков и оптимальным температурным режимом для развития растений. В период вегетации 2010 года сложились экстремальные условия: недостаток влаги пе-

ред посевом, высокие температуры воздуха (до +40°C) и отсутствие осадков в летний период. Наиболее благоприятными метеорологическими условиями в период вегетации характеризовался 2011 год. Оценка содержания клейковины за три года исследований (таблица 21) показала, что исследуемые факторы повысили данный показатель 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, которая обусловлена по-видимому с синергетическим эффектом (взаимным усилением этих d-лементов).

Показателем технологических качеств клейковины выступает ее способность образовывать эластичную структуру мякиша под воздействием газообразования. Нами использован критерий упругости клейковины – ИДК (индекс деформации клейковины). Результаты проведенных исследований показали, что за три года предпосевная обработка семян способствовала формированию клейковины, свойственной зерну пшеницы, относимой ко второй группе качества.

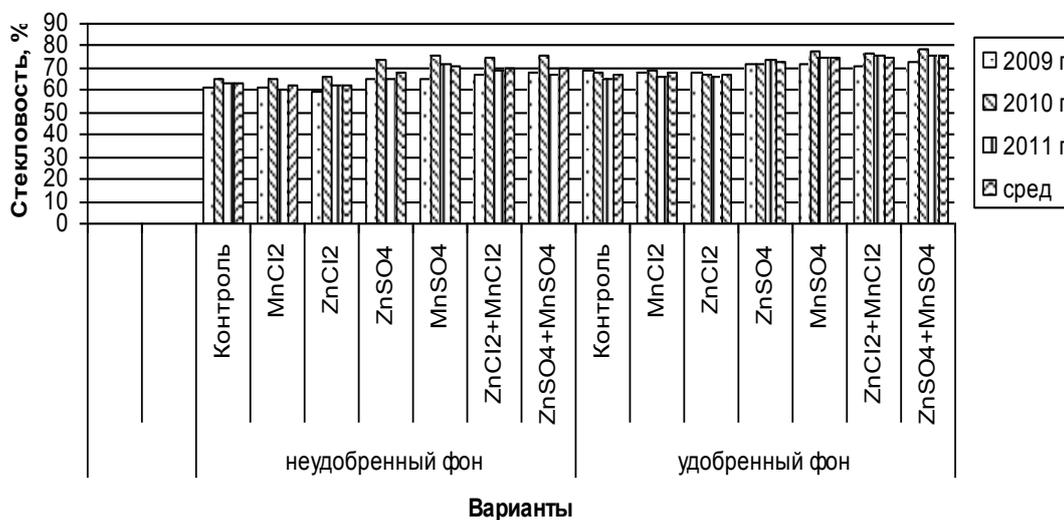


Рисунок 21 – Стекловидность зерна яровой пшеницы сорта Симбирцит, % (среднее за 2009-2011гг.)

Значимым показателем качества зерна, определяющим технологические свойства муки и характеризующим консистенцию эндосперма, является стекло-

видность (рисунок 21). В среднем за годы исследований наилучшая стекловидность отмечена на удобренном фоне в варианте с применением совместно сульфата цинка и сульфата марганца и составила 76 %. На фоне естественного плодородия стекловидность также возрастает и варьирует в пределах от 62 до 71%.

Таблица 22 – Натурная масса зерна яровой пшеницы сорта Симбирцит, г/л

Вариант		Натурная масса, г/л			среднее
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	
неудобренный фон	Контроль	751,3	687,3	735,0	724,6
	MnCl ₂	752,7	677,7	736,7	722,3
	ZnCl ₂	751,3	685,0	736,3	724,2
	ZnSO ₄	768,7	691,0	740,3	733,3
	MnSO ₄	754,0	690,7	739,3	728,0
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	763,3	688,3	746,3	732,7
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	767,3	696,3	745,7	736,4
удобренный фон	Контроль	755,3	672,0	747,7	725,0
	MnCl ₂	754,7	674,3	746,3	725,1
	ZnCl ₂	754,7	673,3	746,7	724,9
	ZnSO ₄	761,0	677,3	754,0	730,8
	MnSO ₄	764,7	686,0	752,0	734,2
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	763,3	680,3	747,7	730,4
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	779,7	684,0	756,7	740,1
НСР ₀₅	Фактор А (минеральные удобрения)	2,48	2,48	2,06	
	Фактор В (микроэлементы)	4,64	4,65	3,86	

Натура зерна – масса единицы объема, один из неизменных показателей в системе классификации зерна, который служит косвенным критерием его муко-

мольных достоинств. Натурная масса зерна зависит от погодных-климатических условий, фона выращивания и применяемых микроэлементов. В благоприятные 2009, 2011 годы предпосевная обработка семян микроэлементами способствовала увеличению натурной массы зерна (таблица 22).

В среднем за годы исследований предпосевная обработка семян микроэлементами оказала незначительное влияние на выполненность зерна. Натурная масса: на удобренном фоне повышалась на 2,3-11,8 г/л, на удобренном фоне – на 0,1-15,1 г/л.

Рассчитанные нами результаты показывают, что данные сульфатные соединения проявляют аддитивность $K_{вз} = 0$. Коэффициент синергизма равен нулю, это значит, происходит сложение эффектов.

Таким образом, применяемые для предпосевной обработки семян яровой пшеницы микроэлементы оказывали положительное влияние на показатели качества зерна, что обусловлено действием микроэлементов-синергистов, которые активируют процессы, связанные с биосинтезом и накоплением белка в зерне яровой пшеницы.

ГЛАВА 6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

7.1. Энергетическая эффективность

В современных условиях сельскохозяйственного производства, характеризующимися диспаритетом цен на средства производства (техника, удобрения, ГСМ, средства защиты, хранение) и переработку продукции растениеводства, необходимостью сохранения природы, основным направлением эффективной деятельности товаропроизводителей является освоение низкзатратных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Разработка и теоретическое обоснование данных современных агротехнологических приемов – один из важных резервов снижения материальных затрат на производство зерна.

Наука и практика в настоящее время располагает обширным материалом, доказывающим экономическую эффективность применения предпосевной обработки семян микроэлементами в технологии возделывания сельскохозяйственных культур (Болдышева Е.П., 2016; Мазунина Н.И., 2016; Хакимов Р.А., 2016;. Костин В.И., 2003; Исайчев В.А., 2005).

Расчеты энергетической эффективности возделывания яровой пшеницы показали, что затраты техногенной энергии по вариантам опыта на неудобренном фоне составили от 19719,22 МДж/га на контроле и до 20053,76 МДж/га на варианте с использованием совместно сульфата марганца и сульфата цинка, на фоне минеральных удобрений они были значительно выше – от 28377,67 МДж/га до 28720,52 МДж/га соответственно (таблица 23).

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 и снижению её при применении хлорида цинка. Наибольший коэффициент энергетической эффективности на фоне естественного плодородия составил 1,87–1,94, на

удобренном фоне – 1,45–1,52, что является наиболее энергетически выгодным приемом повышения урожайности. Сопоставление коэффициентов энергетической эффективности на различных фонах показывает их увеличение на неудобренном фоне. Возможно, снижение энергетической эффективности произошло вследствие формирования низкой урожайности из-за недостатка влаги в почве в период вегетации культуры и малой эффективности удобрений.

Таблица 23 - Энергетическая эффективность возделывания яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян микроэлементами (2009-2011 гг.)

Вариант		Затраты энергии, МДж/га	Урожайность, т/га	Содержание энергии в урожае, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Неудобренный фон	Контроль	19719,22	1,970	32410,05	1,64
	MnCl ₂	19729,83	1,980	32574,56	1,65
	ZnCl ₂	19713,22	1,960	32245,53	1,64
	ZnSO ₄	19954,09	2,250	37016,55	1,86
	MnSO ₄	19945,78	2,240	36852,03	1,85
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	19970,70	2,270	37345,59	1,87
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	20053,76	2,370	38990,77	1,94
Удобрённый фон	Контроль	28377,67	2,240	36852,03	1,30
	MnCl ₂	28388,29	2,250	37016,55	1,30
	ZnCl ₂	28379,98	2,240	36852,03	1,30
	ZnSO ₄	28604,24	2,510	41294,02	1,44
	MnSO ₄	28612,54	2,520	41458,54	1,45
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	28604,24	2,510	41294,02	1,44
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	28720,52	2,650	43597,27	1,52

Анализ структуры затрат позволяет выявить наиболее энергоемкие операции технологий и долю той или иной категории ресурсов с целью последующей

их оптимизации. Нами определена структура затрат как по видам ресурсов, так и по отдельным элементам технологий (рисунки 22, 23).

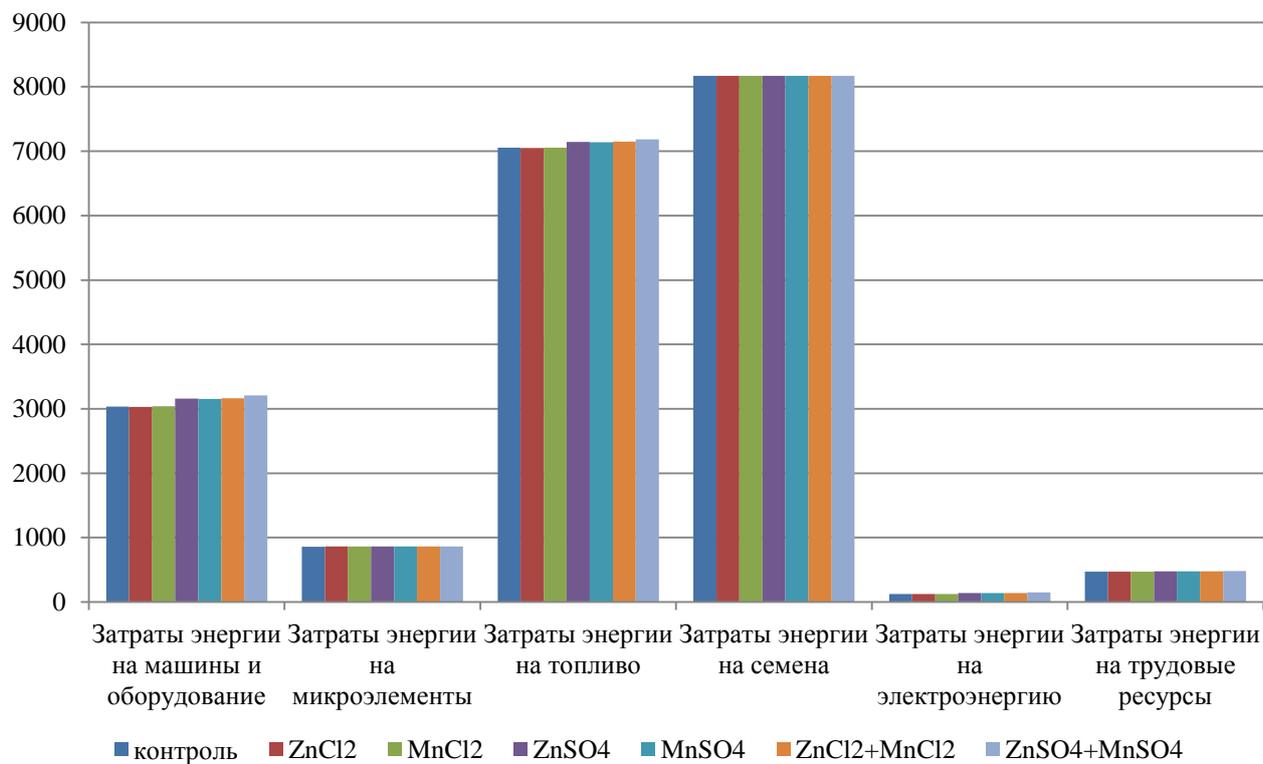


Рисунок 22 – Структура затрат энергии по статьям расходов на удобренном фоне

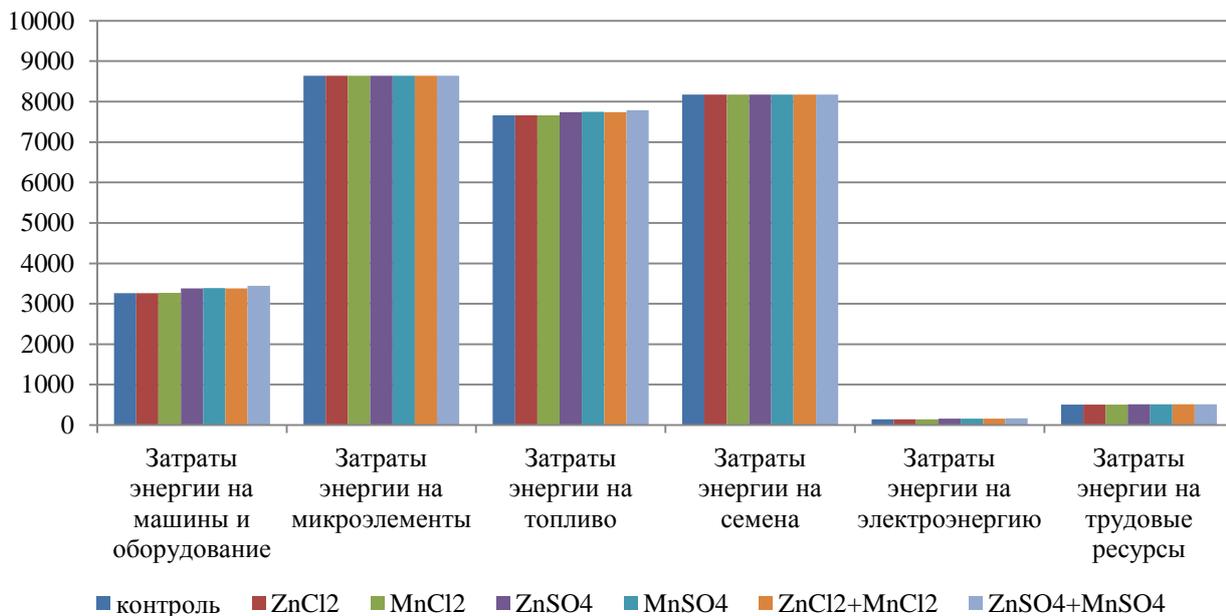


Рисунок 23 – Структура затрат энергии по статьям расходов на удобренном фоне

Наибольший удельный вес занимают семена – 28,5-41,5 %, минеральные удобрения и микроэлементы – 4,3-30,4 % и топливо – 27,0-35,8 %. На минеральные удобрения и микроэлементы требуется 8,64 ГДж/га. Достаточно высокая доля затрат приходится на семена – 8,17 ГДж/га. На долю основных средств производства приходится от 11,5 до 16,0 % затрат энергии. Трудовые ресурсы и электроэнергия составляют в сумме не более 2,5 % от общих затрат энергии на возделывание культуры.

Анализ биоэнергетической оценки технологий возделывания яровой пшеницы показывает, что применение сульфата цинка совместно с сульфатом марганца позволяет получать прибавку урожая при относительно небольших энергетических затратах, наиболее энергетически эффективным является вариант с использованием сульфата цинка совместно с сульфатом марганца (энергетический коэффициент –1,94), доля затрат при использовании изучаемых микроэлементов не превышает 0,5% от общих энергетических затрат.

7.2. Экономическая оценка

Чтобы оценить экономическую эффективность производства зерна, используют систему натуральных и стоимостных показателей, которые характеризуют соотношение достигнутого результата и затрат производственных, материальных и трудовых ресурсов. К основным показателям, характеризующим эффективность зернового производства, относятся урожайность (т/га), стоимость продукции с 1 га (руб.), производственные затраты на 1 га (руб.), затраты труда на 1 га или на 1 ц (чел-час), себестоимость 1 ц продукции (руб.), условный чистый доход на 1 га (руб.), уровень рентабельности (%). Указанные показатели рассчитаны нами на основе технологических карт и отражены в таблице 26.

Таблица 24 - Экономическая оценка использования микроэлементов при возделывании яровой пшеницы среднее за годы (2009-2010 гг.)

Показатели	Неудобренный фон						
	Контроль	MnCl ₂	ZnCl ₂	ZnSO ₄	MnSO ₄	ZnCl ₂ +MnCl ₂	ZnSO ₄ +MnSO ₄
Урожайность, т/га	1,97	1,98	1,96	2,25	2,24	2,27	2,37
Стоимость продукции, руб./т	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
с 1 га, руб.	23640	23760	23520	27000	26880	27240	28440
Производственные затраты на 1 га, руб.	9254,18	9255,60	9252,76	9293,89	9292,47	9298,21	9311,94
Затраты труда, чел-час на 1 га на 1 т	7,88	7,88	7,88	7,91	7,91	7,91	7,93
	4,00	3,98	4,02	3,52	3,53	3,49	3,34
Себестоимость 1 т, руб.	5637,06	5609,45	5664,95	4956,74	4978,11	4915,35	4714,90
Условный чистый доход, руб./га	12534,99	12653,29	12416,69	15847,34	15729,04	16082,15	17265,68
Уровень рентабельности, %	112,9%	113,9%	111,8%	142,1%	141,1%	144,1%	154,5%
	Удобренный фон						
Урожайность, т/га	2,24	2,25	2,24	2,51	2,52	2,51	2,65
Стоимость продукции, руб./т	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
с 1 га, руб.	26880	27000	26880	30120	30240	30120	31800
Производственные затраты на 1 га, руб.	14674,63	14679,01	14676,55	14713,81	14716,40	14715,36	14733,80
Затраты труда, чел-час на 1 га на 1 т	8,26	8,26	8,26	8,30	8,30	8,30	8,31
	3,69	3,67	3,69	3,30	3,29	3,30	3,14
Себестоимость 1 т, руб.	7861,41	7828,81	7862,44	7034,49	7007,81	7035,23	6671,91
Условный чистый доход, руб./га	9270,45	9385,18	9268,14	12463,43	12580,32	12461,56	14119,44
Уровень рентабельности, %	52,6%	53,3%	52,6%	70,6%	71,2%	70,6%	79,9%

Прямые затраты устанавливались по расценкам для производственных условий Ульяновской области.

Анализ таблицы показывает, что в среднем за годы исследований при использовании микроэлементов выход продукции в стоимостном выражении увеличивается на неудобренном фоне с 23640 до 28440 руб./га, на удобренном фоне – с 26880 до 31800 руб./га.

Затраты труда изменялись незначительно и колебались от 3,34 до 4,02 чел – час/т зерна. Производственные затраты изменялись в зависимости от уровня урожайности и применения микроудобрений. На неудобренном фоне они составляли 9254,18 руб./га на контроле, и увеличивались до 9311,94 руб./га на опытных вариантах, на удобренном фоне от 14674,63 руб./га до 14733,80 руб./га. Следует отметить, что использование микроэлементов на контрольном варианте повышает производственные затраты до 58,2-58,6% по сравнению с неудобренным фоном. Данный факт обусловлен достаточно высокой стоимостью минеральных удобрений и затратами на их внесение.

Условный чистый доход повышается на обоих фонах выращивания. Однако применение сульфатов способствовало большему повышению условно чистого дохода и, как следствие, рентабельности.

Расчет экономической эффективности свидетельствует об экономической выгоды применения предпосевной обработки семян яровой пшеницы микроэлементами-синергистами, которая способствует росту уровня рентабельности производства зерна на 28,2-41,6% без применения удобрений, на 18-27,3 % в случае внесения минеральных удобрений. Наиболее рентабельной является обработка семян при совместном применении сульфата цинка и сульфата марганца на обоих фонах выращивания. На этих вариантах наблюдался максимальный прирост урожайности.

Таким образом, обработка микроэлементами-синергистами является экономически и энергетически выгодным агроприемом в технологии возделывания яровой пшеницы.

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. Увеличилась 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 на 0,14 т/га. Считаем, что это обусловлено влиянием сульфат-аниона. На урожайность оказали влияние и погодные условия. Наибольшая продуктивность получена в более благоприятный 2011 год.

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 – на 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 сочетании 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 показывает, 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 цитируемой литературы

1. Абуталыбов, М. Г. Влияние бора и марганца на процесс фотосинтеза / М. Г. Абуталыбов, Н. Самедова // Уч. Зап. Азербайджанского гос. ун-та .- 1953. - Вып. 6. - С. 71-79.
2. Абуталыбов, М. Г. Значение марганца в окислительно – восстановительных процесса в растительном организме / М. Г. Абуталыбов, И. М. Бунятов, А. А. Морданов // Уч. зап. Азербайджанского гос. ун – та .- 1956 .- Вып. 9. - С. 47 -58.
3. Аваева, С. М. Взаимное активирование центров в олигомерных структурах неорганических пирофосфатов / С. М. Аваева // Биохимия. – 2000. - Т. 65, № 3. - С. 428 – 441.
4. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области. Коллективная монография. - Ульяновск: ГАУ, 2017. - 448 с.
5. Аллахвердиев, С. И. Определение числа атомов марганца, функционирующих в донорной части фотосистемы II / С. И Аллахвердиев , А. В. Клеваник, В. В. Климов и др. // Биофизика . – 1983 . - Т. 28, №. 1 . – С. 5 – 8.
6. Амиров, М.Ф. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами на урожайность и качество зерна яровой пшеницы /М.Ф. Амиров // Вестник Казанского аграрного университета.- 2012, - Т. 7. - № 2(24). - С.85-87.
7. Амиров, М. Ф. Предпосевная обработка семян микроэлементами и качество зерна яровой пшеницы / М. Ф. Амиров, А. М. Амиров // Агрехимический вестник. – 2007. – № 4. – С. 16-17.
8. Андреев, Н. Н. Влияние пектина и микроэлементов на аминокислотный состав семян гороха / Н. Н. Андреев // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2000. – № 1. – С. 17-20.
9. Анспок, П. И. Совершенствование способов применения микроэлементов в растениеводстве / П. И. Анспок // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. – Самарканд: Самаркандский гос. ун-т, 1990. – С. 115-116.
10. Анспок, П. И. Микроудобрения. Справочная книга / П.И. Анспок. – Л.: «Колос» (Ленингр. отд-ние), 1978. – 272 с.

11. Базаров, Е. И. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства / Е. И. Базаров, Е. В. Глинка, А. А. Мамонтова. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – 44 с.
12. Балашов, В. В. Эффективность предпосевной обработки семян нута микроудобрениями на каштановых почвах Волгоградской области / В. В. Балашов, А. В. Балашов, И. А. Васина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2015. - № 2(38). - С. 18-22.
13. Бараев, А. И. Яровая пшеница / А. И. Бараев, Н. М. Бакаев, М. Л. Веденеева и др. – М.: Колос, 1978 . – 250 с.
14. Баславская, С.С. Влияние хлористых солей на распад крахмала в растениях / С.С. Баславская // Ученые записки МГУ. Ботаника- вып. 36. – 1940. – С.51-56.
15. Содержание металлов в органах зерновки и рост корней кукурузы при прорастании / Н. П. Битюцкий [и др.] // Физиология растений. -1999. - № 3. - С.495-499.
16. Благовещенский, А. В. О влиянии хлорного иона на содержание хлорофилла и фотосинтез у картофеля / А. В. Благовещенский, С. С. Баславская // Бюллетень Московского общества испытателей природы. – 1936. – т. 45. – № 6. – С. 410-418.
17. Болдышева, Е. П. Бионергетическая и экономическая эффективность применения макро и микроудобрений при возделывании озимой ржи в условиях лесостепи Западной Сибири / Е. П. Болдышева., И. А. Бобренко, Н. В. Гоман // Агрометеорология и сельское хозяйство. История, значение и перспективы: Сборник Национальной научно-практической конференции, посвященной 100-летнему юбилею со дня образования учебной лаборатории агрометеорологии. - 2016. - С. 157-161.
18. Болдышева, Е. П. Эффективность обработки семян медью, цинком и марганцем при возделывании озимой ржи на лугово-черноземной почве в услови-

ях Западной Сибири / Е. П. Болдышева, И. А. Бобренко, Н. В. Гоман // Омский научный Вестник. – 2015. – № 1(138). – С. 142-144.

19. Бондарева, Т. Н. Влияние воздушно-теплового обогрева и обогащения Мп семян риса на рост, развитие и фотосинтез растений/ Т. Н. Бондарева, Н. Н. Дмитриенко, А. Х. Шеуджен // Агрoхимия. – 2005. – № 10. – С. 53-58.

20. Бровкин, В. И. Как повысить урожай озимой пшеницы / В. И. Бровкин, С. Ф. Соколенко // Защита и карантин растений. – 2010. – № 11. – С. 20-22.

21. Булдыкова, И. А. Влияние микроудобрений на урожайность и структуру урожая кукурузы в условиях Краснодарского края / И. А. Булдыкова // Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию кафедры агрономической химии Кубанского государственного аграрного университета и памяти академика В. Г. Минеева «Энтузиасты аграрной науки». – 2017. – С.86-90.

22. Бурунов, А.Н. Эффективность применения микроэлементного удобрения «МЕГАМИКС» на яровой пшенице/ А.Н. Бурунов // Нива Поволжья . – №1(18). –2011.

23. Васильев, О. А. Влияние некорневой подкормки микроэлементами на урожайность и качество зерна яровой пшеницы на серых лесных почвах Чувашии / О. А. Васильев, А. Н. Смирнова // Вестник БГАУ. – № 1. – 2015. – С.11-15.

24. Васильева, И. М. Влияние микроэлементов бора, молибдена, меди и цинка на водный режим листьев красного клевера / И. М. Васильева, А.В. Старцева // Известия Казанского филиала АН СССР, сер. биол. – 1959. – № 7. – С. 39-47.

25. Васин, В.Г. Растениеводство: Учебное пособие / В.Г. Васин, А.В. Васин, Н.Н. Ельчанинова. - изд. 2-е, доп. и перераб. - Самара: РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.

26. Васин В.Г. Влияние предпосевной обработки препаратами Мегамикс на показатели фотосинтетической деятельности посевов и урожайность яровой пшеницы / В.Г. Васин, А.Н. Бурунов //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование, –2015. –№1(37). –С.21-25.

27. Вафина, Э. Ф. Реакция овса сорта Аргмак на предпосевную обработку семян микроэлементами / Э. Ф. Вафина, И. Ш. Фатыхов., В. Г. Колесникова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 17-18.

28. Верниченко, И. В. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы и тритикале соединениями селена, кремния и цинка на поглощение растениями меченного нитратного азота в стрессовых условиях выращивания / И. В. Верниченко, Л. В. Осипова, П. А. Яковлев, И. А. Быковская, В. А. Литвинский // Агрохимия. – 2017. – № 3. – С.10-19.

29. Власюк, П. А. Микроэлементы в обмене веществ растений / П. А. Власюк, В. А. Жидков, В. И. Ивченко, К. Д. Каракис и др. - Киев: Наукова думка. - 1976 . – 208 с.

30. Власюк, И. И. Предпосевная обработка семян кукурузы микроэлементом в смеси с протравлением / И. И. Власюк, В. И. Шкоденко // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине: Материалы всесоюзного совещания. – Киев. – 1963. – С.206-208.

31. Власюк, П. А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений / П. А. Власюк. – Киев: Наукова думка. – 1969 . – 326 с.

32. Власюк, П. А. Марганец в полярно размещенных частях пшеницы и кукурузы / П. А. Власюк, Л. Д. Ленденская // Физиология растений. – 1958 . – Т. 5. – № 6 . – С. 488-493.

33. Власюк, П. А. Микроэлементы в обмене веществ растений / П. А. Власюк, В. А. Жидков, В. И. Ивченко, К. Д. Каракис и др. - Киев: Наукова думка, 1976 . – 208 с.

34. Власюк, П. А. Роль корневой системы в процессах передвижения и превращения марганца в растениях / П. А. Власюк, З. М. Климовицкая, К. П. Визир // Изв. АН СССР. –1960 . – № 6 . – С. 865- 873.

35. Власюк, П. А. Физиологическое значение марганца в жизни растений / П. А. Власюк, З. М. Климовицкая // Изв. АН СССР. – 1961. – № 5. – С. 741-759.

36. Власюк, П. А. Физиологическое значение марганца для роста и развития растений / П. А. Власюк, З. М. Климовицкая. – М.: Колос, 1969. – 160 с.

37. Власюк, П. А. Изучение биологической роли микроэлементов в жизни растений / П. А. Власюк // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. – Киев, 1969. – С. 3-8.
38. Власюк, П. А. Содержание марганца в полярно-размещенных частях органов пшеницы и кукурузы / П. А. Власюк, Л. Д. Ленденская // Физиология растений. – 1958. – Т.5. – № 6. – С. 448-493.
39. Воробьев, С. А. Земледелие: учебник / С. А. Воробьев, А. Н. Каштанов, И. П. Макаров; под ред. С. А. Воробьева.- М.: Агропромиздат, 1991.- 527 с.
40. Гедзь, С. М. Влияние марганца и меди на содержание хлорофилла и его связь с белково-липидным комплексом пластид растений картофеля / С. М. Гедзь // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений. – Киев, 1984. – С. 77-79.
41. Гайсин И.А. Макро-и микроудобрения в интенсивном земледелии. – Казань: Тат.книжное изд-во, 1989. – 126 с.
42. Гирфанов, В. Г. Влияние микроэлементов на зимостойкость и продуктивность озимых культур / В. Г. Гирфанов // Физиология и биохимия культурных растений . – 1978 . – № 4 . – С. 375-382.
43. Гоман, Н. В. Влияние микроудобрений на структуру урожая озимой пшеницы / Н. В. Гоман, В. И. Попова, И. А. Бобренко // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 6. – С. 114-117.
44. Гоман, Н. В. Влияние обработки семян микроудобрениями на продуктивность озимой тритикале на лугово-черноземной почве в условиях Омской области / Н. В. Гоман, Е. Ю. Павлова, В. П. Кормин // Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов: сборник I региональной (заочной) научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся, посвященной 100-летию Омского государственного аграрного университета, 2018. – С. 362-367.
45. Городний, Н. М. и др. Содержание микроэлементов в почвах УССР и эффективность микроудобрений / Н. М. Городний, Н. Ф. Вовкотруб, В. А. Куро-

едов // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. – Самарканд, 1990. – С.142-144.

46. Григорович, В. И. Распределение хлорофилла и марганца по частицам хлоропластов и их фотохимическая активность / В. И. Григорович, Н. И. Захарова, В. М. Куртин // Биофизика. – 1971. – № 1. – С. 260-264.

47. Гусейнов, Б. З. Влияние бора и марганца на обмен веществ., рост и развитие некоторых древесных пород и технических культур / Б. З. Гусейнов // Тез. докл. 3-го Всесоюзного совещания по микроэлементам. – Баку, 1958 . – С. 132-133.

48. Давлетияров, М.А. Продуктивность риса в зависимости от обеспеченности марганцем на лугово-черноземовидных почвах Краснодарского края: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидат наук. – Алмалыбак, 1988. – 19 с.

49. Дао, Хыу Дык Влияние предпосевной обработки семян и микроэлементов на урожайность и качество плодов сладкого перца в защищенном грунте: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – М., 2004. – 12с.

50. Дауренбекова, Ш. Ж. Некоторые свойства частично очищенной сахаросинтазы созревающего зерна пшеницы / Ш. Ж. Дауренбекова, О. В. Фурсов, М. Ф. Просалова // Физиология и биология культурных растений . – 1989 . – Т. 21. – № 2 . – С. 186-192.

51. Демчинская, М.И. Влияние анионов Cl , SO_4 и CO_3 на фракционный состав белка кукурузы / М.И. Демчинская // Бюллетень Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени НИИ удобрений и агропочвоведения имени Д.Н. Прянишникова. –1969. – № 8. – С. 94-97.

52. Добролюбский, О. К. Микроэлементы в сельском хозяйстве / О. К. Добролюбский. – М., 1956. – 64 с.

53. Добролюбский, О. К. Предпосевная обработка семян микроэлементами / О. К. Добролюбский // Природа. – 1958. – № 2. – С.78-82.

54. Дозоров, А. В. Влияние хелатов и пектиновых веществ на посевные качества семян / А. В. Дозоров, В. А. Исайчев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1998. – № 5. – С. 57-59.
55. Дозоров, А. В. Практикум по растениеводству. – Ульяновск, ГСХА. – 2002. – 403 с.
56. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований: учебник / Б. А. Доспехов. – М.: ИД Альянс. – 2011. – 352 с.
57. Есаулко, А. Н. Влияние микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, А. Ю. Олейников // Агрехимический вестник. – 2011. – № 4. – С. 10-12.
58. Есаулко, А. Н. Эффективность микроудобрений Микромак и Микроэл в посевах озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко [и др.] // Плодородие. – 2010. – № 1. – С. 24-26.
59. Жориков, Е. А. Эффективность применения микроудобрений на серой лесной почве / Е. А. Жориков // Труды Алтайского СХИ. – 1966. – Вып. 9. – С. 63-69.
60. Ионова, Л. П. Влияние некорневой подкормки цинком на физиологические процессы сельскохозяйственных культур на почвах поймы и дельты Волги / Л. П. Ионова // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 2. – С. 37-39.
61. Ионова, Л. П. Влияние некорневых подкормок марганцем и цинком на сорта гороха с различным вегетационным периодом / Л. П. Ионова // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 11. – С. 20-25.
62. Исаев, Ю. М., Влияние микроэлементов на формирование урожайности озимой пшеницы / Ю. М. Исаев, А. И. Семашкина, Н. М. Семашкин, В. И. Ермолаева, Е. С. Дьячкова // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 10-2. – С. 251-252.
63. Исайчев, В. А. Влияние макро- и микроэлементов в их взаимодействии на физиолого-биохимические процессы и продуктивность растений яровой пшеницы: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических

наук / В. А. Исайчев. – Казань, 1997. – 148 с.

64. Исайчев, В. А. Влияние пектина и микроэлементов на эффективность производства озимой пшеницы / В. А. Исайчев, Н. В. Климова // Аграрная наука. – 2005. – № 5. – С. 57-60.

65. Кабата–Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях /А. Кабата–Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 440 с.

66. Кадыров, С. В. Влияние предпосевной и некорневой обработки микроудобрениями и регуляторами роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / С. В. Кадыров, Н. Н. Коновалов // Аграрная Россия. – 2008. – №4. – С. 55-56.

67. Каракис, К. Д. и др. Особенности поглощения цинка, ростовой и биохимической отзывчивости к нему культур, различающихся по потребности в этом элементе / К. Д. Каракис // Регуляция минерального питания растений. – Кишинев, – 1989. – С.140-142.

68. Каракис, К. Д. Прочность связывания катионов металлов – микроэлементов различными компонентами клеточных оболочек корня / К. Д. Каракис, Э. В. Рудакова, Т. Н. Сидоршина и др. // Физиология и биохимия культурных растений . – 1989. – Т. 21. – № 2. – С. 129-135.

69. Катылымов, М. В. Влияние кислотности почвы на поступление марганца в растения / М. В. Катылымов // Докл. АН СССР. – 1950. – Т. LXXI . – С. 1093-1096.

70. Катылымов, М. В. Микроэлементы и их роль в повышении урожайности / М. В. Катылымов. – Государственное научно-техническое издательство химической литературы. – М., 1957. – 64 с.

71. Климовицкая, З. М. Значение марганца в дыхании растений / З. М. Климовицкая, Л. М. Прокопивинок, З. И. Лобанова // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. – Киев, 1969 . – С. 19 – 28.

72. Ковальский, В. В. Краткий обзор результатов исследований по проблемам микроэлементов за 1981г. / В. В. Ковальский, А. Ф. Ноллендорф, В. В. Упитис // Микроэлементы в СССР. – 1983. – № 24. – С. 3-45.

73. Ковальский, В. В. Краткий обзор результатов исследований по проблемам микроэлементов за 1982 г. / В. В. Ковальский, А. Ф. Ноллендорф, В. В. Упитис // Микроэлементы в СССР. – 1984. – № 25. – С. 3-41.

74. Ковальский, В. В. Микроэлементы в растениях и кормах / В.В. Ковальский. – М.: Колос, 1971. – 236 с

75. Ковальчук, М. И. Поглощение микроэлементов корневыми системами различных сельскохозяйственных культур / М. И. Ковальчук, О. Т. Красина // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений. . - Киев: Наукова думка, 1984 . - С. 49 – 54.

76. Ковзунова, О. В. Влияние наночастиц металлов на протеомный статус представителей рода *Silene L.* / О. В. Ковзунова, А. А. Эрнст, С. Г. Азизбеян // Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Центрального ботанического сада НАН Беларуси «Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира». – 2017. – С. 230-233.

77. Коломейченко, В.В. Растениеводство / В.В. Коломейченко // учебник. –Москва: Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.

78. Коренев, Г. В. Растениеводство / Г. В. Коренев, В. А. Федотов, А. Ф. Попов, В. Е. Шевченко. – М.: Колос, 1999. – 368с.

79. Корепанов, Е. В. Влияние предпосевной обработки семян микроудобрениями на фотосинтетическую деятельность растений льна-долгунца Восход в Среднем Предуралье / Е. В. Корепанова, И. Ш. Фатыхов, В. Н. Гореева // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 6. – С. 8-10.

80. Корзюк, О. В., Домаш В. И. Адаптогенное действие наномикроэлементов при воздействии ионов хлора на растения люпина узколистного / О. В. Корзюк., В. И. Домаш // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 2-1. – С.50-54.

81. Корякина, В. Ф. Микроэлементы на сенокосах и пастбищах / В.Ф. Корякина. – Л.: Колос, 1974. – 168 с.

82. Костин В. И, Исайчев В.А., Ошкин В.А. Изучение взаимодействия микроэлементов и мелафена на технологические качества корнеплодов сахарной свёклы / В. И. Костин, В. А. Исайчев, В. А. Ошкин // Вестник РАЕН. – 2014. – № 4. – С.64-70.

83. Костин, В.И.,. Использование пектина амаранта для регуляции адаптивных реакций растений озимой пшеницы и гороха к неблагоприятным факторам среды / В.И. Костин, Е.Н. Офицеров, В.А. Исайчев и др. // Третий Международной симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования» - Пушино, - 1999. - Т.1. С. 75-77.

84. Костин, В. И. Теоретические и практические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур физическими и химическими факторами / В. И. Костин. – Ульяновск, 1998. – 120 с.

85. Костин, В. И. Агроэнергетическая оценка применения макро- и микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы / В. И. Костин, В. А. Исайчев // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ю.А. Усманова «Роль средств химизации в повышении продуктивности агроэкосистем». – Уфа: Башкирский ГАУ, 2003. – С. 45-48.

86. Костин, В. И. Влияние микроэлементов-синергистов на хлебопекарные свойства зерна озимой пшеницы / В. И. Костин, Ф. А. Мударисов, А. И. Кривова // Вестник РАЕН. – 2014. – № 6. – С. 54-57.

87. Костин, В. И. Влияние обработки семян физическими и химическими факторами на физиологические процессы, урожайность и качество сельскохозяйственных растений: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук в форме научного доклада. – Кинель, 1999. – 86 с.

88. Костин, В. И. Обработка семян яровой пшеницы микроэлементами / В. И. Костин // Информационный листок ЦНТИ. – 1993. – № 271. – С.93.

89. Костин, В. И. Перспективы использования регуляторов роста нового поколения и микроэлементов-синергистов в технологии возделывания сахарной свёклы / В. И. Костин, А. В. Дозоров, В. А. Исайчев // Сборник трудов Междуна-

родной научно-технической конференции имени Леонардо да Винчи. – Берлин, 2014. – № 2. – С. 46-56.

90. Кретович, В. Л. Биохимия / В. Л. Кретович. – М.: Высшая школа, 1986. – 503 с.

91. Кудашкин, М. И. Содержание микроэлементов в почвах Мордовии / М. И. Кудашкин, В. С. Альчин // Химия в сельском хозяйстве. – 1991. – № 2. – С.43-47.

92. Кузнецов, В. В. Физиология растений / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – М.: Высшая школа, 2006. – 742 с.

93. Кулаева, О. Н. О регуляции экспрессии генов в растительных клетках / О. Н. Кулаева // Физиология растений. – 1978. – Т. 25. – № 5. – С. 990-1007.

94. Куликова, А. Х. Микроэлементы в почвах Ульяновской области и эффективность микроэлементсодержащих удобрений при возделывании озимой пшеницы / А. Х. Куликова, Е. А. Черкасов // Вестник УГСХА. – 2014. – № 4 (28). – С. 19-25.

95. Куперман, Ф.М. Морфология растений / Ф.М. Куперман. – Москва, 1973.– 255 с.

96. Курносовой, Т.Л. Формирование продуктивности пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и тритикале на фоне предпосевной обработки селеном, кремнием и цинком в условиях окислительного стресса вызванного засухой/ Т.Л. Курносовой, Л.В. Осипова, И.В. Верниченко, и др.// Проблемы агрохимии и агроэкологии. –2017. –№3. –13-23.

97. Кустовой, А.Х. О значении цинка в жизнедеятельности хлопчатника. Изв. АН ТуркмССР. Сер. Биол., – 1961. –№2.

98. Левин, В. И. Агроэкологические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур гамма-лучами / В. И. Левин. – М., 2000. – 156 с.

99. Лисник, С. С. Поступление ионов в растения при марганцевой недостаточности: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, 1971. – 23 с.

100. Лихоманова, Л. М. Влияние обработки семян микроудобрениями на урожайность озимой тритикале в условиях Омской области / Л. М. Лихоманова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2(6). – С. 13-16.

101. Лобанова, З. И. Некоторые особенности физико-химических свойств нуклеиновых кислот при различной обеспеченности растений марганцем: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / З. И. Лобанова, 1973. – 23 с.

102. Лузиков, В. Н. Стабилизация системы окислительного фосфорилирования / В. Н. Лузиков // Структура и функции ферментов. – МГУ, 1973. – Вып. 2. – С. 21-62.

103. Маданов, П.В. Микроэлементы и микроудобрения в подзолистой зоне Русской равнины / П.В. Маданов. – Издательство Казанского университета, 1972. – 256 с.

104. Мазунина, Н. И. Эффективность предпосевной обработки семян ячменя Родник Прикамья микроэлементами / Н. И. Мазунина // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения». – Ижевск: ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – 2016. – С. 57-60.

105. Мальгин, М. А. Действие марганцевых удобрений на качество зерна яровой пшеницы и сахарной свеклы / М. А. Мальгин // Труды Алтайского СХИ . – 1966 . – Вып. 9 . – С. 77-83.

106. Михлин, Д. М. Биологическое окисление / Д. М. Михлин. - М., АН СССР, 1956. – 156 с.

107. Мударисов, Ф. А. Изучение действия пектина и микроэлементов на зимостойкость и качество озимой пшеницы: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Ф. А. Мударисов. – Казань, 2001. - 178 с.

108. Мударисов, Ф.А. Перспективы использования микроэлементов-синергистов в технологии озимой пшеницы / Ф. А. Мударисов, А. И. Кривова, В.

И. Костин // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы VII Международной научно-практической конференции. – Ульяновск, 2016. - С. 288-291.

109. Муравьева, А. С. Влияние микроэлемента цинка на рост и аминокислотный состав растений рода AMARANTHUS / А. С. Муравьева, П. А. Барсуков, Ю. А. Куликов // Ученые записи Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2010. – Т.204. – № 1. – С.165-168.

110. Мухареева, В. А. Влияние микроудобрений на урожай, химический состав и качество яровой пшеницы / В. А. Мухареева, П. В. Гревцов // Труды ВИУА. – 1972. - Вып. 53. – С. 231-235.

111. Никитишен, В. И. Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза растений в различных условиях минерального питания / В.И. Никитишен, Л.М. Терехова, В.И. Личко // Агрехимия. – 2007. – №8. – С. 35-43.

112. Никитишин, В.И. Плодородие и удобрение серых лесных почв Центральной России / В. И. Никитишин, Е. В. Курганова. – М.: Наука, 2007. – 368 с.

113. Ничипорович, А.А. О формировании и продуктивности работы фотосинтетического аппарата разных культурных растений в течение вегетационного периода / А. А. Ничипорович, М. П. Власова // Физиология растений. – 1961. – Т.8. – № 1. – С. 19-28.

114. Ничипорович, А. А. Важные проблемы фотосинтеза в растениеводстве / А. А. Ничипорович. – М.: Колос, 1970. – 320 с.

115. Ничипорович, А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. - М.: изд-во АН СССР, 1963. С. 5 - 36.

116. Ничипорович А.А., Власова М.П. О формировании и продуктивности работы фотосинтетического аппарата разных культурных растений в течение вегетационного периода // Физиология растений. 1961. Т.8. Вып. 1. С. 19-28.

117. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 94 с.

118. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 94 с.
119. Ничипорович, А. А. Цель и задачи симпозиума / А. А. Ничипорович // В кн.: Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 8-12.
120. Ничипорович, А. А. Цель и задачи симпозиума / А. А. Ничипорович // В кн.: Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. - М.: Наука, 1972. – С. 8-12.
121. Новицкая, Ю. Е. Значение предпосевного закаливания растений к засухе в растворах микроэлементов / Ю. Е. Новицкая // Труды БИН . –1958 . - Сер. 4, вып. 12 . - С. 74-94.
122. Овчаров, К.Е. Физиология формирования и прорастания семян/ К.Е. Овчаров. – М.: Колос, 1976. - 325 с.
123. Оканенко, А.С. Влияние различного водного режима на интенсивность фотосинтеза.- Сб.статей: Проблемы фотосинтеза.- Изд. АН СССР, 1959.- С. 132-137.
124. Орлова, Э. Д. Влияние меди и молибдена на урожай яровой пшеницы и содержание микроэлементов в зерне / Э. Д. Орлова // Микроэлементы в биосфере и применение их в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока. – 1971. – С. 205-210.
125. Островская, Л. К. Металлорганические комплексы и фотосинтез / Л. К. Островская // Физиологическая роль и практическое применение микроэлементов. –1976. – С. 39 – 53.
126. Охрименко, М. Ф. К вопросу о влиянии на растения сочетаний микроэлементов / М. Ф. Охрименко, Л. М. Кузьменко, А. А Сивак // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений. – Киев: Наукова думка, 1984 . – С. 16-20.
127. Охрименко, М.Ф. Взаимодействие микроэлементов при поглощении их корнями и транспорте в растениях./ М.Ф.Охрименко, Л.М.Кузьменко, Л.А. Си-

вак// Микроэлементы: поступление, транспорт, физиологическая функция в растениях.- Киев: Наукова думка, 1987.- С. 71-121.

128. Ошкин, В. В. Синергетическое действие микроэлементов при внекорневой подкормке сахарной свёклы / В. В. Ошкин, В. В. Костин // «Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов» по материалам Международной научно-практической конференции 30 декабря 2013 г.: в 14 частях. Часть 4; Министерство образования и науки РФ. Тамбов: Издательство ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2014. – С. 81-82.

129. Панасин, В.И. Особенности распространения микроэлементов в почвах Калининградской области / В.И. Панасин // Агрохимический вестник. –2003. - №6. – С.8-11.

130. Парибок, Т. А. О поступлении и передвижения бора, марганца и молибдена в растениях / Т. А. Парибок // Труды Ботан. института АН СССР. биол. сер., IV Эксперим. Ботаника. - 1958 . - № 12 . - С. 288-290.

131. Пейве, Я. В. Руководство по применению микроудобрений. – М.: Сельхозиздат, 1963. - 254 с.

132. Пейве, Я. В. Микроэлементы и их значение в сельском хозяйстве. –М.: Сельхозиздат, 1961. - 63 с.

133. Пилавов, Ш. Г. Воздействие предпосевной обработки семян тыквы на рост и развитие проростков / Ш. Г. Пилавов, А. К. Пивовар, М. П. Бабурченкова, Н. В. Баукова, Ж. О. Дубицкая, Е. А. Олейник // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы I Международной научно-практической интернет-конференции, посвященной 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». - 2016. - С. 1361-1367.

134. Пилипенко, Т. И. Влияние недостатка цинка на рост и содержание некоторых форм фосфорных соединений фасоли / И. И. Пилипенко // Микроэлементы в сельскохозяйственной медицине. - 1969. - № 5. - С.29-33.

135. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. – М.: Агропромиздат, 1987. – 494 с.

136. Полевой, В.В. Физиология растений.- М.: Высшая школа, 1989.- 464 с.
137. Половинкина, Е.О. Окислительный стресс и особенности воздействия слабых стрессоров физической природы на перекисный гомеостаз растительной клетки / Е. О. Половинкина, Ю. В. Сеницына. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 2010. - 62 с.
138. Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др. // Москва, Колос, 2006. –612 с.
139. Привалов, Ф. И. Предпосевная обработка семян микроэлементами / Ф. И. Привалов // Землеробства и аховараслін. - 2009. - № 2. - С. 10-12.
140. Просяникова, О. И. Влияние цинка на повышение качества и урожайности яровой пшеницы в условиях степной части Кузнецкой котловины / О. И. Просяникова, В. И. Просяников, Т. В. Сладкова // Вестник РАЕН. - 2011. - №. 13. - С. 154-156.
141. Протасова, Н. А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn и др.) в черноземах и серых лесных почвах Центрального черноземья / Н. А. Протасова, А. П. Щербаков. – Воронеж: Воронежский государственный университет. - 2003. - 368 с.
142. Пруцков, Ф. М. Интенсивная технология возделывания зерновых культур/ Ф. М. Пруцков, И. П. Осипов - М.: Росагропромиздат, 1990. – 267 с.
143. Пузина, Т. И. Влияние сернокислого цинка и борной кислоты на гормональный статус растения картофеля в связи с клубнеобразованием / Т. И. Пузина // Физиология растений. - 2004. - Т 51. - № 2. - С. 234-240.
144. Пырова, С. А. Влияние обработки семян микроэлементами и экстра-соллом на формирование продуктивности яровой пшеницы в Среднем Поволжье: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. - Саратов, 2005. -18 с.
145. Речкунова, Н. И. Термостабильная ДНК – полимераза из *Thermus thermophilus* В 35: Влияние двухвалентных ионов металлов на взаимодействие с дезоксирибонуклеотидрибонуклеотидами / Н. И. Речкунова, С. С. Охайкина и др. // Биохимия . - 2000 . - Т. 65. - № 5. - С. 714-720.

146. Рзаев, Н. Д. Влияние микроэлементов на формирование свойств зимостойкости и неполегаяемости у озимой пшеницы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. - Баку, 1962 . - 34 с.

147. Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами.- Рига: Зинатне, 1982.- 304 с.

148. Рихтер, А. А. Повышение фотосинтеза опрыскиванием микроэлементами / А. А. Рихтер, Н. Г. Васильева // ДАН СССР, Т XXX. - 1941. - № 7. - С.146-150.

149. Рогалев, И. Е. Поглощение хлора и серы растениями и их влияние на образование репродуктивных органов / И. Е. Рогалев // Физиологическое обоснование системы питания растений. - М.: Наука, 1964. - С.91-97.

150. Рукина Н. И. Активность каталазы и всхожесть зерна пшеницы при термической обработке / Н. И. Рукина, Н. А. Растегаева, Е. Т. Артамонова // Биология, агротехника, селекция и семеноводство полевых культур в Западной Сибири . – Омск, 1978 . – С. 91 – 96.

151. Саббах, А. А. Изучение роли марганца в механизме действия индолилуксусной кислоты: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. - Л., 1973 . - 25 с.

152. Семенихина, А. В. Некоторые каталитические свойства глюкозо – 6 – фосфатдегидрогеназы из листьев гороха / А. В Семенихина, Т. Н. Попова и др. // Биохимия. – 1999. - Т. 64. - № 8. - С. 1029-1033.

153. Симоненко Л. М. Исследование гистоновых компонентов хроматина марганец дефицитных и обогащённых марганцем растений / Л. М. Симоненко // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений . - Киев: 1984 . - С. 55 – 57.

154. Слепченко, П. П. Действие некорневой подкормки марганцем и цинком на урожайность озимой пшеницы выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / П. П. Слепченко, И. А. Лебедевский, И. В. Шабанова // Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых

ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». - 2017. - С.46-47.

155. Соколов, О. А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О. А. Соколов, В. А. Черников, С. В. Лукин. – М.: Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. - 2008. - 188 с.

156. Сорока, Т. А. Влияние предпосевной обработки семян регуляторами роста, микроэлементами и препаратом Росток на урожайность и качество зерна озимой пшеницы при возделывании на черноземе южном / Т. А. Сорока, В. Б. Щукин, Н. В. Ильясова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета : теоретический и научно-практический журнал. - 2017. - п 2. - с. 21-24.

157. Сычев, В. Г. Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления / В. Г. Сычев, А. Н. Аристархов, А. Ф. Харитонов, В. П. Толстоусов, Н. К. Ефимова, Н. Н. Букщев. - М. - 2009. - 520 с.

158. Таги-Заде, А. Х. Значение микроэлементов в питании хлопчатника: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. - Л. - 1957. - 35 с.

159. Тимашев Н. Д. Современные представления о роли микроэлементов в жизнедеятельности растения / Н. Д. Тимашев // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений . - Киев: Наукова думка, 1984 . - С. 20 – 26.

160. Тимирязев, К. А. О вероятном значении цинка в экономии растений / К. А. Тимирязев // Труды общества Естествоиспытателей. – Сп.-Б. - 1872. - С.3.

161. Ткачев, Г. Я. Влияние хлористого аммония на динамику питательных веществ в почве и некоторые физиологические процессы в растениях / Г. Я. Ткачев // Вопросы физиологии и агротехники сельскохозяйственных культур. – 1969. - Том XII. – С.66-69.

162. Трапезников, В. К. Локальное питание растений / В. К. Трапезников, И. И. Иванов, Н. Г. Тальвинская. – Уфа: Издательство «Гилем», 1999. - 260 с.

163. Трейман, А. А. О содержании микроэлементов в питательных смесях для выращивания пшеницы / А. А. Трейман // Агрохимия . – 1984 . - № 2 . – С. 78-86.

164. Трейман, А. А. Потребление макро- и микроэлементов конскими бо-
бами / А. А. Трейман // Агрохимия . – 1990 . - № 10 . - С. 59-69.

165. Третьяков, Н. Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных рас-
тений / Н. Н. Третьяков, Е. И. Кошкин, Н. М. Макрушин и др.; Под ред. Н. Н. Тре-
тьякова. - М.: КолосС, 2005. - 656 с.

166. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений.- М.: Агропром-
издат, 1990.- 261 с.

167. Турков, М. И. Супероксиддисмутаза: свойства и функции / М. И. Тур-
ков // Успехи современной биологии . – 1976 . - Т. 81. - Вып. 3. - С. 341-354.

168. Удельнова, Т. М., Бойченко Е. А. Участие соединений марганца в фо-
тосинтезе / Т. М. Удельнова, Е. А. Бойченко // Физиология растений . – 1968 . -
Т.15. - № 3 . - С. 410-415.

169. Устенко, Г.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах
как основа формирования высоких урожаев.-Фотосинтез и вопросы продуктивно-
сти растений.-М., АН СССР, 1963.-С. 37-71.

170. Фатыхов, И. Ш. Кормовая продуктивность ярового рапса Галант при
предпосевной обработке семян соединениями микроэлементов / И. Ш. Фатыхов,
А. О. Мерзлякова, Э. Ф. Вафина, В. В. Сентемов // Вестник Ижевской государ-
ственной сельскохозяйственной академии. - 2010. - № 2 (23). - С. 17-22.

171. Финкис, Г. Я. Сбалансированное питание растений макро и микро-
элементами / Г. Я. Финкис, В. Ф. Ноллендорф . - Рига: Зинатне, 1982. - 304 с.

172. Фирсов И.П. Технология растениеводства. –М.: Колос, 2004. –264 с.

173. Хакимов, Р. А. Эффективность предпосевной обработки семян гороха
ризоторфином и микроэлементами на разных уровнях минерального питания / Р.
А. Хакимов, В. А. Глотова // Агромир Поволжья. - 2016. - № 4 (24). - С. 16-21.

174. Хамес, Ц. М. О влиянии микроэлементов на процессы деления и рас-
тяжения клеток в связи прорастанием зародышей ясеня обыкновенного / Ц. М.

Хамес, А. С. Долобовская // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. - 1969. – № 5. - С.67-72.

175. Хватков, А. Д. Влияние микроэлементов на некоторые биохимические процессы и урожай помидоров / А. Д. Хватков, Н. В. Ковалева, М. Г. Сагитова, О. М. Соболева // Труды Казахской республиканской опытной станции картофелеводческого и овощного хозяйства. – Алма-Ата, 1960. – Т. 2. – С.250.

176. Хованская, Е.Л. Влияние обработки семян пектином и микроэлементами на урожайность и качество яровой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья.- Автореф. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук.- Пенза, 2002.- 20 с.

177. Чернавина, И. А. Физиология и биохимия микроэлементов. - М.: Высшая школа, 1970. -310 с.

178. Шалыго, Н. В. Порфириногенез в этиолированных и зеленеющих проростках ячменя под действием катионов Mn^{2+} / Н. В. Шалыго // Физиология растений . - 1997. - № 44 . - С. 361-366.

179. Шаронова, Т. В. Влияние микроэлементов на рост, развитие и урожай яровой пшеницы / Т. В. Шаронова // Микро- и макроэлементы и их роль в повышении урожая и качестве зерна сельскохозяйственных культур. – 1975 . - № 52 . - С. 22-27.

180. Шевченко В. П. Итоги многолетних опытов по использованию микроэлементов для предпосевной обработки семян / В. П. Шевченко // Микроэлементы в сельском хозяйстве. - Алтайский СХИ . – 1966 . - С. 101-107.

181. Шеуджен, А. А. Микроэлементы в питании и продуктивности риса в условиях Краснодарского края: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. - 1992. - 38 с.

182. Шеуджен, А. Х. Агрохимия микроудобрений в рисоводстве/ А. Х. Шеуджен // Плодородие. - 2016. - № 5 (92). - С. 22-27.

183. Шеуджен, А. Х. Региональная агрохимия. Северный Кавказ: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Л. М. Онищенко. Под. ред. И.Т. Трубилина. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 616 с.

184. Школьник, М. Я. Влияние микроэлементов на интенсивность фотосинтеза и передвижение веществ / М. Я. Школьник, В. С. Сааков // Физиология растений . – 1964 . - Т. 11. - № 5 . - С. 783-788.

185. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений. - М.: Наука, 1974. - 323 с.

186. Школьник, М. Я. Микроэлементы в сельском хозяйстве / М. Я. Школьник, Н. А. Макарова. - М., 1957. - 292 с.

187. Школьник М. Я. Влияние микроэлементов на фотосинтез, содержание углеводов и передвижение ассимилянтов в растении на фоне нитратного и аммиачного питания / М. Я. Школьник, В. Н. Грешищева // Труды Ботан. Института АН СССР биол. серия IV эксперим. Ботан. - 1958 . - № 12 . - С. 154 - 168.

188. Шутова, Т. В. Влияние ионов марганца на протон – акцепторные свойства субхлоропластных препаратов фотосистемы II / Т. В. Шутова, В. К. Опанасенко, В. В. Климов // Биохимия . – 1994 . – Т. 59. - № 7 . - С. 983-989.

189. Ягодин, Б. А. Вариабельность микроэлементного состава зерна основных злаковых культур и факторы её определяющие / Б. А. Ягодин, С. П. Торшин, Н. А. Кокуркин и др. // Агрехимия . – 1989 . - № 3 . - С. 125-135.

190. Ягодин, Б. А. Агрехимия / Б. А. Ягодин, П. М. Смирнов, А.В. Петербургский и др.; Под ред. Б. А. Ягодина. - М.: Агрпромиздат, 1989. -639 с.

191. Ягодин, Б. А. Сера, магний и микроэлементы в питании растений / Б. А. // Агрехимия. – 1985. - № 11. - С. 117-126.

192. Ягодин, Б.А. Проблема микроэлементов в биологии / Б. А. Ягодин, Е. Н. Максимова, С. М. Сабина // Агрехимии. – 1988. - № 7. - С. 126-134.

193. Ягодин, Б.Я. Микроэлементы в сбалансированном питании растений, животных и человека / Б. Я. Ягодин, А. М. Ермолаев // Химия в сельском хозяйств. – 1995. - № 2. - С. 24-26.

194. Maze, P. Determination des elements mineraux rares necessaries a developement du mais / P. Maze // Comptes Rendus de l'Academie des Science. - 1915. - Vol. 160. - P. 211-214.

195. Arshad Ullah, M. Effects of pre-sowing seed treatments with micronutrients on growth parameters of Raya/ Arshad Ullah, M. Sarfraz M, Sadiq M, Mehdi SM and Hassan G// Asian Journal of Plant Sciences. - 2012.- №1(1). PP. 22-23.
196. Agarvala, S. C. Interrelationship of iron and manganese supply in growth, chlorophyll and iron porfyrin enzymes in barley plants / S. C. Agarvala, C. P. Sharma, A. Kumar // Plant Physiol . - 1962 . - № 4 . - P. 603.
197. Amberger, A. Die Roll des Manganas im Stoffwechsel der Plant / A. Amberger A. // Agrochimica. – 1973. - № 1-2. - P. 69-83.
198. Bartosz, G. Superoxide dismutases and catalase / G. Bartosz //The handbook of environmental chemistry. - 2005. - Vol. 2. - P. 109-149.
199. Brown, P. H. Form and function of zinc in plants / P. H. Brown, I. Cakmak, O. Zhang // Zinc in soils and plants: Ed. A.D. Robson. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1993. - P. 90-106.
200. Bukowae, M. J. Absorrption and mobility of foliar applied nutrients / M. J. Bukowae, S. H. Wittwer // Plant Physiol. - 1957. - № 5. - P. 428-435.
201. Burhan, N. Effekt of Zink and Cobalt on Germination and Seedling Growth of Pennisetum americanum (L.) и Perkinsonia aculeate L / N. Burhan, S. Shaukat, A. Tahira // Pakistan Journal of Biol Sci. - 2001. - № 5. - P.575-580.
202. Coleman, J. E. Zinc proteins: enzymes, storage proteins, transcription factors, and replication proteins / J. E. Coleman // The Annual Review of Biochemistry. - 1992. - Vol. 61. - P. 897-946.
203. Dell, B. Effect of zinc supply on growth of three species of Eucalyptus seedlings and wheat / B. Dell, S.A. Wilson // Plant and Soil. - 1985. –Vol. 88. – P. 377-384.
204. Hagima, J. Peroxidases and germinated wheat seeds Rev. roum. / J. Hagima, V. Alexandrescu, Z. Cseresnyes // Biochim . – 1978 . - № 4 . - P. 273-277.
205. Hant Jorathan, I. Characterization of zinc uptake, hindig, and translocation in intact seedlings og bread and durum wheat cultivans / I. Hant Jorathan, A. Norwell Wendell, M. Welch Ross // Plot Physiol. -1998. - № 1. –C.219-226.

206. Hatch, M. D. Carbonic anhydrase activity in leaves and its role in the first stop of C₄ photosynthesis / M.D. Hatch, J.N. Burnell // *Plant Physiology*. – 1990. – Vol. 93. – P. 825–828.

207. Khurana, N. Deficiency of manganese is alleviated more by low zinc than low copper in wheat / N. Khurana, C. Chatterjee // *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* - 2000 . - № 15-16 . - P. 2617-2625.

208. Kosesakal, T. Unal M. Effects of Zinc toxicity on seed germination and plant growth in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) / T. Kosesakal // *Fresenius Environmental Bulletin*. – 2012. - № 2. - P.315-324.

209. Yon, L. Влияние цинка на метаболизм растений риса и диагностика скрытого цинкового голодания / L.Yon, Q. Suichu // *Fujian nongye daxue xuebao Z. Fujian Agr. Univ.* - 1999. - № 1. - С.66-70.

210. MacPherson, I.S. Type-2 copper-containing enzymes / I.S. MacPherson, M.E. Murphy // *Cellular and Molecular Life Sciences*. – 2007. – Vol. 64. – P. 2887–2899

211. Masaki, F. Effect of in vitro preincubation with cofactors on the activity of the indolacetic acid oxidase of peas / F. Masaki, A.N. Galston // *Physiol. Plant*. – 1961 . - № 4 . - 750 p.

212. Maze, P. Determination des elements mineraux rares necessaries a development du mais / P. Maze // *Comptes Rendus de l'Academie des Science*. - 1915. - Vol. 160. - P. 211-214

213. Milue, Z. A. Role of Metal Cofactors in Enzyme Reaction Differences in the Regulatory Properties of the Escherichia coli Nicotinamide Adenine Dinucleotide Specific Malic Enzyme Depending on Whether Mg²⁺ or Mn²⁺ Serves as Divalent Cation / Z. A. Milue, R. A. Cook // *Enzyme Biochemistry* .- 1986 . - V. 25, № 3 . - P. 3752-3759.

214. Kaya, M. Effect of Pre-Sowing Seed Treatment with Zinc and Foliar Spray of Humic Acids on Yield of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)/ M. Kaya, M. Atak, K. Mahmood Khawar// *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY*.-2005. -№07-6. –PP. 875-878.

215. Amal Amin, M. Increase in NAD(P) H-dependent generation of active oxygen species and changes in lipid composition of microsomes isolated from roots of zinc-deficient bean plants / M. Amal Amin, K. Ygtidan, V. Zeno, R. Pinton // *I. Plant Nutr.* - 2000. - № 3. - PP. 285-295.

216. Munzuroqlu, O. Effects of Metals on Seed Germination, Root Elongation, and Coleoptile and Hypocotyl Growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus* / O. Munzuroqlu, H. Geckil // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* - 2002. - V. 43. - P. 203-213.

217. Okpodu, C. Purification and characterization of an soluble phosphatidylinositol 4-kinase from carrot suspension culture cells / C. Okpodu // *Plant Physiol.* - 1995. - № 2. - P. 491-500.

218. Pearson, J. N. Uptake and distribution of ^{65}Zn and ^{54}Mn in wheat grown at sufficient and deficient levels of Zn and Mn II / J. N. Pearson, Z. Renegel // *J. Exp. Bot.* - 1995. - № 288. - P. 841-845.

219. Scharrer, K. 1957 цит по Власюк П. А., Климовицкая З. М. Физиологические значения марганца в жизни растений / K. Scharrer, W. Werner // *Изв. АН СССР. Сер биолог.* - 1961. - № 5. - С. 749 – 759.

220. Singh, D. K. Partial purification and characterization of phosphoenolpyruvate phosphatase from developing seeds of *Brassica campestris* / D. K. Singh // *Proc. Nat. Acad. Sci., India B.* - 1996. - № 1. - P. 53 – 63.

221. Sommer, A.L. Evidence of the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants / A.L. Sommer, C.B. Lipman. - *Plant Physiol*, 1, P. 231-249.

222. Sommers, T. F. The affinity of onion cell walls for calcium ions / T. F. Sommers // *Amer. J. Bot.* - 1973. - № 10. - P. 987-990.

223. Stefanov, B.I. Pralamins degradation in the endosperm of maize seeds during germination in the presence of zinc ions / B.I. Stefanov, N.T. Bakardjieva // *Докл. Българ. АН.* - 1996. - № 11-12. - PP. 103-106.

224. Sullivan, J.A. The diverse roles of ubiquitin and the 26S proteasome in the life plants / J.A. Sullivan, K. Shirasu, X.W. Deng // *Nature Reviews Genetics.* - 2003. - Vol. 4. - P. 948–958.

225. Tierney, C. E. Soil plant manganese relationships with emphasis on soybeans / C. E. Tierney, D. S. Martens // Commun in Soil, Sci plant Anal . – 1982 . – 13, № 11 . – P. 909 – 925

226. Yang, Z. Аккумуляция, распределение и взаимодействие фосфора и цинка в клетках пшеницы / Z. Yang, Sh. Zheng, Hu Aitang, X. Zhoo // Yingyong Shengtai xueboо – Ihin. I. Appl. Ecol. – 1999. – № 5. – С.593-595.

Приложения

Приложение 1

Температурный режим и количество осадков за 2009-2011 год гг.
Данные Ульяновской областной гидрометеобсервватории и метеопункта п .Октябрьский

Показатели	Январь	Февраль	Март	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого за год		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
2009 год																									
температура средняя. С	-11	-8,6	-2,6	-2,6	6,4	7,1	12,7	14	16,7	17	15,1	22,3	19,1	23	21	19,8	17	16,3	15,6	6,9	-1,8	-10,4			
				3,6			14,3			18,1			21			17,8									
Сумма осадков, мм	35,9	25,2	29,9	41,3	18,2	6,6	12,1	9	15,4	10,8	18,2	35,5	20	16	14	10,4	15	13,3	31,1	27,5	29,1	31,5	465,5		
				66,1			36,7			64,5			49,3			38,7									
2010год																									
температура средняя. С	-18	-13,6	-2,6	2,3	7,1	9,7	18,2	17	16,4	21,3	19,8	24,7	23,1	26	29	28,6	24	17,3	13,6	3,6	2,2	-7,2			
				6,4			17,2			21,9			26,1			23,1									
Сумма осадков, мм	38	31	45	6,4	8,2	14	0	7	8,9	0	7	3	0	0	0	0	0	0	46	40,2	53,3	86,8	395,8		
				29,2			16,3			10															
2011год																									
температура средняя. С	2011 год			2,1	3,4	7,8	13,8	13	15,9	15,4	16,3	19,7	23,6	22	25	19,6	22	15,9	12,4	6,3	-4,2	-6,2			
				4,4			14,2			17,2			23,4			19									
Сумма осадков, мм	82,1	18	22,2	2,5	25,2	5,6	41,3	2	51	52	22,9	36,2	19	0	1,1	26	0,3	8,3	135	47,1	38,3	46	681,7		
				33			94			111			20			35									
Температура средне-многолетняя, С	-11	-10,4	-7	6,3			13,6			19,9			21,3			16,9			12,2	5,2	-3	-8,4			
сумм осадков средне-многолетия	52	24,7	32,4	42,8			49			61,8			23,1			24,6			70,7	38,3	40,2	54,8	514,3		

Динамика ассимиляционной поверхности яровой пшеницы тыс.м²/га, среднее за годы исследований

Вариант		кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость
неудобренный фон	Контроль	6,02	9,73	16,39	4,89
	MnCl ₂	5,85	9,65	16,36	4,51
	ZnCl ₂	5,76	9,44	16,05	4,74
	ZnSO ₄	6,84	10,62	18,20	5,81
	MnSO ₄	6,80	11,56	18,89	5,79
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	6,77	10,68	18,52	5,72
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	6,93	11,20	19,30	6,31
удобренный фон	Контроль	6,49	10,34	17,74	5,46
	MnCl ₂	6,34	10,20	17,64	5,30
	ZnCl ₂	6,42	10,36	17,62	5,30
	ZnSO ₄	7,83	12,45	19,95	6,62
	MnSO ₄	7,91	12,35	20,88	6,67
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	7,43	12,36	20,08	6,45
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	8,23	12,49	21,19	6,97

Фотосентитический потенциал ассимиляционной поверхности *Triticum aestivum* млн.м2 дн./га 2009 г.

Вариант		Фенологические фазы			
		кушение-выход в трубку	выход в трубку-колошение	колошение-молочная спелость	∑ ФП
неудобренный фон	Контроль	0,117	0,168	0,430	0,715
	MnCl ₂	0,112	0,162	0,413	0,688
	ZnCl ₂	0,108	0,159	0,404	0,671
	ZnSO ₄	0,129	0,182	0,474	0,785
	MnSO ₄	0,134	0,184	0,487	0,805
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,121	0,174	0,450	0,745
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,130	0,185	0,476	0,792
удобренный фон	Контроль	0,124	0,179	0,463	0,767
	MnCl ₂	0,126	0,181	0,466	0,772
	ZnCl ₂	0,120	0,176	0,446	0,743
	ZnSO ₄	0,151	0,208	0,524	0,883
	MnSO ₄	0,152	0,213	0,549	0,915
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,135	0,198	0,507	0,841
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,161	0,219	0,544	0,924

Фотосинтетический потенциал ассимиляционной поверхности *Triticum aestivum* млн .м²·дн./га 2010 г.

Вариант		Фенологические фазы			
		кушение-выход в трубку	выход в трубку-колошение	колошение-молочная спелость	Σ ФП
неудобренный фон	Контроль	0,028	0,092	0,092	0,211
	MnCl ₂	0,025	0,084	0,086	0,196
	ZnCl ₂	0,025	0,077	0,084	0,186
	ZnSO ₄	0,032	0,100	0,102	0,234
	MnSO ₄	0,030	0,118	0,115	0,264
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,032	0,094	0,114	0,241
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,033	0,110	0,121	0,264
удобренный фон	Контроль	0,029	0,088	0,098	0,215
	MnCl ₂	0,024	0,075	0,086	0,186
	ZnCl ₂	0,029	0,084	0,096	0,209
	ZnSO ₄	0,037	0,113	0,123	0,273
	MnSO ₄	0,036	0,129	0,113	0,278
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,034	0,120	0,108	0,262
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,037	0,126	0,118	0,281

Фотосинтетический потенциал ассимиляционной поверхности *Triticum aestivum* млн.м² дн./га 2011 г.

Вариант		Фенологические фазы			
		кушение-выход в трубку	выход в трубку-колошение	колошение-молочная спелость	∑ ФП
неудобренный фон	Контроль	0,092	0,231	0,527	0,850
	MnCl ₂	0,095	0,240	0,556	0,892
	ZnCl ₂	0,095	0,240	0,549	0,885
	ZnSO ₄	0,108	0,254	0,591	0,953
	MnSO ₄	0,103	0,283	0,602	0,989
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,113	0,270	0,624	1,007
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,107	0,271	0,636	1,015
удобренный фон	Контроль	0,103	0,255	0,576	0,933
	MnCl ₂	0,105	0,257	0,587	0,948
	ZnCl ₂	0,105	0,262	0,591	0,958
	ZnSO ₄	0,120	0,307	0,622	1,049
	MnSO ₄	0,124	0,281	0,678	1,083
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	0,124	0,306	0,680	1,110
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	0,128	0,285	0,698	1,111

Приложение 6

Динамика накопления сухого вещества растениями яровой пшеницы по фазам развития, г/10 растений за годы исследований

Вариант		Кущение				Выход в трубку				Колошение				Молочная спелость			
		2009	2010	2011	сред	2009	2010	2011	сред	2009	2010	2011	сред	2009	2010	2011	сред
Неудобренный	Контроль	1,33	0,64	1,58	1,18	6,12	1,56	6,36	4,68	20,19	6,75	24,38	17,11	24,50	17,21	33,00	24,91
	MnCl ₂	1,36	0,58	1,64	1,20	6,16	1,47	6,41	4,68	20,34	5,72	24,79	16,95	24,35	15,47	33,71	24,51
	ZnCl ₂	1,34	0,61	1,66	1,20	6,12	1,41	6,35	4,63	19,65	6,14	24,37	16,72	24,03	13,95	33,15	23,71
	ZnSO ₄	1,56	0,78	1,67	1,34	6,61	1,79	6,83	5,08	21,96	7,42	25,87	18,42	26,60	18,77	35,47	26,95
	MnSO ₄	1,46	0,67	1,71	1,28	6,69	1,80	7,08	5,19	24,43	8,22	25,58	19,41	28,95	20,64	34,85	28,15
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	1,38	0,62	1,75	1,25	6,24	1,60	7,23	5,02	23,39	7,46	27,95	19,60	27,95	19,48	37,91	28,45
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	1,41	0,75	1,73	1,30	6,58	1,81	7,34	5,24	26,19	8,45	27,98	20,87	30,93	21,50	38,04	30,16
Удобрённый	Контроль	1,50	0,67	1,66	1,28	6,49	1,51	6,81	4,94	22,95	6,16	26,59	18,57	28,00	16,66	36,90	27,19
	MnCl ₂	1,56	0,60	1,74	1,30	6,56	1,37	6,92	4,95	23,30	5,69	27,31	18,77	27,43	15,32	38,07	26,94
	ZnCl ₂	1,57	0,58	1,76	1,30	6,58	1,39	6,95	4,97	24,02	5,44	26,91	18,79	27,65	12,45	38,38	26,16
	ZnSO ₄	1,64	0,69	1,87	1,40	6,86	1,63	8,03	5,51	26,95	7,22	29,15	21,11	32,78	19,61	41,28	31,22
	MnSO ₄	1,82	0,75	1,88	1,48	7,21	1,74	7,67	5,54	25,74	7,88	30,05	21,22	31,88	19,32	42,56	31,25
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	1,60	0,69	1,85	1,38	6,94	1,73	8,21	5,62	24,00	7,35	31,36	20,90	29,70	18,58	44,09	30,79
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	1,80	0,74	2,01	1,51	7,49	1,79	8,61	5,96	27,36	8,00	32,00	22,45	33,70	20,00	45,26	32,99

Чистая продуктивность фотосинтеза яровой пшеницы г/м²·сутки за годы исследований

Вариант		Кущение-выход в трубку				Выход в трубку-колошение				Колошение-молочная спелость			
		2009	2010	2011	сред	2009	2010	2011	сред	2009	2010	2011	сред
Неудобренный	Контроль	11,62	8,19	11,99	10,60	16,17	15,07	22,23	17,82	4,34	3,44	9,04	5,61
	MnCl ₂	11,61	8,22	11,85	10,56	16,26	12,73	22,26	17,08	4,06	3,36	9,06	5,50
	ZnCl ₂	11,66	7,33	11,70	10,23	15,61	14,25	22,08	17,31	4,39	2,76	9,05	5,40
	ZnSO ₄	11,84	8,29	12,21	10,78	17,00	15,31	22,28	18,19	4,47	3,48	9,46	5,80
	MnSO ₄	12,29	8,52	12,00	10,94	19,69	15,32	20,71	18,57	4,36	3,46	9,05	5,62
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	11,70	8,25	12,59	10,85	19,44	15,09	23,59	19,37	4,48	3,48	9,49	5,82
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	11,95	8,25	13,25	11,15	21,50	16,04	23,50	20,35	4,51	3,51	9,50	5,84
Удобрённый фон	Контроль	11,96	7,90	12,15	10,67	18,57	14,01	23,13	18,57	4,94	3,61	10,03	6,19
	MnCl ₂	11,81	7,95	12,16	10,64	18,65	14,07	23,69	18,80	4,00	3,59	10,40	5,99
	ZnCl ₂	11,82	7,87	12,11	10,60	19,49	12,43	23,09	18,34	3,55	2,48	11,05	5,69
	ZnSO ₄	11,72	7,52	12,88	10,70	22,01	14,28	23,23	19,84	5,47	3,72	11,62	6,93
	MnSO ₄	11,85	7,45	12,95	10,75	19,38	15,82	24,48	19,90	5,60	3,70	11,25	6,85
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	12,36	8,09	13,31	11,25	18,58	14,93	24,39	19,30	5,36	3,70	11,34	6,80
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	12,52	7,97	14,71	11,73	21,58	15,95	25,33	20,95	5,96	3,72	11,66	7,12

Влияние микроэлементов на элементы структуры урожайности яровой пшеницы (среднее за 2009-2011 гг.)

Вариант		Количество шт/ м ² .		количество зерен в колосе, шт.	масса зерна с одного колоса, г	длина колоса, см
		растений перед уборкой	продуктивных стеблей			
неудобренный фон	Контроль	261,0	299	20,9	0,78	7,2
	MnCl ₂	250,9	300	21,2	0,80	7,2
	ZnCl ₂	256,7	290	21,1	0,80	7,1
	ZnSO ₄	290,8	342	22,1	0,87	7,7
	MnSO ₄	287,9	341	22,4	0,89	7,8
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	285,3	331	21,8	0,85	7,5
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	298,3	354	22,5	0,89	7,9
удобренный фон	Контроль	270,1	307	21,9	0,86	7,4
	MnCl ₂	267,5	308	22,1	0,86	7,4
	ZnCl ₂	267,0	307	21,8	0,84	7,3
	ZnSO ₄	309,9	345	23,0	0,92	7,9
	MnSO ₄	313,5	351	23,9	0,96	8,0
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	301,3	340	23,7	0,95	7,7
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	316,4	352	23,8	0,97	8,2

Влияние микроэлементов на элементы структуры урожайности яровой пшеницы на 2009 год.

Вариант	Количество шт./ м ²		количество зерен в колосе, шт.	масса зерна с одного колоса, г	длина колоса, см	
	растений перед уборкой	продуктивных стеблей				
неудобренный фон	Контроль	244,8	270	21,3	0,84	6,7
	MnCl ₂	225,8	262	23,0	0,91	6,5
	ZnCl ₂	243,5	268	21,2	0,82	6,4
	ZnSO ₄	278,5	320	23,1	0,92	7,3
	MnSO ₄	272,5	313	23,2	0,95	7,7
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	260,5	290	22,6	0,90	6,9
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	270,3	315	23,0	0,92	7,6
удобренный фон	Контроль	267,8	300	24,0	0,98	7,1
	MnCl ₂	265,5	300	24,1	0,98	6,9
	ZnCl ₂	250,8	283	24,0	0,95	6,5
	ZnSO ₄	312,3	359	25,2	1,05	7,9
	MnSO ₄	316,3	361	26,4	1,12	8,0
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	299,8	345	26,0	1,10	7,4
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	319,3	364	26,2	1,12	8,3

Влияние микроэлементов на элементы структуры урожайности яровой пшеницы на 2010 год.

Вариант		Количество шт./ м ²		длина колоса, см	количество зерен в колосе, шт.	масса зерна с одного колоса, г
		растений перед уборкой	продуктивных стеблей			
неудобренный фон	Контроль	204,8	224	6,6	19,0	0,63
	MnCl ₂	196,8	224	6,7	18,3	0,60
	ZnCl ₂	192,3	202	6,6	19,0	0,64
	ZnSO ₄	226,8	258	7,1	19,8	0,71
	MnSO ₄	223,3	260	7,2	20,0	0,72
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	220,3	248	7,1	19,2	0,66
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	229,3	262	7,3	20,6	0,72
удобренный фон	Контроль	190,3	190	6,6	17,6	0,58
	MnCl ₂	180,3	184	6,6	17,4	0,56
	ZnCl ₂	187,5	189	6,5	17,0	0,55
	ZnSO ₄	225,3	233	6,8	18,0	0,60
	MnSO ₄	227,8	240	7,2	19,2	0,64
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	210,3	221	6,9	18,8	0,63
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	225,0	235	7,3	19,1	0,66

Влияние микроэлементов на элементы структуры урожайности яровой пшеницы на 2011 год.

Вариант		Количество, шт./ м ²		длина колоса, см	количество зерен в ко- лосе, шт.	масса зерна с одного колоса, г
		растений перед уборкой	продуктивных стеблей			
фон неудобренный	Контроль	333,5	403	8,3	22,5	0,88
	MnCl ₂	330,2	413	8,2	22,2	0,88
	ZnCl ₂	334,5	399	8,4	23,0	0,93
	ZnSO ₄	367,1	448	8,5	23,3	0,99
	MnSO ₄	367,8	452	8,5	24,0	1,00
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	375,2	454	8,5	23,5	0,99
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	395,4	485	8,9	24,0	1,02
удобренный фон	Контроль	352,3	431	8,5	24,0	1,01
	MnCl ₂	356,8	439	8,6	24,8	1,05
	ZnCl ₂	362,6	450	8,8	24,3	1,03
	ZnSO ₄	392,2	443	8,9	25,8	1,11
	MnSO ₄	396,5	452	8,7	26,2	1,13
	ZnCl ₂ +MnCl ₂	393,8	453	8,7	26,4	1,13
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	405,0	458	9,1	26,2	1,14