



**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

**В.И. Костин, Ф.А. Мударисов,
В.А. Исайчев**

**Роль микроэлементов в
повышении урожайности
яровой и озимой пшеницы
и улучшении мукомольных и
хлебопекарных качеств зерна**

Ульяновск - 2020

УДК 633.112:631.82

ББК 42.15

К 72

Костин, В.И. Роль микроэлементов в повышении урожайности яровой и озимой пшеницы и улучшении мукомольных и хлебопекарных качеств зерна / В.И. Костин, Ф.А. Мударисов, В.И. Исайчев. – Ульяновск: УлГАУ – 2020. – 184 с.

Рецензенты: Хайбуллин Мухамет Минигалимович,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВО Башкирский государственный
аграрный университет.
Немцев Сергей Николаевич,
доктор сельскохозяйственных наук, директор
ФГБНУ Ульяновский НИИСХ

В монографии приведены многолетние научные исследования, выполненные в условиях Ульяновской области, изложены теоретические и практические результаты исследований использования микроэлементов-синергистов для предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки в конце второго этапа органогенеза яровой и озимой пшеницы с целью усиления метаболических процессов, повышения устойчивости к неблагоприятным факторам среды, урожайности и улучшения мукомольных и хлебопекарных показателей. Дана экономическая и энергетическая оценка применения микроэлементов-синергистов, при возделывании яровой и озимой пшеницы.

Рассчитана на руководителей и специалистов АПК, фермеров, научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов аграрных вузов, колледжей и техникумов.

Рассмотрено и рекомендовано к печати

Научно-техническим советом

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Протокол № 5 от « 17 » декабря 2019 года

ISBN 978-5-6043483-7-6

© В.И.Костин, Ф.А.Мударисов, В.А. Исайчев, 2020 год

© ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2020 год

Содержание

Предисловие	5
Введение	6
Роль микроэлементов в физиолого-биохимических процессах сельскохозяйственных растений	7
Участие марганца в жизнедеятельности сельскохозяйственных растений	7
Роль цинка в жизнедеятельности сельскохозяйственных растений	8
Значение молибдена для сельскохозяйственных растений	9
Свойство и строение пектиновых веществ	10
К вопросу о понимании физиолого-биохимических ростовых процессах в прорастающих семенах при обработке семян микроэлементами – синергистами	12
Активность гидролитических ферментов при прорастании семян озимой пшеницы	15
Влияние предпосевной обработки семян на показатели их прорастания	19
Адаптация растений озимой пшеницы к неблагоприятным условиям перезимовки	22
Ростовые процессы, фотосинтетическая деятельность, урожайность и качество озимой пшеницы в зависимости от действия микроэлементов-синергистов	27
Влияние микроэлементов цинка и марганца на чистую продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы	30
Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы	35
Влияние микроэлементов синергистов цинка и марганца на урожайность и биохимические показатели яровой пшеницы	37
Влияние предпосевной обработки микроэлементами синергистами на посевные качества и ростовые процессы яровой пшеницы	38
Фотосинтетическая деятельность агрофитоценоза яровой пшеницы ..	45
Влияние микроэлементов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы	55

Энергетическая и экономическая оценка применения микроэлементов при возделывании яровой пшеницы	64
Экономическая оценка применения микроэлементов при возделывании яровой пшеницы	65
Эффективность сочетанного воздействия микроэлементов, веществ, и ионизирующей радиации на семена яровой пшеницы	68
Взаимодействие микроэлементов синергистов при обработке семян и листовой подкормке	73
Оценка эффективности применения микроэлементов - синергистов в сочетании с пектином из амаранта.....	85
Углеводный метаболизм и дыхание прорастающих семян яровой пшеницы	96
Влияние микроэлементов с пектином на продукционные процессы озимой пшеницы	103
Урожайность и качество яровой пшеницы в зависимости от применения пектина и микроэлементов – синергистов.....	112
Сравнительная оценка предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки озимой пшеницы микроэлементами-синергистами	117
Урожайность, мукомольные и хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы под влиянием микроэлементов.....	123
Аналитическая зависимость показателей качества хлеба от способов использования микроэлементов в технологии озимой пшеницы	148
Математическая модель применения микроэлементов.....	156
Заключение.....	162
Предложение производству	163
Библиографический список	164
Для заметок.....	183

«...Тесно связано благоденствие
человека с существованием растения.
Живётся хорошо растению — хорошо
живётся и человеку; гибнет
растение — неминуемое бедствие
грозит и человеку»
К.А. Тимирязев, 1892 г.

Предисловие

Возможность использования микроэлементов для оптимизации минерального питания сельскохозяйственных растений особенно микроэлементов – синергистов открыло широкую перспективу развития растениеводческой науки.

Научные исследования за последнее время показывают на определённую эффективность предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки сельскохозяйственных культур. В разных зонах Российской Федерации полученные результаты по стимулирующему эффекту применения микроэлементов на рост, развитие, урожайность и качество сельскохозяйственных культур, на хозяйственные изменения биохимического состава получаемый из них продукции.

Настоящая работа является результатом многолетних исследований применения микроэлементов на различных сельскохозяйственных культурах: отдельно взятых микроэлементов, а также в сочетании ионизирующими излучениями, регуляторами роста и макроэлементами. Исследования проводились на яровой и озимой пшенице, горохе, сое, сахарной свекле и других сельскохозяйственных культур. В основном научные исследования с микроэлементами – синергистами, как для обработки семян, так и листовой подкормки. Полученные положительные результаты были рекомендованы для внедрения и внедряются в регионе и в Республике Татарстан.

Введение

Важным резервом повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе яровой и озимой пшеницы является наиболее полная реализация потенциальной продуктивности растений в условиях конкретной почвенно-климатической зоны.

Рост является основной функцией продуктивного процесса, для оптимизации которого необходимо изучение морфо-биологических особенностей развития растений, а также поиск и применение факторов экзогенного управления в онтогенезе, что актуально в практическом растениеводстве.

Использование микроэлементов-синергистов и регуляторов роста открывает широкие возможности совершенствования технологии выращивания яровой и озимой пшеницы. Микроэлементы, находясь в клетках и тканях растений в низких концентрациях, оказывают огромное физиолого-биохимическое влияние на продукционную деятельность, стимулируют ассимиляционный и энергетический процессы, повышают урожайность и качество продукции.

До настоящего времени вопросы экзогенной регуляции продукционного процесса озимой пшеницы остается недостаточно изученным, поэтому углубленное изучение данного направления необходимо для разработки системы управления продуктивностью и зимостойкостью растений, обоснования энергосберегающей технологии для производства.

Роль микроэлементов в физиолого-биохимических процессах сельскохозяйственных растений

Хотя в растениях можно обнаружить почти все элементы таблицы Д.И. Менделеева, к началу XX века было выяснено, что им необходимо 7 элементов: азот, фосфор, сера, калий, кальций, магний и железо. Далее была установлена потребность растений еще в пяти элементах - медь, марганец, молибден, цинк и бор.

На основе количественной потребности и содержания в растении минеральные элементы были разделены на макроэлементы и микроэлементы. Вместе с тем растение может накапливать и ненужные ему вещества.

Для растений, кроме обычных элементов минерального питания необходимы и другие химические элементы содержащиеся в тканях растений в мизерных количествах и вместе с тем, отличающиеся высокой биологической активностью-микроэлементы. Они представляют собой группу незаменимых минеральных элементов, выполняющих важные функции в жизнедеятельности растительных организмов, их содержание в растениях составляет тысячные-десятитысячные доли процента.

Микроэлементы принимают участие в поступлении анионов и катионов в растение, способствуют процессам образования зиготы и оплодотворению, поддерживают нормальное течение физиолого-биохимических процессов, непосредственно оказывают влияние на процессы синтеза хлорофиллов, повышают фотосинтетическую активность, позволяют сократить сроки созревания сельскохозяйственных культур, приводят к повышению продуктивности и качества продукции [1,2,3,4,5,6].

Участие марганца в жизнедеятельности сельскохозяйственных растений

Необходимо отметить, что многочисленные исследования по физиолого-биохимическим параметрам показывают на важность содержания марганца в жизнедеятельности растений, улучшает физиологические процессы [7,8].

Марганец участвует в процессе фотосинтеза, дыхания, углеводном и белковом метаболизмах, он входит в состав ферментов оксидоредуктаз. Под влиянием марганца повышается пероксидазы и синтетическая деятельность инфертазы [9,12].

Важная роль марганца в реакциях фотосинтеза, в окислительном фосфорилировании, повышает интенсивность дыхания, участвует в азотном и углеводном обменах[10,11].

Марганец при нитратном питании ведет себя как восстановитель, а при аммиачном – как окислитель.

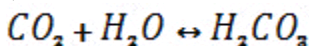
Следует отметить участие марганца в фосфорилировании фотосинтетической системы растений, в реакции фотолиза воды с выделением молекулярного кислорода, активизировании синтеза РНК и ДНК у проростков, повышении активности АТФ и амилаз.

Таким образом, короткие сведения о марганце показывают, что марганец принимает активное участие в обмене веществ, улучшает физиологические процессы, в результате повышается продуктивность сельскохозяйственных растений.

Роль цинка в жизнедеятельности сельскохозяйственных растений

Физиологическая роль цинка в растениях очень разнообразна. Он оказывает большое влияние на окислительно-восстановительные процессы, скорость которых при ее недостатке заметно снижается. Дефицит цинка приводит к нарушению процессов превращения углеводов. Имеются данные, что недостаток цинка сильнее проявляется у растений, богатых углеводами.

Цинк участвует в активации ряда ферментов. Первым ферментом, в котором был открыт цинк, является карбоангидраза, катализирующая реакцию



Карбоангидраза определяет различную интенсивность процессов дыхания и выделения CO_2 , организмами. Также активность данного фермента регулирует засухоустойчивость растения [14].

Цинк входит также в состав других ферментов пероксидазы, каталазы, оксидазы, полифенолоксидазы и др.

Многими исследованиями доказана связь между обеспеченностью растений цинком и образованием, и содержанием в них ауксинов.

Цинковое голодание вызывается отсутствием активного ауксина в стеблях растений и пониженной деятельностью в листьях [15].

Значение цинка для роста растений непосредственно связано с его участием в азотном метаболизме. Дефицит цинка приводит к значительному накоплению растворимых азотных соединений амидов и аминокислот, что может нарушить синтеза белка. Различные культуры по разному реагируют на цинк [16].

Многие исследования подтвердили, что содержание белка в растениях при недостатке цинка уменьшается.

Цинк повышает синтез сахарозы, крахмала, общее содержание углеводов и белковых веществ. Применение цинкосодержащих удобрений увеличивает содержание аскорбиновой кислоты, сухого вещества и хлорофилла.

Цинковые удобрения позволяют растениям повысить засухоустойчивость и холодостойкость. При дефиците цинка у растений нарушается фосфорный обмен: фосфор накапливается в корневой системе, задерживается его транспорт в надземные органы, замедляется превращение фосфора в органические формы. При недостатке цинка в растениях накапливаются редуцирующие сахара и уменьшается содержание сахара и крахмала, увеличивается количество органических кислот и небелковых соединений азота- амидов и аминокислот [17].

Значение молибдена для сельскохозяйственных растений

Молибден для роста и развития растений имеет большое значение. Наличие его в почве обеспечивает фиксации молекулярного азота воздуха клубеньковыми и свободноживущими бактериями и водорослями, а также нормальный процесс фосфорного и углеводного обмена, является составной частью активного центра фермента нитратредуктазы, который принимает участие в восстановлении нитратов тканях растений до аммиака, используемого затем до аминокислот и белков. Меняя свою валентность, молибден принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях. Доказано прямое участие молибдена в рeduкции нитратов [18,19].

Обнаружена корреляция между нитратредуктазной активностью, дозой нитратного питания и молибдена на избыточных дозах азотного питания. Молибден повышает активность этого фермента в листьях яровой пшеницы и на низких фонах азота. Однако следует отметить, что высокие концентрации молибдена ингибируют нитратредуктазу [20].

Молибденсодержащий центр нитратредуктазы расположен в гидрофобной части белковых глобулы и восстановление нитрата в таком активном центре происходит до двуокиси азота, которые при контакте с водой превращаются в нитрит [21].

Молибден восстанавливает нитратредуктазную активность в условиях засоления, водного стресса и низких температур [22,23].

Молибден и марганец ускоряют развитие растения, оказывают влияние на интенсивность перехода зелёных растений от гетеротроф-

ного к автотрофному питанию, проявляют важное значение в прохождении стадии яровизации у озимых [24,25,26].

Таким образом, резюмируя краткий обзор литературы по этим трем микроэлементам, можно констатировать, что в целом они оказывают влияние на физиолого-биохимические процессы, способствуют нормальному росту и развитию растений, повышают устойчивость к стрессовым воздействиям среды и в конечном итоге повышают продуктивность сельскохозяйственных культур.

Исследования по использованию микроэлементов в растениеводстве нами проводится с различными сельскохозяйственными культурами (сахарная и кормовая свекла, яровая пшеница, томаты в условиях закрытого грунта, озимая пшеница, горох) они были внедрены в сельскохозяйственное производство [27,28,29,30,31,32,33,34].

Результаты исследований показали, что урожайность исследуемых культур повышается на 7,2-14,2%, а при сочетании действий с пектином и мелафеном до 17,6-29,3%.

Начиная с девяностых годов для увеличения эффективности микроэлементов мы применяем пектин из Амаранта с молекулярной массой 10-15 тыс. у.е.

Свойство и строение пектиновых веществ

Номенклатура пектиновых веществ, используемая в литературе, приведена ниже:

- Пектиновая кислота - полимер, построенный из галактуроновой кислоты. Полигалактуроновая кислота, в воде не растворима.
- Пектаты - соли полигалактуроновой кислоты.
- Пектин - частично или полностью метоксилированная полигалактуроновая кислота.
- Пектинаты - соли не полностью этерифицированного пектина.
- Протопектин - природный водонерастворимый, связанный с катионами металлов и другими соединениями, поперечносшитый пектин.
- Пектиновые вещества общее название всех вышеперечисленных соединений.

Кроме D - галактуроновой кислоты в свободной или этерифицированной форме, в состав пектиновых молекул входят и нейтральные сахара: галактоза, арабиноза, ксилоза, глюкоза, фруктоза и ряд других. Кроме того рамноза является составной частью полисахаридного остова. Пектиновые вещества состоят, в основном, из гомогалактуро-

нановой части и малого рамногалактуронанового домена, которые содержат боковые цепи нейтральных сахаров [35].

Рамногалактуронаны делят на два типа: рамногалактуронаны I и рамногалактронаны II [36, 37,38].

Рамногалактуронан 1 (RG-1) является основным пектиновым компонентом первичных клеточных стенок двудольных и однодольных растений. Установлено, что RG-1 представляет собой семейство близкородственных полисахаридов, построенных из повторяющихся дисахаридных звеньев.

Ниже (Табл. 1,2) приводится качественный и количественный моносахаридный состав пектина амаранта, определенный авторами с помощью гидролиза и хроматографических методов.

Таблица 1

Моносахаридный состав пектина Амаранта

Сахар	Содержание, %
Галактуроновая кислота	67,0
Глюкоза	8,3
Галактоза	7,7
Арабиноза	6,6
Рамноза	4,1
Фруктоза	4,1
Ксилоза	2,1

Ниже приведены характеристики пектина *Amaranthuscruentus*.

Пектины обладают физиологическими свойствами. У пшеницы они регулируют деление клеток. Влияет на морфологию проростков, стимулирует прорастание семян, увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур.

Таким образом, можно заключить, что полисахариды растений в первую очередь представляет интерес как фиторегуляторы и роста регулирующих средств, так как стимулируют функциональная активность фагоцитирующих клеток *in vivo*, повышают энергию прорастания семян.

Познание закономерностей, связанных с изменением посевных качеств после их обработки перед посевом различными веществами имеет важное теоретическое и практическое значение, так как это дает возможность более эффективно использовать метод предпосевной об-

работки семян биологически активными веществами при возделывании сельскохозяйственных культур.

В результате изучения физиологического влияния пектина амаранта на семена различных сельскохозяйственных культур нами было обнаружено, что прорастающие семена сами способны выделять эндогенные пектины.

Таблица 2

Физико – химическая характеристика пектиновых веществ по Л.А.Михеевой

Показатель	Количественные характеристики
Метоксильные группы, %	6,3-6,5
Ацетильные группы, %	0,4-0,6
Свободные карбоксильные группы, %	8,4-8,6
Степень этерификации, %	70-75
Уронидная составляющая, %	80-83
Молярная масса эквивалента	520-540
Статистическая обменная емкость, мг- экв/ г -по катионам одновалентных металлов -по катионам двухвалентных металлов	3,8-4,2 10,0-10,5
Зольность, %	2,0-2,5
Вязкость 1% раствора, мПа/ сек	1,56-1,62
Молекулярная масса, у.е.	14000-60000

К вопросу о понимании физиолого-биохимических ростовых процессах в прорастающих семенах при обработке семян микроэлементами – синергистами

Использование микроэлементов – синергистов с целью повышения урожая сельскохозяйственных растений привлекает внимание многих исследований. Вместе с тем в доступной литературе высказываются противоположные мнения относительно возможностей выявления эффекта стимуляции и применение в растениеводстве.

Несомненно, что для окончательного решения вопроса немаловажное значение приобретает понимание взаимосвязи тех явлений, которые могут быть охарактеризованы, как реакция семян не действие того или иного микроэлемента, особенно семян, которые выращены на почвах, где их содержание очень низкое, а их недостаточно для вклю-

чения в ферментные системы, т.к. они являются кофакторами ферментов.

Результатом является изменение активности и направления деятельности ферментов, что влечет изменения характера физиолого-биохимических процессов, и создается картина реакции на действие того или иного микроэлемента, в результате усиливаются энергетические процессы. За счет использования этой энергии начинается более усиленное поглощение воды, усиление распада запасных питательных веществ.

В зависимости от концентрации раствора микроэлементов ферментативные реакции могут вызвать стимулирующее или ингибирующее действие.

Стимулирующие концентрации вызывают активизацию ростовых процессов, темп дыхания, синтез гиббереллиноподобных веществ и других метаболических процессов.

Биологически активные соединения-фитогормоны, осуществляют, взаимодействие клеток, тканей и органов, являются необходимым звеном для запуска и регуляции физиолого-биохимических программ. Для гиббереллинов характерна высокая физиологическая активность и широкий спектр действия. Они активизируют синтез нуклеиновых кислот, белков и ферментов, ответственных за образование фосфолипидов, входящих в состав мембран, матричной РНК, которую регулирует синтез альфа амилазы.

Под влиянием микроэлементов происходит усиление синтеза и накопления ГВП (гиббереллиноподобных веществ), в результате за счёт этого усиливается биосинтез и активность фермента а, b- амилаз, что ведет усилению дыхания и углеводного метаболизма.

Всё это обуславливает возрастание активности в метаболических процессах, улучшает рост и развитие растений, способствует повышению урожайности и качества получаемой продукции. Параллельно с этим проводили исследования по динамике спиртоэкстрактивных белков.

Предпосевная обработка семян микроэлементами-синергистами способствовало ускорению образования в них ГВП, особенно при сочтанном применении.

Повышение содержания наблюдается на 3-5 суток. В набухших семенах и при проращивании в течение одних суток содержание на уровне контроля (Табл. 3).

Таблица 3

Динамика содержания ГПВ в прорастающих семенах озимой пшеницы, мг/кг

Вариант	Время проращивания					
	Набухание семян	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки	5 сутки
Контроль	9.2±0.20	14.5±0.21	16.5±0.35	18.2±0.21	28.4±1.21	28.9±1.21
Mn	9.0±0.18	14.6±0.19	17.0±0.41	19.3±0.33	34.9±1.32	36.1±1.34
Zn	9.1±0.21	14.8±0.32	17.4±0.49	20.1±0.40	35.6±1.41	36.2±1.20
Mn+Zn	9.3±0.17	15.0±0.30	17.9±0.63	21.2±0.41	36.5±1.30	36.9±1.19

Прорастание семян сопровождается повышением экстрактивности белков (Табл. 4).

Более интенсивно этот процесс протекает на опытных вариантах, особенно при сочетанном применении марганца и цинка. В начале прорастания семян разница между контрольным и опытным, вариантами значительна, и составляет 7,8-12,1 мг/100г. На 3 сутки разница уже составляет 23,9-33,3 мг, а на 4 сутки 18,0-27,7 мг/100г, что мг/100г, составляют 11,9-18,4% в начале (набухшие семена) 16,1-23,7% на 3 сутки. К 5-ым суткам разница между вариантами нивелируется.

Таблица 4

Содержание спиртоэкстрактивных белков в прорастающих семенах озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки, мг/100г

Вариант	Время проращивания					
	Набухание семян	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки	5 сутки
K	65,5±0,7	97,6±0,6	124,5±1,4	148,9±1,2	194,8±1,7	519,7±1,8
Mn	74,0±0,9	102,1±0,7	136,6±1,2	172,8±1,3	213,3±2,2	521,0±1,6
Zn	73,3±0,8	104,1±1,1	145,5±1,0	172,5±0,8	212,8±1,6	522,3±1,7
Mn+Zn	77,6±0,8	112,4±1,2	147,7±1,3	182,2±1,0	220,0±1,4	524,4±1,4

Таким образом, предпосевная обработка семян микроэлементами-синергистами способствует более ускоренному образованию в прорастающих семенах гиббереллиноподобных веществ и спиртоэкстрактивных белков.

Нами совместно с В.А. Исайчевым [33] установлено, что микроэлементы марганец и молибден и в сочетании стимулируют ростовые процессы на начальных этапах прорастания яровой пшеницы Безен-

чукская [139], подтверждает закономерность о повышении и интенсивности ростовых и физиолого-биохимических процессов в результате предпосевной обработки семян микроэлементами. Результаты исследования подтверждают закономерность о повышении интенсивности дыхания в результате предпосевной обработки (рис. 1).

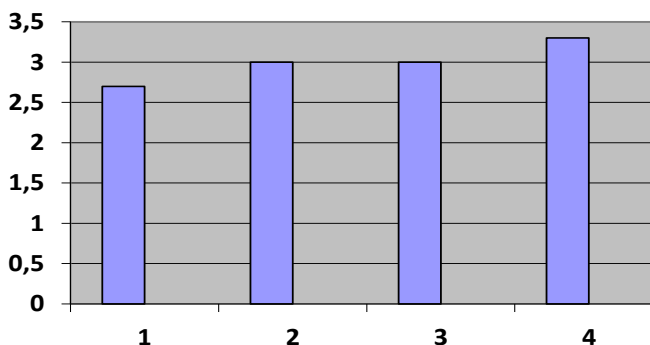


Рис.1 - Влияние микроэлементов на интенсивность дыхания семян твердой яровой пшеницы мг/CO₂ сухих семян за 1 сорт Безенчукская[139].

1. Контроль; 2. Марганец; 3. Цинк; 4. Марганец+Цинк

Дыхание как энергетический процесс поставляет энергию для растительной клетки, обеспечивающие анаболические и катаболические процессы целостного организма.

Активность гидролитических ферментов при прорастании семян озимой пшеницы

Растительный организм представляет собой целостную саморегулирующуюся систему, воздействие на которую раздражителем любой природы, в том числе и химической, сопровождается адаптивной реакцией, обусловленной различными биохимическими, физиологическими, морфоанатомическими механизмами [42,43].

Обработка семян биологически активными веществами способствует развитию более здоровых и крепких растений с интенсивным типом метаболизма. При наступлении стресса в таких растениях более энергично происходит перестройка, связанная с адаптацией к неблагоприятному фактору среды [44].

При прорастании в семенах образуются активные формы кислорода, которые могут вызвать окислительное повреждение тканей. Защита от их действия осуществляется за счет работы высокоактивной антиоксидантной системы, в состав которой входят также каталаза и пероксидаза. Их действие, как и других компонентов антиоксидантной системы сводится к подавлению образования свободных радикалов, поддержанию нормального их уровня [45,46].

В таблице 5 представлена активность каталазы в семенах, подвергнутых предпосевной обработке микроэлементами - синергистами.

Таблица 5

Активность каталазы в проростках озимой пшеницы, мкмоль H_2O_2 , разложившейся за 1 мин в расчете на 1 г сухого материала

Вариант	Время, час				
	12	24	48	72	96
Контроль	12.58±0.91	23.24±0.61	60.30±1.11	92.41±0.81	69.03±0.83
Mn	13.01±0.72	24.62±0.31	64.21±1.15	95.32±0.91	72.10±0.89
Zn	13.62±0.53	24.83±0.41	64.78±0.90	96.01±0.88	73.00±0.91
Mn+Zn	13.78±0.81	26.32±0.64	66.13±0.01	97.32±0.75	74.80±0.86

В покоящихся семенах активность каталазы составляет 7-10 мкмоль разлагаемой перекиси водорода. На контроле возростание активности фермента до максимальных значений происходит на протяжении 72 часов, после чего происходит снижение активности. К этому времени активность каталазы возрастает по отношению к 1-ым суткам в 6-7раз.

Предпосевная обработка микроэлементами-синергистами способствует повышению активности фермента.

Наибольшие значения активности отмечены, где активность превышает контроля 5,3-8,3%. На 4-ые сутки происходит снижение активности, как на опытных вариантах, так и на контроле.

Пероксидаза входит в состав антиоксидантной системы растений, активность которой определяет их уровень устойчивости к различным воздействующим факторам в процессе онтогенеза. Фермент обладает достаточно широкой субстратной специфичностью и может проявлять свойства оксидазы. Активность пероксидазы возрастает с увеличением дыхания семян при выходе их из состояния вынужденного покоя. Высокое число изоэнзимов в семенах пшеницы позволяет предполагать участие данного фермента в процессах прорастания [47].

Нами изучена динамика активности пероксидазы в семенах озимой пшеницы в процессе набухания и прорастания. Результаты исследований представлены в таблице 6. Существенные изменения актив-

ности фермента отмечены с 1 дня прорастания. На вторые сутки активность пероксидазы возрастает почти в 2 раза на контроле, на опытных вариантах в 2,5 раза по сравнению с первыми сутками. Наибольшая активность фермента наблюдается на 4-ые и 5-ые сутки, причем на всех вариантах превышает контроль в 1,4 раза и в 1,5 раза (марганец+цинк). К шестым суткам активность пероксидазы падает. На всех вариантах, включая и контроль. Наибольшая активность данного фермента на протяжении опыта наблюдается под влиянием цинка, марганца. т.к. здесь наблюдается относительный синергизм действий.

Таблица 6

Активность пероксидазы в прорастающих семенах озимой пшеницы под влиянием обработки, изменение оптической плотности за 1 с/1 г сырой массы

Вариант	Время, сутки					
	1	2	3	4	5	6
Контроль	0.47±0.02	1.29±0.07	1.31±0.09	1.72±0.10	1.18±0.05	0.86±0.06
Марганец	0.66±0.02	1.48±0.12	1.54±0.08	1.61±0.12	1.21±0.04	0.91±0.06
Цинк	0.70±0.01	1.56±0.11	1.64±0.12	1.78±0.09	1.81±0.06	1.36±0.08
Mn+Zn	0.74±0.02	1.64±0.09	1.76±0.08	1.86±0.11	1.91±0.14	1.49±0.10

На основании полученных данных можно отметить, что обработка семян способствует повышению активности пероксидазы в прорастающих семенах озимой пшеницы [48].

Подобная динамика ферментной активности обусловлена интенсификацией физиолого-биохимических процессов, протекающих в зерне при прорастании. Первоначально необходимая для прорастания семян энергия поступает преимущественно при окислении запасных питательных веществ, главным образом, углеводов у зерновых культур.

Таким образом, высокая активность каталазы и пероксидазы, обусловленная повышением содержания ГПВ, под влиянием используемых микроэлементов по-видимому это связано с усилением синергетических и синтетических процессов.

Амилаза является одним из основных ферментов прорастающего зерна. В прорастающих семенах амилазы ускоряют реакцию расщепления запасного крахмала до мальтозы, которая используется развивающимися зародышем. Они являются основными биокатализаторами зерна, расщепляющими гранулы крахмала с образованием декстринов и сахаров. Ведущая роль в этом принадлежит амилазе, обладающей способностью расщеплять активные гранулы крахмала [49, 50, 51, 52].

Работами многих исследователей [39,122] установлено, что в по- коящихся семенах хлебных злаков находится только β-амилаза, и

только при проращении в них появляется α -амилаза. В покоем семени β -амилаза локализуется как в щитке, алейроновом слое, так и в белковых телах, в комплексе с запасными белками зерна пшеницы. Основными местами синтеза α -амилазы в прорастающем зерне злаковых являются щиток и алейрон.

По данным вышеперечисленных авторов установлено, что основной показатель глубоких физиолого-биохимических изменений, происходящих в прорастающем зерне – усиление действия ферментов, прежде всего, амилолитического комплекса.

Предпосевная обработка семян озимой пшеницы микроэлементами – синергистами оказывает стимулирующее действие на активность амилазы (Табл. 7). Данный фермент усиливается на всех вариантах на 3 – сутки. Наибольшая активность находится на 4-5 сутки от момента проращения семян, когда продукты гидролиза крахмала особенно необходимы активным растущим клеткам (зародышам) пророска. При этом амилолитическая активность на опытных вариантах начиная с 3 суток выше, чем на контрольном варианте.

Таблица 7

Активность амилазы в семенах озимой пшеницы при проращении, мг гидролизованного крахмала за 30 мин/ч сырой массы

Вариант	Время проращивания, сут.				
	1	2	3	4	5
Контроль	21,63 ± 1,3	43,36 ± 1,75	57,72 ± 1,23	71,42 ± 2,37	90,15 ± 1,72
Марганец	22,10 ± 1,2	44,10 ± 1,60	58,96 ± 1,10	76,21 ± 0,01	97,11 ± 1,56
Цинк	23,15 ± 0,5	44,80 ± 1,2	60,15 ± 1,12	77,22 ± 1,19	98,13 ± 1,21
Марганец + Цинк	23,42 ± 0,2	45,26 ± 1,1	61,23 ± 0,89	78,19 ± 1,13	101,12 ± 1,37

Применение микроэлементов-синергистов повышает активность фермента амилазы на 8-11,2 % увеличение активности амилаз под влиянием микроэлементов объясняется тем, что микроэлементы как факторы внедряются в окислительно-восстановительные и гидролитические ферменты, которые усиливают запуск последующих реакций и служат регуляторами элементарного звена биохимических реакций.

Активность амилазы по действиям используемых факторов способствует интенсивному росту растительного организма и эффективному усвоению питательных веществ клетки.

Между амилолитической активности содержанием ГПВ также установлена зависимость ($R=0,836$; $D=69,72\%$): $Y=7,60+2,280 * X$

Где: Y - активность амилазы, X – содержание ГПВ на соответствующие сутки.

Повышенная активность этих ферментов, как правило приводит к более высокой мобилизации питательных веществ и способствует лучшему росту проростков. Таким образом действие на семена стимулирующих концентраций микроэлементов-синергистов выражаются усилением активности ферментов - каталазы, пероксидазы и амилазы, способствующие регуляции физиолого - биохимических реакций, активность которых направлено на мобилизацию потенциальных возможностей растительного организма.

Влияние предпосевной обработки семян на показатели их прорастания

Ранняя стадия роста и развития растений характеризуется его наибольшей пластичностью и восприимчивостью, любое воздействие на него в этот период может оказать решающее влияние на прохождение дальнейших стадий развития взрослого организма. Первоначальные изменения, обусловленные стрессом любой природы, сказываются на интенсивность и направленность и обмена [53].

Нами изучалось действие микроэлементов - синергистов на показатели прорастания озимой пшеницы (Табл. 8).

Результаты показывают, что данные микроэлементы не оказывают существенного влияния на энергию прорастания, находятся в пределах ошибки опыта.

Лаборатория всхожесть увеличивается не 2,9 - 3,5%.

Важным показателем характеризуется скорость и дружность появления всходов, способность проростка преодолевать сопротивление почвы являются сила роста, которая определяет потенциальной уровень на активности при прорастании в полевых условиях.

Таблица 8

Влияние предпосевной обработки микроэлементами - синергистами на энергию прорастание и лабораторную всхожесть семян озимой пшеницы сорт Базальт

Вариант	Энергия прорастания, %	Лаборатория всхожести, %
Контроль	81,0	89,9
Марганец	82,5	92,8
Цинк	82,5	93,0
Марганец + Цинк	83,1	93,4
НСР 05	3,11	1,98

Под влиянием предпосевной обработки семян всхожесть увеличивается на 3-7%, при $НСР_{0,5}=1,98$, что указывает на достоверность повышения данного показателя по сравнению с не обработанными семенами.

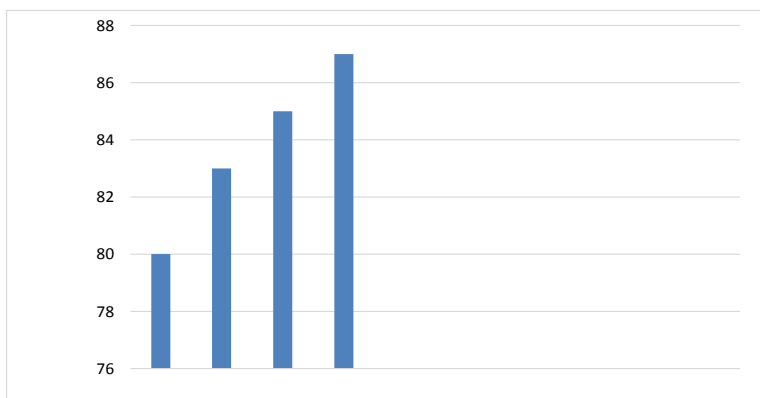


Рис. 2 – Влияние микроэлементов на силу роста семян озимой пшеницы сорта Базальт, %

Важное значение при оценке проростков имеет их длина, которая позволяет оценить быстроту появления их на поверхности почвы, скорость перехода от гетеротрофного типа питания к автотрофному, так как к моменту появления всходов до 70-90 % запасных веществ эндосперма оказываются израсходованными.

Длина ростка под влиянием микроэлементов увеличивается на 0,5-1,33 см. Наибольшая длина наблюдается при сохранении марганца и цинка (рис. 3).

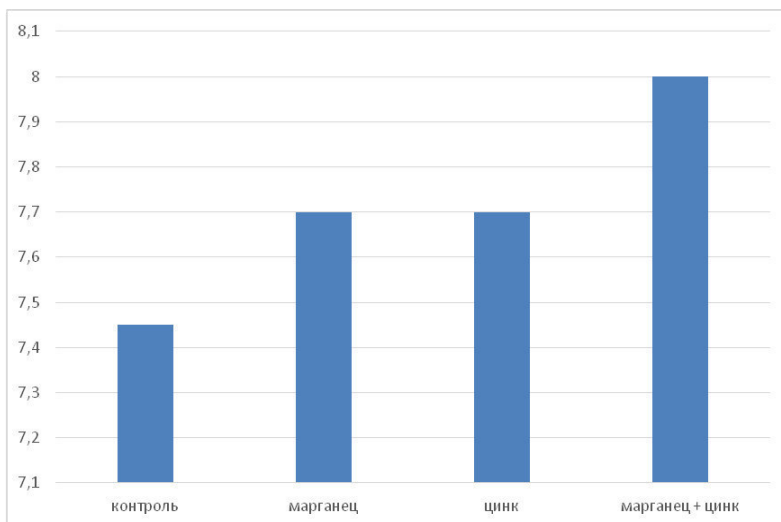


Рис. 3 – Длина проростков озимой пшеницы, см.

Количество зародышевых корешков является генетически обусловливаемым признаком, однако под воздействием используемых микроэлементов увеличивается количество корешков, формирующих 5 корешков (рис. 4.)

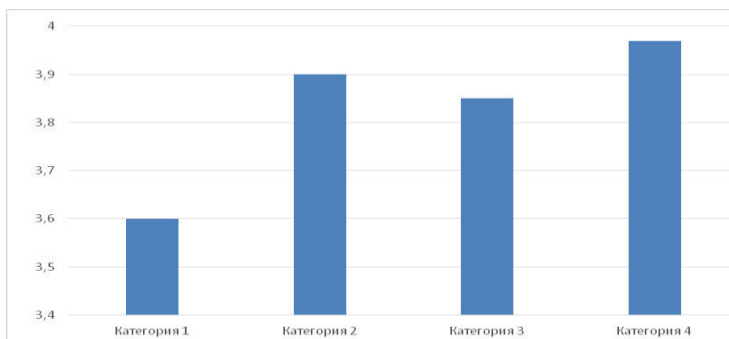


Рис. 4 – Число зародышевых корешков у проростков озимой пшеницы сорта Базальт, шт.

Обработка микроэлементами оказывает стимулирующий эффект, число зародышевых корешков увеличивается с 3,60 до 4,19 шт., что на 16% больше, чем на контрольном варианте.

Результаты исследования показывают, что используемые микро-элементы усиливают ростовые процессы, повышает интенсивность роста и развития растений на начальных этапах онтогенеза.

На ростовые процессы, протекающие в начале индивидуального развития, оказывают влияние и на поливаю поверхность (Табл. 9). Наибольшее высокая полевая всхожесть было в 2003 году, это связано с более благоприятными погодными условиями. Следует указать то, что она более выше и на контрольном варианте по сравнению 2004-2005 гг.

Под влиянием предпосевной обработки полевая всхожесть увеличивается на фоне без удобрений на 6,5-10,7%, а на фоне удобрений соответственно на 3,4-4,5%.

Таблица 9
Полевая всхожесть озимой пшеницы за годы исследования, %

	Вариант	2003-2004	2004-2005	2005-2006	Среднее
Без удобрений	Контроль	71,2±1,8	69,1±1,1	67,4±0,7	69,2
	Марганец	80,5±2,2	72,5±1,4	68,1±0,8	73,7
	Цинк	81,3±2,4	72,8±2,1	68,7±1,3	74,2
	Марганец+Цинк	81,1±1,9	73,3±1,4	69,1±1,7	74,5
Фон удобрений	NPK	81,2±2,3	73,6±0,9	71,1±1,2	75,3
	Марганец	82,1±3,1	77,5±1,7	71,8±1,3	77,1
	Цинк	82,7±1,9	77,9±1,2	72,1±1,7	77,5
	Марганец+Цинк	83,1±1,7	78,1±1,4	74,9±1,1	78,7

Таким образом, анализ внутренних процессов определяющих рост и развитие растений, а также их изменения в результате предпосевной обработки семян показывает, что в основном эти изменения интерпретируются и фиксируются в процессе прорастания. Изучаемые микроэлементы усиливают первичные ростовые процессы, что проявляются в активизации гидролитических ферментов, способствуют ускоренному переходу растений от гетеротрофного типа питания к автотрофному.

Адаптация растений озимой пшеницы к неблагоприятным условиям перезимовки

Задача повышения морозо- и зимостойкости растений очень сложная, т.к. прогнозировать действие какого-либо фактора во времени невозможно. Комбинации этих составляющих по степени влияния на перезимовку уникальные по регионам, годам и даже отдельным участкам поля [54].

В процессе эволюции у озимых растений сформировалась способность адаптироваться к зимним неблагоприятным условиям в процессе закаливания.

Морозо- и зимостойкость развивается в результате сложной и длительной подготовки растений к зиме. Важными условиями для протекания первой фазы закаливания является освещенность растений прямыми солнечными лучами и низкие положительные температуры, что способствует большому накоплению в растениях (криозащитных) веществ. Особенностью второй фазы закаливания, протекающей под воздействием отрицательных температур, является обезвоживание содержимого клетки. Клетки съеживаются, увеличивается размер межклетников. Белковые агрегаты, образующие твердую основу студня при этом сближаются, что приводит к увеличению локальных связей. Структура тела сначала улучшается, вследствие уменьшения размеров ячеек, но при сильных морозах в результате чрезмерного уплотнения она становится менее устойчивой к механическим деформациям. Отток воды из клеток в межклетники-наиболее эффективным способом защиты растений от образования льда внутри протопласта, однако, главное его условия-медленное снижение температуры [55,55,56,57].

По данным А.П.Стаценко, В. В. Жильцова [56] косвенное влияние на морозостойкость оказывает сроки посева, предшественник, оптимальные условия, обеспечивающие лучшую выживаемости растений, остаётся в посевах озимой пшеницы при влажности почвы в период посев-сходы 30-40 % от наименьшей влагоемкости.

Другие исследователи связывают зимостойкость свободным режимом, содержание связанной воды в растениях, накоплением моносахариды, олигосахаридов, небелковых форм азота [58].

Подготовка растений к зимовке сопровождается сложным биохимическими превращениями различных веществ. Особый интерес вызывает так называемые криозащитные соединения, накопление которых в протопласте устраняет условия льдообразования.

Значительное внимание уделяется свободных аминокислот. Во многих работах отмечено, что в течение всего зимнего периода количество аминокислот колеблется, что, в первую очередь, связана с колебаниями температуры на глубине узла кущения [59-60]. Они выполняют важную роль в защите биокolloидов протоплазмы от повреждающих факторов зимовки, а с началом вегетации участвует в процессах синтеза белка и репарации тканей.

На протяжении зимнего периода основную долю (75-90 %) составляет глутаминовая кислота, которая является исходным соединением для синтеза пролина, аланина, аспарагиновой кислоты, лейцина.

Нашими исследованиями установлено (Табл.10), что содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы в течение осенне-зимне-весеннего периода на опытных вариантах превышает их содержание о контроле в среднем по годам исследований на (1,87-2,23%).

Аналогично зимой и весной количество свободных аминокислот увеличивается по мере снижения температуры в осенний период.

Наибольшее количество свободных аминокислот в период заделки накапливается на фоне минеральных удобрений по всем вариантам опыта и в течение осенне-зимне-весеннего периодов, отдельно взятые удобрения повышают содержание аминокислот на 2, 51%, причём это тенденция наблюдается в течение всего периода. Микроэлементы особенно марганец и цинк в сочетании оказали положительное влияние на накопление свободных аминокислот.

Таблица 10

Содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы в осенне-зимне-весенний период, % сух. вещества

	Вариант	Осень	Зима	Весна
Без удобрений	Контроль	10,92	9,26	7,01
	Марганец	12,02	9,86	7,76
	Цинк	12,86	10,25	8,32
	Марганец+Цинк	13,25	10,39	8,66
Фон удобрения	NPK	13,43	11,0	8,74
	Марганец	14,20	11,13	9,14
	Цинк	14,28	11,30	9,34
	Марганец+Цинк	14,65	12,2	9,52

В процессе перезимовки растения используют запасные вещества. Усиленному расходу аминокислот способствовали мягкие зимы 2003-2004 и 2004-2005 гг, когда температура в декабре, январе превышала на 2-3 ° С среднееголетнюю.

С возобновлением вегетации происходит расход ассимилятов на репарационные процессы, содержание свободных аминокислот снижается на всех вариантах опыта на 3,94-4,5% на контроле.

Увеличение содержания аминокислот наземных растений при низких температурах объясняется не только активностью их протеолитических ферментов, но и тем воздействием, которое оказывают на белки цистин и другие соединения, содержащие сульфгидрильные группы. Эти соединения способствуют изменению агрегатного состояния белков, оказывая мощное растворяющее действие, и облегчая тем самым влияние на них протеолитических ферментов.

Особый интерес представляет увеличение в растениях при закаливании редуцирующих сахаров. Функции сахаров во время низкотемпературного стресса весьма разнообразны и многочисленны. Они повышают концентрацию клеточного сока и межклеточной жидкости, что препятствует их замерзанию. Кроме того, они являются криопротекторами белков, устраняют эффект их дегидратации при низких температурах. Важны сахара, как энергетические вещества, которые поддерживают метаболизм растений во время зимовки [61,58]. Велика их роль и в ранневесеннее время при возобновление роста, когда растение восстанавливает утраченные органы. Постепенное снижение температуры и накопление большого количества редуцирующих сахаров, приводит к подавлению ростовых процессов. Растения, которые практически полностью приостанавливают рост во время осеннего развития, лучше зимуют [62,55,37].

Повышение содержания сахаров при действии низких температур идет в первую очередь за счет гидролиза сахарозы и других ди-, трисаров (олигосахаридов). Накопление моносахаридов способствует повышению осмотических свойств клетки, что снижает вероятность перехода воды в кристаллическое состояние при отрицательных температурах.

Результаты исследований по содержанию редуцирующих сахаров приведены в таблице 11.

Таблица 11

Содержание редуцирующих сахаров с растениях озимой пшеницы в осенне- зимне-весенний период, % сухих веществ

	Вариант	Осень	Зима	Весна
Без удобрений	Контроль	31,0	23,5	19,2
	Mn	32,2	27,4	21,1
	Zn	33,6	25,2	21,9
	Mn+Zn	34,2	21,5	22,8
Удобренный фон	NPK	34,8	25,8	21,9
	Mn	35,2	26,7	22,3
	Zn	35,8	27,2	23,4
	Mn+Zn	36,2	28,3	24,1

Результаты показывают больше всего сахара содержится осенью затем наблюдается снижение это связано с дыханием растений.

К весне 1,5-1,7 раз сахар снижается. Под влиянием микроэлементов происходит увеличение редуцирующих сахаров, как на удобренном фоне, так и без удобрений, на 3,1-3,6% и соответственно при применении на фоне удобрений на 2,4-2,5%.

Таким образом, можно констатировать что применение удобрений и предпосевная обработка семян микроэлементами - синергистами способствует повышению осмотически активных веществ, в результате повышается и экологическая пластичность и адаптивные свойства озимой пшеницы на протяжении всего осенне-зимне-весеннего периода, что сказывается на более высокой выживаемости опытных растений (Табл. 12).

Гибель озимых в годы исследований происходила по разным причинам: 2003-2004- выпревание; 2004-2005- резкие перепады температур, 2005-2006- вымерзание.

Из таблицы 12 видно, что выживаемость озимой пшеницы в 2003-2004 выше, чем в 2004-2005 году, что объясняется резкими перепадами и низкими температурами в феврале - марте 2005 года. В 2003-2004 выживаемость растений после перезимовки в среднем составляет 82-88% без удобрений, 90% на удобренном фоне.

Таблица 12

Выживаемость растений озимой пшеницы в полевых опытах после перезимовки

	Вариант	Годы исследований			
		2003-2004	2004-2005	2005-2006	Средние
Без удобрений	Контроль	82,0	58,6	52,6	64,4
	Марганец	84,9	60,2	54,0	66,3
	Цинк	87,4	61,3	54,7	67,8
	Марганец+Цинк	88,5	62,5	56,2	69,1
Фон удобренный	Контроль НРК	88,5	60,4	53,4	67,4
	Марганец	90,1	61,9	55,0	69,0
	Цинк	90,5	63,2	56,1	69,9
	Марганец+Цинк	90,9	64,4	56,9	70,7
НСР05	Для частных средних	5,62	6,04	4,26	
	Для I факт.	3,42	4,04	2,35	
	Для II факт.	4,32	3,39	1,72	

В 2004-2005г. В связи с погодными условиями по сравнению с 2003-2004г. Выживаемость растений на треть ниже, а в 2005-2006г. выживаемость еще хуже, тем не менее во все годы исследований микроэлементы-синергисты способствовали усилению процессов биосинтеза и накоплению криозащитных соединений, а следовательно,

являются фактором усиливающим естественную закалку озимой пшеницы, что приведет к усилению их выживаемости после перезимовки.

Ростовые процессы, фотосинтетическая деятельность, урожайность и качество озимой пшеницы в зависимости от действия микроэлементов-синергистов

Рост и развитие растений тесно связана с процессом фотосинтеза, как источник превращения физической энергии в энергию химических связей, в которых закрепляется энергия, этот процесс включает комплекс взаимосвязанных физиологических и биохимических процессов.

Понятие «рост» охватывает ряд сложных и многообразных явлений и процессов: увеличение размеров растений, прибавка в массе и так далее. Стимуляция прорастания растений и перераспределение питательных веществ из эндосперма или семядолей для двудольных в другие части проростков на самых ранних этапах онтогенеза сохраняется и позже, что проявляется в увеличении массы и площади листьев.

Многие исследователи отмечают, что причиной низкой урожайности чаще всего являются низкий индекс листовой поверхности, медленное и её формирование в начальные фазы онтогенеза [63, 64, 65]. Следовательно, приёмы, увеличивающие размеры ассимиляционного аппарата, повышает урожайность. От направленности процессов синтеза и гидролиза, происходящих в листе, зависит не только величина, но и качество урожая. Поэтому выяснение влияния минеральных удобрений, предпосевной обработки семян используемыми препаратами, на развитие листовой поверхности имеют большое значение.

В наших опытах нарастание ассимиляционной поверхности растений в отдельные годы несколько различалось в зависимости от метеоусловий. В первую очередь от водообеспеченности растения.

Результаты приведены на рисунке 5.

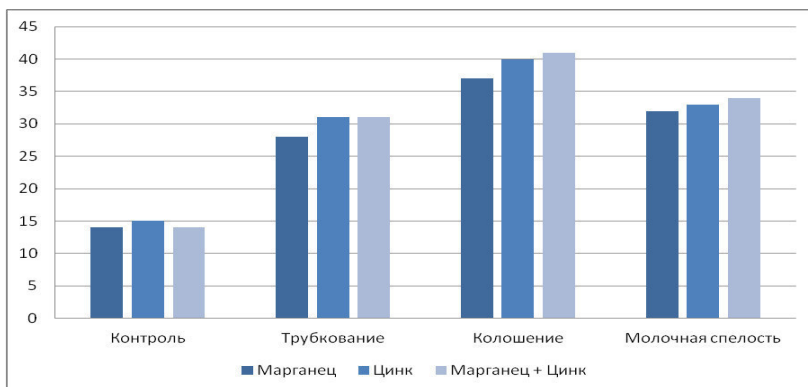


Рис. 5 - Динамика развития листовой поверхности на удобренном фоне тыс. м²/га среднее за годы исследований

Наименьшее листовая поверхность озимой пшеницы сорта Базальт сформировалась в 2005 году это связано метеорологическими условиями, обусловленными сильным развитием бурой ржавчины, когда при к фенофазе молочной спелости произошло отмирание листьев. Минеральные удобрения и предпосевная обработка семян микроэлементами оказывает положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата в течении индивидуального развития.

Листовая поверхность опытных вариантов в фазу кущение превышает контроль в 2004 г. на неудобренном фоне в 1,29 раз (марганец + цинк), не удобренном - в 1,18 раза; в 2005 г. на неудобренном - в 1,19 раза, не удобренном – в 1,16 раза, о чем свидетельствуют о наилучшем отрастании опытных растений после перезимовки. В опыте с применением минеральных удобрений ассимиляционная поверхность увеличивается в течении онтогенеза в 0,65 – 0,75 раз по сравнению с неудобренным фоном. В среднем за годы исследований площадь листьев в фазу колошения составляет 26,9 – 34,5 тыс. м²/га, на удобренном соответственно 35,7 – 39,6 тыс м²/га.

В фазу молочной спелости из-за интенсивного оттока ассимилятов в репродуктивные органы, происходит уменьшение листовой поверхности: в среднем за годы исследований ассимиляционная поверхность на фоне естественного плодородия сократилась на 11,1% на контрольном варианте, на 8,6% на варианте марганец+цинк, на фоне минеральных удобрений на 16,5% против 12,1% на контроле.

Накопление сухой массы в растительном организме является следствием запасаения солнечной энергии в процессе фотосинтеза и служит одним из показателей роста растений. В работах многих ис-

следователей обнаружена прямая взаимосвязь между площадью листьев и содержанием сухой массы в растениях [63,66,50,67]. Интенсивность накопления сухой массы определяется совокупным воздействием комплекса абиотических факторов.

Наши исследования показывают волнообразный характер стимуляции ростовых процессов.

Накопление сухого вещества характеризует рост растений.

Микроэлементы-синергисты оказывают влияние на интенсивность биосинтеза органического вещества и накопления в растениях. Отличается тенденция более интенсивного накопления сухого вещества на удобренном фоне. Усредненные данные за 2004-2006гг приведены в таблице 13.

Таким образом, предпосевная обработка семян озимой пшеницы растворами сульфатов марганца и цинка способствуют усиленно фотосинтетической деятельности растений, в результате усиливаются ростовые процессы, о чем свидетельствует увеличение сухого органического вещества и микроэлементы способствуют лучшему усвоению минеральных удобрений и количество сухого вещества в растениях выше удобренного контроля. Например, в фазу кущения эти показатели выше на 6,1-11,4%. Аналогичная картина и по фазам трубкования, колошения и молочной спелости.

Таблица 13

Динамика накопления сухого вещества растениями озимой пшеницы г/10 растений (среднее за 2004-2005гг)

Вариант		Кущение	Трубкование	Колошение	Молочная спелость
Неудобренный фон	Контроль	2,76	16,12	43,76	70,2
	MnSO ₄	3,22	18,24	48,54	76,8
	ZnSO ₄	3,18	18,38	49,08	77,4
	MnSO ₄ +	3,30	18,59	50,00	78,2
	ZnSO ₄				
Фон удобрений	Контроль	3,3	21,15	57,51	87,3
	MnSO ₄	3,32	22,52	59,58	92,6
	ZnSO ₄	3,48	22,70	60,72	93,9
	Mn+Zn	3,59	23,00	61,20	94,1

Влияние микроэлементов цинка и марганца на чистую продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы

Показатели интенсивности биосинтеза органического вещества в растениях является нетто-ассимиляция, т.е. чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), представляет собой интегральный показатель фотосинтетической деятельности растений, которые варьирует в зависимости от фаз роста и развития, а также от абиотических факторов. Продуктивность фотосинтеза колеблется по годам исследований и в течение индивидуального развития растения. Максимум приходится на фазу трубкование - колошение (рис. 6,7).

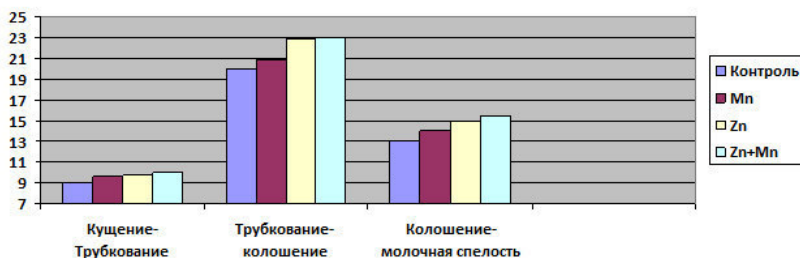


Рис. 6 – Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы на неудобренном фоне в среднем за годы исследований, т/мг² сутки

На неудобренном фоне под влиянием микроэлементов в среднем за годы исследований повышается на 4,0-8,2%. На фоне минеральных удобрений до 14,8%

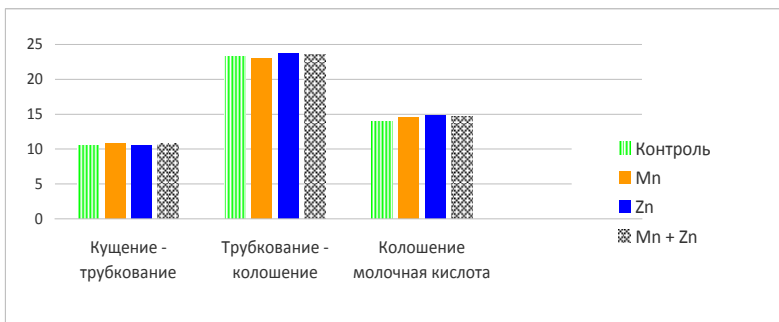


Рис. 7 – Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы на неудобренном фоне в среднем за годы исследований, т/мг², сутки

Микроэлементы - синергисты во все годы исследований оказывают положительное влияние на продуктивность фотосинтеза.

Применение минеральных удобрений повышает продуктивность фотосинтеза 3,2-12,1 %.

Таким образом, предпосевная обработка семян растворами сульфата марганца и цинка приводит к улучшению метаболических, продукционных процессов растений озимой пшеницы, усиливает эффективность минеральных удобрений, повышает транспорт ассимилятов в репродуктивные органы, что в конечном счете повышает урожайность и улучшается качество зерна.

Наши исследования показывают, что изменения некоторых сторон метаболизма и усиление ростовых и энергетических процессов в конечном итоге влияют на урожайность озимой пшеницы, так как оно является интегральным фактором всех физиологических процессов в течение всего онтогенеза.

Предпосевная обработка семян стимулирует энергию прорастания, силу роста, биосинтез органического вещества, что позволяет при равном плодородии почвы более полно использовать имеющиеся в наличии питательные вещества в частности применяемые минеральные удобрения, активизирует ферментные системы и фотосинтетическую деятельность растений. На базе активированных процессов более энергично, чем в контроле, протекают процессы синтеза и, следовательно, рост растений, что в конечном результате приводит к повышению продуктивности сельскохозяйственных растений, в том числе и озимой пшеницы. Использование различных приемов, способствующих изменению скорости и направленности метаболизма растений, повышает устойчивость к неблагоприятным условиям среды, оказывает влияние на урожайность сельскохозяйственных культур [68,69].

Величина данного показателя является одной из главных характеристик при оценке эффективности новых приемов технологии возделывания культуры.

В работах многих исследований [52,62,67,70] отмечается повышение урожайности в результате применения минеральных удобрений, предпосевной обработки семян.

Проведенные исследования показывают, что применение микроэлементов-синергистов для предпосевной обработки семян способствует повышению урожайности озимой пшеницы (Табл. 14).

Таблица 14

Урожайность озимой пшеницы т/га. - сорт Базальт

Вариант		2004	2005	2006	Среднее за 3 года	Прибавка т/га	% к кон
Неудобренный	Контроль	2,66	2,31	2,11	2,36	-	100,0
	MnSO ₄	3,18	2,52	2,26	2,66	0,30	112,7
	ZnSO ₄	3,24	2,59	2,38	2,73	0,37	115,6
	MnSO ₄ +ZnSO ₄	3,52	2,68	2,45	2,88	0,52	122,1
Удобренный фон	Контроль	4,10	3,12	3,00	3,40	-	100,0
	MnSO ₄	4,22	3,18	3,22	3,54	0,14	104,1
	ZnSO ₄	4,29	3,26	3,28	3,61	0,21	106,1
	MnSO ₄ + ZnSO ₄	4,40	3,48	3,36	3,75	0,35	110,2
НСО ₅	Для 1-го фактора	0,087	0,076	0,094			
	Для 2-го фактора	0,136	0,122	0,148			

Урожайность на фоне NPK повышается на 4,1-11%, а без применения удобрений соответственно на 12,7-22,2%.

Наибольшая урожайность было в более благоприятном 2004 году она выше на всех вариантах на 11,2-12,2% на контроле, на опытах на 11,9-12,2%.

Аналогичная картина на фоне минеральных удобрений.

Таким образом, предпосевная обработка семян озимой пшеницы является положительным фактором на растения, направленным на повышение урожайности.

Наряду с повышением урожайности предпосевная обработка семян микроэлементами способствует улучшению качества зерна озимой пшеницы. Прежде всего следует отметить, что в результате более интенсивного роста и развития созревание наступает раньше, по этому

при уборке урожая зерно на опытных вариантах содержит влаги не 0,6-1,4% меньше по сравнению с контролем. Одним из основных показателей качества является содержание белка и они не могут быть заменены никакими другими компонентами пищи [71].

Количество и качество белка претерпевают значительные изменения в процессе индивидуального развития. Молодые растения характеризуются повышенным содержанием белка во всех органах, по мере развития происходит уменьшение белка, изменяются его физико-химические свойства; к моменту созревания вегетативная масса сильно обедняется белком, наибольшее количество белков в это время сосредотачивается в семенах в форме запасного белка. Считается, что повышение содержания белка в зерне без снижения урожайности возможно до определенного предела. Содержание белка выше 16% ведет к снижению урожайности, обусловленному уменьшением массы зерновки за счет снижения содержания крахмала. Данная тенденция определяет высокое содержание белка в зерне в засушливые годы, что не является результатом усиления синтеза белка [72].

Проведенные нами исследования при применении микроэлементов-синергистов для обработки семян озимой пшеницы показывают на незначительное появление белка 0,21-1,13% (рис. 8).

В среднем за 2003-2006 годы содержание количества белка без удобрений 13,1%, на удобренном фоне - 3,6%. Данный показатель варьировал не значительно, следует отметить его количество в 2005 году превысило значение 2004 и 2006 годов.

Другим важнейшим показателем качества зерна служит массовая доля клейковины, который также характеризует пригодность муки в хлебопечении. Содержание клейковины в зерне подвержено действию различных факторов: пригодно-климатические условия, сортовые особенности, минеральное питание и др. Внесение азотных удобрений способствует повышению содержания клейковины (рис. 9).

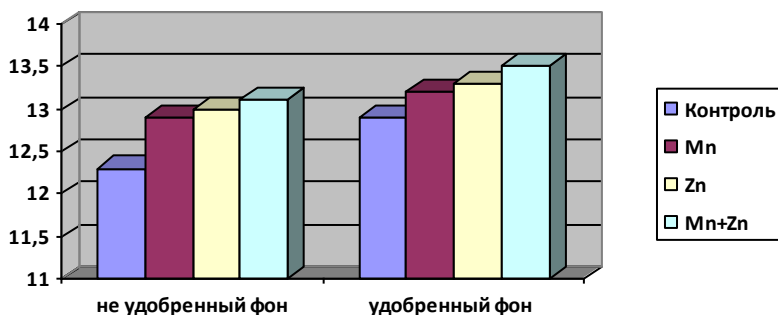


Рис. 8 - Содержание белка в зоне озимой пшеницы в среднем за годы исследований

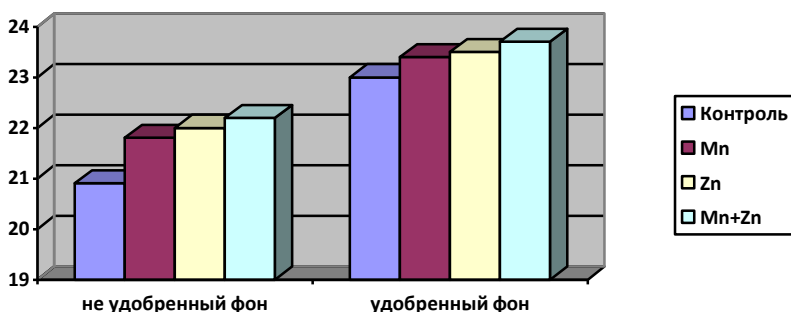


Рис. 9 - Массовая доля клейковины в зерне озимой пшеницы в среднем за годы исследований, %.

Максимальная массовая доля клейковины в среднем за 3 года наблюдается на варианте $ZnSO_4 + MnSO_4$, где наблюдается синергетический процесс, то есть эффект усиления одного элемента другим и составляет на неудо­бренном фоне 22,56%, а на удобренном 23,68%.

Показатель упругости клейковины - ИДК (индекс деформации клейковины) служит одним из критериев технологических свойств клейковины и характеризует способность образовывать эластичную структуру мякиша под воздействием газообразования. Результаты исследования теста показывают, что показателю ИДК в среднем за три

года обработки семян микроэлементами-синергистами способствовало формированию клейковины, свойственной зерну пшеницы относимой ко второй группе качества, а на фоне минеральных удобрений под воздействием микроэлементов клейковины относится к первой группе качества (Табл.15).

Одним из важнейших свойств клейковины является степень ее гидратации, т.е. способность клейковины набухать и удерживать воду. Данный показатель колеблется в очень широких пределах – от 120 до 340 % [73].

В опытах 2004-2006 гг. степень гидратации во все годы исследования под влиянием микроэлементов на обоих фонах выращивания увеличивается на 17, 7-31,0%, на удобренном- 23,4-38,4% (Табл.16).

Таблица 15

Группа качества клейковины в зерне озимой пшеницы за годы исследований

	Вариант	ИДК-1				Группа качества
		2004	2005	2006	Среднее значение	
Неудобренный фон	Контроль	92,2±3,1	86,4±1,9	89,1±1,8	89,2	II
	Mn	94,5±2,3	78,1±2,1	88,3±1,2	86,9	
	Zn	92,0±2,9	75,2±2,6	87,1±2,1	84,7	
	Mn+Zn	86,1±1,8	70,5±1,6	81,2±2,3	79,2	
Фон NPK	Контроль	70,6±0,8	75,1±2,1	76,3±2,6	77,0	II
	Mn	70,6±0,9	73,9±1,6	74,5±1,8	76,4	I
	Zn	72,3±1,9	71,3±2,1	73,9±1,9	72,5	I
	Mn+Zn	74,0±2,1	72,6±2,9	74,0±2,1	73,5	I

Таблица 16

Степень гидратации клейковины в зависимости от микроэлементов, %

Вариант		Степень гидратации, %			
		2004	2005	2006	среднее
Фон не удобренный	Контроль	292	240	222	251,3
	Mn	382	249	230	269,0
	Zn	336	253	232	273,6
	Mn+Zn	344	262	241	282,3
Фон удобренный	Контроль	302	281	262	281,6
	Mn	350	289	276	305,0
	Zn	361	294	280	311,6
	Mn+Zn	372	300	288	320,0

Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы

Одним из показателей качества зерна с экологической точки зрения нами рассматривается содержание тяжелых металлов в получаемой сельскохозяйственной продукции [70,74].

Массовое загрязнение тяжелыми металлами окружающей среды, приводящее к токсикозам растений, животных и человека, свидетельствует о необходимости разработки приемов возделывания сельскохозяйственных культур, способствующих снижению размеров поступления тяжелых металлов в растительный организм и, таким образом, снижающих объемы их вовлечения в пищевые цепи [75,76].

Среди соединений металлов особую опасность для живых организмов представляют соединения свинца, кадмия и ртути, относящиеся к ядам кумулятивного действия. Так свинец вместе с дождями и снегом попадает в почву (ежегодно до 300 г/га) и постепенно в ней накапливается, переходя в сельскохозяйственные культуры. Неорганические соединения свинца способны заменять соединения кальция в костях, превращаясь тем самым в постоянный источник отравления организма.

В работах многих исследователей отмечаются, что процесс поглощения химических элементов регулируется растительным организмом в зависимости от характера строения и химического состава клеточных оболочек, а также благодаря биокаталитической активности, обуславливающей направленный перенос веществ [77,78]. Накопление тяжелых металлов растениями зависит также от видовых и сортовых особенностей, почвенно-климатических условий, возраста растений [79,80].

В среднем фоновое содержание тяжелых металлов в почве опытного участка, где проводились исследования, соответствует их содержанию в почвах Ульяновской области и не превышает ПДК (Табл. 17). Содержание тяжелых металлов в почве можно представить в виде ряда: $Zn > Cd > Cr > Ni > Cu > Pb$.

Таблица 17

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

	Медь	Цинк	Свинец	Кадмий	Никель	Хром
ПДК	55	100	32	3	85	100
Ульяновская область	21,3	50,5	17,0	1,51	42,0	50,0
Почва опытного участка	20,3	50,7	16,1	1,50	42,0	50,0

Результаты исследований показывают, что на вариантах с применением микроэлементов для обработки семян наблюдаются тенденции их к снижению в зерне озимой пшеницы (Табл. 18).

Таблица 18

Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы в среднем за годы исследований мг/кг

	Вариант	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
Фон не Удобренный	Контроль	7,0	18,9	0,290	0,089	0,125	0,168
	Mn	7,9	20,0	0,182	0,059	0,120	0,135
	Zn	7,8	20,7	0,180	0,047	0,115	0,110
	Mn+Zn	8,0	21,2	0,162	0,040	0,110	0,098
Фон НРК	Контроль	7,8	20,0	0,150	0,063	0,118	0,135
	Mn	7,9	21,7	0,144	0,041	0,115	0,092
	Zn	7,9	21,2	0,138	0,038	0,108	0,0933
	Mn+Zn	8,1	21,5	0,130	0,034	0,106	0,068

На всех вариантах содержание тяжелых металлов ниже ПДК. Следует отметить, что на опытных вариантах происходит небольшое повышение цинка и меди.

Это объясняется тем, что эти два элемента являются микроэлементами, они необходимы для растений как кофакторы ферментов.

В зерне озимой пшеницы под влиянием микроэлементов происходит частичное ингибирование процесса трансформации тяжелых металлов, мы считаем, что в данном случае происходит отрицательный синергизм между микроэлементами и тяжелыми металлами.

Тяжелые металлы по степени накопления в получаемой продукции составили ряд:

$Zn > Cu > Pb > Cr > Cl > Ni$

Таким образом, урожайность и качество продукции определяется не только абиотическими факторами, но микроэлементами при обработке семян перед посевом и минеральными удобрениями, в результате чего происходит изменение их интенсивности и направленности метаболизма озимой пшеницы.

Влияние микроэлементов синергистов цинка и марганца на урожайность и биохимические показатели яровой пшеницы

Нами в течение 2009 - 2011 гг. были проведены аналогичные исследования по применению микроэлементов марганца и цинка при предпосевной обработке семян перед посевом. Были рассмотрены и изучены: показатели прорастания и посевные качества семян, актив-

ность гидролитического фермента каталазы в прорастающих семенах, фотосинтетическая деятельность агрофитоцитога яровой пшеницы, урожайность и качество яровой пшеницы, биохимические и мукотомные показатели зерна, экономическая и энергетическая эффективность применения микроэлементов. В опытах используют сорт яровой мягкой пшеницы "Симбирцит" технология - общепринятая для региона.

Влияние предпосевной обработки микроэлементами синергистами на посевные качества и ростовые процессы яровой пшеницы

Результаты исследований (Табл.19) показывают, что применение микроэлементов-синергистов оказывает существенное влияние на показатели энергии прорастания и лабораторные всхожести семян яровой пшеницы.

Таблица 19

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

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть
Контроль	86,33 ± 1,2	94,33 ± 1,2
ZnSO ₄	90,33 ± 1,2	96,00 ± 0,8
MnSO ₄	90,67 ± 0,9	97,00 ± 0,8
ZnSO ₄ + MnSO ₄	91,67 ± 1,2	96,33 ± 1,2

Обработка раствором сульфата цинка совместно с сульфатом марганца, повышают энергию прорастания по сравнению с контролем на 5,34%. Наилучший результат лабораторной всхожести наблюдался на варианте с применением раствора сульфата марганца и составил 97%, а на других вариантах 93,3-96,3%. В данном случае проявляется относительный синергизм.

Обработка семян растворами сернокислого цинка и марганца оказали наибольшее стимулирующее действие на длину и массу зародышевых корешков и проростков.

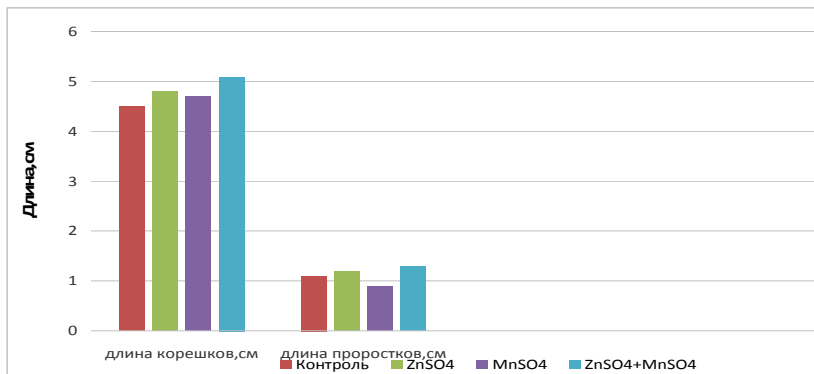


Рис. 10 – Длина проростков и корешков яровой пшеницы, см.

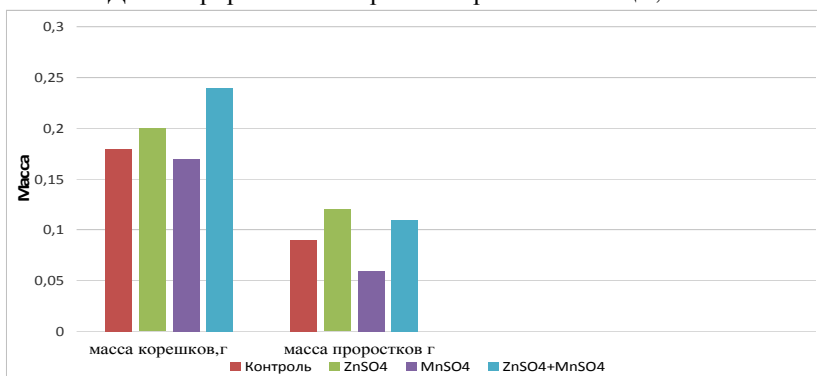


Рис. 11 - Масса корешков и проростков яровой пшеницы, г.

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 % соответственно. Увеличение сырой массы корешков отмечали на варианте с применением сульфата цинка совместно с сульфатом марганца, где она составила 0,23 г, а сырая масса проростков - 0,12 г. Наиболее полно посевные качества семян характеризуются силой роста, т.е. способностью проростков к быстрому, дружному прорастанию и интенсивному росту.

Из таблицы 20 видно, что исследуемые микроэлементы влияют на силу роста. Так, при обработке семян на варианте с применением сульфата марганца и сульфата цинка, сила роста увеличивается по сравнению с контрольным вариантом на 6,07%, на варианте сульфата

марганца - 3, 82%, то есть происходит физиологическое усиление эффекта одного элемента другим, при этом проявляется синергетический эффект.

Результаты показывают, что коэффициент синергизма между цинком и марганцем составляет 0,23, то есть проявляется в данном случае абсолютный синергизм.

Далее из рисунков 12,13,1,15 видно, что семена яровой пшеницы сорта Симбирцит, обработанные микроэлементами по-разному реагировали на предпосевную обработку.

Все опытные растения пшеницы имели разные морфофизиологические изменения, они имели более высокие показатели, то есть используемые микроэлементы и в сочетанном виде направлены в сторону увеличения, то есть имеет положительный эффект по сравнению с контролем.

Таблица 20

Сила роста и морфофизиологическая оценка проростков яровой пшеницы

Оценка в баллах		Контроль	ZnSO ₄	MnSO ₄	ZnSO ₄ + MnSO ₄
5		14,0	14,8	18,7	24,8
4		12,5	11,5	17,0	8,8
3		14,8	19,7	11,3	11,4
2		0,3	0,0	0,0	0,0
1		4,3	4,5	3,0	1,6
Сумма баллов		167,8	182,0	192,7	206,0
Сила роста, %		90,18±1,82	91,00±1,00	94,00±1,41	96,25±1,48
Сырая масса, г	Надземная часть	0,73±0,05	0,76±0,04	0,78±0,03	0,85±0,05
	Корешки	1,03±0,12	1,03±0,09	1,05±0,10	1,15±0,04



Рис. 12 – Проростки яровой пшеницы на варианте контроль



Рис. 13 – Проростки яровой пшеницы на варианте сульфатцинка



Рис. 14 – Проростки яровой пшеницы на варианте сульфат марганца

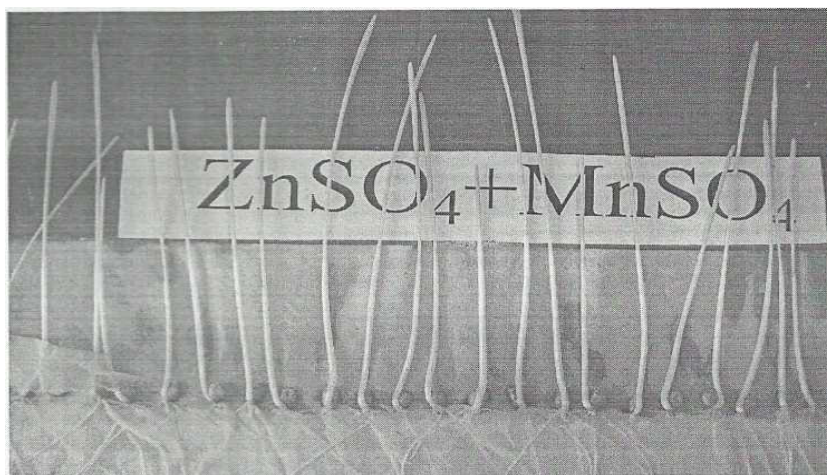


Рис. 15 - Проростки яровой пшеницы на варианте сульфат цинка совместно с сульфатом марганца

Растения, обработанные (рис. 15) сульфатом цинка совместно сульфатом марганца, имеют наилучшие морфофизиологические показатели, которые выражаются длиной проростков и корешков. Она составляла в среднем 10,8 см проростков и корешков 13,1 см. Микро-

элементы, используемые сочетано, положительно повлияли на семена яровой пшеницы, происходит усиление физиологического эффекта одного элемента другим, как следствие синергизм действия.

Результаты лабораторных опытов подтверждались полевыми исследованиями (Табл. 21).

Результаты исследований показывают, что полевая всхожесть на опытных вариантах с применением микроэлементов на обоих фонах выращивания превышает контроль. Наибольшее значение получено на варианте с совместным применением сульфата марганца и сульфата цинка на удобренном фоне, она превысила контроль на 7,32 %.

В 2009 году наилучший показатель полевой всхожести на неудобренном фоне получен на варианте с применением сульфата марганца, что выше контроля 5,1 %. На удобренном фоне наилучшие показатели получены на варианте сульфат марганца, сульфат цинка, где по сравнению с контролем полевая всхожесть увеличилась на 9,5 %.

Таблица 21

Влияние микроэлементов на полевую всхожесть яровой пшеницы, сорта Симбирцит, %

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
	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
	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
	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
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	74,64±0,66	67,91±0,73	86,15±0,35	76,23

В 2010 году на неудобренном фоне полевая всхожесть на варианте при сочетанном применении сульфата марганца и сульфата цинка превысила контроль на 3,2 %, а на удобренном фоне наилучшие результаты получены на варианте с применением сульфата марганца и сульфата цинка, где полевая всхожесть превышает контроль на 5,3 %.

Полевая всхожесть в 2011 году при обработке семян микроэлементами увеличивалась на неудобренном фоне на 2,27 - 7,79 %, наибольший стимулирующий эффект отмечен в варианте с применением сульфата марганца и сульфата цинка. На удобренном фоне поле-

вая всхожесть повышается с 79,84 % до 86,15 %, максимальная полевая всхожесть наблюдается на варианте с применением совместно сульфата марганца и сульфата цинка, где она превышает контроль на 7,14 %. Это связано и с усилением активности фермента каталазы, расщепляющая пероксид водорода.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что под влиянием микроэлементов-синергистов происходит увеличение полевой всхожести яровой пшеницы на обоих фонах выращивания. Проведены исследования по изучению активности фермента каталазы.

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» [81]. Активность 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 проследить 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. Согласно современным представлениям каталаза играет ведущую роль, регулируя окислительный режим в организме, и ее активность может рассматриваться в качестве меры интенсивности и продуктивности общего метаболизма [82].

Нашими исследованиями установлено, что обработка семян микроэлементами оказала существенное влияние на активность каталазы в проростках из семян, подвергнутых предпосевной обработке. В покоящихся семенах обнаруживалась активность каталазы от 7 до 12 мк/моль разлагаемой перекиси водорода. На контроле возростание активности фермента до максимальных значений происходит на протяжении 48 часов, после чего наблюдалось снижение активности. К 48 часам набухания активность каталазы возрастает по отношению к 12 часам в 4,3 раза. Каталазная активность отмечалась для большинства органов растений, увеличиваясь в период роста [83]. При прорастании семян активность каталазы повышается, в изоэнзимном спектре про-

исходит упрощение. Так же обнаружена коррелятивная связь всхожести с активностью каталазы [84].

Предпосевная обработка семян стимулировала активность каталазы, которая начинала проявляться с 12 часов набухания (Табл. 22). Используемые микроэлементы-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 снижение активности как на опытных вариантах, так и на контроле, что свидетельствует о влиянии микроэлементов на метаболизм растения.

Таблица 22

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
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
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 в основном они 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, энергии 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 составил 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 %.

$Y = 41,462 + 0,412X_1 + 0,236$; ($R=0,952$; $D=90,65\%$), 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 проращивания семян каталазная активность, оказывает 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 способствуют повышению продуктивности яровой пшеницы.

Фотосинтетическая деятельность агрофитоценоза яровой пшеницы

Фотосинтетическая деятельность растений в посевах, определяющая размеры урожаев сельскохозяйственных культур, в том числе и яровой пшеницы - сложный физиолого-биохимический процесс и включает в себя массу разных показателей. Это, прежде всего, размеры фотосинтетического аппарата, быстрота его развития и продолжительность работы, характеризующие динамику роста ассимиляционной поверхности листьев, их фотосинтетическим потенциалом, показателем нетто ассимиляции (ЧПФ) как суммарного результата процессов фотосинтеза и дыхания, представляющий 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.

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 [85, 86, 87, 88].

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 А. И. Бараев, Н. М. Бакаев и др. [89], листовая поверхность способна к увеличению при физической и химической обработке семян и растений, создании благоприятных условий вегетации.

Исследования [90], У. В. Корепановой [91], В. Г. Васина [92], Т. Л. Курносовой, Л. В. Осиповой и др. [93] показали, что обработка семян микроэлементами стимулируют процессы роста и развития растений, повышают его урожайность, также оказывают 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.

А.С. Оканенко [94] 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 трубокования – колошения, сопровождающиеся после этого уменьшением: (падением).

В работах А. А. Ничипоровича и др. [95] отмечено, что оптимальная площадь поверхности листьев для создания высокопродуктивного посева составляет 40-50 тыс. м²/га. В наших исследованиях (рис. 16,17) 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 мягкой пшеницы 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 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.

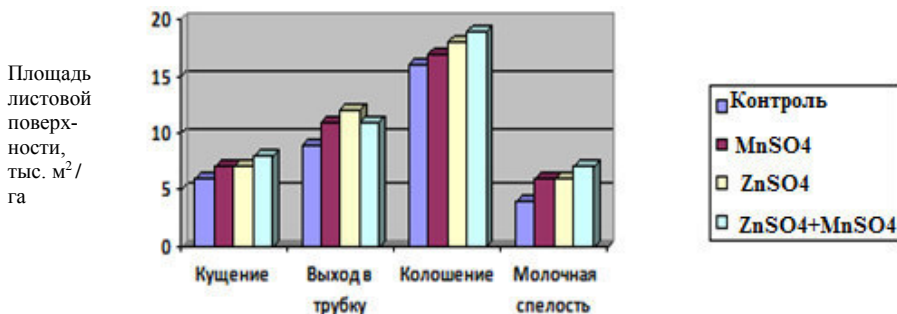


Рис. 16 - Динамика формирования ассимиляционной поверхности *Tritumaestivum* на неудобренном фоне за годы исследований

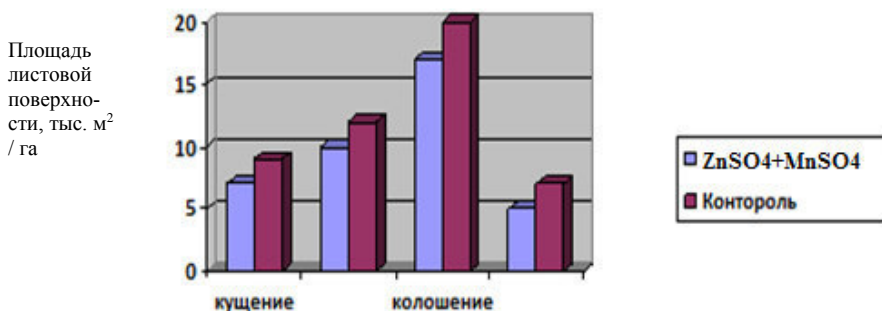


Рис. 17 – Динамика формирования ассимиляционной поверхности

В среднем за 2009-2011 годы в фазу кущения на неудобренном и удобренном фонах формирование наибольшей ассимиляционной поверхности листьев происходит в варианте, где семена пшеницы обработаны совместно 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 и показатели выше контроля на 18,8%. На удобренном фоне лучшим вариантом оказался совместное применение сульфата марганца и цинка на 20,8%. В фазу колошения на обоих фонах выращивания наблюдалась наибольшее увеличение площади листовой поверхности в варианте, где проводилась предпосевная обработка семян пшеницы сульфатом цинка и марганца. В фазу молочной спелости происходило снижение площади листовой поверхности во всех вариантах на обоих фонах выращивания.

Формирование урожая зависит не только от величины площади листьев, но и от времени ее функционирования. В связи с этим был рассчитан фотосинтетический потенциал (ФП).

В создании биологического урожая важную роль играет фотосинтетический потенциал суммарной листовой поверхности, который определяется скоростью ее образования и временем активной работы. Эта величина более точно характеризует мощность ассимиляционного аппарата посева в целом за вегетацию.

В наших исследованиях ФП изменялся по годам и по вариантам (Табл. 23). 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. Самый низкий ФП (0,186-0,264 млн. м²/га дней) на неудобренном фоне и удобренном (0,186-0,281 млн. м²/га дней) был в 2010 году из-за высокой температуры и малого количества осадков.

Таблица 23
Фотосинтетический потенциал яровой пшеницы млн. м²дн./га (2009-2011 гг.)

Вариант		2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее
Неудобренный фон	Контроль	0,715	0,211	0,850	0,592
	ZnSO ₄	0,785	0,234	0,953	0,657
	MnSO ₄	0,805	0,264	0,989	0,686
	ZnSO ₄ +	0,792	0,264	1,015	0,690
	MnSO ₄				
Фон удобрений	Контроль	0,767	0,215	0,933	0,638
	ZnSO ₄	0,883	0,273	1,049	0,735
	MnSO ₄	0,915	0,278	1,083	0,758
	ZnSO ₄ +	0,924	0,281	1,111	0,772
	MnSO ₄				

В среднем по годам исследований наибольший ФП (Табл. 24) отмечается в варианте с применением сульфата цинка и сульфата марганца. В период кущения-выхода в трубку этот показатель превышает контроль в неудобренном фоне на 14% при использовании минеральных удобрений на 27,05%.

Таблица 24

**Фотосинтетический потенциал яровой пшеницы млн. м²дн./га
(среднее за 2009-2011 гг.)**

Вариант		Фенологические фазы			
		Куше- ние-выхо д в трубку	Выход в труб- ку-колошени е	Колошение- молочная спелость	Σ ФП
Неудобренный фон	Контроль	0.079	0.164	0.350	0.592
	ZnSO ₄	0.090	0.179	0.389	0.657
	MnSO ₄	0.089	0.195	0.402	0.686
	ZnSO ₄ + MnSO ₄	0.090	0.189	0.411	0.690
Удобренный фон	Контроль	0.085	0.174	0.379	0.638
	ZnSO ₄	0.102	0.209	0.423	0.735
	MnSO ₄	0.104	0.208	0.447	0.758
	ZnSO ₄ + MnSO ₄	0.108	0.210	0.453	0.772

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 сочетанное применение марганца и цинка повышают 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.

Для характеристики интенсивности формирования листьев нами была рассчитана относительная скорость прироста ассимиляционной поверхности.

Данные таблицы 25 показывает, что активный рост и листьев яровой пшеницы наблюдалось до фазы выхода в трубку, когда наряду с ростом старых листьев происходило образование новых. Средняя скорость прироста или данных периода составил без применения удобрений 50,67-58,86 см²/сутки, А с минеральными удобрениями 47,68-54,12 см²/сутки. Темп формирования листового аппарата концу вегетации снижались, так как происходит снижение ФП в связи с высыханием листьев.

Таблица 25

Относительная скорость прироста ассимиляционной поверхности яровой пшеницы в среднем за годы исследований, см²/сутки (в определении 10 растений)

Вариант		Куше- ние-выхо д в труб- ку	Выход в труб- ку-колоше ние	Колоше- ние-молочна я спелость
Неудобренный фон	Контроль	50,67	33,13	-52,41
	ZnSO ₄	46,62	34,08	-52,13
	MnSO ₄	58,86	31,88	-53,70
	ZnSO ₄ + MnSO ₄	50,07	35,49	-52,36
Фон удобрений	Контроль	47,68	34,54	-53,41
	ZnSO ₄	47,11	31,84	-54,68
	MnSO ₄	52,24	31,66	-54,50
	ZnSO ₄ + MnSO ₄	48,92	32,45	-52,38

Таким образом, как показали результаты наших исследований, растения яровой пшеницы, выращенные при оптимальных условиях при обработке семян перед посевом показали, что применение сульфатов цинка и марганца оказали положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата, способствуя усилению фотосинтетического потенциала листьев опытной культуры.

Одним из показателей, определяющих урожай, являются накопление сухой биомассы растениям. Прирост сухого вещества можно считать наилучшим критерием оценки роста и развития растений. Интенсивность прироста сухого вещества определялся совокупным воздействием основных абиотических факторов окружающей среды (вода, температура, питание).

Исследование многих ученых показывают прямую взаимосвязь между площадью листовой поверхности и накоплением сухого вещества [63, 96 – 98, 99, 100, 101].

По годам исследований накопление сухой биомассы растениями яровой пшеницы изменялось в зависимости от метеорологических условий. 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). В

2011 году был засушливым, что сказалось на работе листового аппарата и, следовательно, на накоплении массы сухого вещества растений.

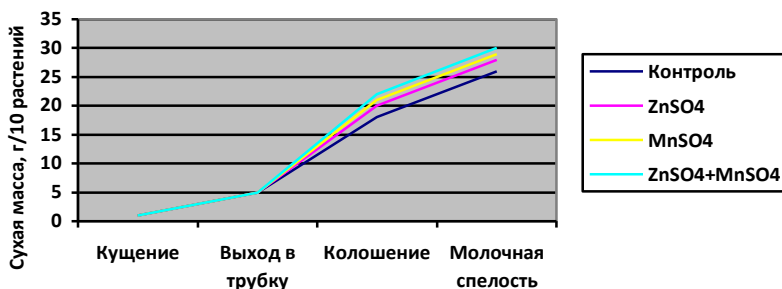


Рис. 18 –Сухая масса растений мягкой пшеницы на удобренном фоне (среднее за 2009-2011 гг).

Интенсивное накопление сухого вещества в среднем по годам (рис. 18) исследований происходила 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, 24г, колошение 20,87г, молочная спелость- 30,16 г без удобрений; с внесением удобрений в фазу выхода в трубку - 5,96 г, колошение - 22, 45г, молочная спелость - 32,99г.

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 исследований и в течение онтогенеза яровой пшеницы.

В среднем по годам исследований (рис. 19,20) в течение индивидуального развития опытной культуры наиболее благоприятные условия для продукционного процесса создавались в варианте с применением совместно сульфата цинка и сульфата марганца для предпосевной обработки семян, так как эти микроэлементы являются синергистами, способствующими усилению физиологического эффекта одного элемента другим. Максимальные показатели продуктивности фотосинтеза приходились фазу выход в трубку-колошения, где отмечено превышение контроля на 14,2% и 11,6% на удобренном и удобренном фонах соответственно. В фазу колошение-молочная спелость ЧПФ предпосевной обработки семян совместно с сульфатом цинка и сульфата

марганца на неудобренном фоне на 4,09% выше, чем контроль, а на удобренном фоне соответственно на 15,02%.

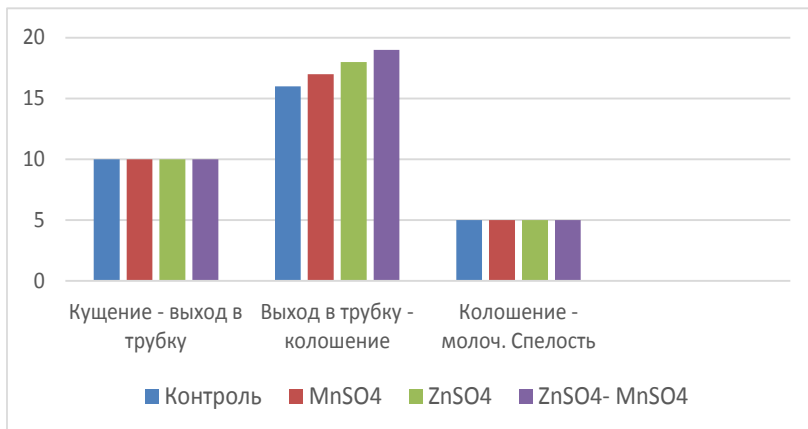


Рис. 19 - Чистая продуктивность фотосинтеза мягкой пшеницы на неудобренном фоне в среднем за годы исследований



Рис. 20 - Чистая продуктивность фотосинтеза мягкой пшеницы на удобренном фоне в среднем за годы исследований

Результаты исследований показывают, что наибольшая продуктивность фотосинтеза было получено с применением совместно сульфата цинка и сульфата марганца в благоприятном 2011 году и составляет в период кушения-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, соответственно 11,66 г/м².

В период колошение-молочная спелость наблюдалось снижение продуктивности фотосинтеза на обоих фонах выращивания. Это обусловлено отмиранием листьев нижнего яруса и оттоком продуктов ассимиляции в репродуктивные органы.

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

Наши исследования выявили, что это не случайное явление, а сильные факторы, действующие на изменение фотосинтетической деятельности в развивающемся растительном организме, часто приводящие на поздних стадиях развития растений к повышению качества зерна яровой пшеницы.

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

В 2009 году в фазу кущения – $Y = -5,029 + 0,0136X^0,338X_3$, $D = 87,67 \%$, $R = 0,93$; в фазу выхода в трубку – $Y = -2,49 + 0,446X_2 + 0,17X_3$, $D = 81,35 \%$, $R = 0,90$; в фазу колошения – $Y = -2,333 + 0,00455X_1 + 0,056X_2$, $D = 79,40 \%$, $R = 0,89$; в фазу молочной спелости – $Y = 0,449 + 0,0548X_2 + 0,103X_3$, $D = 86,8\%$, $R = 0,93$ наибольшая 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 – $Y = -0,569 + 0,00169X^0,211X_2 + 0,133X_3$, $D = 53,05\%$, $R = 0,72$; 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 – $Y = -0,96 + 0,000322X_1 + 0,556X_2$, $D = 71,5 \%$, $R = 0,84$ сильная зависимость от накопления сухой массы 70,49%; в фазу колошения очень сильная зависимость урожайность 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 – $Y = -2,514 + 0,0162 X_1 + 0,25X_3$, $D = 97,37\%$, $R = 0,98$. Коэффициент регрессии $R = 0,9$ указывает на очень сильную зависимость между изучаемыми факторами.

Влияние микроэлементов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы

Интегральным показателем, характеризующим влияние различных факторов на ростовые, формообразовательные, физиолого-биологические процессы, происходящие в растениях, является урожайность. Данный процесс имеет зависимость от метеорологических условий, геномного потенциала, технологии возделывания, применение 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, отмечены в работах [102], показали их синергизм действия. Предпосевная обработка семян пшеницы сульфатом марганца в возрастающих дозах повышает урожайность и содержание белка, однако отмечается снижение содержания клейковины [102], обработка соединениями марганца, цинка, борной кислотой и смесью солей способствует повышению урожайности семян [104-106] яровой пшеницы.

Урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья невысокая и зависит прежде всего от наличия доступной влаги в почве. За годы исследования метеорологические условия были различными по влагообеспеченности: 2009 и 2011 годы - хорошо увлажненными, 2010 год был засушливым.

Результаты исследований (Табл. 26) показали, что в 2009 году наиболее высокая урожайность получена на фоне естественного плодородия с применением предпосевной обработки семян сульфатом марганца, что на 18,8% выше контроля. На удобренном фоне наибольшая прибавка урожая наблюдалась при совместном применении сульфата марганца и сульфата цинка, что на 20% превышало контрольный вариант.



Рис. 21 - Яровая пшеница сорта Симбирцит перед уборкой
(внешний вид опыта 04.08.2011г.)

2010 год по погодным условиям характеризовался как экстремальный, где на фоне аномально высоких температур ощущался острый недостаток влаги. Поэтому растения не смогли реализовать свои потенциальные возможности на обоих фонах выращивания даже под действием удобрений произошло снижение 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. Наилучшие показатели урожайности на обоих фонах выращивания отмечены на варианте с применением сульфата марганца и сульфата цинка, мы считаем, это связано синергетическим эффектом (взаимным усилением этих d-элементов), когда действие одного иона усиливает влияние другого (Табл. 26).

Таблица 26

Урожайность яровой пшеницы, т/га

Вариант		2009г	2010г	2011г	сред.	Прибавка	
						т/г	%
Неудобренный фон	Контроль	2,23	1,24	2,45	1,97	0	100,0
	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
	ZnSO ₄ + MnS	2,57	1,38	3,16	2,37	0,40	120,3
	Контроль	2,45	1,05	3,22	2,24	0	100,0
Удобренный фон	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
	ZnSO ₄ + MnS	2,94	1,21	3,80	2,65	0,41	118,3
НСР ₀₅	для фактора А (минеральные удобрения)	0,14	0,06	0,04			
	для фактора В (микроэлементы)	0,26	0,12	0,08			

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

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

Многими исследователями установлена зависимость урожайности зерновых культур от элементов её 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[107-109].

Данные таблицы 27 показывают, 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 мине-

ральных удобрений максимальное увеличение продуктивности отмечено при обработке семян совместно с сульфатом цинка и сульфата марганца. Длина колоса увеличилась в среднем на 0,3 - 0,7 см, число зерен в колосе на 0,2 - 1,6 шт (неудобный 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.

Таблица 27

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

Вариант		Количество шт/ м .		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
	ZnSO ₄	290,8	342	22,1	0,87	7,7
	MnSO ₄	287,9	341	22,4	0,89	7,8
	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
	ZnSO ₄	309,9	345	23,0	0,92	7,9
	MnSO ₄	313,5	351	23,9	0,96	8,0
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	316,4	352	23,8	0,97	8,2

При обработке семян микроэлементами в среднем за годы исследований намечалась тенденция к увеличению массы 1000 зерен (Табл. 28).

В опыте без минеральных удобрений масса 1000 зерен увеличилась на 0,29 - 2,00 г, с применением удобрений на 0,61-1,60 г.

Таблица 28

Масса 1000 зерен, сорта яровой пшеницы Симбирцит, среднее за годы

Вариант		Годы исследований			Среднее
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	
Не удобренный фон	Контроль	39,43±0.86	33,17±1.48	39,11±1.34	37,24
	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
	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
	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
	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. На неудобренном фоне масса зерен увеличилась на 0,53-3,53 г, с применением удобрений - на 0,17-1,36 г.

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:

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

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 [106,110,111].

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 (Табл. 29) 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 неудобренном 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» [112].

Между содержанием белка и количеством осадков на протяжении вегетационного периода отмечалась устойчивая обратная зависимость. С увеличением влажности содержание накопленного белка снижалось беднее азотом, так как растению приходится образовывать гораздо большее число зерен при том же запасе азота в почве, что и при малой влажности (Табл. 29).

Таблица 29

Содержание белка в зерне яровой пшеницы сорта Симбирцит, %

Вариант		Годы исследований			Среднее
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	
Не удобренный фон	Контроль	11,82	14,10	11,50	12,47
	ZnSO ₄	12,73	14,52	11,95	13,07
	MnSO ₄	11,92	14,64	12,25	12,94
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	12,80	15,17	12,01	13,33
Удобрённый фон	Контроль	12,83	13,36	12,69	12,96
	ZnSO ₄	12,98	14,08	12,70	13,26
	MnSO ₄	13,07	14,13	12,87	13,35
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	13,28	14,25	13,06	13,53
НСР 05	Для фактора А (минеральные удобрения)	0,12	0,10	0,12	
	Для фактора 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 %.

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.

Массовая доля клейковины за три года исследований (Табл. 30) 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.

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 способствует формированию клейковины, свойственной зерну пшеницы, относимой ко второй группе качества.

Таблица 30

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 фонд	Контроль	20,0	24,4	20,5	21,6	80,2	77,2	96,5	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
	ZnSO ₄ +MnSO	23,0	28,6	22,3	24,6	73,5	70,5	87,0	78,8
удобренный фонд	Контроль	20,6	23,6	21,8	22,0	76,7	80,1	83,7	79,2
	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
	ZnSO ₄ +MnSO	24,1	26,0	23,3	24,5	69,6	76,0	83,0	74,4
НСР ₀₅	Для фактора А(мин.у доб)	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	

Значимым показателем качества зерна, определяющим технологические свойства муки и характеризующим консистенцию эндосперма, является стекловидность (рис. 22).

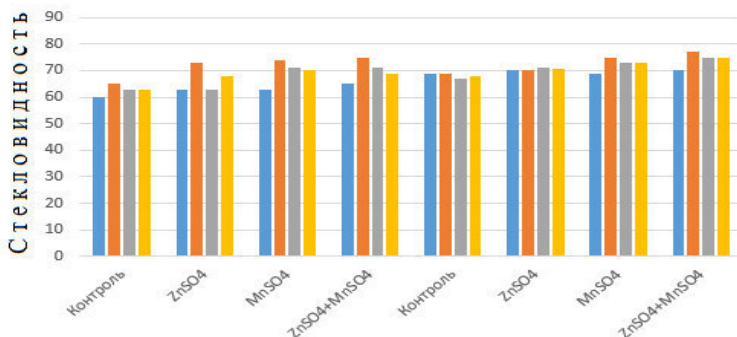


Рис. 22 – Стекловидность зерна яровой пшеницы сорта Симбирцит, % (среднее за 2009-2011 гг.)

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 %.

Натурная масса зерна зависит от погодно - климатических условий, фона выращивания и применяемых микроэлементов. В благоприятные 2009, 2011 годы предпосевная обработка семян микроэлементами способствовала увеличению натурной массы зерна (Табл. 31).

Таблица 31

Натурная масса зерна яровой пшеницы сорта Симбирцит, г/л

Вариант		Натура масса, г/л			Среднее
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	
Фон неудо- бренный	Контроль	751,3	687,3	735,0	724,6
	ZnSO ₄	768,7	691,0	740,3	733,3
	MnSO ₄	754,0	690,7	739,3	728,0
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	767,3	696,3	745,7	736,4
Фон удоб- ренный	Контроль	755,3	672,0	747,7	725,0
	ZnSO ₄	761,0	677,3	754,0	730,8
	MnSO ₄	764,7	686,0	752,0	734,2
	ZnSO ₄ +MnSO ₄	779,7	684,0	756,7	740,1
НСП05	Фактор А (ми- неральные удобрения)	2,48	2,48	2,06	
	Фактор В (мик- роэлементы)	4,64	4,65	3,86	

В среднем за годы исследований предпосевная обработка семян микроэлементами оказала незначительное влияние на выполненность

зерна. Натурная масса: на неудобренном фоне повышалась на 2,3-11,8 г/л, на удобренном фоне – на 0,1-15,1 г/л.

Аналогичные данные по биохимическому составу получены на озимой пшенице с редкими сортами [164-169].

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 микроэlementов-синергистов, которые активируют процессы, связанные с биосинтезом и накоплением белка в зерне яровой пшеницы.

Энергетическая и экономическая оценка применения микроэлементов при возделывании яровой пшеницы

Расчеты энергетической эффективности возделывания яровой пшеницы показали, что затраты техногенной энергии по вариантам опыта на неудобренном фоне составили от 19719,2 МДж/га на контроле до 20053,76 МДж/га на варианте с использованием совместно сульфата марганца и сульфат цинка, на фоне минеральных удобрений они были значительно выше – от 28377,67 МДж/га до 28720,52 МДж/га соответственно на этих вариантах (Табл. 32).

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. 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 32

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

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
	ZnSO ₄	19954,09	2,250	37016,55	1,86
	MnSO ₄	19945,78	2,240	36852,03	1,85
	ZnSO ₄ + MnSO ₄	20053,76	2,370	38990,77	1,94
Удобрённый фон	Контроль	28377,67	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
	ZnSO ₄ + MnSO ₄	28720,52	2,650	43597,27	1,52

Анализ 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.

Экономическая оценка применения микроэлементов при возделывании яровой пшеницы

Для оценки экономической эффективности производства продукции растениеводства используют систему натуральных и стоимостных показателей, отражающих соотношение между достигнутым результатом и затратами производственных, материальных и трудовых ресурсов. К таким показателям относится: урожайность, т/га, стоимость продукции с 1 га, руб., производственные затраты на 1 га, руб., затраты труда на 1 га или на 1ц, чел/час, себестоимости 1ц продукции, руб., уровень рентабельности, %.

Все вышеперечисленные показатели рассчитаны на основе технологических карт и представлены в таблице 33.

Прямые затраты установились по расценкам для производственных условий Ульяновской области.

Анализы таблицы показывают, что в среднем за годы исследований при использовании микроэлементов выход продукции в стои-

мостном 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 удобрений. 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 внесение минеральных удобрений на контрольном варианте резко повышает производственные затраты да 58% по сравнению с не удобренным 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.

Следовательно, расчет экономической эффективности показывает, что применение предпосевной обработки семян яровой пшеницы микроэлементами-синергистами экономически выгодно. Данный прием способствует повышению уровня рентабельности без применения удобрений на 28,2-41,6%, с внесением минеральных удобрений на 18-27,3%. Наиболее рентабельной являются обработка семян при совместном применении сульфата цинка и сульфата марганца на обоих фонах выращивания. Данное обстоятельство обусловлено тем, что на этих вариантах наблюдается максимальный прирост урожайности.

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

Таблица 33

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

Показатели	Неудобренный фон			
	Контроль	ZnSO ₄	MnSO ₄	ZnSO ₄ +MnSO ₄
Урожайность, т/га	1,97	2,25	2,24	2,37
Стоимость продукции, с 1 га, руб.	12000	12000	12000	12000
	23640	27000	26880	28440
Производственные затраты на 1 га, руб.				
	9254,18	9293,89	9292,47	9311,94
Затраты труда, чел-час на 1 на 1 т	7,88	7,91	7,91	7,93
	4,00	3,52	3,53	3,34
Себестоимость 1 т, руб	5637,06	4956,74	4978,11	4714,90
Условный чистый доход, руб/га				
	12534,99	15847,34	15729,04	17265,68
Уровень рентабельности, %	112,9%	142,1%	141,1%	154,5%
Показатели	Удобрённый фон			
	Контроль	ZnSO ₄	MnSO ₄	ZnSO ₄ +MnSO ₄
Урожайность, т/га	2,24	2,51	2,52	2,65
Стоимость продукции, руб./т с 1 га, руб.	12000	12000	12000	12000
	26880	30120	30240	31800
Производственные затраты на 1 га, руб.				
	14674,63	14713,81	14716,40	14733,80
Затраты труда, чел-час на 1 га на 1 т	8,26	8,30	8,30	8,31
	3,69	3,30	3,29	3,14
Себестоимость 1 т, руб руб/га	7861,41	7034,49	7007,81	6671,91
	9270,45	12463,43	12580,32	14119,44
Уровень рентабельности, %	52,6%	70,6%	71,2%	79,9%

Эффективность сочетанного воздействия микроэлементов, веществ, и ионизирующей радиации на семена яровой пшеницы

Изучение взаимодействия микроэлементов с другими химическими и физическими факторами с точки зрения взаимодействия (антагонизма, синергизма и аддитивности) открывает перспективы для регуляции поступлений макро-и микроэлементов и эффективности использования минеральных удобрений. Подобные исследования при выращивании сельскохозяйственных культур в РФ не проводились.

В связи с тем, что лесостепь Среднего Поволжья относится к зоне рискованного земледелия, нами была поставлена задача- изучение влияния микроэлементов-синергистов и в сочетании с тонирующей радиацией на некоторые стороны водного режима (в частности, водоудерживающую способность листьев, содержание связанной воды и жаростойкость простков. На примере мягкой яровой пшеницы сорта Ишеевская [119].

В регуляции водообмена растений значительная роль принадлежит их водоудерживающим силам, обусловленным в основном содержанием в клетках осмотически активных веществ и способностью коллоидов к набуханию.

Водоудерживающая способность клеток зависит от условий выращивания растений, сортовых признаков и абиотических факторов среды и воздействия. В частности, большое влияние оказывают условия питания регуляторы роста, микроэлементы и различные физические факторы, в том числе ионизирующая радиация.

Высокая водоудерживающая способность является одним из показателей засухоустойчивости растений [120].

Изучение водоудерживающей силы в вегетационном опыте показало, что ионизирующая радиация на 2-4% увеличивает водоудерживающую способность листьев в вариантах без создания искусственной засухи и сильно увеличивает водоудерживающую способность в вариантах без полива, как и в полевом опыте. Под действием засухи растения, обработанные солями меди и цинка на фоне радиации, а также без нее, лучше удерживают воду.

Результаты показывают (Табл. 34), что воздействие меди играет значительную роль в стимуляции роста растений и улучшения их водообмена. Водоудерживающая сила обусловлена в основном содержанием в клетках осмотически активных веществ и способности коллоидов к набуханию. Водоудерживающая способность клеток зависит от условий выращивания растений, сортовых признаков и различных факторов среды и воздействий.

Таблица 34

Водоудерживающая сила листьев в вегетационных сосудах (% от сырой массы), 1994г.

Вариант	Без искусственной засухи			Засуха		
	2ч.	4ч.	6ч.	2ч.	4ч.	6ч.
Контроль	69,35	61,39	57,61	61,24	52,72	48,83
CuSO ₄	81,12	70,50	65,50	70,31	62,38	57,45
ZnSO ₄	72,93	63,95	58,40	65,92	57,82	53,19
Cu+Zn	67,16	59,88	55,80	78,07	69,26	64,66
5 Грей	71,88	64,28	59,73	82,06	62,93	66,83
5 Грей+Cu	73,10	57,26	53,12	73,69	62,66	58,34
5 Грей+Zn	68,00	60,58	56,85	72,84	64,27	59,15
5 Грей+Cu+Zn	72,97	64,22	59,48	72,04	63,01	58,22
Влияние радиации (А), %	0,58	3,20	2,68	13,64	5,66	10,1
Влияние микроэле- ментов (В), %	14,92	1,17	1,34	5,66	28,23	7,02
Влияние взаимодей- ствий, (А*В). %	13,47	27,95	25,63	32,24	30,96	37,74
НСП ₀₅	20,53	17,19	16,58	18,76	10,41	15,68

Таблица 35

Содержание связанной воды в листьях яровой пшеницы (% от сырой массы), 1994-1996гг.

Вариант	1994 г.		1995 г.			1996 г.	
	Фаза вы- хода в труб ку	Фаза коло- шения	Фаза вы- хода в труб ку	Фаза коло- шения	фаза цве- тения	Фаза вы- хода в труб ку	Фаза коло- шения
Контроль	8,0	43,9	38,8	36,6	36,7	31,6	27,8
CuSO ₄	34,5	38,4	36,7	21,3	37,2	32,5	24,8
ZnSO ₄	17,6	36,9	34,1	31,4	39,1	30,4	37,8
Cu+Zn	17,4	38,5	42,8	37,3	37,2	24,2	29,5
5 Грей	35,0	32,3	36,7	37,4	38,9	24,8	30,0
5 Грей+Cu	15,7	28,3	32,0	30,4	43,5	29,0	43,0
5 Грей+Zn	18,9	41,1	33,1	27,5	29,0	24,0	41,5
5 Грей+Cu+Z п	10,6	39,9	38,6	33,9	31,2	22,2	26,6
Влияние радиации (А), %	0,1	18,5	19,6	0,35	4,8	37,1	16,1
Влияние микроэле- ментов (В), %	19,0	25,7	71,3	70,9	37,3	51,1	48,9
Влияние взаимодей- ствий, (А*В). %	80,1	54,0	4,9	23,6	56,4	7,0	34,9
НСР ₀₅	2,2	2,0	2,2	3,4	1,73	2,4	0,6

В частности, большое влияние оказывают условия питания и действие ионизирующей радиации. В годы с достаточным количеством влаги большее влияние имеет сульфат меди, в засушливых условиях-сульфат цинка. Сочетание обработки двумя солями, а также с облучением водоудерживающая сила увеличивается во многих случаях. Эти варианты наиболее универсальны [121,138].

Содержание связанной воды в тканях листа повышается при предпосевной обработке семян (Табл. 36). Опытные варианты существенно превосходят контрольный, особенно в фазе выхода в трубку. Микроэлементы

также влияют на содержание связанной воды в листьях (19-35,6%), особенно медь и медь в сочетании с цинком.

В целом, анализируя результаты исследований за три года; можно указать, что количество связанной воды в растениях является весьма стабильным показателем.

Влияние ионизирующей радиации наиболее существенно в засушливые периоды на более ранних фазах роста и развития растений. Влияние микроэлементов и сочетание факторов иногда очень значительно, и зависит от сорта, погодных, почвенных условий и фазы роста растений.

Результаты двухфакторного анализа показывают, что радиация оказывает более сильное влияние на количество связанной воды в фазу трубкования, то есть в более ранней стадии развития. Действие микроэлементов более значительно, чем влияние радиации, и уменьшается с возрастом растений. Сочетанное действие физических и химических воздействий усиливается с возрастом растения от 5-7 до 35-56%.

В вегетационном опыте изучался фракционный состав воды. Количество общей воды в растениях уменьшается после искусственной засухи, причем в большей степени у облученных растений. Ионизирующая радиация совместно с цинком, цинком и медью увеличивала количество связанной воды. Цинк положительно влияет на количество общей и связанной воды. В вариантах без создания искусственной засухи ионизирующая радиация увеличивает количество связанной воды до 15%.

Таблица 36

Жаростойкость проростков пшеницы Ишеевская (в опытах в фитотроне)

Вариант	Всхожесть в песке, %	Сырая масса срезанных растений, г	Количество выживших растений, %
Контроль	88,3	15,19	71,2
CuSO ₄	82,7	14,47	73,5
ZnSO ₄	88,7	15,94	84,0
Cu+Zn	88,7	15,62	83,0
5 Грей	92,0	15,57	75,0
5 Грей+Cu	94,0	16,55	76,0
5 Грей+Zn	86,0	13,46	84,0
5 Грей+Cu+Zn	86,7	14,60	82,0
Влияние радиации (А), %	5,73	0,54	0,48
Влияние микроэлементов (В), %	7,14	5,68	60,34
Влияние взаимодействий, (А*В). %	32,86	27,0	19,83
НСР ₀₅	7,77	2,56	4,34

В облученных вариантах возросло количество свободной воды, которая играет большую роль при прорастании в физиологических процессах.

Сухая масса растений до подсушивания (фаза кушения) была наибольшей в вариантах 5 Грей, с медью и сочетанием 5 Грей+Cu. При искусственной засухе (фаза колошения) в вариантах с поливом сильнее влияла радиация и цинк, а с перерывом полива: медь, ионизирующее излучение и сочетание всех факторов воздействия. Масса растений увеличивалась под действием ионизирующей радиации, цинка, их сочетания.

Итак, при создании искусственной засухи на первое место по влиянию на сухую массу растений выходят медь и сочетание всех факторов воздействия. В случае с постоянным поливом- вариант с ионизирующей радиацией, цинком и их сочетанием.

Кроме, засухоустойчивости, нами проведены исследования по влиянию выше перечисленных факторов на жаростойкость яровой пшеницы.

Жаростойкость растений определяется их способностью переносить высокие температуры и восстанавливать жизненные процессы. Растения наиболее уязвимы к неблагоприятным факторам среды именно в начале вегетации [122]. Под действием теплового шока изменяется активность некоторых ферментов растительных клеток, что служит показателем устойчивости растений [123]. Для изучения жаростойкости нами был проеден опыт в фитотроне.

В прокаленном песке до начала испытания на жаростойкость лучше сохранились проростки в вариантах 5 Грей и 5 Грей+медь. Сырая масса растений также выше в варианте с ионизирующей радиацией и медью. Цинк в любых сочетаниях с радиацией несколько угнетает рост проростков и уменьшает массу растений (Табл. 36).

Однако цинк во всех вариантах значительно увеличивает жаростойкость проростков. Ионизирующая радиация и медь влияют на жаростойкость незначительно. После испытания растения, обработанные цинком, хорошо восстанавливаются, что связано с усилением процесса фотосинтеза.

Параллельно проводились полевые опыты для выявления влияния микроэлементов и ионизирующих излучений.

Взаимодействие микроэлементов синергистов при обработке семян и листовой подкормке

Мы считаем, что при поступлении минеральных веществ, как макроэлементов, так и микроэлементов, происходит взаимное влияние, так как некоторые ионы сходной электронной конфигурации в пределах р- и d-семейств в периодической системе Д.И.Менделеева могут влиять на поглощение и транспорт других ионов.

Установлено, что одно- (K^+ , Na^+) и двухвалентные катионы (Ca^{2+}) вызывают различные и даже противоположные физиологические действия на цитоплазму. Ионы калия и натрия способствуют большей обводнённости цитоплазмы, а ионы кальция делают цитоплазму более вязкой, менее проницаемой [124,125,126,127].

Из-за таких взаимодействий, называемых антагонизмом ионов, для корректировки дефицита отдельных минеральных веществ под растения обычно вносят смеси солевых растворов, а не отдельные соли.

Некоторые ионы могут влиять на поглощение и транспорт ионов (рис.26).

На рисунке 26 видно, что K^+ оказывает конкурентное влияние на поглощение Rb^+ , тогда как Na^+ проявляет лишь незначительный эффект.

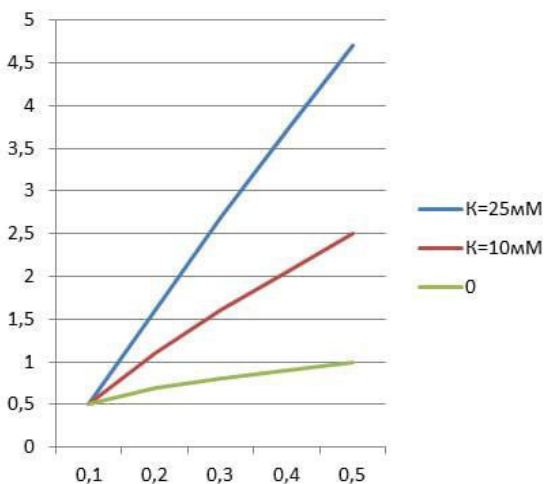
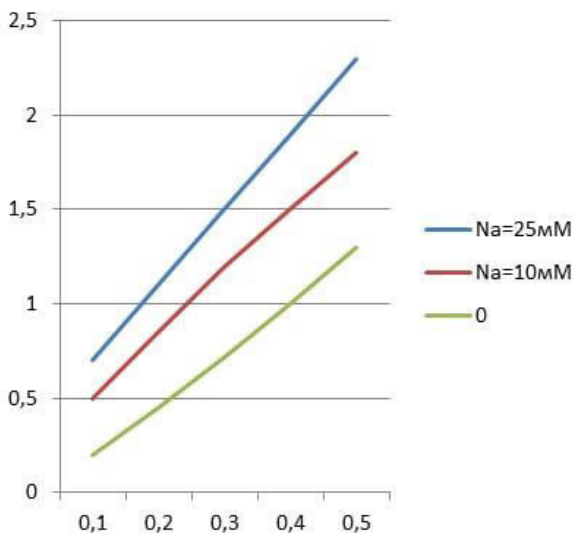


Рис. 26 - Конкурентное влияние K^+ и Na^+ на поглощение Rb (по Ersten.E, Maqen. D).

А.Л.Курсанов [128] считает, что явление антагонизма ионов можно объяснить теорией клеточных переносчиков. Известно, что антагонизм ионов наблюдается при одновременной адсорбции различных ионов клет-

кой из почвенного раствора; поступление в клетку одного иона приводит к вытеснению из нее другого, что является результатом конкуренции веществ, поступающих в клетку.

В растениях наблюдается также синергизм и аддитивность в действии компонентов смеси минеральных солей. Синергетическое действие солей заключается в том, что одна из них усиливает действие другой.

По данным Д.А. Сабинаина, внесение смеси азотно-фосфорных удобрений под хлопчатник превышает сумму прироста урожая, полученного от внесения отдельно фосфорных и азотных удобрений [129].

Отрицательный синергизм проявляется тогда, когда токсическое действие одной соли усиливается отравляющим действием другой.

Аддитивность - это действие смеси солевых растворов, которое равно сумме действия отдельных компонентов. Кроме положительного и отрицательного синергизма целесообразно ввести понятия абсолютный и относительный синергизм. Абсолютный синергизм, если эффект от суммы факторов выше действия изолирующих факторов, а если все показатели выше уровня контрольных растений и отдельно взятого фактора- относительный синергизм.

В настоящее время в литературе нет объяснений по взаимодействию ионов на растения и тем более отсутствуют механизмы объяснения синергизма, антагонизма и аддитивности ионов, особенности явления синергизма, механизма действия и каких-либо эмпирических формул. Нами для определения взаимодействия факторов (синергизм) предложена формула [140].

$$K_{\Sigma\Sigma} = \frac{\Sigma F - (F_1 + F_2 + F_3 \dots F_n)}{\Sigma F}$$

$K_{\Sigma\Sigma}$ - коэффициент взаимодействия

Σ - эффект от суммы факторов

F_1, F_2, F_3, F_n - действия изолируемых факторов

Мы считаем, что синергизм - это основной показатель для определения оптимального питания и усиления метаболических процессов. Поэтому по данной эмпирической формуле можно определить синергизм действия по различным физиолого-биохимическим параметрам, урожайности и качества выращенной продукции.

В доступной литературе и в различных учебниках по физиологии растений, как правило, рассматривается только антагонизм одно- и двухвариантных ионов и указывается, что антагонизм зависит от валентности [128,129,130,131]. Мы считаем, следует учитывать строение электронных орбиталей [132,133,134,135].

Следует учитывать также не только валентность используемого элемента, но и степень окисления, особенно для элементов пятой, шестой и седьмой групп. Эти элементы могут находиться в состоянии катиона и в состоянии аниона, в низшей степени окисления в состоянии катиона, высшей степени окисления - аниона. Например, Mn^{2+} - катион, а MnO_4^- - анион. При нитратном азоте марганец действует как восстановитель, а при аммиачном как сильный окислитель. Поэтому в этом плане необходимо учитывать не только катионное взаимодействие, но и катион - анионное.

Аналогичная картина и с молибденом: меняя валентность и степень окисления, он принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях и является важным звеном в переносе электронов от окисленного субстрата к восстанавливаемому веществу. Взаимодействие ионов способствует усилению продукционного процесса за счет регуляции внутриклеточного, межклеточного и организменного взаимодействия, которые контролируются трофической, ферментативной, гормональной и электрофизиологической системами регуляции. За счет этих процессов можно управлять продукционным процессом. По данным Н.Ф. Батыгина [40], эти системы определяют функциональную активность ткани, а также воздействуют на клетки через внутриклеточные системы регуляции. Регуляция на организменном уровне осуществляется через центры организации, или доминирующие центры.

Для выяснения взаимодействия ионов (явления синергизма) и продукционного процесса нами составлена схема (рис. 27) [136].



Рис. 27 - Схематическое изображение исследований для выяснения взаимодействия (явления синергизма) для различных сельскохозяйственных культур.

Продукционный процесс в течение всего онтогенеза включает регуляторные контуры. В результате синергизма происходит активация окислительно-восстановительных ферментов, усиливаются аттрагирующие процессы, начинается более усиленное набухание семян и поглощение ими воды, в результате усиливаются метаболические процессы, которые вырабатаны в процессе эволюции для данного вида растений, и в качестве отдаленного эффекта происходит повышение урожайности и улучшение качества сельскохозяйственной продукции.

Наши исследования показывают, что обработка семян яровой пшеницы микроэлементами повышает темп водопоступления от 1,5 до 7% по отношению к контролю, коэффициент синергизма по отношению к водопотреблению составляет в пределах 0,012-0,1. Нашими исследованиями (1987-1991 и 1994-1997 годы) [136] установлено, что микроэлементы марганец, молибден и в сочетании стимулируют ростовые процессы на начальных этапах прорастания яровой пшеницы, особенно при сочетании двух или трех элементов, увеличивается интенсивность дыхания на 26,1-26,9%. В результате увеличивается активность фермента амилазы (α , β и $\alpha+\beta$) (Табл. 37).

Из результатов видно отсутствие отрицательного синергизма. Анализ данных таблицы 37 показывает, что под влиянием микроэлементов, особенно при сочетанном действии, увеличивает амилазную активность, что приводит к более высокой мобилизации питательных веществ и способствует более интенсивному переходу проростков к автотрофному питанию.

Аналогичная картина наблюдается в семенах мягкой яровой пшеницы Л-503 (Табл. 38).

Результаты исследований показывают, что суммарная активность α - и β -амилаз имеет высокий коэффициент синергизма, за исключением 96 часа прорастания. Мы считаем, это связано с тем, что на четвертые сутки происходит полный гидролиз крахмала на α -D-глюкозу, это создает предпосылки более для интенсивного роста растений и переходу на автотрофный тип питания.

Обработка семян микроэлементами повышает активность и фермента каталазы, проявляющуюся с 12-ти часов набухания на 2,15-7,20% при этом по активности фермента наблюдается положительный синергизм, в результате аттрагирующего эффекта и усиления ферментативной активности происходит более интенсивное накопление массы проростков до 23,2% и корешков до 30,1% увеличивается общая и рабочая адсорбирующая поверхность корневой яровой пшеницы (Табл. 38).

По этим показателям микроэлементы показали типичный относительный синергизм.

По каталазе аналогичные данные получены в опытах 2008-2011 годов при использовании сульфата цинка и сульфата марганца с новым сортом яровой пшеницы Симбирцит (Табл. 39).

Во всех случаях проявляется относительный синергизм за исключением марганца на 24 часа, где активность фермента в варианте сульфат марганца выше по сравнению с сочетанным вариантом (Zn+Mn).

Таблица 37

Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами - синергистами на активность α - и β -амилаз при прорастании семян твердой пшеницы сорта Безенчукская 139, мг мальтозы на 100 мг зерна

Время проращивания (сутки)	Фермент	Вариант опыта			
		Контроль	Mo	Mn	Mo+Mn
2 суток	$\alpha+\beta$	5,45 $\pm$ 0,40	7,54 $\pm$ 0,45	7,33 $\pm$ 0,40	8,80 $\pm$ 0,60
	α	0,30 $\pm$ 0,41	0,63 $\pm$ 0,35	0,61 $\pm$ 0,31	0,91 $\pm$ 0,51
	β	5,15 $\pm$ 0,51	6,91 $\pm$ 0,41	6,72 $\pm$ 0,37	7,89 $\pm$ 0,41
3 суток	$\alpha+\beta$	10,72 $\pm$ 1,15	14,65 $\pm$ 1,14	14,77 $\pm$ 1,01	16,38 $\pm$ 1,31
	α	1,57 $\pm$ 0,91	1,93 $\pm$ 0,92	1,90 $\pm$ 0,91	2,28 $\pm$ 0,97
	β	9,15 $\pm$ 1,01	12,72 $\pm$ 1,15	12,87 $\pm$ 1,10	14,1 $\pm$ 1,10
4 суток	$\alpha+\beta$	24,67 $\pm$ 3,1	29,31 $\pm$ 3,31	31,41 $\pm$ 3,15	34,11 $\pm$ 3,41
	α	3,57 $\pm$ 2,15	5,31 $\pm$ 2,11	5,81 $\pm$ 1,11	6,31 $\pm$ 1,64
	β	21,1 $\pm$ 2,6	23,4 $\pm$ 2,71	25,6 $\pm$ 2,71	27,8 $\pm$ 2,74
5 суток	$\alpha+\beta$	35,41 $\pm$ 2,77	47,41 $\pm$ 3,1	43,81 $\pm$ 3,3	48,22 $\pm$ 3,41
	α	4,31 $\pm$ 2,7	6,31 $\pm$ 2,4	6,11 $\pm$ 2,81	7,11 $\pm$ 2,71
	β	31,1 $\pm$ 3,0	41,1 $\pm$ 3,15	37,7 $\pm$ 3,21	41,11 $\pm$ 3,11
6 суток	$\alpha+\beta$	30,3 $\pm$ 1,18	35,54 $\pm$ 1,2	36,11 $\pm$ 1,6	34,1 $\pm$ 1,17
	α	3,31 $\pm$ 1,81	5,11 $\pm$ 1,77	4,77 $\pm$ 1,81	5,11 $\pm$ 1,91
	β	26,99 $\pm$ 2,1	30,43 $\pm$ 1,81	31,34 $\pm$ 1,98	28,99 $\pm$ 1,81

Таблица 38

Влияние микроэлементов на суммарную α - и β -амилазы и коэффициенты синергизма в семенах яровой пшеницы Л-503 при прорастании, мг гидролизованного крахмала за 1ч/г сухого вещества

Вариант	Время прорастания, ч					
	12	24	36	48	72	96
Контроль	16,7 $\pm$ 0,5	21,5 $\pm$ 0,45	33,2 $\pm$ 0,48	52,0 $\pm$ 0,71	129,7 $\pm$ 0,63	72,0 $\pm$ 0,82
Мо	17,5 $\pm$ 0,49	22,5 $\pm$ 0,45	34,2 $\pm$ 0,48	53,7 $\pm$ 0,63	132,2 $\pm$ 0,84	72,5 $\pm$ 0,94
Мп	17,5 $\pm$ 0,45	22,7 $\pm$ 0,48	33,5 $\pm$ 0,65	52,5 $\pm$ 0,87	132,5 $\pm$ 0,87	72,2 $\pm$ 0,83
Мо+Мп	19,3 $\pm$ 0,48	25,0 $\pm$ 0,41	37,2 $\pm$ 0,5	56,2 $\pm$ 0,48	135,2 $\pm$ 0,5	66,0 $\pm$ 0,71
Коэффициент синергизма	2	1,59	2,07	2,1	1,29	-0,9

Таблица 39

Адсорбирующая поверхность корневой яровой пшеницы, см²

Вариант	Общая адсорбирующая поверхность	Рабочая адсорбирующая поверхность
Контроль	564,48	275,32
Молибден	648,77	319,47
Марганец	678,13	344,93
Молибден+ Марганец	685,97	348,87

Таблица 40

Активность каталазы в проростках яровой пшеницы (микро-моль H₂O₂, разложившейся за 1 минуту в расчете на 1г сухого вещества)

Вариант	Время прорастания, ч				
	12	24	48	72	96
Контроль	23,89 $\pm$ 0,49	34,51 $\pm$ 0,26	62,85 $\pm$ 0,60	91,11 $\pm$ 0,71	69,72 $\pm$ 0,86
Цинк	24,83 $\pm$ 0,43	37,92 $\pm$ 0,51	66,18 $\pm$ 0,60	96,74 $\pm$ 0,43	71,81 $\pm$ 0,94
Марганец	25,87 $\pm$ 0,26	39,44 $\pm$ 0,35	66,04 $\pm$ 0,88	97,57 $\pm$ 0,87	75,78 $\pm$ 0,49
Цинк+Марганец	26,81 $\pm$ 0,55	38,75 $\pm$ 0,17	67,64 $\pm$ 0,43	99,51 $\pm$ 0,10	77,36 $\pm$ 0,43

Электрофизиологические процессы, по-видимому, также играют роль в согласованности различных физиологических процессов в растительном организме, которые обеспечиваются системами регуляции. В растительном организме существуют электрические поля, которые влияют на жизнедеятельность клеток и тканей, как правило сопровождаются изменением электропотенциалов.

Предполагается, что под действием электрических полей в клеточных мембранах происходит латеральное перемещение заряженных липопротеиновых комплексов, выполняющих различные специализированные функции. Таким образом, следствием изменения микроструктуры электрических полей в тканях может быть перераспределение подвижных боковых компонентов в мембранах, в результате чего фиксируется новое физиологическое состояние клеток.

Мы считаем, что обработка семян или листовая подкормка растений различными микроэлементами способствует образованию окислительно-восстановительных потенциалов, которые являются мерой соответствующего количества электрической энергии электронов. Таким образом, можно констатировать, что микроэлементы способствуют образованию в растительных клетках электрических потенциалов, а многие ионы необходимы как активаторы внутриклеточных синтезов, в том числе и самих ферментов.

Микроэлементы способствуют интенсивному поступлению макро- и микроэлементов в листья, репродуктивные органы, т.е. они включают и трофическую регуляцию и за счет микроэлементов растения полнее используют минеральные удобрения.

В исследованиях 1989-1991г на разных сортах яровой пшеницы подтверждается синергетический эффект как ионизирующей радиацией, так и с микроэлементами под планируемый урожай (Табл. 41).

Таблица 41

Влияние микроэлементов и ионизирующей радиации на урожайность яровой пшеницы, т/га сорт Симбирка

Вариант	1989	1990	Средняя урожайность т/га	Прибавка	
				т/га	% контроль
Контроль	1,78	3,96	2,87		100,0
Марганец	1,83	4,12	2,97	1,0	103,4
Молибден	1,89	4,18	3,03	1,6	105,5
Mn+Mo	2,08	4,92	3,20	3,3	111,4
3 Грей	1,88	4,07	2,97	-	100,0
3 Грей+Mn	1,92	4,26	3,09	1,2	104,0
3Грей+Mo	1,99	4,31	3,15	1,8	106,1
3Грей+Mo+Mn	2,10	4,32	3,34	3,7	112,4
НСР ₀₅	0,21	1,07			
R%	1,71	2,21			

Результаты показывают на взаимодействие марганца и цинка. Коэффициент синергизма составляет 0,21, в данном случае- абсолютный синергизм.

Суммарный эффект между радиацией и микроэлементами составляет 0,7т/га, коэффициент синергизма, 0,18 т.е. проявляется абсолютный синергизм. Аналогичные данные получены при использовании минеральных удобрений на планируемый урожай 30ц/га $N_{112}P_{70}$, $K_{63+N_{30}}$ 30 кг азота при весенней подкормке (Табл. 41).

Таблица 41 а

**Влияние микроэлементов на урожайность яровой пшеницы (ц/га)
Сорт Симбирка**

Вариант	1989г.	1990г.	1991г.	Среднее за 3 года	Прибавка	
					ц/га	% к контролю
$N_{112}P_{70}K_{63+N_{30}}$ (контроль)	16,9	43,8	34,6	32,5	-	100,0
$N_{112}P_{70}K_{63}+Mn+N_{30}$	18,8	43,9	39,7	35,5	3	109,2
$N_{112}P_{70}K_{63}+Mo+N_{30}$	18,9	44,7	39,1	35,4	2,9	108,9
$N_{112}P_{70}K_{63}+Mo+Mn+N_{30}$	20,5	52,3	40,8	38,6	6,1	118,7
НСП ₀₅	0,97	4,54	4,3			
P%	1,62	3,07	3,6			

По урожайности суммарный эффект при совместном действии факторов $\Sigma_{Mn+Mn} > \Sigma_{Mn} + \Sigma_{Mn}$, т.к. 6,1 ц/га больше 5,9 ц/га.

Коэффициент синергизма составляет 0,032.

Исследования 2009-2017гг к яровой пшенице подтверждает более ранние исследования.

Таблица 42

Урожайность яровой пшеницы, т/га, сорт Симбирцит

Вариант	2009г.	2010г.	2011г.	2012г.
Контроль	2,23	1,24	2,45	1,97
Молибден	2,47	1,30	2,97	2,25
Марганец	2,65	1,37	2,72	2,24
Молибден + Марганец	2,57	1,38	3,16	2,37

Взаимодействие ионов не только усиливает физиолого-биохимические процессы в начале онтогенеза, а также включает регуляторные контуры, которые контролируют весь продукционный процесс, в результате увеличивается урожайность сельскохозяйственных растений, об этом свидетель-

ствуют наши многолетние исследования последних лет на яровой, озимой пшенице и сахарной свекле.

В среднем во всех случаях проявляется относительный синергизм за исключением $MnSO_4$ в 2009г., где проявляется отрицательный синергизм.

Аналогичные результаты получены в 2014-2019гг., по обработке семян и внекорневой подкормке с сульфатом цинка и марганца.

Результаты исследований по взаимодействию микроэлементов d-семейства периодической системы Д.И.Менделеева на яровой и озимой пшеницы подтверждены на горохе и сахарной свекле. Проведенный расчет коэффициентов взаимодействия на накопление микроэлементов в онтогенезе гороха показывает, на синергетический процесс (Табл. 43).

Таблица 43

Коэффициенты взаимодействия между активным штаммом ризобий, марганцем и молибденом в онтогенезе гороха по накоплению микроэлементов, в среднем за 1992-1994 годы

Фенологическая фаза	По А.В. Дозорову, О.В. Костину [137]						
	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	J	Mo
Всходы	0,09	0,22	-0,46	0,22	0	0	0,22
Стеблевание	0,29	0,56	0,67	-0,43	0	0	0,27
Бутонизация	-0,14	-0,10	0,68	-0,40	0,5	0,8	0,22
Цветение	0,09	0,65	0,43	0	1,0	0,08	0,39
Налив семян (биомасса)	0,18	0,27	0,50	0	0	0	0,43
Налив семян бобы	0,73	0	0,31	0,57	0,33	1,0	0,44
Полная спелость (семена)	0,62	0,13	0,23	0,29	0,20	0,27	0,33

Исследования показывают, что коэффициенты взаимодействия по железу, марганцу и меди в фазу бутонизации, цинку- в фазу всходов и меди- в фазу стеблевания имеют отрицательный знак. Следовательно, в данном случае отрицательный антагонизм. В процентном отношении показатели содержания выше контроля, следовательно, в данном случае проявляется относительный синергизм. В 9-ти случаях проявляются сложение суммы эффектов, т.е. аддитивность. В остальных 33 случаях- типичный абсолютный синергизм.

Четко проявляется явление абсолютного и относительного синергизма на технологических качествах корнеплодов сахарной свеклы.

Из полученных данных (Табл. 44) видно, что по сахаристости во всех случаях проявляется абсолютный синергизм, по доброкачественности в

двух случаях - абсолютный синергизм, в одном случае - аддитивность и относительный синергизм.

Таким образом, полученные результаты могут решить вопросы минерального питания растения, так как трудно переоценить роль взаимодействия ионов химических элементов. Они открывают возможность (перспективы) для регуляции поступления в растения макроэлементов. Улучшение минерального питания растений способствует усилению реутилизации азота и фосфора из вегетативных органов в репродуктивные.

Таблица 44

Коэффициент взаимодействия на основные показатели качества корнеплодов сахарной свеклы (2012-2014гг.)

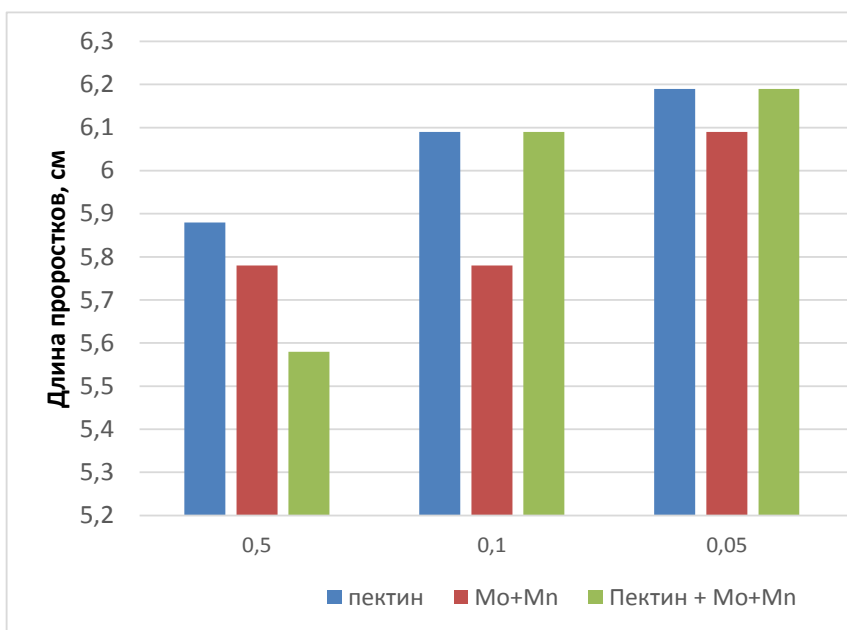
Вариант	Сахаристость, %	Коэффициент взаимодействия	Доброкачество сока, у.е.	Коэффициент взаимодействия
Контроль	16,4	-	85,4	-
Бор	16,8	-	86,3	-
Цинк	16,5	-	85,7	-
Марганец	16,5	-	85,8	-
Цинк+Марганец	16,8	0,5	86,2	+0,0125
Цинк+Бор	17,1	0,28	86,5	-0,009
Марганец+Бор	17,1	0,28	86,7	0
Цинк+Марганец+Бор	17,3	0,39	87,2	0,12

Перечисленные регуляторные контуры, направленные на усиление фотосинтеза, обеспечивающего сохранение гомеостаза растений, позволяют управлять продукционным процессом для повышения урожайности и улучшения качества полученной продукции.

Взаимодействие ионов является сложным процессом, включающим не только их конкуренцию. Физиолого - биологические и регуляторные механизмы необходимо учитывать для рационального применения удобрений и микроэлементов в целях оптимизации минерального питания.

Оценка эффективности применения микроэлементов - синергистов в сочетании с пектином из амаранта

Для изучения влияния пектина из амаранта с микроэлементом был использован пектин с молекулярной массой 10000-15000 у.е. который при растворении образует эмульсию. Установлена оптимальная концентрация пектина для обработки семян, она составляет 0,05% (рис. 28).



Концентрация, %

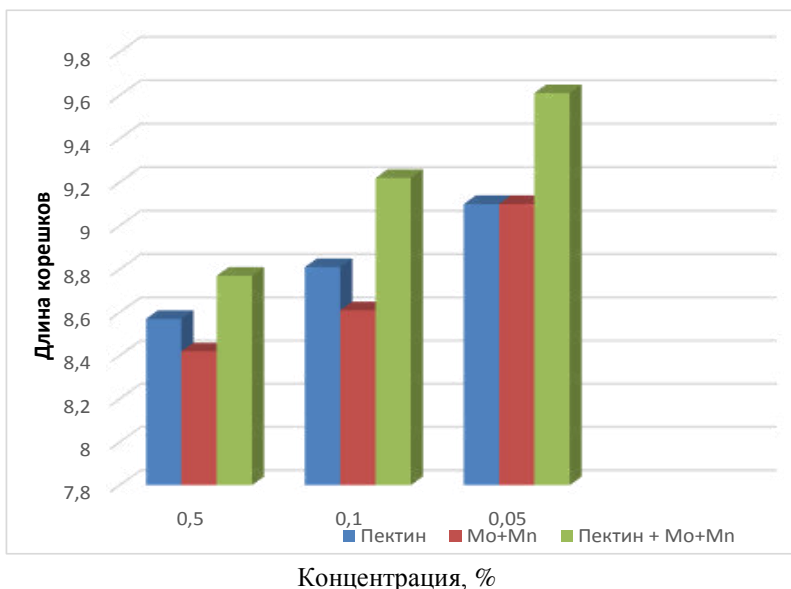


Рис. 28 - Влияние пектина и микроэлементов на длину зародышевых корешков и проростков яровой пшеницы

Таблица 45
Набухаемость семян яровой пшеницы, % к воздушно сухой массе

Время (час)	Контроль	Пектин	Пектин + Мо	Пектин + Mn	Пектин + Мо + Mn
1	101,7±0,90	104,0±0,91	105,0±1,0	106,2±0,81	106,5±0,93
2	113,6±0,65	117,2±0,48	117,5±0,29	116,7±0,48	118,5±0,45
3	122,2±1,10	126,2±0,48	126,0±0,71	126,5±0,65	128,0±0,97
6	129,7±1,10	136,2±0,49	136,5±0,45	137,7±0,48	138,5±0,30
12	136,5±0,45	138,5±0,80	140,5±0,70	140,5±0,70	141,5±0,70
24	140,0±0,41	144,5±0,30	146,2±0,48	146,5±0,30	147,0±0,41
36	146,2±0,48	148,2±0,48	148,7±0,48	148,5±0,45	153,0±0,58
48	158,5±0,65	163,3±0,65	166,5±0,83	167,2±0,92	171,0±0,65

Для опытных вариантов с использованием микроэлементов и пектина отмечается водопотребление с 36 часов.

Наибольшее водопотребление имеют варианты с обработкой семян П+Мо+Мn, что составляет 6,8% выше контроля. Вероятно, интенсификация

начальных процессов набухания за счет активации дыхания, способствует усиленному метаболизму, накоплению осмотически-активных веществ. Данная тенденция прослеживается и на 48 часов.

Обработка семян препаратами способствовала повышенному водопоглощению на определенный период времени. Сочетание в препаратах ионов молибдена и марганца более интенсифицировало данный процесс, чем раздельное использование этих микроэлементов в составе препаратов. Обработка семян микроэлементами снижала уровень водопоглощения по сравнению с другими препаратами.

Вероятно, химическая структура вещества способна регулировать проницаемость мембран. Таким образом повышение водопоглощения способствует увеличению уровня осмотически – активных веществ необходимых для поступления воды в вакуоль, в начальный период процесса роста – растяжением.

Высокие потенциальные урожаи имеют в своей основе начальные процессы роста, а именно всхожесть, густоту всходов. В основе данного положения лежит качество семенного материала, определяемое необходимым запасом питательных веществ, способным обеспечить прорастающий заросток набором пластических веществ до начала автотрофного питания. Воздействие на семенной материал физических, химических, биологических факторов способствует проявлению семенем, как и любым биологическим объектом, ответной реакции в виде понижения или повышения уровня метаболизма на начальной стадии онтогенеза, приводящей к формированию биологической полноценности семян, проявляющийся в способности формировать высокопродуктивные растения. Представляет интерес определение уровня воздействия используемых препаратов на посевные качества семян: энергию прорастания, всхожесть, последствие [140].

На рисунке 29, таблице 46 представлены результаты исследований по влиянию препаратов на энергию прорастания обработанных семян. Обработка семян повышает энергию прорастания от 4,5 до 9,1% в 2001 году, от 6,3 до 11,25% в опытах 2002 года и от 5,1 до 10,9% в опытах 2003 года.

Анализ данных таблицы 29 показывает, что в среднем за годы исследований энергия прорастания повышается от 3,5 до 9%.

Рассматривая влияние обработки семян на энергию прорастания, можно отметить, что данный показатель существенно повышается при сочетании ионов молибдена и марганца.

Вероятно, ионы микроэлементов способствуют высвобождению ферментов и их активизации. Так, сочетание пектина совместно с молибденом и марганцем превышает отдельное использование пектина с молибденом или марганцем на 3,2 и 2,3 %.

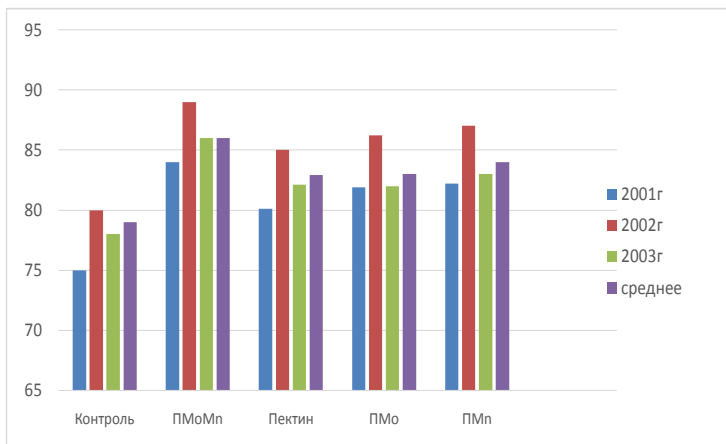


Рис. 29 - Влияние предпосевной обработки яровой пшеницы на энергию прорастания, %

Лабораторная всхожесть семян является более постоянным свойством семян, ее колебания в 2002 году составили от 2,1 до 4,3%, в 2003 г. – от 1 до 4%.

Данное влияние объясняет смещением течения физиолого-биохимических процессов, активируемых предпосевной обработкой семян.

Таким образом, использованные препараты оказали стимулирующее влияние энергию прорастания, не изменив лабораторную всхожесть.

Анализ таблицы 47 показывает, что энергия прорастания семян превышает контрольный вариант в 2001 году на 5,5%, в 2002 году – на 10,5%, в 2003 году – 4,0%. В целом изменение энергии прорастания семян не сопровождалось существенным изменением всхожести опытных вариантов. Обработка семян повышает полевую всхожесть.

Таблица 46

Влияние предпосевной обработки пектином и микроэлементами на энергию прорастания и лабораторную всхожесть яровой пшеницы, %

Годы	Показатели	Контроль	Пектин	Пектин +Mo	Пектин +Mn	Пектин +Mo+Mn
2001	Энергия прорастания	77,0	80,5	81,5	82,5	84,0
	Лабораторная всхожесть	92,0	93,5	92,5	93,0	92,5
2002	Энергия прорастания	80,0	85,0	86,5	87,0	89,0
	Лабораторная всхожесть	94,0	96,5	96,0	97,0	98,0
2003	Энергия прорастания	78,0	82,5	82,0	83,0	86,5
	Лабораторная всхожесть	93,0	95,5	94,0	97,0	97,5
Сред.	Энергия прорастания	78,3	82,7	83,3	84,2	86,5
	Лабораторная всхожесть	93,0	95,2	94,2	95,7	96,0

Таблица 47

Последствия предпосевной обработки семян фиторегуляторами и микроэлементами на энергию прорастания и лабораторная всхожесть семян яровой пшеницы с не удобренного фона, %

Годы	Показатели	Контроль	Пектин	Пектин +Mo	Пектин +Mn	Пектин +Mo+Mn
2001	Энергия прорастания	75,0	77,5	78,0	79,5	80,5
	Лабораторная всхожесть	93,0	94,5	92,5	94,5	94,5
2002	Энергия прорастания	79,0	80,5	80,0	81,0	81,5
	Лабораторная всхожесть	96,5	97,5	96,5	98,0	98,5
2003	Энергия прорастания	71,0	71,0	71,5	72,0	73,0
	Лабораторная всхожесть	94,0	94,8	93,0	93,0	92,5

Исследуемый препарат и изменяют темп водопоглощения семян пшеницы, способствуя более раннему началу метаболизм в прорастающих семенах пшеницы, что выражается в повышении энергии прорастания и полевой всхожести. Стимулирующее действие пектина повышается при сочетании ионов молибдена и марганца (рис. 30).

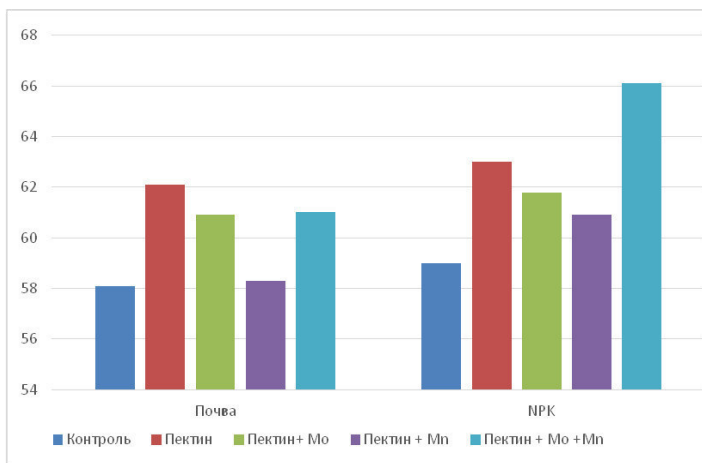


Рис. 30 - Полевая всхожесть, % (среднее значение 2001 – 2003гг.)

Под воздействием данных химических веществ происходит более интенсивное накопление сухой массы как образующихся корешков, так и самих проростков (рис. 31, рис. 32).

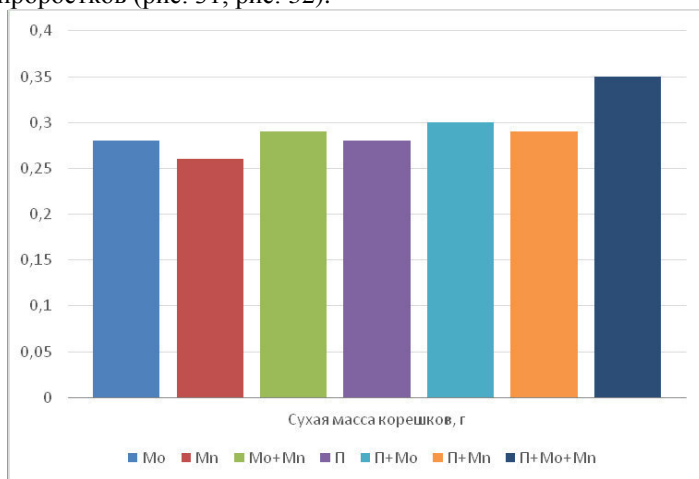


Рис. 31 - Влияние пектина и микроэлементов на накопление сухого вещества в корешках

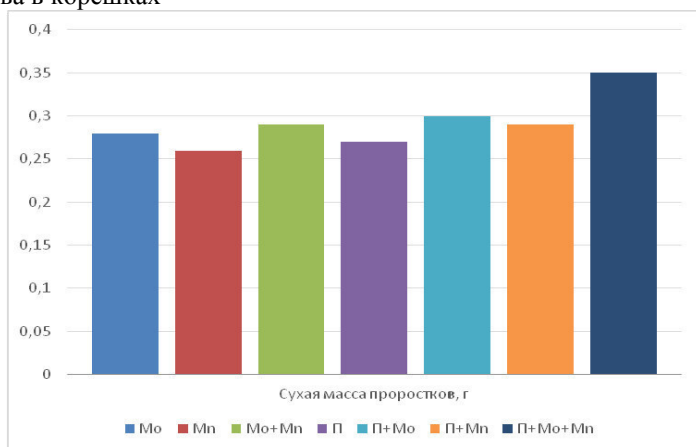


Рис. 32 - Влияние пектина и микроэлементов на накопление сухого вещества в проростках

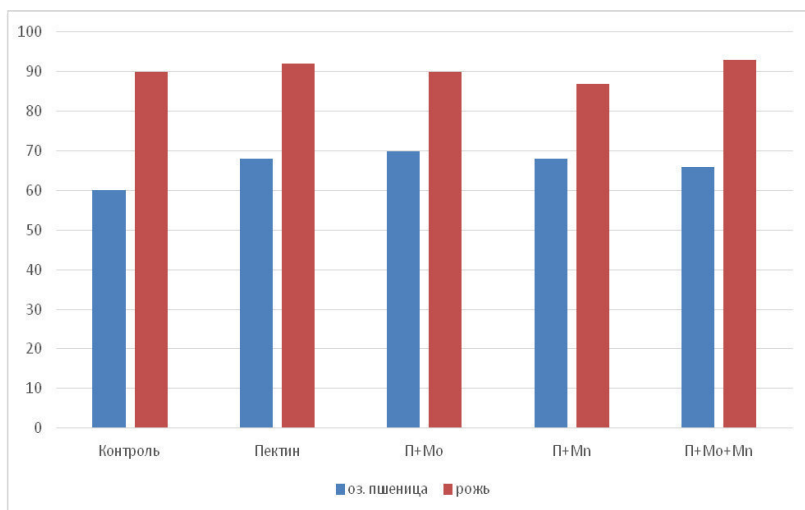
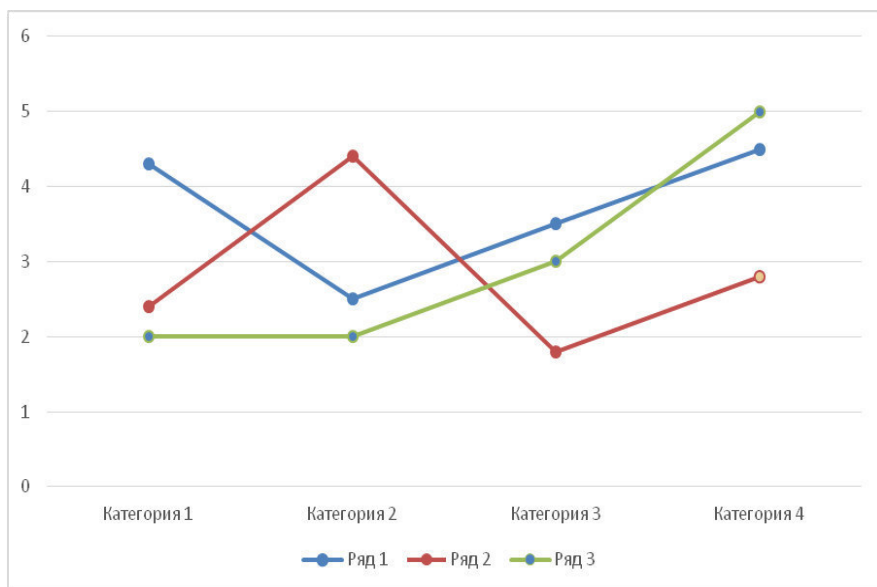


Рис. 33 - Влияние пектина и микроэлементов на энергию прорастания озимых культур, %



Важнейшие вопросы корнеобразования и питания растений, а также ростовых процессов изучали на примере водных культур озимой пшеницы и озимой ржи (рис. 34, 35).

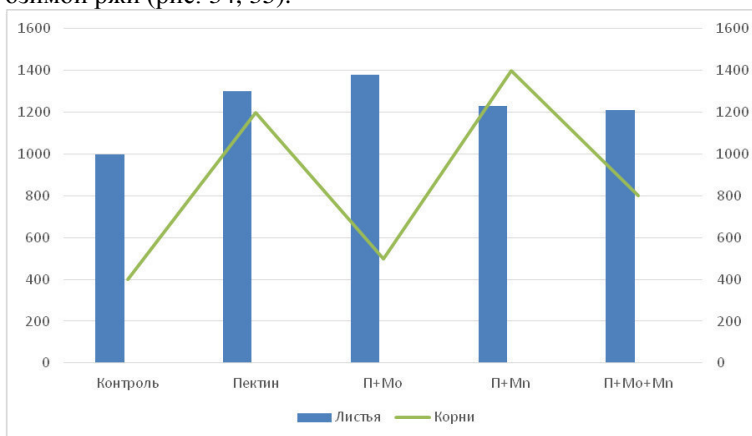


Рис. 34 - Влияние пектина и микроэлементов на сырую массу ростков и зародышевых корешков озимой пшеницы, мг на 10 шт

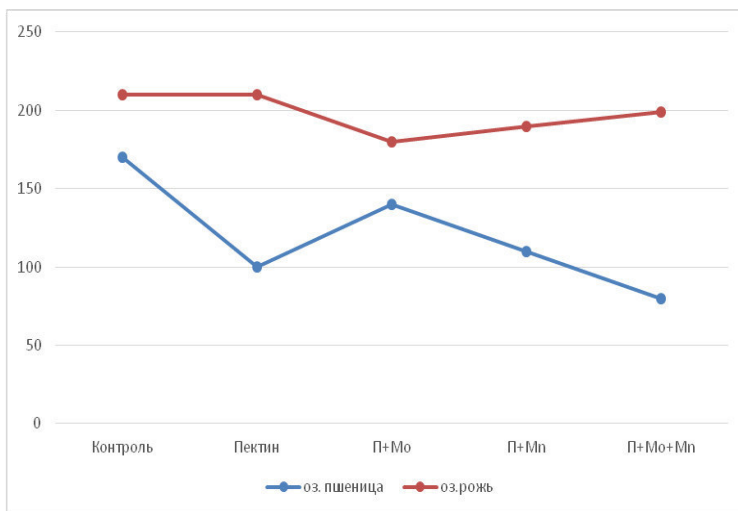


Рис. 35 - Влияние пектина и микроэлементов на массу зерновки озимых культур при прорастаннии, мг 10 шт

Установлено, что под влиянием пектина с микроэлементами – синергистами происходит интенсивное накопление сырой массы в проростках и корешках озимой пшеницы.

В опытных культурах происходит уменьшение массы зерновки в связи с активизацией начальных физиолого – биохимических процессов при прорастании. Усиление ростовых процессов под воздействием используемых факторов способствует интенсивному переходу растений от гетеротрофных типа питания к автотрофному.

Под влиянием предпосевной обработки семян у растений яровой пшеницы происходит изменение адсорбирующей поверхности корневой системы о чем свидетельствуют полученные нами результаты исследований (Табл.48).

У опытных растений происходит увеличение общей адсорбционной поверхности корней от 10,07 до 17,71 %. Наилучшие показатели отмечены для варианта с использованием ионов молибдена и марганца.

Увеличение общей адсорбирующей поверхности вероятно, связано с ростом корней, что находит подтверждение в увеличении сухой массы корней и их объем. Площадь рабочей (деятельной) поверхности не исследуемых вариантов повышает контроль до 13,9 %.

Показатели физиологической активности корневой системы является отношение активно поглощающей к общей адсорбирующей поверхности. Увеличение отношения обусловлено большей величиной активно поглощающей поверхности, а также интенсивным передвижением адсорбированных ионов внутрь корня.

Таблица 48

**Адсорбирующая поверхность корней растений яровой пшеницы
(10-дневные растения)**

Варианты	Общая адсорбирующая поверхность, см²	Рабочая адсорбирующая поверхность, см²	Недеятельная поверхность, см²	Отношение рабочей поверхности к общей адсорбирующей поверхности
Контроль	564,48	275,32	289,16	0,49
Пектин	629,17	327,33	301,84	0,52
Пектин+ Мо	621,33	309,67	311,66	0,50
Пектин + Mn	350,70	327,30	323,40	0,50
Пектин+ Мо + Mn	664,43	337,10	327,33	0,51

Наибольшее значения отмечены при использовании пектина-6,12%, увеличение данного показателя отмечено для всех опытных вариантов, однако соотношение не учитывает абсолютные значения показателей.

Основные запасы питательных веществ зерновки к моменту выхода ростка на поверхность исчерпываются, и растение переходит к автотрофному питанию.

Косвенными характеристиками биосинтетических процессов проростков являются уровни биосинтеза белка и включения фосфат-ионов. В связи с этим, нами в условиях водной культуры на растворе Кноппа было определено содержание белкового азота, фосфора и микроэлементов - молибдена и марганца в 10-дневных проростках (Табл. 49).

Таблица 49

Химический состав проростков яровой пшеницы (водная культура)

Варианты	Белковый азот	P, %	Mn, мг/кг	Mo, мг/кг
Контроль	2,59	0,44	144,2	0,48
Пектин	2,84	0,51	148,1	0,46
Пектин+Mo	2,72	0,42	140,8	0,53
Пектин+Mn	3,08	0,48	147,3	0,55
Пектин+Mo+Mn	2,66	0,53	155,4	0,62

Результаты анализа показывают, что исследуемые факторы способствуют интенсификации синтеза белка на 0,10-0, 53 % и интенсивному включению соединений фосфора. Более четко проявляется взаимодействие микроэлементов. В связи с отсутствием микроэлементов в питательном растворе основным поставщиком в надземные органы является оболочка семени и само семя. И в результате увеличивается содержание ионов марганца в надземной части (от 2,15-7,77 %).

Наибольшее количество отмечается в варианте П+Mo+Mn-7,77%, по отношению к контролю. Сочетание ионов молибдена и марганца приводит к увеличению содержания марганца и молибдена.

В ростках яровой пшеницы при предпосевной обработке семян молибденом и марганцем наблюдается явление синергизма при поступлении их в ткани растения. Под влиянием предпосевной обработки пектином и микроэлементами на ранних этапах роста и развития в растениях яровой пшеницы усиливается белковый и азотный метаболизм, что может являться энергетической основой для лучшей выживаемости растений на начальных этапах онтогенеза.

Углеводный метаболизм и дыхание прорастающих семян яровой пшеницы

В литературе представлены немногочисленные исследования о влиянии предпосевной обработки семян химическими препаратами на активность амилалитических ферментов и ее связи с физиологического биохимическими процессами в прорастающем семени. Уровень обводненности является лимитирующим и пусковым факторам прорастания [141].

Достижение определенного порога водопоглощения способствует более раннему началу метаболизма, в первую очередь структур зародыша, обладающего наибольшим водопоглощением вследствие наличия фонда осмотических веществ [142].

В начале набухания гликолитические ферменты активизированы сильнее, чем митохондриальные.

В процессе прорастания семян происходит синтез α - и β -амилаз и выход из латентного состояния.[143, 144, 145]

Наши исследования показывают, что суммарная активность амилаз при прорастании семян имела тенденцию к повышению, достигая максимальных значений у 72 часам прорастания.

Таблица 50

Суммарная активность альфа и бетта амилазы в семенах яровой пшеницы при прорастании мг гидролизованного крахмала за 1 час/1г сухого вещества

Варианты	Время проращивания					
	12 г	24 г	36 г	48 г	72 г	96 г
Контроль	16,7±0,5	21,5±0,5	33,2±0,5	52,0±0,7	129,7±0,6	72,0±0,8
Пектин	20,7±0,5	25,7±0,5	38,3±0,5	57,7±0,6	136,7±0,6	73,0±1,0
Пектин + Мо	21,3±0,5	25,7±0,6	39,2±0,5	58,2±0,5	137,5±0,7	69,8±0,8
Пектин + Мп	20,7±0,5	26,2±0,5	39,2±0,5	58,0±0,4	138,5±0,5	68,0±0,8
Пектин + Мо + Мп	28,0±0,5	28,0±0,4	41,5±0,6	59,5±0,7	140,3±0,7	64,7±0,5

Первичные процессы в зерне при прорастании связаны в основном с активностью α -амилазы, переходящей в активное состояние из латентной формы, образующейся при формировании семени. Нами отмечена тенденция повышения активности амилаз при применении сочетания ионов Мо+Мп в составе препарата П+ Мо+Мп. Так, на 72-й час прорастания сочетание П+ Мо+Мп превышает контроль на 8,17%, в то время наибольшее значение при применении микроэлементов составляет :П +Мп -6,78%.

Исследования показывают высокую активность α – амилаз, на начальных этапах совпадающей с суммарной активностью α - и β -амилазы.

Таблица 51

**Активность альфа амилазы мг гидролизованного крахмала
за 1 час/1г сырой массы**

Варианты	Время проращивания		
	48 г	72 г	96 г
Контроль	4,87±0,03	10,10±0,06	40,70±0,70
Пектин	4,77±0,03	10,27±0,09	42,23±0,64
Пектин+ Мо	4,73±0,03	10,03±0,03	41,37±0,32
Пектин + Mn	4,87±0,03	10,13±0,07	45,07±0,88
Пектин+ Мо +Mn	4,96±0,03	10,33±0,29	44,97±0,18

Снижение активности суммарного действия α - и β -амилазы, представленной в основном активностью β -амилазы, сопровождаются повышением активности α -амилазы. Активность α -амилазы на начале прорастания мала. К третьим суткам прорастания активность на всех вариантах увеличивается почти в 2 раза по отношению к результатам вторых суток прорастания.

На данном этапе несколько повышенной активностью характеризуются варианты с использованием микроэлементов в виде солей. При анализе действия препаратов по группам отмечается снижение активности α -амилазы на вариантах с присутствием ионов молибдена и повышение активности на вариантах с включением в препараты ионов марганца. С третьих суток отмечено повышение активности α -амилазы на варианте П+ Мо+Mn. В целом, на четвертые сутки исследуемые факторы повышают активность α -амилазы от 1,65 до 0,74%. Однако скорость гидролиза крахмала снижается, что возможно из-за накопления сахаров, снижающих активность фермента. К 3-м суткам стимуляция активности α -амилазы при совместном использовании П+ Мо+Mn составила 9,19%. Более отчетливо проявляется тенденция усиления гидролиза крахмала под воздействием изучаемых факторов. Сохранение высокой активности после 72 часов возможно за счет активации процессов синтеза фермента используемыми препаратами. Под действием используемых препаратов при прорастании происходит усиление образование редуцирующих сахаров до 12 часов прорастания (Табл. 52).

Таблица 52

Содержание глюкозы и сахарозы в прорастающих семенах яровой пшеницы

Варианты	Мг глюкозы/ 1г сырого вещества			Мг сахарозы/ 1г сырого вещества		
	24ч.	48ч.	72ч.	24ч.	48ч.	72ч.
Контроль	17,96±0,67	41,93±1,53	97,13±1,45	7,97±0,23	9,44±0,45	13,31±0,17
Пектин	18,59±0,88	39,20±1,2	88,20±1,5	9,71±0,20	20,25±0,6	25,85±0,49
Пектин +Мо	15,91±0,7	41,0±0,35	79,07±0,9	10,30±0,3	17,76±0,2	22,27±0,47
Пектин +Мп	15,74±0,68	38,40±0,80	76,53±1,07	12,42±0,20	21,80±0,37	42,46±0,15
Пектин +Мо+Мп	18,15±0,39	38,60±0,92	71,20±1,85	10,35±0,21	22,29±0,32	43,42±0,20

При этом содержание сахарозы на опытных вариантах к первым суткам прорастания по отношению к контролю повышается от 21,8% до 55,8%(Пектин+ Мп).

На вторые сутки прорастания на опытных вариантах отмечается снижение содержания редуцирующих сахаров от 2,2% до 8,42%, сопровождающееся повышением образованием сахарозы.

К третьим суткам прорастания контрольные растения имеют наиболее содержание редуцирующих сахаров при высоком содержании сахарозы и максимальном потреблении кислорода за трое суток.

Опытные варианты характеризуются пониженным содержанием редуцирующих сахаров на 48 и 72 часа прорастания, которое сопровождается активным потреблением кислорода и в результате происходит активация аэробной фазы дыхания.

Возрастающий процесс способствует образованию субстратов дыхания в результате гидролиза дисахаридов и активации гидролиза крахмала.

Повышение интенсивности дыхания может рассматриваться как источник высокого уровня АТФ и фонда метаболитов. Изменение интенсивности дыхания прорастания семян обусловленное воздействием изучаемых факторов позволяет определить специфичность ответной реакции растений. Результаты исследований приведены в таблице 53 и на рисунке 36.

Таблица 53

Влияние пектина и микроэлементов на потребление кислорода проростками яровой пшеницы, мкл O_2 в час/1г сырого веса

Варианты	1 сутки		2 сутки		3 сутки	
	1ч.	2ч.	1ч.	2ч.	1ч.	2ч.
Контроль	137,6±3,4	149,3±4,3	375,5±6,3	308,4±13,6	408,3±2,3	134,6±8,8
Пектин	140,5±1,2	140,7±3,8	259,0±2,9	331,1±7,1	454,35±2,0	155,4±3,4
Пектин + Мо	90,9±3,2	113,1±8,4	250,4±5,3	352,6±4,6	423,1±9,9	375,3±6,3
Пектин +Мп	76,1±2,2	108,9±9,3	273,0±4,6	338,4±6,9	499,4±3,8	448,2±3,7
Пектин +Мо+Мп	154,7±1,9	157,5±1,8	183,6±1,4	181,6±2,0	459,6±4,6	435,4±4,5

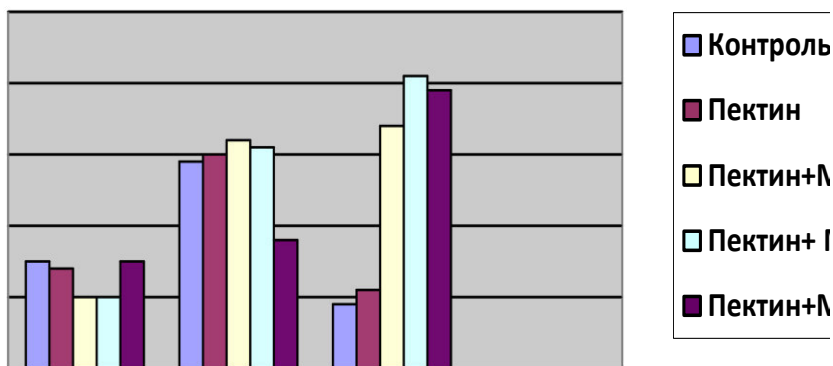


Рис. 36 - Дыхание прорастающих семян яровой пшеницы, подвергну-
тых обработке, мкл O_2 в час.

Результаты показывают. Что опытные варианты имеют более высокую интенсивность дыхания, чем контроль. За счет этого происходит более высокое потребление кислорода.

На основании корреляционного анализа установлена тесная связь по типу параболы дыхания с каталазной активностью в семенах через 24,48,72 часа $Z=0,56-0,59$, $D=31,1-35,9\%$, с набухаемостью семян через 24,48 часов $Z=0,62-0,72$, $D=37,9-54,9\%$.

Предпосевная обработка семян стимулирует активность каталазы, которая начинает проявляться с 12 часов набухания. Пектин и микроэлементы способствуют повышению активности фермента. В период достижений

максимальных значений(48-72 ч.) наибольшие величины активности отмечены при сочетании в препаратах ионов молибдена и марганца. Варианты П+Мо и П+ Мо+Мп в период наибольшего подъема активности фермента превышают контроль на 2,77 и 5,05% соответственно.

К 4-м суткам активности на опытных вариантах остается на высоком уровне, в то же время на контроле происходит снижение ее активности.

Таблица 54

Влияние пектина и микроэлементов на активность каталазы при прорастании яровой пшеницы, ммоль разложившейся H_2O_2 за минуту/1 г. сухого вещества

Варианты	Время(час)					
	12ч.	24ч.	36ч.	48ч.	72ч.	96ч.
Контроль	37,5±0,7	72,5±1,0	113,8±0,8	162,3±0,7	132,3±0,9	98,0±0,9
Пектин	41,8±0,5	76,5±0,7	122,0±1,1	166,3±0,8	138,5±0,6	107,3±0,6
Пектин + Мо	43,0±0,4	78,0±0,4	125,3±0,9	166,8±0,5	140,0±0,9	109,3±0,9
Пектин +Мп	43,0±0,4	78,5±0,7	126,3±0,9	163,3±0,8	140,5±0,7	108,0±0,9
Пектин +Мо+Мп	46,5±0,4	79,8±0,9	131,8±0,9	170,5±0,6	142,3±0,5	109,3±1,0

Среди множества оксидаз пероксидаза является ферментом, хорошо изученным с физико-химической точки зрения. Полиморфизм пероксидаз обуславливает функциональную лабильность энзиматической системы внутриклеточной регуляции. Высокое число изоэнзимов в семенах пшеницы позволяет предполагать участие данного фермента в процессах прорастания. Вхождение пероксидазы антиоксидантную систему определяется устойчивость растений к различным воздействующим факторам в процессе онтогенеза.

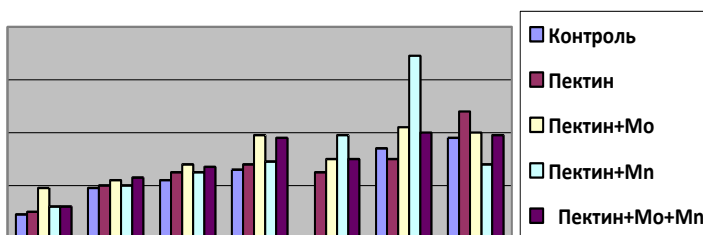


Рис. 37 - Активность пероксидазы в прорастающих семенах яровой пшеницы под влиянием обработки, изменение оптической плотности за 1с/1г сырой массы

Нами изучено изменение активности пероксидазы в проростках и растениях пшеницы в зависимости от вида обработки и связь данного процесса с другими ферментами системы. Субстратом реакции является раствор бензидина. Результаты исследований представлены на рисунке 37.

Возрастание активности пероксидазы отмечается с 12 часов набухания. Наиболее существенные изменения активности фермента отмечены с 1 дня прорастания, когда активность фермента повышается почти в 2 раза по отношению к 12 часам. Активность пероксидазы при прорастании возрастает, достигая своего максимума активности на контроле на 4 и 9 сутки. Между 3 и 6 сутками отмечается относительная стабилизация активности фермента. Близкое распределение активности фермента наблюдается в обработанных семенах до 24 часов. Далее на опытных вариантах отмечается рост активности пероксидазы, достигающей к четвертым суткам первого цикла активности, как и на контрольном варианте. При этом активность пероксидазы на опытах превышает контроль от 11,54% (пектин) до 53,85% (П+Мо). К шестым суткам активность пероксидазы падает. К седьмым суткам происходит подъем активности пероксидазы, начинающий к девятым суткам снижаться. На основании данных таблицы 12 можно отметить следующее: активность пероксидазы под влиянием обработки имеет тенденцию к повышению, при этом отмечается близкое распределение активности пероксидазы опытных вариантов. Снижение активности пероксидазы на шестые сутки, вероятно, связано с необходимостью синтеза фермента, так как в дальнейшем отмечено усиление активности. Таким образом, предпосевная обработка семян приводит к изменению активности пероксидазы, выражающейся в увеличении активности на ранних этапах прорастания. Высокая активность пероксидазы, вероятно, способствует исчерпанию фонда фермента, приводя к относительной стабилизации процесса между 4 и 6 сутками (лаг-период), сменяющейся подъемом активности.

Сравнение активности ферментов каталазы и пероксидазы показывает, что на начальных этапах прорастания происходит повышение активности обоих ферментов. Со 2-3 суток прорастания активность ферментов имеет противоположный характер.

Способность организма противостоять возникшему стрессу в большей степени зависит от содержания т и его способности вырабатывать антиокислители, к числу которых относят аскорбиновую кислоту и глутатион, Е.Д. Казакова, В.Л. Кретович[147] указывают на высокое содержание в зародышах семян пшеницы глутатиона – до 0,45%. В сухих семенах злаков содержание аскорбиновой кислоты и глутатиона минимально. С прорастанием количество аскорбиновой кислоты увеличивается, что связывается с процессом фотосинтеза.

Образование аскорбиновой кислоты у проростка пшеницы отмечено на третий день прорастания. Синтез аскорбиновой кислоты глутатиона в анаэробных условиях отсутствует [148]. Является сильным восстановителем, они способны к переносу водорода при дыхании и восстановлению дисульфатных связей.

Окислительно -восстановительные реакции с участием аскорбиновой кислоты тесно связаны с циклом лутатиона. Синтез аскорбиновой кислоты в растениях связан с углеводным обменом. Прорастание семян сопровождается повышением синтеза аскорбиновой кислоты. Глутатион является эффективным фактором защиты от перекисного окисления липидов [149].

Содержание аскорбиновой кислоты под действием предпосевной обработки на опытных вариантах увеличивается от 2,15 до 4,99% (П+Мп и П+Мо+Мп). Наиболее высокое содержание отмечено для варианта П+Мо+Мп (Табл. 55).

Связь синтеза аскорбиновой кислоты с обеспеченностью молибденом растений отмечено в работах И.А. Чернавиной, Г.Щ. Купке (1953)[150]. Совместное присутствие ионов марганца и молибдена повышает содержание аскорбиновых кислоты во всех исследуемых вариантах. Более высокие колебания отмечены в содержании глутатиона – от 40,89 до 88,18%. Большой уровень воздействия отмечен для пектина - (88,18%). Сочетание П+Мо+Мп превышает контроль на 54,24%.

Таблица 55

Содержание аскорбиновой кислоты, глутатиона и редуцирующая активность тканей яровой пшеницы

Варианты	Аскорбиновая кислота, мг %	Глутатион, мг/%	Редуцирующая активность, мл
Контроль	0,004225	0,005118	0,065
Пектин	0,004318	0,009631	0,081
Пектин+ Мо	0,004387	0,007418	0,074
Пектин+Мп	0,004316	0,007211	0,073
Пектин+Мо+Мп	0,004436	0,007895	0,076

Увеличение общей редуцирующей способности ткани проростков свидетельствует об их высокой экологической устойчивости. Редуцирующая активность тканей под влиянием предпосевной обработки на опытных вариантах превышает контрольное значение.

Таким образом, предпосевная обработка семян исследуемыми факторами и концентрациями при прорастании может рассматриваться как стрессовая нагрузка, стимулирующая окислительно- восстановительные процессы.

Влияние микроэлементов с пектином на продукционные процессы озимой пшеницы

Рост и развитие являются сложными интегральными показателями состояния растительного организма, включающим комплекс взаимосвязанных физиологических и биохимических процессов синтеза и распада веществ в растительном организме при его взаимодействии с условиями, внешней среды [151].

Основным поставщиком углеводов является фотосинтез, который базируется на фотосинтетической деятельности листа.

Характер ростовых процессов, интенсивность роста органов, деятельность активной жизни органов определяют продуктивность растений [152].

Лист – специализированный орган синтеза и метаболизма продуктов фотосинтеза. Фотосинтез растений является основной частью процессов, формирующих урожайность сельскохозяйственных растений, на долю которого приходится от 90 до 95% образования сухого вещества растений [153]. Повышенный метаболизм углеводов является благоприятным фактором в превращениях азота [154].

Одним из реальных направлений увеличения коэффициента полезного действия (КПД) фотосинтетической активной радиации представляется увеличение площади фотосинтезирующих органов и в первую очередь листьев, что предполагает создание оптимальной площади листовой поверхности. Соответственно совпадение оптимальных значений ФАР с формированием оптимального значения должно определять фотосинтетическую продуктивность и КПД ФАР. Листовая поверхность, по многочисленным исследованиям, способна к увеличению при физической и химической обработке семян и растений, создании благоприятных условий вегетации [155]. Предпосевная обработка семян, стимулируя начальные этапы прорастания, способствует формированию высоких величин листовой поверхности. Однако использование ФАР может лимитироваться активностью фотосинтетических реакций. Сорта характеризуются различной долей участия листьев в формировании листовой поверхности и урожая [156].

Адаптированные сорта к климатическим условиям способствует временному и фазовому смещению в формировании максимальных значений листовой поверхности [158].

В работах А.А. Ничипоровича и др. (1961) указывается, что оптимальная площадь поверхности листьев для создания высокопродуктивного посева составляет 40-50 тыс.м²/га. Длительность работы и характер обменных процессов в листе определяют величину и качество урожая. Анализ процесса развития листовой поверхности позволяет оценить уровень и характер воздействия микроэлементами, нетрадиционных ростовых веществ в

зависимости от обеспеченности основными элементами питания, позволяет оценить её вклад в формирование урожая и его качества.

Наиболее доступными и распространёнными критериями оценки фотосинтетической деятельности листьев в период вегетации является определение величины листовой поверхности, динамики нарастания листовой поверхности. Показатели фотосинтетического потенциала посева, отражающие время работы листовой поверхности на единицу площади посева, являются более объемными критериями.

За годы исследований наивысшие показатели площади листьев отмечается в 2002 году (таблица 56,57). Влияние предпосевной обработки на формирование площади листьев отмечается с фазы всходов. Дополнительно на величину листовой поверхности оказывает влияние число взошедших растений. В 2001, 2003 гг. начальные периоды развития растений проходили в неблагоприятных погодных условиях. Листовая поверхность на опытных вариантах превышала контрольные варианты: - в 2001 году - на неудобренном фоне - до 1,26 раза, на удобренном – в 1,21 раза; в благоприятном 2002 году на неудобренном фоне – до 1,20 раза на фоне NPK – в 1,44 раза. В 2003 году опытные варианты превышают контрольный вариант в 1,34 раза, при этом отмечена высокая площадь листьев на варианте с включением ионов марганца. З.И. Ситникова, Б.Б. Нагуманов [157] отмечают, что растения с повышенным густотой состояния формируют более высокую листовую поверхность на начальных этапах развития, а в последующие периоды преимущество остаётся за посевами с низкими нормами высева. Развитие листовой поверхности в большей степени определяется факторами окружающей среды. Функционирование листовой поверхности в фазу молочной спелости оказывает влияние на урожай и обеспечивается в основном флаговым листом. По данным [158,67] до 20-30 % биомассы семян в период налива образуется за счет реутилизации пластических веществ из листьев. А.Н. Павлов [159] указывает на поступление азота из листьев в зерновку при наливе зерна в размере 50%.

В фазу кущения сохраняется заранее отмеченная тенденция по годам исследований. Превышение размеров листовой поверхности на контрольных вариантах в 2001-2003 гг. достигло 1,44 раза, а на фоне NPK - 1,40 раза. В фазу трубкования-колошения наблюдается максимальное развитие листовой поверхности. Опытные растения превышают контрольные по размерам листовой поверхности. В 2001-2003 гг. зафиксировано смещение максимального формирования листовой поверхности в фазу трубкования, что, вероятно, связано с особенностью сорта по формированию одного продуктивного стебля, а также ускорением развития растений в связи с недостатком элементов питания. Высокие характеристики формирования листовой поверхности отмечены для вариантов пектин П + Мо + Мп. Отме-

чается высокая стимуляция формирования листовой поверхности на неудобренном фоне исследуемыми препаратами.

Таблица 56

Динамика развития листовой поверхности, м²/ га (ср. значение 2001-2003 гг.) без удобрений

Варианты, почва	Всходы	Кушение	Трубкавание	Колошение	Молочная спелость
Контроль	662,88	4052,37	12090,56	7742,32	3694,84
Пектин	752,14	5464,26	14807,34	9773,39	3652,63
Пектин + Мо	738,35	5121,53	13992,99	8976,75	3944,0
Пектин + Мп	705,92	5055,04	13915,95	9546,75	4855,46
Пектин + Мо + Мп	747,06	5791,36	14369,79	10869,12	5349,45

Таблица 57

Динамика развития листовой поверхности, м²/ га (ср. значение 2001-2003 гг.) на фоне NPK

Варианты, почва	Всходы	Кушение	Трубкавание	Колошение	Молочная спелость
Контроль	673,92	4545,15	14159,01	9267,29	6086,28
Пектин	697,34	6082,38	15799,45	11277,87	8374,41
Пектин + Мо	689,87	5944,3	14875,55	10891,82	3931,04
Пектин + Мп	759,15	5700,28	15660,27	10591,72	5922,55
Пектин + Мо + Мп	764,41	6382,20	14177,05	12911,23	6450,84

Рассчитанная относительная скорость формирования листового аппарата характеризует интенсивность формирования листовой поверхности и показывающая увеличение площади листовой поверхности в расчете на единицу площади. Результаты показывают, что активный рост листьев яровой пшеницы наблюдается в 2001-2003 гг. до фазы колошения. С фазы трубкавания происходит уменьшение прироста листовой поверхности в 2002-2003 гг., а в 2001 году – с фазы колошения. На фоне NPK скорость падения размеров листовой поверхности в эти фазы меньше, чем на фоне почвы. До фазы трубкавание – колошение в 2002-2003 гг. скорость прироста листовой поверхности на фоне почвы выше, чем на фоне NPK. Следует отметить, что абсолютные значения площади листовой поверхности на опытных вариантах превышали контрольный вариант, а внесение NPK способствовало росту листовой поверхности по отношению к неудобренному фону. В 2002 году сочетание ионов Мо и Мп не способствовало повышению скорости фор-

мирования листовой поверхности. Для фазы трубкование – колошение в 2003 году отмечена тенденция невысоких значений роста листьев, при этом сочетание П + Мо + Мп имело невысокую скорость формирования листьев. В 2003 году скорость формирования листовой поверхности при применении микроэлементов ниже, чем при их совместном сочетании. Вариант П + Мо + Мп в исследуемый год имел более продолжительный рост и высокую скорость формирования листьев. Полученные результаты характерны для вариантов Пектин и Пектин + Мо. Прирост листовой поверхности без удобрений превышал данный показатель на фоне НРК для вариантов Пектин, Пектин + Мп, П + Мо + Мп. В целом уменьшение роста листьев на фоне НРК к фазе колошения происходит активнее, чем без НРК.

Данный результат может быть следствием более интенсивного снабжения метаболитами формирующего колоса. Наибольшая интенсивность формирования листовой поверхности в 2001-2003 гг. приходится на период всходы-кущение.

Показателем фотосинтетической деятельности посевов является фотосинтетический потенциал (ФСП), указывающий на размер площади листьев и продолжительность их работы.

Поэтому важной задачей является не только раннее получение оптимальных размеров листовой поверхности, но и ее длительное сохранение в жизнедеятельном состоянии.

Исследования сортовой специфичности в формировании ФСП в условиях лесостепи Омской области показали, что формирование фотосинтетического потенциала зависит от генотипа сорта, условий окружающей среды, густоты стояния [69,160].

Наибольшие значения ФСП отмечаются для фаз трубкование- молочная спелость.

Структура урожайности имеет положительную корреляцию с ФСП [161].

Исследования показывают, что с ФСП колеблется по годам исследований, по фазам развития (рис. 38). За все годы исследований в фазу трубкование-колошение отмечен наибольший ФСП за весь период вегетации. Для этой фазы наибольший ФСП отмечен в 2002 году. Опытные растения по величине ФСП по всем фазам роста и развития превышают контрольные в 2001 году в фазу трубкование-колошение от 1,09 раза на неудобренном фоне, до 1,28 раза на удобренном.

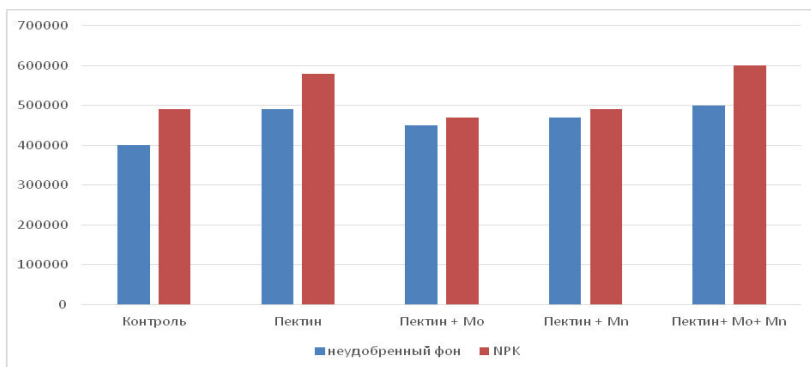


Рис. 38 - Фотосинтетический потенциал посевов яровой пшеницы, м² сутки/га (ср. значение 2001-2003 гг.)

Анализ величины ФСП за вегетацию показывает, что на данный показатель оказали влияния удобрения: на контрольном варианте ФСП увеличился на фоне НРК на 16,51 %. При сочетанном действии пектина и микроэлементов величина ФСП увеличивается до 27,57 % по сравнению НРК без пектина.

Исследуемые факторы способствовали увеличению листовой поверхности посевов яровой пшеницы и более длительному ее функционированию. Отмечено варьирование величины листовой поверхности по годам исследования. Развитие листовой поверхности в начальные фазы развития оказывает сильное влияние на формирование урожайности. Удобрения способствовали повышению данных показателей.

Наибольший уровень ФСП отмечен при применении П+Мо+Мп.

Масса накапливаемого растением сухого вещества в течение вегетации является отражением совокупности процессов фотосинтеза, дыхания, углеводно-белкового обмена и интенсивности роста растения. Интенсивность прироста сухого вещества определяется совокупным воздействием основных абиотических факторов окружающей среды (воды, температуры).

По мере улучшения водного и питательного режима идет более интенсивное накопление сухого вещества растением[162].

Наращение биомассы растения яровой пшеницы происходит с начала развития и продолжается до конца созревания (Табл. 58). Интенсивность процесса накопления биомассы различна в зависимости от фаз роста и развития. Наибольшая интенсивность накопления биомассы отмечена в период, связанный с интенсивным ростом (трубкавание-колошение). Различия в биомассе начинают проявляться с фазы всходов. Исследуемые препараты

способствуют интенсификации процессов накопления биомассы растениями яровой пшеницы на ранних стадиях роста, впоследствии данный процесс имеет тенденцию, сходную с контрольным вариантом. Анализ накопления биомассы по годам исследований показывает, что наименьшая масса растения формировалась в засушливых условиях 2001 года. Биомасса растений зависит от распределения влаги по фазам роста и развития. Отсутствие осадков в фазу всходов, колошения способствует снижению ростовых процессов и накопления биомассы в данные фазы. За все годы исследований биомасса растений, выращенных на фоне удобрений, превышала массу растений при выращивании без применения минеральных удобрений.

Методом корреляционного анализа прослежена связь выживаемости растений с накоплением сухой массы растений. Неудобренный фон $y = 62,523 + 126,211 * x_1 + 43,41 * x_2 + 4,06 * x_4$, ($D = 72,1\%$; $R = 0,8$). На фоне NPK $y = 62,59 + 86,87 * x_2 + 4,398 * x_4$, ($D = 83,6\%$; $R = 0,9$), где y – выживаемость, %; x_1 – масса растений в фазу всходов, г; x_2 – масса растений в фазу кущения, г;

x_4 – масса растений в фазу колошения, г.

Анализ системы уравнений показывает, что выживаемость растений на фоне почвы определяется процессами накопления биомассы в фазу всходов, кущения, колошения. На удобренном фоне влияние сухой массы растения с выживаемостью в фазу кущения составило 56,8 %, в фазу колошения 26,7 %.

Таблица 58

Сухая масса растений яровой пшеницы, г/растений (среднее значение) 2001-2003

Варианты	Всходы		Кущение		Трубкавание		Колошение		Молочная спелость	
	Без удобр	NP К	Без удобр	NP К	Без удобр	NPK	Без удобр	NP К	Без удобр	NP К
Контроль	0,05	0,06	0,11	0,12	0,55	0,59	1,17	1,35	1,55	1,82
Пектин	0,05	0,06	0,12	0,14	0,65	0,69	1,39	1,57	1,77	2,02
Пектин + Мо	0,05	0,06	0,13	0,14	0,66	0,71	1,38	1,62	1,79	1,96
Пектин + Мп	0,05	0,06	0,13	0,14	0,65	0,72	1,41	1,59	1,83	1,99
Пектин + Мо + Мп	0,05	0,06	0,13	0,15	0,68	0,75	1,52	1,74	1,99	2,16

Таким образом, выживаемость растений при использовании предпосевной обработки семян определяется процессом накопления биомассы растениями яровой пшеницы, сдвигающимся при недостатке элементов минерального питания на ранние фазы роста.

Удобрения способствуют увеличению сроков накопления биомассы и роста растений.

Рост и фотосинтез составляют основу продукционного процесса растений [163]. Показатель чистой продуктивности фотосинтеза [163] (ЧПФ) отражает накопление массы растением в пересчете на единицу листовой поверхности за определенный период.

Продуктивность фотосинтеза имеет восходящий характер на обоих фонах выращивания (Табл. 59,60).

Таблица 59

Чистая продуктивность фотосинтеза, неудобренный фон, г/м² сутки

Варианты	Всходы			Кушение			Трубкавание			Колошение		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Котроль	2,80	3,94	3,53	7,12	9,71	12,08	10,02	12,79	13,48	10,21	10,60	-
Пектин	3,00	3,93	3,94	7,28	10,34	13,14	11,82	12,15	14,09	10,64	10,73	-
Петин +Мо	3,11	4,32	4,27	8,01	10,60	12,93	11,94	12,43	14,52	10,52	11,32	-
Петин +Мп	2,92	3,99	4,14	7,88	10,27	12,23	11,70	12,53	13,22	10,40	11,94	-
Петин +Мо+Мп	3,14	4,14	4,17	8,23	11,14	12,50	11,80	15,63	15,82	10,54	11,38	-

Наибольшие показатели отмечены в период трубкавания-колошения. При использовании удобрений значения ЧПФ выше, чем на аналогичных вариантах на неудобренном фоне.

Таблица 60

Чистая продуктивность фотосинтеза, НРК, г/м² сутки

Варианты	Всходы			Кушение			Трубкавание			Колошение		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Контроль	3,00	4,38	3,72	7,21	9,79	12,46	10,49	12,93	15,06	10,48	10,09	-
Петин	3,21	4,52	3,94	7,77	10,71	12,22	12,57	13,30	16,12	10,99	12,67	-
Пектин + Мо	3,26	5,23	3,85	8,16	11,49	12,88	12,39	13,39	18,06	10,67	12,68	-
Пектин + Мп	3,20	4,80	4,00	8,09	10,58	12,33	12,22	12,80	16,11	10,17	12,64	-
Пектин + Мо + Мп	3,90	4,02	4,37	8,20	11,82	12,62	12,69	15,97	17,49	10,67	11,51	-

Исследования показывают, что продуктивность фотосинтеза колеблется по годам исследований. Для засушливого 2001 года характерны низкие значения ЧПФ на обоих фонах минерального питания. В 2002-2003 гг. отмечается повышение продуктивности фотосинтеза по всем вариантам.

Таким образом, под влиянием микроэлементов-синергистов усиливается продукционный процесс за счет усиления фотосинтетической деятельности растений, за счет этого произошло улучшение структуры урожая (Табл. 60,61,62).

Таблица 61

Масса 1 тысячи семян, г						
Варианты	Неудобренный фон			Фон NPK		
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Контроль	32,98±0,54	34,49±0,15	34,05±0,20	33,44±0,68	35,07±0,30	35,57±0,17
Пектин	34,26±0,37	35,11±0,56	34,78±0,31	34,15±0,53	36,07±0,36	36,42±0,27
Пектин + Мо	33,30±0,31	35,23±0,40	34,84±0,32	33,55±0,30	36,19±0,18	36,70±0,21
Пектин + Мп	32,86±0,20	35,60±0,14	34,83±1,13	33,48±0,99	36,23±0,10	36,10±0,14
Пектин + Мо + Мп	34,90±0,36	36,29±0,97	34,93±0,39	33,99±0,53	36,52±0,12	36,47±0,23

Увеличение водообеспечения способствует повышению данного показателя в 2002 – 2003 гг. На фоне почвы максимальная масса 1 тысячи зерен в 2002 году отмечена для варианта П + Мо + Мп – 5,2 % к контролю, в 2003 году этот показатель составил 3,95 %. Под действием удобрений происходит увеличение массы тысячи зерен в 2002 – 2003 гг. на варианте Пектин + Мо + Мп на 3,3 %.

Число зерен в колосе относительно стабильно (Табл. 61) различие между контрольными вариантами на фоне почвы и NPK в 2002 году составило 4,77 %, а в 2003 г. – 6,61 %. Засуха способствовала уменьшению числа зерен в колосе, различия между двумя контрольными вариантами на фоне почвы и NPK составили 0,63 %. Минеральные удобрения повышали число зерен в колосе при хорошем водообеспечении 2002-2003 гг. Вариант П + Мо + Мп без удобрений в 2001 – 2003 гг. имела наибольшее число зерен в колосе.

Таблица 62

Число зерен в колосе, шт./колос

Варианты	Неудобренный фон			Фон NPK		
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Контроль	20,8±0,2	24,1±0,1	22,4±0,1	20,9±0,3	25,3±0,1	23,9±0,1
Пектин	21,2±0,3	21,3±0,2	22,0±0,1	20,7±0,3	25,5±0,1	23,4±0,1
Пектин +Mo	21,3±0,3	25,1±0,2	22,1±0,1	20,9±0,2	25,7±0,1	24,3±0,1
Пектин + Mn	21,4±0,1	25,2±0,2	22,1±0,1	20,9±0,4	26,5±0,8	25,4±0,1
Пектин +Mo + Mn	21,5±0,5	25,8±0,1	22,6±0,1	20,6±0,4	2,5±0,9	24,4±0,1

Наименьшая масса зерен с колоса получена в 2001 году (Табл. 62). Различия между фонами выращивания не отмечено. Благоприятные метеорологические условия в период формирования репродуктивных органов в 2002-2003 гг. способствовали повышению данного показателя на фоне NPK до 8,05 %, на фоне почвы – до 8,81 %.

Таблица 63

Масса зерна с колоса, г/колос

Варианты	Неудобренный фон			Фон NPK		
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Контроль	0,69±0,01	0,83±0,01	0,76±0,01	0,70±0,01	0,89±0,09	0,85±0,01
Пектин	0,73±0,06	0,85±0,01	0,77±0,01	0,71±0,01	0,92±0,01	0,85±0,01
Пектин +Mo	0,71±0,05	0,88±0,01	0,77±0,01	0,70±0,01	0,93±0,01	0,89±0,01
Пектин + Mn	0,70±0,04	0,89±0,01	0,77±0,03	0,70±0,01	0,96±0,01	0,92±0,01
Пектин +Mo + Mn	0,75±0,01	0,94±0,01	0,79±0,01	0,69±0,01	0,97±0,01	0,89±0,01

Таким образом, можно сделать заключение, что предпосевная обработка способствует повышению и сохранению количественных параметров репродуктивных органов. Её роль возрастает при повышении минерального питания и влагообеспеченности.

По всем годам исследования, по фазам роста и развития, сочетание ионов Mo и Mn в составе П+Mo+Mn оказывает сильное стимулирующее влияние на чистую продуктивность фотосинтеза. Более высокие показатели ЧПФ на этих вариантах, вероятно, связаны с фотосинтетической деятельностью стебля и колоса.

Содержание сухого вещества в растениях тесно связано с развитием фотосинтезирующих органов, к числу которых относятся лист, стебель, колос.

Высокое содержание сухого вещества в растениях способствует расширению адаптивных реакций растений по отношению к неблагоприятным условиям среды, так как оболочки клеточных стенок являются фондом запаса и мобилизации пластических веществ, основой которых являются продукты фотосинтеза.

На основании наших исследований можно сделать следующее заключение: микроэлементы и пектин способствуют формированию повышенной фотосинтетической деятельности растения. Действие препаратов на изменение фотосинтетической деятельности растений проявляется в увеличении размеров листовой поверхности, интенсификации роста и продолжительности жизни растения, а также интенсивности накопления сухого вещества на единицу листовой поверхности (ЧПФ), что может рассматриваться как основа адаптации яровой пшеницы к неблагоприятным условиям среды.

Повышение адаптационных процессов растений яровой пшеницы при предпосевной обработке доказывается возможностью формирования и сохранения количественных и качественных характеристик репродуктивных органов при неблагоприятных климатических условиях. Рост урожайности при повышении сохранности растений позволяет предположить, что при установленных нормах посева необходимо учитывать потенциальную выживаемость растений для каждого из исследованных веществ.

Урожайность и качество яровой пшеницы в зависимости от применения пектина и микроэлементов – синергистов

Нашими многочисленными исследованиями установлено, что изменения некоторых сторон метаболизма и усиление ростовых и продукционных процессов в конечном итоге влияют на отдалённый эффект, то есть на урожайность, так она является отражением всех физиолого-биохимических процессов в течении онтогенеза.

На базе активированных процессов более энергично, чем в контроле, протекает процесс синтеза, особенно при сочетании пектина из амаранта и микроэлементов, и, следовательно рост растений, что конечно приводит к повышению потенциальной продуктивности растений.

Установлено, высокое стимулирующее действие пектина в сочетании с микроэлементами на формирование урожайности яровой пшеницы (Табл. 64)

Засушливые условия 2001 года не позволили растениям реализовать продуктивные возможности на удобренном фоне. Ни один из изучаемых препаратов не смог стимулировать урожайность до запланированной - 25 ц/га на фоне НРК. В этих условиях повышение урожайности составило от 4,2 до 27,4 % но отношению к контролю.

При использовании пектина наибольшие показатели урожайности на обоих фонах выращивания отмечены для варианта П+Мо. Отмечается сходное влияние на неудобренном и удобренном фоне в воздействии сочетаний П+Мо+Мп и П+Мп. Они стимулировали повышение урожайности меньше, чем чистый пектин. В целом повышение урожайности под воздействием изучаемых препаратов составило на неудобренном фоне 1,7-28,8%, на удобренном фоне - 4,2-28,3 %. Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что влияние обработки семян на формирование урожайности составило 71,0 %.

Таблица 64

Урожайность яровой пшеницы сорта Л -503 в 2001-2003 гг., ц/га

Варианты	Неудобренный фон			Удобренный фон			Среднее	
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	Не удоб-ренный	НРК
Контроль	15,8	23,0	16,3	16,5	24,4	17,4	18,4	19,4
Пектин	20,4	24,3	17,4	21,1	26,2	18,7	20,7	22,0
Пектин + Мо	16,1	28,2	17,3	17,1	28,4	19,7	20,5	21,7
Пектин + Мп	18,3	24,4	16,3	19,1	25,6	20,7	19,7	21,8
Пектин + Мо + Мп	17,9	27,7	18,1	20,3	29,7	20,5	21,3	23,5
Мо	-	27,6	16,3	-	28,7	19,7	21,95	24,2
Мп	-	27,4	16,7	-	28,6	20,7	22,1	24,7
Мо + Мп	-	29,1	17,1	-	30,2	20,3	23,1	25,3
НСР для частн.сред них	1,250	3,537	2,346	1,250	3,537	2,346		
НСР для фактора А*	0,394	0,945	0,627	0,395	0,945	0,627		
НСР для фактора В**	0,884	2,501	1,659	0,884	2,501 1	1,659		
*Фактор А – удобрение, фактор ** В – обработка семян								

В засушливых условиях потребление основных элементов минерального питания затруднено, в результате чего отмечены невысокие

различия по урожайности на обоих фонах выращивания и предпосевная обработка стимулирует урожайность на неудобренном фоне.

Благоприятные погодные условия 2002 года позволили получить, запланированный урожай на фоне NPK. Стимуляция урожайности на фоне NPK составляет от 1,3 до 5,2 ц/га, что составляет 5,3 и 24,0 % соответственно. На неудобренном фоне повышение урожайности составило от 0,135 до 0,61 т/га, что составляет 5,9 и 26,6 %. В данных условиях исследуемые препараты стимулировали поглощение основных элементов минерального питания и фотосинтетическую деятельность, что способствовало повышению различия в урожайности по фонам выращивания. Так, разница между контрольными вариантами составила 0,14 т/га или 6,1 %, а между максимальными величинами – 0,12 т/га или 4,0 %.

На удобренном фоне наибольший показатель имеет вариант П+Мп. На неудобренном фоне по этим критериям выделяется вариант П+Мо.

Метеорологические условия 2003 года не позволили реализовать потенциальные возможности растений по показателю урожайности. Так, максимальная урожайность на удобренном фоне составила 22,8 ц/га при запланированном в 25 ц/га. На неудобренном фоне колебания урожайности составили 5,9-18,3 %. На удобренном фоне это варьирование составило 5,7- 27,0 %. Влияние фона выращивания в данном году превышало влияние обработки и составило 48,3 %. Высокие показатели урожайности отмечены при использовании сочетаний П+Мо+Мп на обоих фонах выращивания.

Исследования показали стимулирующее влияние предпосевной обработки семян препаратами на урожайность яровой пшеницы. При этом анализ различий по урожайности изучаемых веществ показал высокое варьирование этого показателя при использовании микроэлементов в сочетании с пектином по всем годам исследования - от 11,1 до 26,7 %. Наибольший уровень варьирования урожайности отмечен в экстремальном 2001 году. Сочетание ионов молибдена и марганца способствовало проявлению эффекта синергизма в формировании урожая.

Основной задачей при возделывании яровой пшеницы является повышение качества, прежде всего повышение содержания белка и массовой доли клейковины.

Эффективным способом повышения качества зерна является применение удобрений, т.к. основные элементы питания определяют течение метаболических процессов в онтогенезе. Протекание многих процессов ферментативных реакций зависит от обеспеченности клеток микроэлементами, особенно теми микроэлементами, которые являются синергистами.

Считается, что повышение содержания белка в зерне без снижения урожайности возможно до определенного предела. Содержание белка выше 16 % ведет к падению урожайности вследствие уменьшения массы зерновки за счет снижения содержания крахмала.

Это явление определяет и высокое содержание белка в зерне, получаемого в засушливые годы, что не является результатом усиления синтеза белка.

Результаты исследований с яровой пшеницей (Табл.65) показывают, что предпосевная обработка семян способствует изменению процессов накопления белка в зерне. В среднем за 2001-2003 гг. повышение содержания белка на удобренном фоне в группе пектина составило 0,73%.

Таблица 65

Содержание белка в зерне яровой пшеницы, %

Варианты	Неудобренный фон				Удобренный фон			
	2001г.	2002г.	2003г.	среднее	2001г.	2002г.	2003г.	Среднее (NPK)
Контроль	11,10	11,55	10,46	11,04	11,70	10,66	11,21	11,19
Пектин	11,70	13,02	10,90	11,87	12,70	10,90	12,96	12,19
Пектин+ Мо	12,10	11,91	12,40	12,14	13,30	10,46	11,42	11,73
Пектин+Мп	11,30	12,46	11,46	11,74	10,70	11,93	12,42	11,68
Пектин+Мо+Мп	10,90	12,23	13,10	12,08	10,90	11,43	12,07	11,47

На фоне с применением минеральных удобрений на 0,28-1,0% массовая доля клейковины увеличивается да 4,1% на обоих фонах(табл.65).

Таблица 66

Содержание клейковины и ее качество

Варианты	Массовая доля клейковины, %						ИДК					
	Неудобренный фон			Удобренный фон			Неудобренный фон			Удобренный фон		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Контроль	20,1	20,9	21,1	22,0	22,4	22,1	88	92	98	80	75	80
Пектин	21,9	22,3	22,8	22,4	25,0	23,8	92	100	87	82	74	80
Пектин+ Мо	24,2	25,5	23,7	24,7	26,7	26,1	94	81	83	91	100	75
Пектин+Mn	21,2	23,7	22,0	20,8	22,8	25,1	97	85	89	87	95	93
Пектин+Мо+Mn	22,7	24,0	25,8	23,2	23,7	26,2	90	88	94	82	87	85

Исследуемые препараты усиливали отложение крахмала в зерновке на неудобренном фоне, прирост содержания крахмала по отношению к контрольным вариантам составил от 0,5 до 4,3%, на удобренном фоне – 0,3 до 4,5% (Табл. 66).

Таблица 67

Содержание крахмала в зерне яровой пшеницы, %

Варианты	Фон неудобренный			Фон удобренный		
	2001г.	2002г.	2003г.	2001г.	2002г.	2003г.
Контроль	50,5	51,9	50,2	51,4	49,2	49,0
Пектин	51,5	53,7	51,7	52,3	51,6	51,4
Пектин+ Мо	51,1	56,2	50,8	52,7	50,6	51,1
Пектин+Mn	50,1	55,5	49,1	51,7	52,6	52,2
Пектин+Мо+Mn	51,6	50,4	52,3	51,9	53,7	50,7

В результате исследований установлено, что применение пектина и микроэлементов достоверно улучшает качество зерна озимой пшеницы [170,171, 172, 173].

При использовании низкомолекулярного пектина, как в чистом виде, так и в сочетании с микроэлементами-синергистами, создаются лучшие предпосылки для биосинтеза незаменимых аминокислот (Табл.67).

Таблица 68

Содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Вариант	Контроль	Пектин	Пектин+Mo	Пектин+Mn	Пектин+Mo+Mn
Лизин	4,1	4,3	4,9	5,2	4,2
Метионин	2,3	2,5	3,1	3,5	2,4
Цистин	2,2	2,3	2,9	3,3	2,3
Триптофан	2,0	2,1	2,5	2,9	2,2
Аргенин	7,3	7,4	8,0	8,4	7,4
Гистидин	3,1	3,2	3,7	4,1	3,2
Лейцин	9,6	9,9	10,5	10,9	9,8
Изолейцин	6,1	6,2	6,6	7,0	6,3
Фенилаланин	7,1	7,3	7,9	8,3	7,3
Трионин	4,1	4,2	4,6	5,0	4,3
Валин	6,3	6,4	7,0	7,4	5,4
Глицин	4,8	4,8	5,1	5,4	4,8
Сумма аминокислот	59,0	60,6	66,8	71,4	60,6

По-видимому, это связано с усилением азотного метаболизма, на который влияет пектин как ростовое вещество, в том числе и совместно с марганцем и молибденом, а эти элементы входят в состав фермента нитраредуктазы, за счет которой происходит усиление ферментативной системы.

Многочисленные исследования на примере целого ряда зерновых культур показывают высокую эффективность предпосевной обработки пектином и микроэлементами, как агроприема способствующего повышению качества получаемой продукции [140,179].

Таким образом, исследование по применению низкомолекулярного пектина в сочетании микроэлементами-синергистами на примере яровой мягкой пшеницы показывают высокую эффективность предпосевной обработки семян.

Сравнительная оценка предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки озимой пшеницы микроэлементами-синергистами

По внекорневой подкормке микроэлементами озимой исследования в доступной форме практически. Подобного рода исследования проводились в основном на сахарной свекле [174-179]. Исследования приведенных авторов показывают на эффективность внекорневых подкормок в технологии озимой культуры. Задачей наших исследова-

ний заключалось в сравнительном изучении предпосевной обработки семян, внекорневой подкормки и обработки семян в сочетании с внекорневой подкормкой.

В 2013-2017 гг. проведены полевые исследования для установления оценки применения микроэлементов-синергистов цинка и марганца, для обработки семян с листовой подкормкой в конце второго этапа органогенеза. Это связано с тем, что эти два элемента не реутилизуются в растениях поэтому создается необходимость их применения для внекорневой подкормки.

Результаты наших исследований показывают, что на производственный процесс оказывает большое влияние метеорологические условия поэтому все показатели фотосинтетической деятельности отличаются по годам исследований.

Одним из подвижных показателей являются индекс листовой поверхности (рис. 39). Во все годы исследований под влиянием микроэлементов-синергистов происходит увеличение индекса листовой поверхности в среднем за 4 года.

В фазу трубкования от 8,31 до 11,82 тыс. м²/га, в фазу колошения от 17,66 до 22,99 тыс. м²/га, от 6,34 до 8,42 тыс. м²/га в молочную спелость.

При этом наблюдается относительный синергизм.

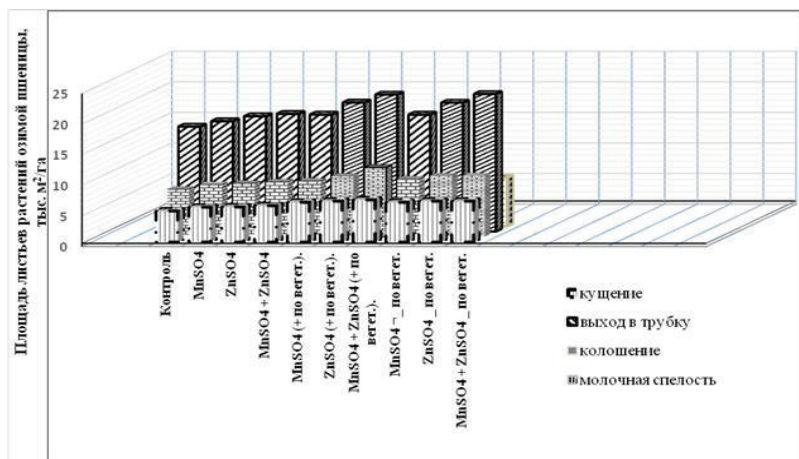


Рис. 39 - Влияние микроэлементов – синергистов на ассимиляционную поверхность листьев растений озимой пшеницы, тыс. м²/га, (за 2013 – 2017 гг.)

Наибольшая эффективность получена при совместной обработке семян и агрофитоценоза, наибольший индекс листовой поверхности зафиксирован при сочетаемой обработке, семян и посев, а также при обработке посевов и составляет 22,91-22,99 тыс. м²/га.

Установлено корреляционная связь между площадью листьев в фазы кушения (x_1), трубкования (x_2), колошения (x_3), молочной спелости (x_4) и урожайностью (y). Условия накопления сухого вещества подобны изменению ассимиляционной поверхности листьев озимой пшеницы.

Уравнение регрессии зависимости урожайности озимой пшеницы от ассимиляционной поверхности листьев:

Период	Уравнение регрессии	r
Трубкование	$y = 0,5222 x_1 - 0,9634$	0,87
Колошение	$y = 0,2989 x_2 - 1,2932$	0,86
Молочная спелость	$y = 0,5689 x_3 - 1,5954$	0,80

Следовательно, использование микроэлементов оказывает существенное воздействие на развитие ассимиляционной поверхности листьев озимой пшеницы при благоприятных или неблагоприятных условиях.

Предпосевная обработка семян и внекорневая подкормка способствовали увеличению ассимиляционной поверхности максимально в 1,27 – 1,34 раза в зависимости от фазы роста.

Проведенные исследования показали, что микроэлементы оказали эффективное влияние на накопление сухого вещества (рис 40).

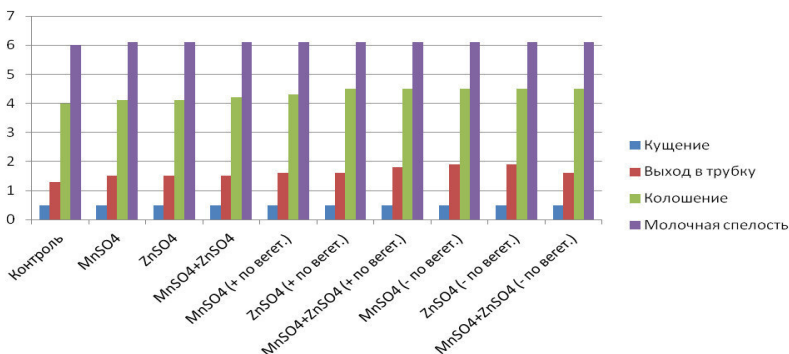


Рис. 40 - Накопление сухой биомассы озимой пшеницы, т/га (среднее за 2013-2017 гг.)

Наибольшее влияние оказали совместная обработка семян в сочетании с внекорневой подкормкой.

В среднем за годы исследований количество сухого вещества варьировало от 5,93 до 6,33 %, что превышало контрольные растения на 6,7%.

Аналогично индексу листовой поверхности наблюдается относительный синергизм.

Основным показателем фотосинтетической продуктивности растений, дающим более комплексную характеристику деятельности ассимиляционной поверхности, является накопление сухой массы за определенный период, то есть показатель фотосинтетического потенциала. Он позволяет судить о мощности рабочей поверхности листьев озимой пшеницы в целом за весь период вегетации, а размеры его определяются погодными условиями и технологическими агроприёмами [180].

В проведенных исследованиях изучалось действие, оказываемое предпосевной обработкой семян микроэлементами и внекорневом их внесении на фотосинтетический потенциал растений озимой пшеницы.

Характер динамики площади листьев отражается на фотосинтетическом потенциале растений и подвержен аналогичным закономерностям. Например, если растения очень быстро образуют листья в самые ранние фазы онтогенеза, длительно сохраняют их в работоспособном состоянии и достаточно дружно засыхают после фенофазы колошения, то фотосинтетический потенциал такого посева будет большим, а урожайность более высокой [181].

Оценивая ФП посевов за три года исследований можно сделать вывод о том, что он изменялся аналогично динамике формирования листовой поверхности.

На всех вариантах опыта максимальной величины данный показатель достигал в период колошения, что в 2 и 1,2 раза выше, чем в предыдущий («кущение-трубкование») и последующий («колошение-молочная спелость») периоды, соответственно. В дальнейшем с пожелтением и отмиранием листьев нижнего яруса он уменьшался (рис. 41).

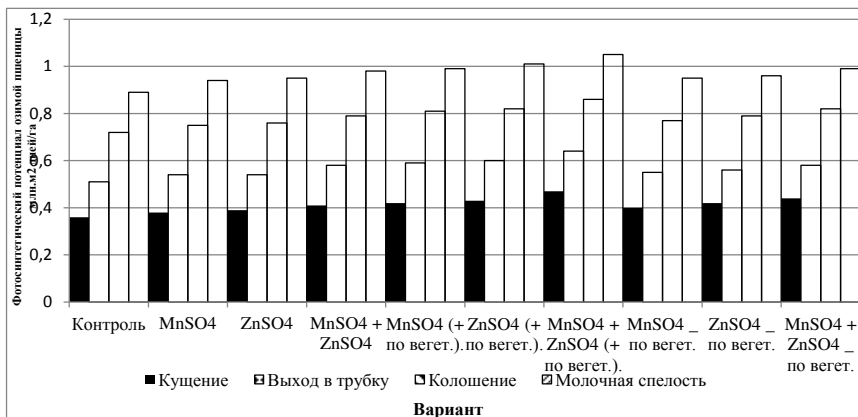


Рис. 41 - Фотосинтетический потенциал озимой пшеницы по годам млн.м² дней/га (среднее за 2013 – 2017 гг.)

В фазу выхода в трубку на вариантах с предпосевной обработкой семян показатель был выше контрольного на 18 – 20 %, при внекорневом внесении MnSO₄ и ZnSO₄ – на 20 – 22 %, соответственно. Максимальные значения были отмечены в фазу колошение – молочная спелость при совместном использовании MnSO₄ + ZnSO₄ (предпосевная обработка + внекорневая подкормка) и составили 0,69млн.м² дней/га.

Таким образом, нами установлено, что роль цинка в реализации адаптивного потенциала пшеницы в условиях засухи заключается в регулировании донорно-акцепторных отношений между генеративными и вегетативными органами растения, а также в формировании устойчивого к воздействию засухи фотосинтетического аппарата листьев, что способствовало росту продуктивности пшеницы, что также подтверждается исследованиями [182, 183].

Наибольший фотосинтетический потенциал за весеннее- летний период («кушение-молочная спелость») в годы исследований отмечен на варианте с предпосевной обработкой и внекорневой подкормкой семян микроэлементами марганец и цинк и варьировал от 4,7 до 7,3 млн.м² дней/га. При предпосевном применении показатель ФП изменялся от 5-5,1 до 6,1-6,2 млн.м² дней/га, достигая максимума в фазу колошения 7,5-7,6 млн.м² дней/га на варианте при сочетанном применении этих микроэлементов MnSO₄ и ZnSO₄, соответственно, что на 100-200 м²/га выше контроля.

Такая тенденция с ФП по всем вариантам прослеживалась до конца вегетации. В целом фотосинтетический потенциал посевов за период вегетации в зависимости от варианта опыта был выше контроля на 5-26%.

Таким образом, предпосевная обработка и некорневое внесение изучаемых микроэлементов способствовало увеличению показателя фотосинтетического потенциала, при этом наибольшее влияние оказывали $MnSO_4$ и $ZnSO_4$ при их совместном применении.

Данные по чистой продуктивности фотосинтеза озимой пшеницы приведены на рисунке 42.

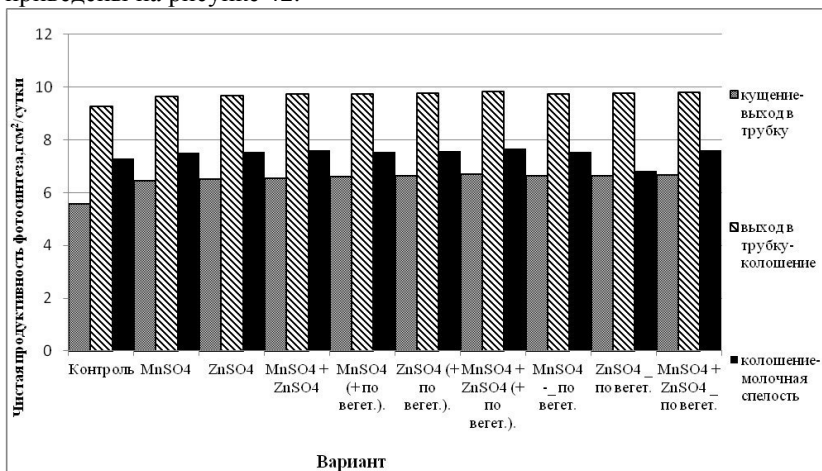


Рис. 42 - Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы, г/м²/сутки (среднее за 2013 – 2017 гг.)

Наибольшее значение ЧПФ в годы проведения исследования зафиксировано в фазу выход в трубку – колошение во всех вариантах опыта. В результате опыта выявлено, что применение микроэлементов-синергистов повышало продуктивность фотосинтеза в среднем за годы исследований на 6,5 – 8,6 % не зависимо от способа применения. При этом наибольшая продуктивность наблюдается в фазу выход в трубку – колошение.

Таким образом, предпосевная обработка семян микроэлементами и внекорневое их внесение способствовало повышению ЧПФ.

Урожайность, мукомольные и хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы под влиянием микроэлементов

При структурном анализе урожая выявлено положительное влияние исследуемых факторов на все компоненты структуры урожая (Табл. 69).

Таблица 69

Влияние микроэлементов на структуру урожая озимой пшеницы (среднее за 2014- 2017)

№ п/п	Вариант	Показатели			
		Количество продукт. стеблей на м ²	Количество зерен в колосе	Масса зерна в колосе, г.	Масса 1000 семян,г
1	Контроль	423	29,7	0,92	33,12
2	MnSO ₄	431	30,30	1,03	34,81
3	ZnSO ₄	438	30,40	1,02	34,98
4	MnSO ₄ +ZnSO ₄	448	30,70	1,05	35,24
5	MnSO ₄ (+по вегетации).	452	30,70	0,98	34,65
6	ZnSO ₄ (+по вегетации)	456	30,90	1,05	34,25
7	MnSO ₄ +ZnSO ₄ (+по вегетации)	462	31,00	1,09	35,04
8	MnSO ₄ (-по вегетации)	458	29,8	1,00	34,40
9	ZnSO ₄ (-по вегетации)	454	30,1	1,01	34,60
10	MnSO ₄ +ZnSO ₄ (-по вегетации)	450	31,5	1,50	34,39

Данные опыта 2014-2017 гг. свидетельствуют, что под действием изучаемых факторов происходило увеличение всех элементов структуры урожая. На вариантах с предпосевной обработкой семян микроэлементами количество продуктивных стеблей изменялось в пределах 466-544 шт. Современное использование предпосевной обработки семян и внекорневого внесения микроэлементов повышает количество продуктивных стеблей на 12, 23-16,74% . Масса зерна в колосе при этом варьировала от 0,95 до 1, 06г.

Результаты исследований показали, что при применении микро-элементов в среднем количество продуктивных стеблей увеличивается по сравнению с контролем на 1,9 – 9,2 %, количество зёрен в колосе – на 2 – 6 %, масса зерна с одного колоса – на 8,6 – 12,5 %, масса 1000 зёрен соответственно на 3,8–5 %.

В ходе исследования так же было выявлено, что помимо микро-элементов на урожайность оказывали влияние и метеорологические условия (Табл. 70).

Таблица 70

Урожайность озимой пшеницы, т/га (2014 – 2017 гг.)

Вариант	Год исследования				
	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	Средняя
Контроль	4,39	1,9	4,32	4,1	3,68
MnSO ₄	4,73	2,16	4,72	4,26	3,97
ZnSO ₄	4,82	2,38	4,96	4,31	4,13
MnSO ₄ + ZnSO ₄	4,86	2,44	5,57	4,36	4,29
MnSO ₄ (+ по вегетации)	5,00	2,44	5,43	4,52	4,42
ZnSO ₄ (+ по вегетации)	4,94	2,43	5,54	4,67	4,44
MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегетации)	5,15	2,48	5,74	5,02	4,48
MnSO ₄ по вегетации	4,52	2,23	4,5	4,12	3,86
ZnSO ₄ по вегетации	4,53	2,28	4,74	4,42	3,99
MnSO ₄ + ZnSO ₄ по вегетации	4,53	2,38	4,96	4,49	4,09
НСП ₀₅	0,25	0,15	0,41	0,16	

В условиях 2013-2014 гг. урожайность озимой пшеницы изменялась в пределах 4,39-5,15 т/га. Предпосевная обработка семян MnSO₄ и ZnSO₄ повысила значение до 4,73 и 4,82 т/га соответственно. Максимальное значение было получено при предпосевной обработке семян MnSO₄ и ZnSO₄ и составило 4,86 т/га, что выше контроля на 0,47т.

Использование изучаемых микроэлементов при предпосевной обработке и внекорневом их внесении способствовало увеличению сбора зерна до 4,94-5,15 т/га в зависимости от варианта опыта. Максимальные значения по урожайности были получены при совместном использовании

MnSO₄ + ZnSO₄ и составили 5,15 т/га.

Во второй год исследования увеличение от применения MnSO₄ и ZnSO₄ относительно контрольного варианта составило 0,26-0,46 т/га. Совместное применение предпосевной обработки семян и вегетирующих растений MnSO₄ и ZnSO₄ увеличило показатель на 0,58% т/га.

В погоднo-климатических условиях третьего года исследования применение используемых факторов повысило урожайность относительно контроля на варианте $MnSO_4 + ZnSO_4$ на 28%, $MnSO_4 + ZnSO_4$ (+ по вегет.) на - %, $MnSO_4 + ZnSO_4$ - по вегет. – 14,8 %.

В условиях 2016-2017 гг. урожайность зерна на контрольном варианте составила 4,1 т/га. Предпосевная обработка семян микроэлементами способствовала формированию урожайности в 4,26 и 4,31% т/га, а совместное их внесение- 4,36 т/га. Предпосевная обработка семян и внекорневое внесение микроэлементов увеличили сбор зерна до 4,52-5,02 т/га. Несколько отставали варианты с внекорневым внесением микроэлементов. Прибавка по отношению к контролю составила 0,5- 9,5%.

В среднем за годы исследований урожайность озимой пшеницы по всем вариантам опыта изменялась в пределах 3,68-4,48 т/га. Наибольшее увеличение было на варианте при предпосевной обработке семян микроэлементами и обработке по вегетирующим растениям $MnSO_4 + ZnSO_4$ (4,48 т/га).

Производственные испытания проводились в течение 2-х лет (2016-2017 гг.) в СПК «Новотимерсянский» Цильнинского района Ульяновской области ежегодно на площади 550 га, из них 500 га под опыт и 50 га – контрольный вариант. На контрольном варианте семена обрабатывались водой. Опытный вариант – семена перед посевом и вегетирующие растения обрабатывались раствором $ZnSO_4 + MnSO_4$ (совместно) (Табл. 71).

Таблица 71

**Производственные испытания в СПК «Новотимерсянский»
Цильнинского района Ульяновской области**

Вариант	Площадь	2015- 2016 г.	2016- 2017 г.	Средняя урожай- ность	Прибавка	
					т/га	% к кон- тролю
Контроль (обработанные семе- на и посевы водой)	50	3,60	4,80	4,2	-	100,0
Опыт (обработанные семена и посевы рас- твором $ZnSO_4 +$ $MnSO_4$	500	4,03	5,50	4,76	0,56	113,3

Наибольшая урожайность получена в более благоприятные 2016 – 2017 гг. по метеоусловиям.

В среднем за 2 года прибавка урожайности составила 13,3 %, что на 0,56 т/га выше контроля, при урожайности на контроле 4,2 т/га.

В результате применения данного агроприема хозяйство получило дополнительное зерно: в 2016 – 215 т; в 2017 – 255 т.

Повышение урожайности связано с тем, что на начальном этапе онтогенеза происходило усиление ростовых процессов, в узлах кушения происходило более интенсивное накопление углеводов и связанной воды, особенно во вторую фазу закали. В результате этих физиолого – биохимических процессов у опытных растений увеличивается зимостойкость, сохранность растений.

Таким образом, применение микроэлементов-синергистов является фактором, усиливающим закали растений, и повышается урожайность данной культуры в полевых и производственных опытах.

В 2018-2019 гг. производственные испытания проводили по трем сортам. Два сорта- «Марафон» и «Скипитр» - эти сорта возделывались и предыдущие годы и сорт «Немчиновская 57» предложенная нами после трех летних исследований на опытном поле Ульяновского аграрного университета и на полях ООО «Симбирск-Агро».

Результаты проведенных исследований показывают, что нами рекомендуемый сорт «Немчиновская 57» по урожайности превзошла используемые сорта в хозяйстве «Марафон» и «Скипитр».

Урожайность сорта «Марафон» без обработки семян и листовой подкормки составил 3,48 т/га, сорт «Скипитр» 3,52 т/га, урожайность "Немчиновская 57" соответственно 3,78 т/га, что на 0,3 т/га выше Марафона и на 0,26 т/га Скипитра.

Под действием используемых факторов, т. е. обработки семян перед посевом и листовой подкормки во втором этапе органогенеза происходит увеличение урожайности и улучшения качества всех трех сортов. (Табл. 72,73,74).

Таблица 72

Урожайность и качество озимой в зависимости от применения мелафена и нерегулирующих микроэлементов сорт Немчиновская 57

Вариант	Урожайность т/га	Прибавка		Натура г/л	Стекло- ловид- ность	Массовая доля клейко- вины, %	ИДК,ед. группа качества	Число паде- ний
		т/га	% к контро- лю					
Контроль	3,78	-	100,0	772	47	20,5	93	326
Опыт	4,29	0,51	113,4	786	49	21,2	93	340

При использовании мелафена и микроэлементов происходит увеличение урожайности на 0,51 т/га, что составляет 13,4 % и улучшается качества зерна за счет увеличения натурности и массовой доли клейковины. На обоих вариантах II группа качества зерна, стекловидность практически на одинаковом уровне. В таблице 73 приведены результаты опытов сорта «Марафон».

Таблица 73

Урожайность и качества озимой пшеницы в зависимости от применения мелафена и неретилизирующихся микроэлементов сорт «Марафон»

Вариант	Урожайность т/га	Прибавка		Натура г/л	Стекло- видность	Массовая доля клейковины, %	ИДК, ед. группа качества	Число паде- ний
		т/га	% к контролю					
Контроль	3,48	-	100,0	770	48	19,6	74	261
Опыт	3,90	0,42	112,1	785	49	20,0	72	270

Аналогично Немчиновской 57, под влиянием микроэлементов и мелафена в технологии данного сорта происходит увеличение урожайности на 12,1 %. Массовая доля клейковины увеличилась на 0,4%, натурная масса увеличивается на 15 г/л остальные показатели на контрольном и опытном вариантах не на одинаковом уровне. У данного сорта все показатели, как по контролю, так и на опыте ниже уровня сорта Немчиновская 57. Урожайность и качества сорта «Скипитр» приведены в таблице 74.

Таблица 74

Урожайность и качества озимой пшеницы в зависимости от применения мелафена и неретилизирующихся микроэлементов сорт «Скипитр»

Вариант	Урожайность	Прибавка		Натура г/л	Стекло- видность	Массовая доля клейковины %	ИДК, ед. группа качества	Число Паде- ний
		т/га	% к контролю					
Контроль	3,52	-	100,0	770	43	18,0	72	271
Опыт	4,0	0,48	113,6	782	45	18,4	72	280

Данный сорт реагирует на использование микроэлементов и мелафена аналогично сорту «Немчиновская 57» и «Марафон». Урожайность повышается на 13,4%.

Таким образом, результаты исследований по озимой пшенице показывают, что наиболее перспективным для возделывания подходит «Немчиновская 57» т.к. данный сорт более урожайный 3,78 т/га. Тогда как у сорта «Марафон» урожайность составила 3,48 т/га, соответственно сорт «Скипитр» 3,52 т/га, а при применении мелафена и микроэлементов урожайность у сорта Немчиновская 57 4,29 т/га.

Все три сорта имеют одинаковую реакцию на лимитирующие микроэлементы.

В условиях лесостепи Среднего Поволжья нами изучалось влияние стимулирующих концентраций микроэлементов-синергистов марганца и цинка, используемых для предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки озимой пшеницы, на хлебопекарные и мукомольные показатели зерна. К мукомольным показателям относятся: стекловидность, натура, к хлебопекарным – массовая доля клейковины, степень гидратации клейковины и индекс деформации клейковины (ИДК) озимой пшеницы. Также устанавливали корреляционно-регрессивную зависимость массовой доли клейковины от массы 1000 зерен, натурной массы и стекловидности; зависимость степени гидратации клейковины от массы 1000 зерен, стекловидности, натурной массы и массовой доли клейковины и ИДК; зависимость ИДК от массы 1000 зерен, стекловидности, натурной массы и массовой доли клейковины.

Мукомольные свойства зерна заданных сортов проявляются в обеспечении наибольшего выхода муки высокого качества при оптимальных условиях переработки и меньших энергетических затратах, и при этом, зависят от таких показателей, как стекловидность и натура зерна [185-189, 195].

Стекловидность зерна является косвенным показателем его белковости и обуславливается консистенцией эндосперма. Он может быть мучнистым: отдельные крахмалистые зерна обособлены, слабо связаны друг с другом. В стекловидном эндосперме крахмалистые зерна прочно склеены между собой белковыми и другими веществами, поэтому он представляет собой монолитную роговидную массу.

Таблица 75

Стекловидность зерна озимой пшеницы, % (2014-2016гг.)

Вариант	Стекловидность, %			
	2013-2014гг.	2014-2015гг.	2015-2016гг.	Средняя
Контроль	74,0±1,5	80,83±1,04	77,88±0,48	77,6
MnSO ₄	77,17±3,62	82,33±1,15	79,75±1,46	79,9
ZnSO ₄	76,0±1,32	81,17±0,58	79,0±1,08	79,5
ZnSO ₄ +MnSO ₄	84,33±4,04	82,67±1,04	81,38±0,95	80,7
MnSO ₄ (+ по вегетации.)	81,0±3,77	83,0±1,80	85,0±1,09	83,0
ZnSO ₄ (+ по вегетации.)	78,67±4,25	82,17±3,06	84,38±0,85	82,8
ZnSO ₄ +MnSO ₄ (+ по вегетации.)	85,67±3,33	83,83±1,61	85,88±1,71	83,8
MnSO ₄ по вегетации	80,0±4,44	81,17±1,26	80,88±2,87	81,0
ZnSO ₄ по вегетации	76,83±4,54	80,17±0,58	80,0±1,42	79,3
ZnSO ₄ +MnSO ₄ по вегетации	80,67±2,36	82,17±2,25	81,33±2,12	82,3

Зерно пшеницы отличается более высокой стекловидностью и более высокими технологическими свойствами. Стекловидное зерно оказывает большое сопротивление раздавливанию, дает более высокий выход муки, мука – более крупитчатая, что ценится в хлебопечении. Также от стекловидности зависит выход крупок, отрубей и их качество, севкость сит, удельный расход энергии и т.д.

Результаты наших исследований показывают, что применение микроэлементов способствовало увеличению стекловидности зерна озимой пшеницы от 3,4 до 8 % в зависимости от года исследований (Табл. 75).

Следует отметить, что зерно озимой пшеницы во все годы исследований соответствовало группе сильных пшениц (1 класса) по выше-названному показателю (общая стекловидность выше 60 %). Использование микроэлементов при обработке семян и внекорневой подкормке приводило к наибольшему увеличению стекловидности зерна по сравнению с другими агротехническими приемами, где она в варианте с использованием ZnSO₄ + MnSO₄ в среднем за годы исследований повышается от 1,7 до 6,2 %.

В среднем за годы исследований натурная масса зерна при внесении микроэлементов составила 756,5 – 770,7 г/л, что выше контроля на 9,1–20,1 г (таблица 76). Это, по-видимому, связано с увеличением

массы 1000 зерен в опытных вариантах, что наиболее отчетливо видно при обработке семян сульфатом цинка, которого остро не хватает в почве. По показателю натуры зерна озимая мягкая пшеница соответствовала 2 классу заготавливаемой пшеницы.

Анализ полученных данных позволил сделать вывод о том, что стимулирующие концентрации микроэлементов - синергистов марганца и цинка при предпосевной обработке семян и внекорневой подкормке оказали существенное влияние на мукомольные свойства зерна озимой пшеницы по сравнению с внекорневой подкормкой отдельно взятыми микроэлементами.

Таблица 76

Натура зерна озимой пшеницы, г/л (за 2014-2016гг.)

Вариант	Стекловидность, %			
	2013-2014гг.	2014-2015гг.	2015-2016гг.	Среднее
Контроль	795,5±3,42	738,70±2,55	709,41±4,25	747,4
MnSO ₄	811,75±3,30	751,95±8,64	728,37±6,74	764,1
ZnSO ₄	804,25±6,13	779,43±5,31	728,63±1,69	770,7
ZnSO ₄ +MnSO ₄	805,5±7,33	750,98±7,81	728,85±3,3	761,9
MnSO ₄ (+ по вегетации.)	800,75±4,57	757,95±4,78	711,78±5,77	756,9
ZnSO ₄ (+ по вегетации.)	796,0±1,63	771,43±7,62	712,44±5,89	767,5
ZnSO ₄ +MnSO ₄ (+ по вегетации.)	797,75±6,18	756,75±8,52	716,56±5,31	756,5
MnSO ₄ по вегетации	805,75±6,65	763,03±8,6	712,86±3,76	760,6
ZnSO ₄ по вегетации	800,5±4,43	766,35±7,97	715,18±2,6	760,9
ZnSO ₄ +MnSO ₄ по вегетации	805,75±7,16	756,65±5,95	712,05±5,45	758,2

Важным показателем, характеризующим мукомольные и хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы, является массовая доля клейковины. Ее химический состав не является константой и меняется в зависимости от погодных условий выращивания. Поэтому определение массовой доли клейковины имеет народнохозяйственное значение и оказывает влияние на выход и качество хлеба.

Под влиянием цинка и марганца, независимо от способов применения, происходило увеличение массовой доли клейковины на 1,4-3,1% в среднем за 3 года. Наибольшее содержание наблюдалось в 2015г.

Таблица 77

**Влияние микроэлементов - синергистов на массовую долю
клейковины (за 2014-2016гг.)**

Вариант	Массовая доля клейковины, %			
	2013-2014г.	2014-2015г.	2015-2016г.	Среднее
Контроль	25.2	27.8	25.0	26.0
MnSO ₄	25.4	31.3	27.6	28.7
ZnSO ₄	25.0	32.5	29.8	29.1
ZnSO ₄ +MnSO ₄	25.4	31.1	30.5	28.9
MnSO ₄ (+ по вегетации.)	27.0	28.3	27.7	28.1
ZnSO ₄ (+ по вегетации.)	27.3	29.9	27.8	27.8
ZnSO ₄ +MnSO ₄ (+ по вегетации.)	26.5	29.0	26.8	28.2
MnSO ₄ по вегетации	26.6	29.6	26.5	27.4
ZnSO ₄ по вегетации	26.8	29.8	26.8	27.5
ZnSO ₄ +MnSO ₄ по вегетации	26.5	29.3	27.1	27.5
НСП ₀₅	0.81	0.56	1.02	

Одним из важных физико-химических свойств клейковины является степень гидратации, показывающая ее способность набухать и прочно удерживать воду за счет образующихся водородных связей между различными группировками химических соединений. Этот показатель колеблется, по данным Б.П. Плешкова и других авторов, в широких пределах от 12 до 34%.

Исследования показали, что микроэлементы положительно влияли на степень гидратации клейковины, независимо от способа применения. Данный показатель увеличивался в среднем за 3 года со 171,6 до 217,5%. Наибольшее влияние наблюдали в 2015г. Используемые микроэлементы оказали влияние на группу качества клейковины.

По показанию прибора ИДК-1 обработка семян и вегетирующих растений и метеоусловия способствовали формированию зерна I и II групп качества.

Данные корреляционно-регрессивного анализа показали, что массовая доля клейковины зависит от массы 1000 зерен, натуры, и частично от стекловидности. Уравнение регрессии:

$$y = - 48,443 + 1,512 x_1 + 0,0276 x_2 + 0,0421x_3$$

где y – массовая доля клейковины; x_1 – масса 1000 зерен (60,05 %); x_2 – натура (8,29 %); x_3 – стекловидность (3,9 %); R (коэффициент корреляции) = 0,85; d (коэффициент детерминации) = $R^2 \times 100 = 72,25$ %. Корреляционная зависимость массовой доли клейковины от вышеназванных факторов сильная (коэффициент корреляции в пределах 0,7-0,9). На 72,25% массовая доля клейковины зависит в сумме от массы 1000 зерен, натуре, и стекловидности.

Таблица 78

Степень гидратации клейковины в зависимости от применения микроэлементов (за 2014 – 2016 гг.)

Вариант	Степень гидратации, %			
	2013-2014 г.	2014-2015 г.	2015-2016 г.	Среднее
Контроль	169,2	178,9	166,80	171,6
MnSO ₄	175,3	253,3	194,30	207,6
ZnSO ₄	176,0	261,9	190,10	209,3
ZnSO ₄ + MnSO ₄	176,2	232,3	190,20	199,6
MnSO ₄ (+ по вегета-	204,7	188,2	193,64	195,5
ZnSO ₄ (+ по вегетации)	201,3	232,9	207,2	213,6
ZnSO ₄ +MnSO ₄ (+ по	206,4	207,2	205,6	206,4
MnSO ₄ _по вегетации	208,2	241,8	204,7	217,5
ZnSO ₄ _по вегетации	205,7	230,7	197,3	211,2
ZnSO ₄ + MnSO ₄ _по	201,1	218,8	205,5	208,4
НСП ₀₅	2,0	1,0	3,0	

Степень гидратации клейковины зависит от натуре на 8,24 %, массовой доли клейковины – на 51,93 % и от ИДК – на 14,66 %. Уравнение регрессии:

$$y = -195,12 + 0,396x_3 + 8,564x_4 - 2,784x_5$$

где y - степень гидратации; x_3 -натура; x_4 -массовая доля клейковины;

x_5 -ИДК, $R=0.85$; $d=R^2 \times 100=74.84\%$. Корреляционная зависимость степени гидратации клейковины от вышеназванных факторов сильная (коэффициент корреляции в пределах 0,7-0,9). На 74,85% степень гидратации клейковины зависит в сумме от натуре, массовой доли клейковины и ИДК (Табл. 79).

Таблица 79

Индекс деформации клейковины

Вариант	ИДК, ед			
	2013-2014г.	2014-2015г.	2015-2016г.	Среднее
Контроль	48,5	55,5	55,5	53,2
MnSO ₄	48,5	56,5	46,6	50,5
ZnSO ₄	45,5	58,0	57,5	53,6
ZnSO ₄ +MnSO ₄	46,0	54,0	47,8	49,2
MnSO ₄ (+ по вегетации.)	47,0	52,0	53,9	50,9
ZnSO ₄ (+ по вегетации.)	48,0	47,5	45,7	47,1
ZnSO ₄ +MnSO ₄ (+ по вегетации.)	41,0	48,0	51,3	50,1
MnSO ₄ _ по вегетации	46,0	47,0	44,9	45,9
ZnSO ₄ _ по вегетации	43,5	45,0	60,8	49,7
ZnSO ₄ +MnSO ₄ _ по вегетации	39,5	55,0	52,6	49,0
НСП ₀₅	0,5	0,9	1,2	

Незначительным оказалось влияние массы 1000 зерен, стекловидности, натуры и массовой доли клейковины на индекс деформации клейковины.

Уравнение регрессии:

$$y = -172,194 - 2,095x_1 + 0,623x_2 - 0,164x_3 + 0,873x_4,$$

где y – индекс деформации клейковины; x_1 – масса 1000 зерен; x_2 – стекловидность, x_3 – натура; x_4 – массовая доля клейковины, $R = 0,45$, $d = R^2 \times 100 = 20,04$ %. Корреляционная зависимость индекса деформации клейковины от вышеназванных факторов слабая (коэффициент корреляции в пределах 0,2-0,5). Только на 20,04 % ИДК зависит в сумме от массы 1000 зерен, стекловидности и натуры.

Одним из главных технологических показателей для муки из зерна озимой пшеницы является её выход.

Выход муки — это выраженное в процентах отношение массы муки, как итогового продукта, к массе переработанного сырья. При сортовом помоле зерно пшеницы увлажняют до требуемых кондиций (15-15,5%), отволаживают и дробят в крупку в вальцовых станках с различными рифлями. Далее крупки измельчают до размеров сортовой хлебопекарной муки, которую отделяют на отсевах.

В таблице представлено влияние микроэлементов-синергистов на выход муки озимой пшеницы (Табл. 80).

Таблица 80

Влияние микроэлементов-синергистов на выход муки озимой пшеницы

№ п/п	Варианты	Выход муки, %		
		2016 г.	2017 г.	Среднее
1.	Контроль	62,2	70,8	66,5
2.	MnSO ₄	65,6	73,0	69,3
3.	ZnSO ₄	66,5	74,3	70,4
4.	MnSO ₄ + ZnSO ₄	66,7	70,8	68,8
5.	MnSO ₄ (+ по вегет.).	65,0	72,4	68,7
6.	ZnSO ₄ (+ по вегет.).	67,4	71,5	69,5
7.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегет.)	66,6	71,2	68,9
8.	MnSO ₄ (_ по вегет.)	67,0	73,6	70,3
9.	ZnSO ₄ (_ по вегет.)	65,3	73,3	69,3
10.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (_ по вегет.)	65,7	72,5	69,1

Данные таблицы показывают, что выход муки в 2017 году был выше, чем в 2016 году. Это связано с тем, что в 2017 году у опытной культуры была более высокая натура и масса 1000 зерен. В среднем за годы исследований выход муки на экспериментальных вариантах увеличился от 2,2% (MnSO₄(+по вег.)) до 3,9% (ZnSO₄).

Характеристика полученной муки из зерна опытной культуры по количеству и качеству сырой клейковины путем отмыwania под струей воды и на приборе ИДК, белизне - на белизномере СКИБ-М указывало на принадлежность к 1 сорту хлебопекарной пшеничной муки.

В общем виде линейное уравнение регрессии в кодовых переменных для определения выхода муки у, в зависимости от способов применения микроэлементов выглядит следующим образом:

$$y = D + Ax_1 + Bx_2 + Cx_3, \quad (5)$$

где D- константа; A,B,C – коэффициенты уравнения регрессии, показывающие качественный уровень влияния соответствующего способа использования микроэлементов на выход муки; x₁,x₂,x₃-фактор первого (обработка семян), второго (обработка семян в сочетании с внекорневой подкормкой в конце фазы кущения – начале

трубкования), третьего (только внекорневая подкормка) способа применения микроудобрений в кодовых значениях.

Значения постоянных в уравнении для отдельных способов применения микроэлементов отличаются, и этим можно объяснить то, что применяются разные варианты уравнений.

Со временем формулы необходимо корректировать, так как взаимосвязи способов внесения микроэлементов с выходом муки меняются с учетом достижений в селекции культуры, агрохимии и технологических новаций в выращивании и переработке пшеницы [184].

Разработка метода оценки качества сырья и прогнозирования конечных результатов его переработки в условиях Ульяновской области, характеризующейся различными почвами, непостоянством климата, а также условиями возделывания зерновых культур, является актуальной задачей. На основе экспериментальных данных с применением методов корреляционного и регрессионного анализов выведено линейное уравнение регрессии для расчета выхода хлебопекарной пшеничной муки (%), где линейная регрессионная зависимость $y = f(x_1, x_2, x_3)$ представляется в виде формулы:

$$y = 62,2 + 4,07x_1 + 4,13x_2 + 3,8x_3, \quad (6)$$

По значимости коэффициентов можно установить влияние способов применения марганца и цинка на выход хлебопекарной муки. Наибольшее влияние оказал второй способ использования микроэлементов в технологии озимой пшеницы (обработка семян+ внекорневая подкормка), а наименьшее - третий способ (внекорневая подкормка).

Значения вышеназванных коэффициентов представляют собой количественную оценку влияния способов использования микроэлементов на выход муки при переработке опытной культуры. Для наглядности представления этой зависимости в трехмерном пространстве линейная регрессионная зависимость $y = f(x_2, x_3)$ выразится в виде формулы:

$$y = 62,2 + 4,13x_2 + 3,8x_3 \quad (7)$$

График этой зависимости представлен на рисунке 43.

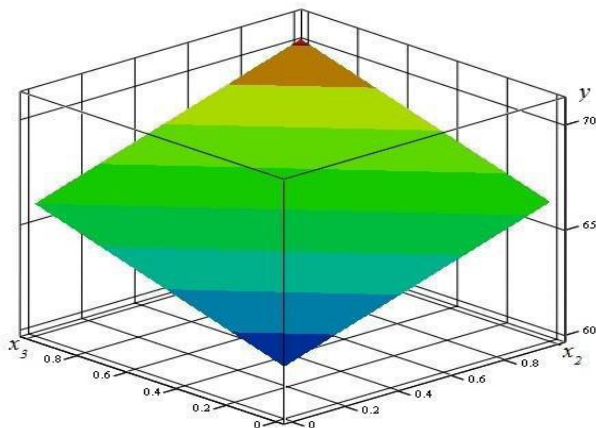


Рис. 43 - Зависимость выхода муки y от факторов второго x_2 и третьего x_3 способов применения микроудобрений

Проверка математических моделей показала, что табличное значение критерия Стьюдента меньше расчетного, коэффициент корреляции не менее 0,95, а проверка уравнений регрессии по критерию Фишера подтвердила их адекватность.

Таким образом, математическая обработка данных показала, что способы использования микроэлементов – марганца и цинка достоверно влияют на выход хлебопекарной пшеничной муки. Одинаковая концентрация микроэлементов при предпосевной обработке семян опытной культуры, при предпосевной обработке в сочетании с обработкой по вегетации, при обработке по вегетации – увеличивают выход муки неодинаково, в зависимости от способа использования [190,194].

Достоверно доказано, что обработка семян озимой пшеницы перед посевом и вегетирующих растений в конце фазы кущения – начале трубкования 0,1% растворами сульфата марганца и сульфата цинка, которых недостаточно в почве опытного участка дают наибольший выход хлебопекарной пшеничной муки, соответствующей первому сорту.

Одним из важнейших показателей, влияющих на хлебопекарные свойства пшеничной муки- это число падения.

Число падения (ЧП)- показатель активности α -амилазы. ЧП позволяет судить о состоянии в зерне и муке крахмала и активности расщепляющих крахмал ферментов (амилаз).

Рассмотрим влияние микроэлементов на число падения.

Результаты двухлетних исследований показаны в таблице 81.

Таблица 81

Влияние микроэлементов на показатель числа падения

Способ обработки	№ п/п	Варианты	Число падения, сек		
			2016г.	2017г.	Среднее
Обработка семян	1.	Контроль	310	388	349
	2.	MnSO ₄	295	392	343,5
	3.	ZnSO ₄	319	396	357,5
	4.	MnSO ₄ + ZnSO ₄	312	387	349,5
Обработка	5.	MnSO ₄ (+ по вегет.)	305	398	351,5
Обработка семян + подкормка	6.	ZnSO ₄ (+ по вегет.).	298	376	337
	7.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегет.)	310	384	347
Внекорневая подкормка	8.	MnSO ₄ (_ по вегет.)	316	396	356
	9.	ZnSO ₄ (_ по вегет.)	314	384	349
	10.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (_ по вегет.)	312	386	349

По данным таблицы в среднем за 2 года исследований число падения по всем вариантам наблюдается высокая и составляет 337-357,5 секунд, что свидетельствует об относительно низкой амилолитической активности, которая указывает на отсутствие проросших зерен при уборке.

Необходимо отметить, что низкое значение числа падения мягкой пшеницы высшего и первого класса имеет 200 секунд. Способы использования микроэлементов не повлияли на число падения.

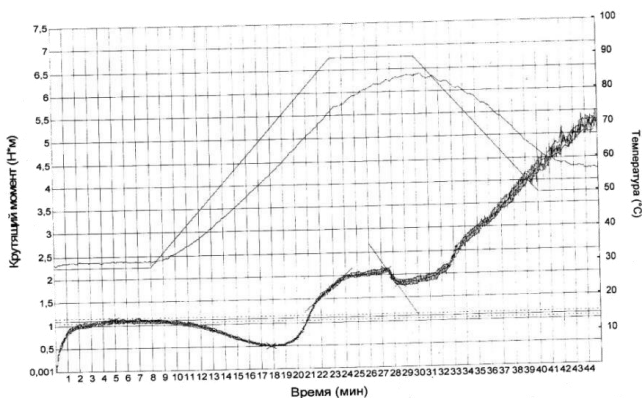
Важнейшие качественные показатели пшеницы зависят от содержащихся в ней протеинов и их свойств, а также от активности ферментов зерновой культуры и твердости зерна. Это те самые свойства, которые в том числе определяют мукомольные свойства (выход муки, активность ферментов, содержание и качество протеинов, доля оболочек/отрубей).

Реологические показатели, такие как растяжимость, эластичность теста, плотность и другие точно так же влияют на хлебопекарные свойства, как и активность. Такие свойства основаны на молекулярной

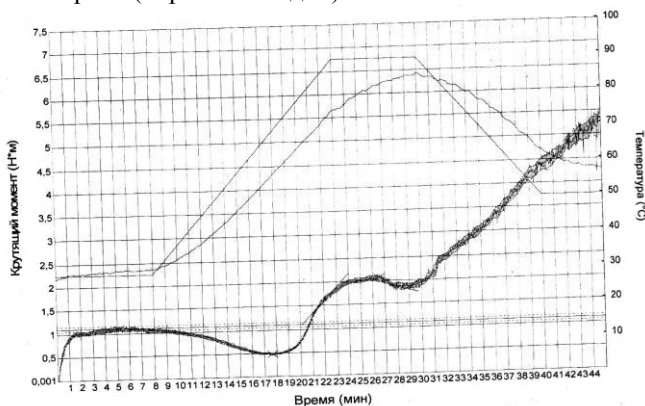
структуре и физическом состоянии составных веществ, то есть морфологии, кристалличности, растворимости зерен крахмала (198 – 201).

По данным миксограмм (рис. 44,45,46.), на второй и третьей фазе замеса регистрируют изменение консистенции теста при его нагреве до 90°C.

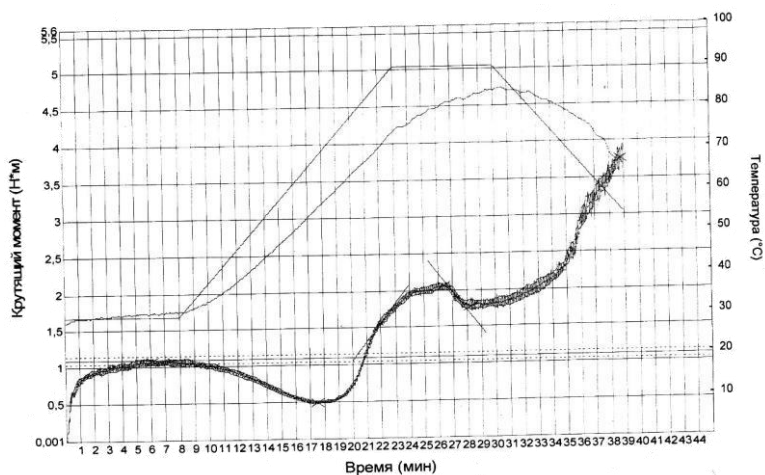
Фаза желатинизации крахмала у образцов 4,8 и 9 указывает на высокую консистенцию теста при выпечке, данные по удельному объему готовых изделий, формоустойчивости подтверждают высокий индекс вязкости и низкую автолитическую активность.



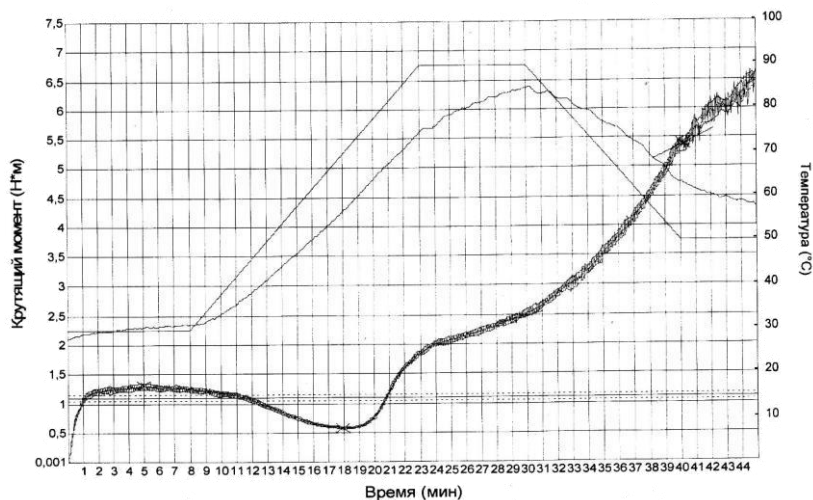
1-Контроль (обработка водой)



2- MnSO_4 (предпосевная обработка семян)

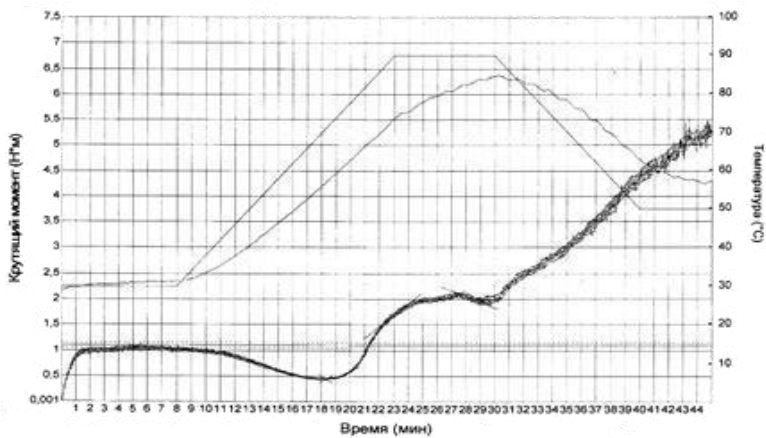


3-ZnSO₄ (предпосевная обработка семян)

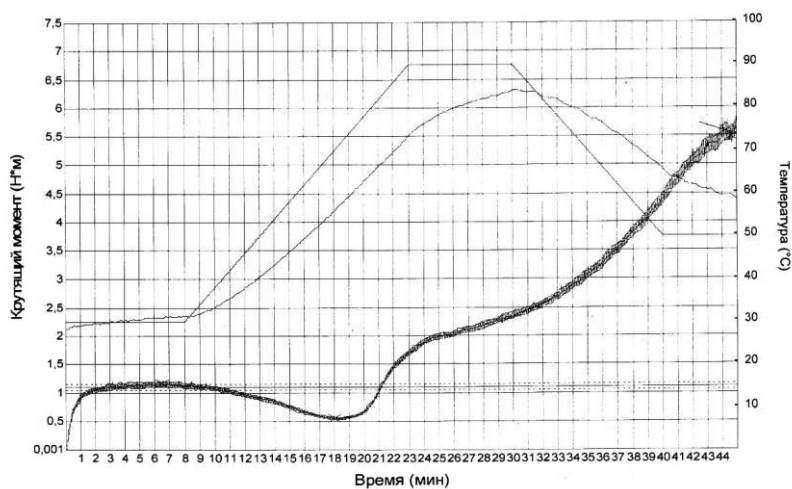


4-MnSO₄ + ZnSO₄ (предпосевная обработка семян)

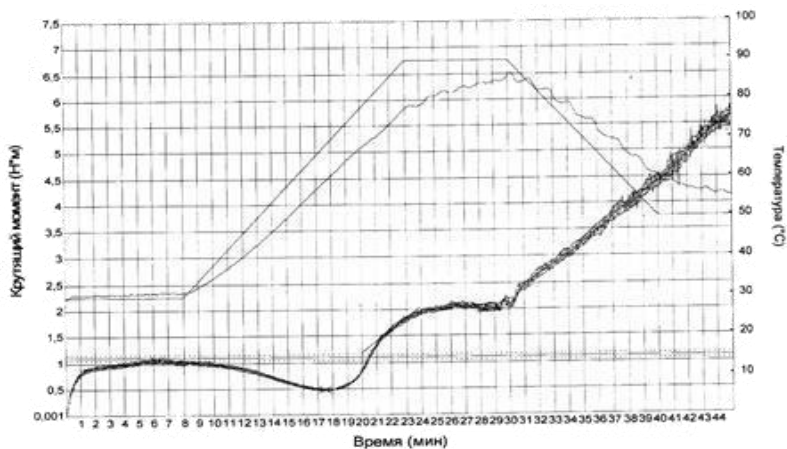
Рис 44 - Фазы реологического анализа прибора «Миксолаб».



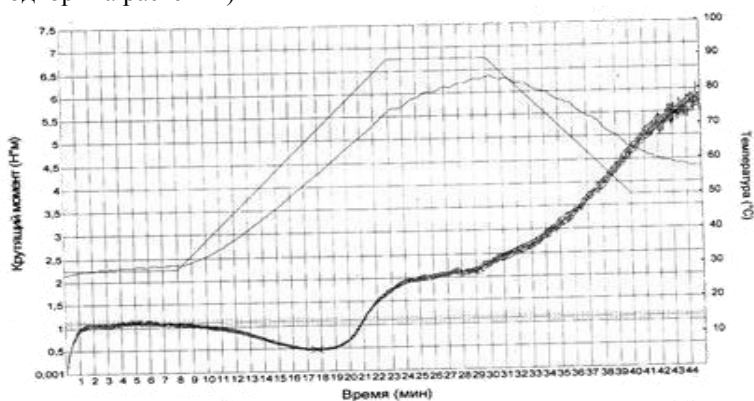
5-MnSO₄ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений)



6-ZnSO₄ (предпосевная обработка семян +внекорневая подкормка растений)

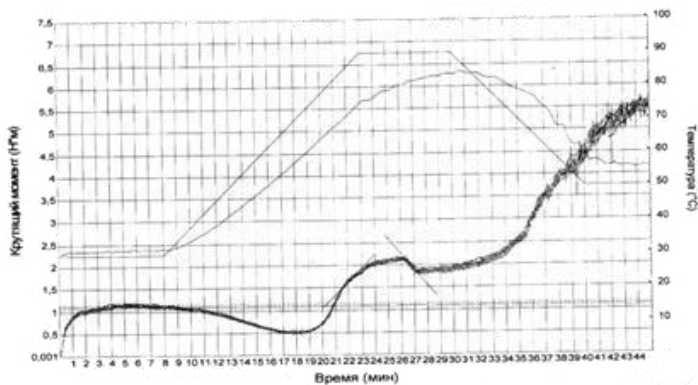


7- $\text{MnSO}_4 + \text{ZnSO}_4$ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений)

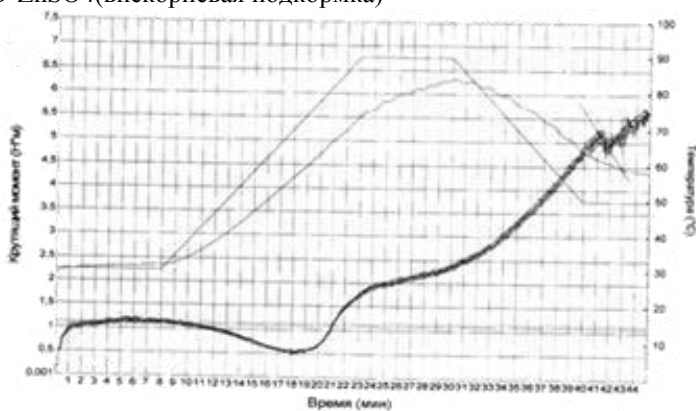


8- MnSO_4 (внекорневая подкормка)

Рис. 45 - Фазы реологического анализа прибора «Миксолаб».



9-ZnSO₄(внекорневая подкормка)



10-MnSO₄+ ZnSO₄ (внекорневая подкормка)

Рис. 46 - Фазы реологического анализа прибора «Миксолаб».

Профайлер представляет собой радиальную диаграмму, по лучам которой в пропорции от 0 до 9 отложены следующие значения: ВПС, замешивание - C1, глютен + - C2, вязкость - C3, амилаза - C4, загустевание - C5.

Профайлеры пшеничного теста представлены на рисунке 47, а так же показана бальная оценка реологических свойств опытных образцов в таблице 82.

Таблица 82

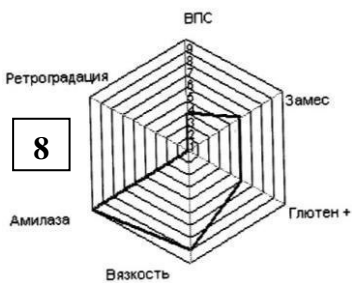
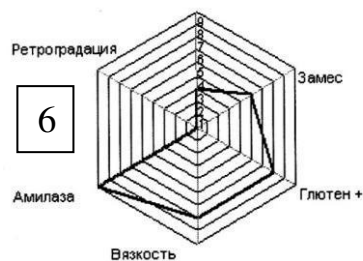
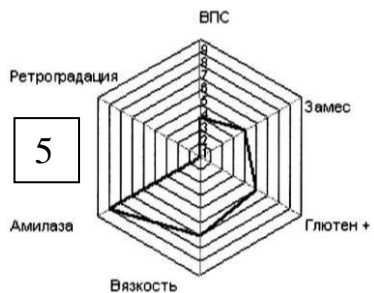
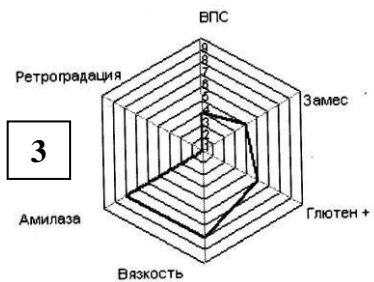
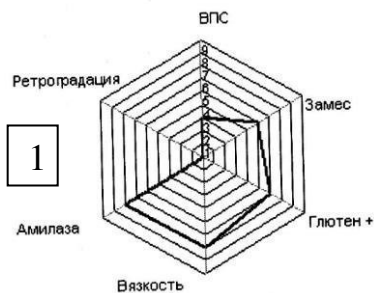
**Реологические показатели муки озимой пшеницы протокол
Chopin+**

№ п/ п	Варианты опыта	ВП С	Замес	Глютен+	Вязкость	Амилаза	Ретроградация
1.	Контроль	3	5	6	7	7	0
2.	MnSO ₄	3	4	5	7	8	0
3.	ZnSO ₄	3	4	5	7	7	0
4.	MnSO ₄ + ZnSO ₄	3	5	3	8	9	0
5.	MnSO ₄ (+ по вегет.)	3	4	5	6	8	0
6.	ZnSO ₄ (+ по вегет.)	3	5	7	7	9	0
7.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегет.)	5	3	6	7	8	0
8.	MnSO ₄ (_ по вегет.)	3	5	5	8	9	0
9.	ZnSO ₄ (_ по вегет.)	2	5	5	8	6	0
10 .	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (_ по вегет.)	3	5	6	7	9	0

В ходе проведенных анализов были установлены следующие реологические значения показателей для исследуемых образцов муки озимой пшеницы, таблица образцов в режимах протокола «Chopin+».

В результате опыта было установлено, что большинство образцов имеют одинаковый индекс водопоглотительной способности с контрольным вариантом, что позволяет спрогнозировать одинаковый выход теста.

Но по данному показателю следует выделить образец 7 - MnSO₄+ ZnSO₄ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений), где индекс ВПС выше контроля на 2 балла и составляет 5 баллов.



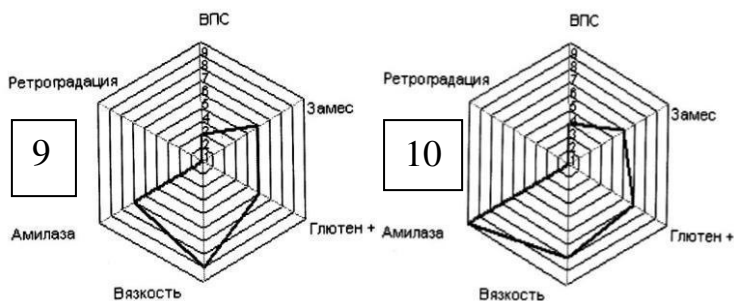


Рисунок 47- Профайлеры пшеничного теста

Индекс замешивания зависит от поведения теста при замешивании, в особенности от стабильности. Чем выше индекс, тем устойчивее будет тесто при замесе. Индексы большинства образцов указывают на стабильные показатели силы теста в интервале от 4 до 5 баллов, в том числе и по контрольному образцу.

Низкий индекс глютен + означает значительное снижение консистенции теста на этой фазе, высокий же будет сравним с лучшей устойчивостью протеиновой структуры, возможно, благодаря большому количеству водородных соединений. При проведении опыта можно заметить, что самый высокий индекс у образца 6 - ZnSO_4 (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений) - 7 баллов.

Чем выше показатель индекса вязкости, тем выше консистенция теста при выпечке. Образцы 4,8,9 имеет самый высокий индекс – 8 баллов, а контрольный образец – 7 баллов.

Высокий индекс амилолитической активности Миксолаба будет соответствовать высокому значению числа падения, следовательно, слабой активности α -амилазы и наоборот. Амилолитическая активность по вариантам не одинаковая, варьирует в пределах 6-9 баллов. Минимальная амилолитическая активность по индексу амилазы наблюдается у образцов 4,6,8,10.

«Ретроградация характеризует углеводно-амилазный комплекс муки или зерна, обусловленный свойствами крахмала, соотношением в нем фракций амилозы и амилопектина. Изменение углеводно-амилазного комплекса муки сопровождается снижением ферментативной атакваемости крахмала и снижения активности амилаз. По

индексу загустевания крахмала между вариантами отличий не выявлено (0 баллов)».

Таким образом, по данным Профайлера комплексное применение цинка и марганца в качестве кофакторов ферментов, как при обработке семян опытной культуры, так и при внекорневой подкормке более существенно влияет на качество теста, по сравнению с отдельным применением микроэлементов.

Одним из важнейших показателей, влияющих на показатели пробной выпечки хлеба является пористость хлеба.

Под пористостью хлеба понимают объем пор, находящихся в данном объеме мякиша, выраженный в процентах.

Рассмотрим влияние микроэлементов на пористость хлеба путем пробной выпечки в лаборатории хлебобулочного и кондитерского производства Ульяновского ГАУ. Результаты двухлетних исследований показаны в таблице 83.

Таблица 83

Влияние микроэлементов на пористость формового хлеба

№ п/п	Варианты	Пористость, %		
		2016г.	2017г.	Среднее
1.	Контроль	70	67	68
2.	MnSO ₄	65	69	67
3.	ZnSO ₄	67	68	68
4.	MnSO ₄ + ZnSO ₄	64	68	66
5.	MnSO ₄ (+ по вегет.)	68	67	68
6.	ZnSO ₄ (+ по вегет.)	71	70	71
7.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегет.)	70	63	67
8.	MnSO ₄ (_ по вегет.)	64	70	67
9.	ZnSO ₄ (_ по вегет.)	67	67	67
10.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (_ по вегет.)	78	67	73

По данным таблицы в среднем за годы исследований у всех вариантов наблюдается высокая пористость хлеба, которая составляет 66-73%. Более стабильное увеличение пористости наблюдается на варианте ZnSO₄(+ по вегет.).

В хлебе пористость имеет огромное значение, так как прямо влияет на удельный объем изделия.

Удельный объём хлеба определяют путём деления величины объёма хлеба в кубических сантиметрах на его массу в граммах.

Чем выше это отношение, тем лучше внешний вид хлеба – булочки высокие, с выпуклой верхней коркой.

Результаты исследований по вышеназванному показателю приведены в таблице 84.

Таблица 84

Влияние микроэлементов на удельный объём формового хлеба

№ п/п	Варианты	Удельный объем хлеба, см ³ /г		
		2016 г.	2017 г.	Среднее
1.	Контроль	3,05	2,80	2,93
2.	MnSO ₄	2,90	2,50	2,70
3.	ZnSO ₄	3,15	3,00	3,08
4.	MnSO ₄ + ZnSO ₄	3,00	3,10	3,05
5.	MnSO ₄ (+ по вегет.).	3,15	3,00	3,08
6.	ZnSO ₄ (+ по вегет.).	3,05	3,10	3,08
7.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегет.)	3,15	2,10	2,63
8.	MnSO ₄ (_ по вегет.)	2,90	2,80	2,85
9.	ZnSO ₄ (_ по вегет.)	3,05	4,00	3,55
10.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (_ по вегет.)	3,15	2,30	2,73

Исходя из данных таблицы 84 видно, что повышение пористости изделия способствует по многим вариантам увеличению удельного объема хлеба. На вариантах ZnSO₄ (+ по вегетации) и ZnSO₄(по вегетации) данный показатель выше Контроля на 0,12 – 0,62 см³/г.

Формоустойчивость - это способность готового изделия сохранять форму в различных условиях. Его величина равна отношению высоты хлеба к его диаметру. Данный показатель является одним из наиболее важных показателей качества хлеба, так как в настоящее время производители стараются наиболее тщательно соблюдать стандарты качества выпускаемой продукции.

Формоустойчивость показывает активность брожения теста (сахаро – и газообразующую способность) и способность удерживать углекислый газ

Большая или меньшая формоустойчивость хлеба наблюдается при использовании муки из зерна, поврежденного клопом-черепашкой,

нередко тесто сильно разжижается и расплывается в расстойке. Пористость непосредственно влияет на формоустойчивость хлеба.

Данные по формоустойчивости подового хлеба на опытных вариантах приведены в таблице 85.

Таблица 85

Влияние микроэлементов на формоустойчивость подового хлеба

№ п/п	Варианты	Формоустойчивость (Н/Д)		
		2016 г.	2017 г.	Среднее
1.	Контроль	0,66	0,74	0,70
2.	MnSO ₄	0,64	0,9	0,77
3.	ZnSO ₄	0,78	0,73	0,76
4.	MnSO ₄ + ZnSO ₄	0,53	0,75	0,64
5.	MnSO ₄ (+ по вегет.).	0,56	0,77	0,67
6.	ZnSO ₄ (+ по вегет.).	0,61	0,68	0,65
7.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегет.).	0,57	0,78	0,68
8.	MnSO ₄ (по вегет.).	0,51	0,63	0,57
9.	ZnSO ₄ (по вегет.).	0,49	0,73	0,61
10.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (по вегет.).	0,42	0,74	0,58

Анализируя данную таблицу, можно сделать вывод, что наибольшая величина показателя формоустойчивости наблюдалась в варианте MnSO₄ (0,77), что составляет + 10% к контролю.

Скачкообразное изменение формоустойчивости по другим вариантам наблюдается, по - видимому, из-за влияния на результаты опыта неодинаковой водопоглотительной способности образцов муки.

Аналитическая зависимость показателей качества хлеба от способов использования микроэлементов в технологии озимой пшеницы

Упёк – это потеря массы при выпечке, в среднем этот показатель колеблется от 6 до 14%. Величина упёка зависит от формы и массы тестовой заготовки, а также от способа и режима выпечки. Этот показатель определяется разностью между массой тестовой заготовки и массой готового горячего изделия выраженной в процентах. В основном этот процесс протекает в результате потери влаги в корке,

поэтому, для его уменьшения необходимо проводить опрыскивание поверхности хлеба, использовать незначительную вентиляцию в печи.

Упёк – это такой процесс, в котором готовая продукция теряет большую часть своей массы, поэтому производители хлеба стараются всячески его контролировать. Одним из таких приёмов является использование микроэлементов при выращивании пшеницы.

Результаты исследований приведены в таблице 86.

Анализируя данную таблицу, можно сделать вывод, что наименьшая величина упёка наблюдается в варианте MnSO_4 (9%), что на 3% ниже контрольного варианта.

Таблица 86

Упёк формового хлеба

№ п/п	Варианты	Упёк, %		
		2016 г.	2017 г.	Среднее
1.	Контроль	12	12	12
2.	MnSO_4	8	10	9
3.	ZnSO_4	10	10	10
4.	$\text{MnSO}_4 + \text{ZnSO}_4$	11	11	11
5.	MnSO_4 (+ по вегет.).	12	14	13
6.	ZnSO_4 (+ по вегет.).	13	14	13
7.	$\text{MnSO}_4 + \text{ZnSO}_4$ (+ по вегет.)	12	19	14
8.	MnSO_4 (_ по вегет.)	8	14	11
9.	ZnSO_4 (_ по вегет.)	11	9	10
10.	$\text{MnSO}_4 + \text{ZnSO}_4$ (_ по вегет.)	9	12	10

Объём выпеченного хлеба на 10 - 30% больше объема тестовой заготовки перед посадкой её в печь, это следует учитывать при накла-
дывании теста в формы.

В основном увеличение объёма происходит в первые минуты выпечки в результате спиртового брожения и образования этилового спирта и диоксида углерода. Дальнейшему прохождению этого процесса препятствует образование корки, так как она в процессе выпечки теряет способность к растяжению. Но производители хлеба стараются увеличить длительность этого процесса, применяя хорошее увлажнение в первой зоне, что приводит к задержанию образования твёрдой корки изделия.

Результаты исследований приведены в таблице 87.

Таблица 87

Объёма хлеба

№ п/п	Варианты	Объём хлеба (форм.), см ³		
		2016 г.	2017 г.	Среднее
1.	Контроль	305	280	293
2.	MnSO ₄	290	250	270
3.	ZnSO ₄	315	300	308
4.	MnSO ₄ + ZnSO ₄	300	310	305
5.	MnSO ₄ (+ по вегет.).	315	300	308
6.	ZnSO ₄ (+ по вегет.).	305	310	308
7.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегет.)	315	210	263
8.	MnSO ₄ (_ по вегет.)	290	280	285
9.	ZnSO ₄ (_ по вегет.)	305	400	355
10.	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (_ по вегет.)	315	230	273

На увеличение объёма хлеба влияют следующие факторы: состояние теста, способ посадки заготовки на под печи, режим выпечки. Высокая температура в первой зоне печи (200-220⁰C) вызывает интенсивное образование ларов и газов в нижних слоях теста, что в последствии приводит к увеличению объёма заготовки.

Данный показатель играет важную роль в улучшении внешнего вида, пористости и усвояемости готового изделия.

По данным таблицы видно, что наибольшая величина объёма хлеба наблюдалась в варианте ZnSO₄ (по вегетации) (355см³), что составляет + 21,2% к контролю.

В настоящее время довольно распространёнными стали экспресс - методы для оценки сельскохозяйственных культур, которые основаны на использовании эмпирических зависимостей между компонентами химического состава сырья и его технологическими показателями.

В общем виде линейное уравнение регрессии в кодовых переменных для определения качества хлеба у, в зависимости от способов применения микроэлементов выглядит следующим образом:

$$y=D+A_{x1}+B_{x2}+C_{x3},$$

где D- константа; A,B,C- коэффициенты уравнения регрессии, показывающие качественный уровень влияния соответствующего способа использования микроэлементов на показатели качества хлеба;

x_1 , x_2 , x_3 - фактор первого, второго, третьего способа применения микроэлементов в кодовых значениях.

Значения постоянных в уравнении для отдельных способов применения микроэлементов отличаются, и этим можно объяснить то, что применяются разные варианты уравнений. Со временем формулы необходимо корректировать, так как взаимосвязи способов внесения микроэлементов с качеством хлеба изменяются с учетом достижений в селекции культуры, агрохимии и технологических новаций в выращивании и переработке пшеницы.

На основе экспериментальных данных с применением методов корреляционного и регрессивного анализов выведено линейное уравнение регрессии для расчета массы теста в формах после расстойки перед выпечкой ($г$), где линейная регрессионная зависимость $y = f(x_1, x_2, x_3)$ представляется в виде формулы:

$$y = 138 + 4x_1 + 5.67x_2 + 1x_3.$$

По значимости коэффициентов можно определить влияние способов применения микроэлементов на массу теста в формах после окончательной расстойки. Наибольшее влияние оказал второй способ использования микроэлементов в технологии озимой пшеницы (обработка семян+ внекорневая подкормка), а наименьшее- третий способ (внекорневая подкормка). Значения вышеназванных коэффициентов представляют собой количественную оценку влияния способов использования микроэлементов на массу теста после расстойки.

По экспериментальным данным с применением методов корреляционного и регрессионного анализов получено линейное уравнение регрессии для расчета массы горячего формового хлеба после выпечки ($г$), где линейная регрессионная зависимость $y = f(x_1, x_2, x_3)$ представляется в виде формулы:

$$y = 122 + 6.33x_1 + 4x_2 + 4.3x_3.$$

По значимости коэффициентов А, В, С можно определить влияние способов применения микроэлементов на массу хлеба после выпечки. Наибольшее влияние оказал первый способ использования микроэлементов при выращивании опытной культуры (обработка семян), а второй и третий способ оказали меньшее положительное влияние на массу горячего формового хлеба. Значения вышеназванных коэффициентов представляют собой количественную оценку влияния способов использования микроэлементов на массу горячего хлеба после выпечки.

Линейное уравнение регрессии зависимости упека хлеба в пекарной камере (%) от способа использования микроэлементов в кодовых значениях $y = f(x_1, x_2, x_3)$ представляется в виде формулы:

$$y = 11,6 - 1,97x_1 + 0,71x_2 - 2,5x_3.$$

По значимости коэффициентов А, В, С можно определить влияние способов применения микроэлементов на потерю массы тестовой заготовкой из-за высокой температуры при выпечке в формах после окончательной расстойки. Коэффициенты А и С указывают на значительное снижение упека в пекарной камере в группах с предпосевной обработкой семян, с обработкой растений во время вегетации.

По экспериментальным данным с применением методов корреляционного и регрессионного анализов получено линейное уравнение регрессии зависимости объема формового хлеба (см³) от кодовых коэффициентов А, В, С, где линейная регрессионная зависимость $y = f(x_1, x_2, x_3)$ представляется в виде формулы:

$$y = 305 - 3,3x_1 + 6,7x_2 - 1,67x_3.$$

По значимости кодовых коэффициентов А, В, С можно определить влияние способов применения микроэлементов в технологии возделывания озимой пшеницы на объем готового изделия. Предпосевная обработка семян увеличивает объем хлеба на значительную величину.

Линейное уравнение регрессии зависимости формоустойчивости подового хлеба от способа использования микроэлементов в кодовых значениях $y = f(x_1, x_2, x_3)$ представляется в виде формулы:

$$y = 0,74 + 0,053x_1 + 0,003x_2 - 0,04x_3.$$

По значимости кодовых коэффициентов можно определить влияние способов применения микроэлементов на отношение высоты подового хлеба к диаметру изделия. Коэффициенты А и В указывают на улучшение формоустойчивости в группах: обработка семян, обработка семян + внекорневая подкормка.

Таким образом, данные по анализу качества хлеба, полученного из обработанной микроэлементами озимой пшеницы, дают более полную картину по качеству исходного сырья для хлебопекарного производства, а производителя зерна делает более конкурентоспособным на зерновом рынке. Так же, выбор нужного способа обработки микроэлементами опытной культуры с целью получения хлеба, снижает издержки производства зерна.

Результаты исследований полевых опытов приведены в табл. 88.

Данные таблицы 88 показывают, что в среднем за годы исследований при использовании микроэлементов выход продукции в стоимостном выражении увеличивался при предпосевной обработке с 20,2 до 23,6 тыс. руб/га, при предпосевной обработке семян микроэlemen-

тами и внекорневом их внесении – с 24, 3 до 24,6 тыс. руб/га и отдельно при внекорневом внесении – от 21,2 до 22,4 тыс. руб/га. Наибольшие показатели в 24,4 и 24,6 тыс. руб/га были получены на вариантах при предпосевной обработке семян микроэлементами и внекорневом их внесении $ZnSO_4 + MnSO_4$.

Производственные затраты изменялись от 11,2 до 23,6 тыс. руб/га. при обработке семян микроэлементами перед посевом, при предпосевной обработке семян и при внекорневом внесении от 24,3 до 24,6 тыс. руб/га, при внекорневом внесении от 21,2 до 22,5 тыс. руб/га.

Условный чистый доход при обработке семян перед посевом микроэлементами был выше на 1,47– 2,67 тыс. руб/га, при предпосевной обработке и внекорневом внесении – на 2,96 – 3,27 тыс. руб/га и внекорневом внесении от 0,38 до 1,77 тыс. руб/га.

Расчет экономической эффективности показал, что применение микроэлементов в технологии возделывания озимой пшеницы экономически выгодно. Уровень рентабельности превысил контроль на 9,7 – 15,8 %, 16,2 – 18,1 % и 1,0 – 10,6 %, соответственно. Наибольший экономический эффект был получен при обработке семян перед посевом и внекорневом внесении микроэлементов. Уровень рентабельности составил 55,5 – 57, 4%. Данное обстоятельство обусловлено тем, что на этих вариантах наблюдался максимальный прирост урожайности.

Таким образом, наибольшая рентабельность производства зерна озимой пшеницы наблюдалось на вариантах при предпосевной обработке семян и внекорневом внесении микроэлементов.

Таблица 88

Экономическая эффективность технологии возделывания озимой пшеницы

№ п/п	Варианты	Урожайность т/га	Стоимость продук.с 1 га, руб.	Производственные затраты на 1 га, руб.	Себестоимость 1 т продукции, руб.	Услов.чистый доход руб./га	Уровень рентабельности, %
1	Контроль	3,68	20240,00	11175,61	3947,91	5711,71	39,30
2	MnSO ₄	3,97	21835,00	11271,93	3691,06	7181,49	49,00
3	ZnSO ₄	4,13	22715,00	11642,90	3664,84	7579,23	50,10
4	ZnSO ₄ +MnSO ₄	4,29	23595,00	11705,35	3547,07	8378,05	55,10
5	MnSO ₄ (+ по вегетации)	4,42	24310,00	12027,93	3537,63	8673,69	55,50
6	ZnSO ₄ (+ по вегетации)	4,48	24640,00	12041,14	3494,08	8986,52	57,40
7	ZnSO ₄ +MnSO ₄ (+по вегетации)	4,44	24420,00	12032,33	3522,98	8777,97	56,10
8	MnSO ₄ по вегетации	3,86	21230,00	11643,96	3921,54	6092,85	40,30
9	ZnSO ₄ по вегетации	3,99	21945,00	11524,29	3754,78	6963,42	46,50
10	ZnSO ₄ +MnSO ₄ по вегетации	4,09	22495,00	11546,29	3669,97	7484,82	49,90

Таблица 89

Экономическая оценка применения разработанной технологии возделывания озимой пшеницы (производственные посевы)

Показатели	Контроль	Опыт
Урожайность, т/га	3,49	4,00
Стоимость продукции, руб/т	4559	4559
с 1га, руб.	19195	22000
Производственные затраты на 1га, руб	9360,82	10728,73
Затраты труда, чел-час на 1 га	5,52	632
на 1 т	1,31	150
Себестоимость 1т, руб	3312,97	2890,57
Условный чистый доход, руб/га	7025,67	8052,34
Уровень рентабельности, %	47,8	54,7

Анализ таблицы показывает, что при применении микроэлементов- синергистов в производственных условиях способствует увеличению урожайности с 3,49 да 4,00 т/га. Себестоимость 1т зерна при использовании микроэлементов снижается на 8,7%.

Уровень рентабельности на обработанных семенах и внекорневой подкормки увеличивается с 47,8 до 54,7%.

Таким образом, применение микроэлементов- синергистов для предпосевной обработки перед посевом и внекорневой подкормки агрофитоценоза в конце второго этапа органогенеза является рентабельным и повышается эффективность производства зерна с улучшенными мукомольными и хлебопекарными показателями.

Результаты исследований по энергетической эффективности приведены в таблице 90.

Применение микроэлементов способствовало увеличению количества накопленной в продукции энергии по сравнению с контролем в 1,06-1,14 раза при предпосевной обработке семян, в 0,99-1,03 раза при внекорневом внесении микроэлементов и внекорневой обработке семян и в 1,03 – 1,05 раза при внесении по вегетации культуры. Данный коэффициент показывает, что наиболее энергетически выгодным приемом повышения урожайности озимой пшеницы явилась предпосевная обработка семян микроэлементами и внекорневое их внесение (3,92-4,02). При предпосевной обработке семян и внекорневом внесении коэффициент варьировал от 3,45 до 3,92 и 3,52 – 3,69, соответственно.

Таблица 90

Энергетическая эффективность приемов возделывания озимой пшеницы (среднее за 2014 – 2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Содержание энергии, тыс. МДж/га	Затраты энергии, тыс. МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Контроль	3,68	60,54	17,53	3,45
MnSO ₄	3,97	65,31	17,85	3,66
ZnSO ₄	4,13	67,95	17,96	3,78
MnSO ₄ + ZnSO ₄	4,29	70,58	18,03	3,92
MnSO ₄ (+ по вегетации).	4,39	72,22	18,43	3,92
ZnSO ₄ (+ по вегетации).	4,40	72,39	18,59	3,89
MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+ по вегетации).	4,56	75,02	18,65	4,02
MnSO ₄ _по вегетации	3,86	63,50	18,02	3,52
ZnSO ₄ _по вегетации	3,99	65,64	18,17	3,61
MnSO ₄ + ZnSO ₄ _по вегетации	4,09	67,29	18,21	3,69

Математическая модель применения микроэлементов

Моделирование систем земледелия и ее элементов основано на экономико-математических методах, и на практике используется нечасто, хотя имеется определенный опыт их применения.

Успешное решение рационального использования земли в значительной степени зависит от обоснованной структуры посевных площадей. Поэтому оптимальную структуру посевных площадей в хозяйствах наиболее целесообразно определять по экономико-математическим моделям развития сельскохозяйственного производства на предприятии в целом [202].

Для того чтобы правильно обосновать поставленную задачу, необходимо как можно точно определить входную информацию, тщательно изучить объект исследования, а также следует проанализировать

технологии возделывания зерновых культур, в том числе и озимой пшеницы в изучаемой системе по таким направлениям как:

- посевные площади;
- структура и объемы реализации;
- материально-денежные затраты;
- другие технико-экономические показатели.

В качестве критерия оптимальности при оптимизации звена севооборота посевных площадей, может быть использованы следующие критерии оптимальности целевой функции:

- максимизируемые (при заданных объемах производственных ресурсов) - валовая продукция, товарная продукция, валовой доход, чистый доход, прибыль;
- минимизируемые (при заданных объемах производства продукции) - материально-денежные затраты, затраты живого или совокупного труда, и другие.

Таблица 91

Исходные данные для построения модели

Вариант	Урожай- ность озимой пшеницы, т/га	Производ- ственные затраты, тыс. руб/ 1 га	Выручка от реализации продукции, тыс. руб. с 1 га
Вариант посева озимой пше- ницы - контроль (без обра- ботки)	3,68	11,17561	20,24
Вариант посева озимой пше- ницы с предпосевной обра- боткой семян $MnSO_4$	3,97	11,27193	21,835
Вариант посева озимой пше- ницы с предпосевной обра- боткой семян $ZnSO_4$	4,13	11,6429	22,715
Вариант посева озимой пше- ницы с предпосевной обра- боткой семян $MnSO_4 + ZnSO_4$	4,29	11,70535	23,595
Вариант посева озимой пше- ницы с предпосевной обра- боткой семян и внекорневое внесение $MnSO_4$	4,42	12,02793	24,31
Вариант посева озимой пше- ницы с предпосевной обра- боткой семян и внекорневое внесение $MnSO_4$	4,48	12,04114	24,64
Вариант посева озимой пше- ницы с предпосевной обра- боткой семян и внекорневое внесение $MnSO_4 + ZnSO_4$	4,44	12,03233	24,42
Вариант посева озимой пше- ницы с внекорневым внесе- нием $MnSO_4$	3,86	11,64396	21,23
Вариант посева озимой пше- ницы с внекорневым внесе- нием $ZnSO_4$	3,99	11,52429	21,945
Вариант посева озимой пше- ницы с внекорневым внесе- нием $MnSO_4 + ZnSO_4$	4,09	11,54629	22,495

Постановка задачи сводилась к определению оптимального спо-
соба обработки семян озимой пшеницы, плана использования ресурсов,
который бы обеспечивал получение максимальной денежной выручки
от произведенной зерновой продукции.

Таблица 92

Объем производственных ресурсов

№ п/п	Показатели	Объемы ограничений
1	Производственные затраты, тыс. руб/ 1 га	Не более 15
2	Выручка от реализации продукции, тыс. руб. с 1 га	Не менее 20

Для решения данной проблемы была разработана экономико-математическая модель. Искомые величинами в ней являлись микроэлементы в разных вариантах обработки семян озимой пшеницы, га ($x_1 - x_{10}$).

X1. Вариант посева озимой пшеницы - контроль (без обработки)

X2. Вариант посева озимой пшеницы с предпосевной обработкой семян $MnSO_4$

X3. Вариант посева озимой пшеницы с предпосевной обработкой семян $ZnSO_4$

X4. Вариант посева озимой пшеницы с предпосевной обработкой семян $MnSO_4 + ZnSO_4$

X5. Вариант посева озимой пшеницы с предпосевной обработкой семян и внекорневое внесение $MnSO_4$

X6. Вариант посева озимой пшеницы с предпосевной обработкой семян и внекорневое внесение $MnSO_4$

X7. Вариант посева озимой пшеницы с предпосевной обработкой семян и внекорневое внесение $MnSO_4 + ZnSO_4$

X8. Вариант посева озимой пшеницы с внекорневым внесением $MnSO_4$

X9. Вариант посева озимой пшеницы с внекорневым внесением $ZnSO_4$

X10. Вариант посева озимой пшеницы с внекорневым внесением $MnSO_4 + ZnSO_4$.

X11. Общая площадь посева озимой пшеницы

Ограничения задачи были составлены из условий, описывающих микроэлементы, отражающих условия возделывания, а также по расчету технико-экономических показателей. Общий размер задачи составил 11 переменных.

Цель задачи сводилась к определению микроэлементов-синергистов в технологии возделывания озимой пшеницы, которая обеспечивала бы максимальное значение функции.

$F(X) = 9,06439x_1 + 10,56307x_2 + 11,0721x_3 + 11,88965x_4 + 12,28207x_5 + 12,59886x_6 + 12,38767x_7 + 9,58604x_8 + 10,42071x_9 + 10,94871x_{10} \rightarrow \max$
при следующих условиях:

- По общей площади пашни:
 $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} = x_{11}$
 $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 - x_{10} - x_{11} = 0$
 $x_{11} = 100$
- По суммированию производственных затрат:
- По производству зерновой продукции:
- Условия технологии возделывания:

При выполнении условия не отрицательности переменных.

Математическая модель оптимизации внесения микроэлементов в технологии возделывания озимой пшеницы представлена в приложении.

В результате решения задачи с помощью программы MSExcel была получена оптимальная модель внедрения микроэлементов.

Решение задачи показало, что использование земельных угодий не вышло за пределы их наличия, общую площадь посевов предлагается оставить на уровне 100 га.

Рассмотрим финансовый результат от оптимизации внесения микроэлементов.

Таблица 93

Результат оптимизации внесения микроэлементов

Показатели	Фактические данные	Согласно решениям	Отклонение относительное, %
Производственные затраты, тыс. руб./ 1 га	1166,12	1203,85	103,24
Выручка от реализации продукции, тыс. руб. с 1 га	2274,25	2457,40	108,05
Стоимость валовой продукции, тыс. руб. с га	1108,13	1253,55	113,12
Уровень рентабельности производства, %	95,03	104,13	На 9,1 п.п.

Рассматривая данные таблицы 93, можно зафиксировать, что себестоимость товарной продукции в оптимальной модели возрастет на 3,2%. В оптимальном плане выручка от продажи товарной продукции составит 2457 тыс. руб., что на 8,05% выше фактического показателя. В результате чего в оптимальной модели возможно получение дохода в

размере 1253 тыс. руб., что на 13,13 % выше фактических данных. Предоставленные изменения отразятся на уровне рентабельности производства, этот показатель составит 104,13%.

Анализируя данные, можно отметить, что уровень рентабельности производства при оптимизации внесения микроэлементов увеличится на 9,1 процентный пункта.

В условиях настоящего времени, с тем, что страна переходит на рыночную экономику, систематически меняются цены на закупку материалов и услуг становится сложным определение объективной экономической оценки эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, а также применение разнообразных технологических приемов, при использовании современных экономических методов. Но при этом для новых сортов, интродуцируемых с/х культур, современных технологических способов, которые используются при определенных природных условиях, необходимо объективное оценивание преимуществ и недостатков. При таком способе объективного оценивания могут быть определены такие показатели как энергетическая эффективность возделывания культуры, сорта, а также применение технологических приемов.

Для подобных приёмов нужно учитывать все энергозатраты при возделывании сельскохозяйственных культур или использования технологических приемов, а также энергосодержание урожая, рассчитать окупаемость энергетических затрат энергосодержанием урожая исследуемой культуры. Энергетическое оценивание сорта с/х культуры или способа, в случае необходимости определения экономической эффективности может быть пересчитана в финансовые средства, при условии наличия данных о стоимости одного гектара.

Для осуществления производства в сельском хозяйстве являются энергоносители, без помощи которых нет возможности для формирования урожая, является солнечная радиация, которая составляет примерно 50 % из всех используемых энергетических затрат, а также все виды удобрений, горюче-смазочные материалы, труд, химические препараты, электроэнергия, оборудование и различные машины. Без использования этих факторов осуществление современных технологий становится невозможным, при этом, перенос энергетических средств в производство продукции приравнивается к энергозатратам на их собственное возделывание. При вычислении результатов эффективности применяемой технологии воспроизводства культуры необходимо располагать расчетами энергетических затрат на ее производство.

Заключение

Микроэлементы имеют существенное значение для физиолого-биохимических процессов, которые осуществляются в клетках растений.

Они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, входят в состав ферментов, витаминов являются компонентами определенных энзиматических систем. Нами установлено что микроэлементы являются активаторами ростовых процессов. В настоящей работе установлено, что молибден, цинк и марганец являются синергистами, т.е. они обладают взаимным усилением некоторых физиологических процессов. Микроэлементы цинк и марганец не редутилизуются в растениях их необходимо применять для листовой подкормки, они блокируют трансформацию тяжелых металлов в репродуктивные органы.

В настоящей работе установлено, что под влиянием микроэлементов-синергистов происходит усиление ростовых и физиологических процессов, более интенсивное поглощение минеральных веществ, повышение устойчивости к неблагоприятным факторам, повышается жаро- и засухоустойчивость и зимостойкость озимой пшеницы, повышается экологичная пластичность и экологическая чистота выращенной продукции, за счет уменьшения тяжелых металлов. Высокая эффективность микроэлементов в технологии выращивания обеспечивается при соблюдении агротехнических и в особенности системы обработки почвы и удобрений направленных на обеспечение растений пищей, водой, светом и теплом и являются обязательными требованиями для проявления стимуляции и улучшения воздушного и минерального питания растений.

Правильное использование приема предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки в конце второго этапа органогенеза обеспечивает относительно устойчивое повышение урожайности, мукомольных и хлебопекарных показателей яровой и озимой пшеницы.

По результатам наших многолетних исследований предпосевная обработка семян и внекорневая подкормка нереутилизирующимися микроэлементами - синергистами, как агроприем, организационно, энергетически и экономически оправдан, легко вписывается в технологию возделывание яровой и озимой пшеницы.

Предложение производству

Для оптимизации минерального питания, адаптации растений к неблагоприятным условиям среды, повышение урожайности и качества Яровой и озимой пшеницы рекомендуем сельскохозяйственным производителям проводить предпосевную обработку семян протравливателями ПС - 10 или «Мобитокс» растворами сульфатами марганца и цинка и внекорневая их внесение по вегетирующим растениям в конце второго этапа органогенеза 0,1 % растворе из расчета 180-200 л на 1 га.

Библиографический список

1. Пейве, Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов / Я.В. Пейве. - М.: Наука, 1980. - 430 с.
2. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. - М.: Колос, 1990. - 270 с.
3. Гайсин, И.А. Макро – и микроудобрения в интенсивном земледелии / И.А. Гайсин. – Казань: Тат. Книжное издательство, 1989. - 126 с.
4. Костин, В.И. Теоретические и практические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур физическими и химическими факторами / В.И. Костин. – Ульяновск, 1998. - 120 с.
5. Чернавина, И.А. Физиология и биохимия микроэлементов / И.А. Чернавина. – М.: Высшая школа, 1970. - 310 с.
6. Алиев, Д.А. Фотосинтетическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений / Д.А. Алиев. – Баку. Элм, 1978.- 336 с.
7. Власюк, П.А. Биологические элементы о жизнедеятельности растений / П.А. Власюк. – Киев, Наукова думка, 1969. – 326 с.
8. Мусоркина, Л.И. Влияние марганца на процесс усвоения нитратов в условиях избыточного увлажнения / Л.И. Мусоркина. – Л., 1976. – №2. – С. 22-26
9. Ягодин, Б.А. Микроэлементы в сбалансированном питании растений, животных и человека / Б.А. Ягодин, А.А. Ермолаев // Химия в сельском хозяйстве. – 1995, № 2-3. - С. 24 - 26
10. Минеев, В.Г. Агрохимия - М / В.Г. Минеев. – Изд-во МГУ; 1990. - 195 с.
11. Кефели, В.И. Физиология растений с основами микробиологии / В.И. Кефели, О.Д. Сидоренко. - М.: Колос, 1991. – 335 с.
12. Yeretsen, P.C. Manganese in relation to Photosynthesis / P.C. Yeretsen // Planta. Soil. – 1956 №2, - 323 – 325 p.
13. Arnon, D.L. Huiteme congres inteemational de balanigue, / D.L. Arnon // sect, 11. Et 12, Paris, 1954. – p. 73 – 80
14. Лебедев, С.И. Физиология растений / С.И. Лебедев. - Колос, 1982. – 462 с.
15. Школьник, М.Я. Влияние цинка на содержание гиббереллиноподобных веществ в листьях фасоли / М.Я. Школьник, В.Н. Давыдова // Физиология растений. - 1975 – Т.22, вып 5. – С. 1021 – 1024

16. Алехина, Н.Д. Физиология растений / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др. - М.: АСАДЕМА, 2005. – 636 с.
17. Пейве, Я.В. Руководство по применению микроудобрений / Я.В. Пейве. - М.: Сельхозиздат, 1963 – 254 с.
18. Evans, H.I. The effect of reduced triphosphopyridine dinucleotide of nitrate reduction by purified nitrate reductase / H.I. Evans, A. Wason // *Arch. Biochem and Biophys.* – 1952. – V.39. – P. 234 – 239
19. Nason, A. Triphosphopyridine nucleotide-nitrate reductase in *Neierospora* / A.Nason, H.Y. Evans // *Y. Biol. Chem* – 1953. - № 2. – P. 202
20. Аренс, И.А. Влияние молибдена на азотный обмен и активность нитратредуктазы яровой пшеницы / И.А. Аренс, Ю.Д. Иванов // - сб. Влияние свойств почв и удобрений на качество растений. М.: 1972. – С. 184 – 195
21. Sairam, R.K. Effekt of Sulfur and molybdenum levels on growth, nitrate assimilation and nutrient content of *Phalaris* / R.K. Sairam, A.R. Till, Y.I. Blair // *I. Plant wutz.* – 1995. – v. 18, № 10. – P. 2093 – 2103
22. Сафаралиев, П.М. Функционирование в нитратвосстанавливающей активности растений в условиях засоления / П.М. Сафаралиев. - Тезисы докладов 3 – го съезда Всесоюзного общества физиологов растений. - М.: 1992. – 189 с.
23. Ванкова - Радаева, Р.В. Индуцированное молибденом повышение морозостойкости озимой пшеницы выращенной на почве с низким pH / Р.В. Ванкова – Радаева, И.А. Янева, В.Д. Байзанова и др. // *Физиология растений.* – 1997. – Т.44, №2. – С. 235 – 241
24. Мударисов, Ф.А. Изучение действия пектина и микроэлементов на зимостойкость и качество озимой пшеницы / Ф.А. Мударисов // Автореферат дис. кандидата сельскохозяйственных наук. – Казань, 2001. – 24 с.
25. Семенов, А.Ю. Влияние предпосевной обработки пектином и микроэлементами на физиолого – биохимические процессы и урожайность озимой ржи / А.Ю. Семенов // Автореферат дис. кандидата сельскохозяйственных наук. – Казань, 2002. – 20 с.
26. Knittel, H. Welche Bedintund haben die Spusennahrstoffe im Yetreideban / H. Knittel // *Yetreide Mag.* – 1999. – v5, №2 – P. 102 – 103
27. Костин, В.И. Микроэлементы и урожай сахарной свеклы / В.И. Костин. - Информационный листок ЦНТИ. - №73-74 – Ульяновск, 1972. – 4 с.
28. Костин, В.И. Предпосевное замачивание семян сахарной свеклы растворимых микроэлементов / В.И. Костин. - Информационный листок ЦНТИ. - № 3-72 – Ульяновск, 1932. – 4 с.

29. Костин, В.И. Экономическая эффективность влияния микроэлементов при возделывании сахарной свеклы / В.И. Костин. - Информационный листок ЦНТИ. - № 141- 174 – Ульяновск, 1977. – 4 с.

30. Костин, В.И. Влияние микроэлементов на урожай кормовой свеклы / В.И. Костин. - Информационный листок ЦНТИ. - № 372-77-377 – Ульяновск, 1972. – 4 с.

31. Костин, В.И. Влияние инокуляции семян гороха ризоторфином с микроэлементами на ее продуктивность / В.И. Костин, О.В. Костин. - Информационный листок ЦНТИ. - № 264 - 31 – Ульяновск, 1991. – 4 с.

32. Костин, В.И. Влияние микроэлементов на урожай и качество кукурузы, возделываемый на силос / В.И. Костин. - Информационный листок ЦНТИ. - № 23 – 86 – Ульяновск, 1986. – 4 с.

33. Костин, В.И. Применение микроэлементов для повышения качества яровой пшеницы / В.И. Костин, В.А. Исайчев. - Информационный листок ЦНТИ. - № 53-94 – Ульяновск, 1994. – 4 с.

34. Костин, В.И. Комплексное действие пектинов *Amarantuscruentus* и микроэлементов на урожайность сельскохозяйственных культур / В.И. Костин, Е.Н. Офицеров. - Четвертая международная конференция «Регуляторы роста и развития растений». - М.: - 1997. – 23 – 26 с.

35. Guillon, F., Thibault I.F. Further characterization of acid – and alkalisoluble pectins from sugar beet pulp // *Lebensm. Wiss. Und Technol.* – 1998. – Vol.21. – P. 198 – 205

36. Thomas, J.R., Darvill, A.G., Albersheim. Isolation and structural characterization of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan 11 from walls of suspension cultured rice cells // *Carbohydrate Research.* – 1989. – Vol. 185. – P. 261 – 277

37. Thomas, J.R., Darvill, A.G., Albersheim. Rhamnogalacturonan I.A. pectic polysaccharide that is a component of monocot cell walls // *Carbohydrate Research.* – 1989. – Vol.185. – P.279 – 305

38. Nries, J.A., Viji C.H., Voragen A.G.J., et al. Structural features of the neutral sugar side chains of apple pectic substances // *Carbohydrate polymers.* – 1983. – n3. – P. 193 – 205

39. Цапаева, О.В. Изучение особенностей структуры аморантового пектина / О.В. Цапаева, А.А. Лапин, В.Ф. Мирогов и др. // «Люпин и амарант – источник новых и диетических продуктов». - Санкт – Петербург. - 1996. - С. 39 – 40

40. Батыгин, Н.Ф. Онтогенез высших растений / Н.Ф. Батыгин. - М.: Агропромиздат. - 1988. – 102 с.

41. Костин, В.И. Использование пектина и микроэлементов, как регуляторов роста и развития растений / В.И. Костин, В.А. Исайчев. - Вестник УГСХА, серия «Агрономия». Ульяновск, 2000. – 5 – 9 с.
42. Зарубина, М.А., Гусева, Н.Н., Жакоте, А.Г. и др. Адаптивные реакции культурных растений на биотические и абиотические стрессы / М.А. Зарубина, Н.Н. Гусева, А.Г. Жакоте // Сельскохозяйственная биология. – 1988. - №2. – С. 111 – 117
43. Костин, В.И. Теоретические основы метода предпосевной обработки семян различными физическими и химическими факторами / В.И. Костин // Сборник материалов Всеросс. науч.- практ. конферен. «Энергосберегающие технологии в растениеводстве». – Пенза, 2005. - С. 3 - 11
44. Жирмунская, Н.М., Шаповалов А.А. Физиологические аспекты применения регуляторов роста для повышения засухоустойчивости растений / Н.М. Жирмунская, А.А. Шаповалов // Агрохимия. – 1987.- № 6. - С. 102 - 119
45. Верхотуров, В.В. Взаимное влияние пероксидазы и низкомолекулярных антиоксидантов при прорастании семян пшеницы / В.В. Верхотуров. - Автореф. дис. канд. биол. наук. – Иркутск, 1999. - 19 с.
46. Зенков, Н.К., Меньшикова Е.Б., Вольский Н.Н., Козлов В.А. Внутриклеточный окислительный стресс и апоптоз / Н.К. Зенков, Е.Б. Меньшикова, Н.Н. Вольский, В.А. Козлов // Успехи современной биологии. – 1999. – Т. 119. - № 5. – С. 440 – 450.
47. Покровская, Н.Ф. Компонентный состав глиадинов, амилазы и пероксидазы зерна высокобелковых сортов мягкой пшеницы Австралии / Н.Ф. Покровская, М.Р. Рустамова // Бюлл. ВНИИР. – 1977. – Вып. 73. – С. 21 – 24.
48. Костин, В.И. Физиологический механизм воздействия пектина и микроэлементов при прорастании семян зерновых культур / В.И. Костин, В.А. Исайчев, О.Г. Музурова // Вестник РАСХН. - № 4. – 2006. – С.38 – 40.
49. Дарканбаев, Т.Б. О состоянии амилазы в процессе созревания и прорастания зерна пшеницы / Т.Б. Дарканбаев // Биохимия зерна и хлебопечения. – 1964. – С. 67
50. Романов, А.В. Эколого – физиологические аспекты предпосевной обработки семян фиторегуляторами и микроэлементами в агроценозе яровой пшеницы / А.В.Романов // Автореф. дис. канд. биол. наук. – Казань, 2004. – 23 с.

51. Manners, D.J. Some aspects of the structure of starch / D.J. Manners // *Peant Cazlohydzate. Riochem. Proc. Phytochem. Symp / Cdinling.* – 1973 London, New York, 1971. – P. 109 - 125

52. Salcedo, C. Lopez-Otin, Sanchez-Monde Q Wheat innilitozs of hetezogenous amilazes chazectezezization of monomezic dass / C. Salcedo, C. Lopez – Otin, R. Sanchez – Monde // *Peant Physiol.* – 1991. - №3. – P. 768 - 774

53. Исайчев, В.А. Физиолого – биохимические процессы в проращении семян озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки росторегуляторами и микроэлементами / В.А. Исайчев, О.Г. Музурова // *Материалы Международной научно - практической конференции «Молодежь и наука XXI века».* – Ульяновск, 2006. - С. 60 – 66.

54. Тупицын, Н.В. Селекция озимой пшеницы на зимостойкость в Ульяновской области / Н.В. Тупицын // *Зерновое хозяйство.* – 2001 - № 1(4). - С. 25 – 27.

55. Проценко, Д.Ф., Власюк П.А., Колоша О.И. Зимостойкость зерновых культур / Д.Ф. Проценко, П.А. Власюк, О.И. Колоша // - М.: Колос, 1965. – 383 с.

56. Стаценко, А.П. Математическое моделирование и прогноз морозостойкости озимой пшеницы / А.П. Стаценко // *Зерновые культуры.* – 1997. - №3. – С. 18.

57. Гуманов, И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений / И.И. Гуманов // - М.: Наука, 1979. – 350 с.

58. Дорофеев, Н.В., Пешкова А.А. Озимая пшеница для Восточной Сибири / Н.В. Дорофеев, А.А. Пешкова // *Физиология, электрофизиологи, ботаника и интродукция сельскохозяйственных растений.* – Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2001. – С. 55-58.

59. Колоша, О.И., Костенко И.И. Устойчивость растений к неблагоприятным температурным условиям среды / О.И. Колоша, И.И. Костенко // - Киев: Наукова Думка, 1976. – С.5 – 10.

60. Проценко, М.А. Физиология растений / М.А. Проценко // - 1996. – Т.43. - № 5. – С. 765

61. Белецкая, Е.К. Физиологические основы устойчивости озимых культур к избытку влаги / Е.К. Белецкая. - Киев: Наукова Думка, 1979. – 210 с.

62. Исайчев, В.А. Фотосинтетическая деятельность растений озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян пектином и микроэлементами / В.А. Исайчев, Ф.А. Мударисов // *Зерновое хозяйство.* – М.: - 2003. - №7. – С. 19 – 21

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

64. Шатилов, Н.С. Фотосинтетический потенциал и урожай зерновых / Н.С. Шатилов, А.Г. Замараев, Г.В. Чаповская // Известия. КГСХА. – 1979. - №4. – С. 18 – 29

65. Шатилов, И.С. Фотосинтетический потенциал и продуктивность клевера красного в полевых условиях / И.С. Шатилов, Г.С. Голубева // Изд-во ТСХА, 1969. - №4. – С. 85 – 92

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

67. Семенов, А.Ю. Влияние предпосевной обработки пектином и микроэлементами на физиологи – биохимические и урожайность озимой ржи / А.Ю. Семенов. - Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Казань, 2002. – 20 с.

68. Линг, С.С. Физиологическое обоснование инкрустирования семян ячменя природными биологически активными веществами / С.С. Линг. - Автореф. дис. канд. биол. наук. – Минск, 1998. – 17 с.

69. Чиков, В.И. Донорно – акцепторное отношение между производством и потреблением ассимилянтов продукционных процессов пшеницы / В.И. Чиков, С.Б. Чемикосова, Г.Г. Бакирова // - Саратов, 1984. – С. 119 – 120

70. Костин, В.И. Влияние обработки семян физическими и химическими факторами на физиологические процессы, урожайность и качество сельскохозяйственных растений / В.И. Костин. - Диссерт. докт. сельскохозяйственных наук в форме научного доклада. – Кинель, 1999. – 86 с.

71. Долгополова, Л.А. Оценка эффективности регуляторов роста растений гороха / Л.А. Долгополова, А.П. Лохомов и др. // Регуляторы роста растений. – Л., 1989. – С. 5 – 10

72. Павлов, А.Н. Повышение содержания белка в зерне / А.Н. Павлов. - М.: Наука, 1984. – 119 с.

73. Плешков, Б.П. Практикум на биохимии / Б.П. Плешков. - М.: Колос, 1985. – 254 с.

74. Исайчев, В.А. Накопление тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы / В.А. Исайчев, Ф.А. Мударисов, О.Г. Музурова // Сборник материалов Международной научно-методической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса». – Иваново, 2005. - С. 61 – 63

75. Аболина, Г.И. Особенности роста и развития культур яровой пшеницы и ее физиологическая устойчивость в условиях Казахстана / Г.И. Аболина. - Автореф. дис. канд. биол. наук, - 1963. - 38 с.

76. Посыпанов, Г.С. Производство биологически чистой продукции растениеводства / Г.С. Посыпанов // Аграрная наука, - 1999. - №12. - С. 12 - 19

77. Елькина, Г.Я. Влияние тяжелых металлов на урожайность и физиолого - биохимические показатели овса / Г.Я. Елькина // Агрохимия. - 2001. - №8. - С. 73 - 78

78. Фатеев, А.Н. Миграция, транслокация и фитотоксичность тяжелых металлов при полиэлементном загрязнении почвы / А.Н. Фатеев // Агрохимия. - 2001. - №3. - С. 5 - 6

79. Ильин, В.Б. Фоновое содержание кадмия в почвах Западной Сибири / В.Б. Ильин // Агрохимия. - 1991. - №5. - С. 105 - 108

80. Носовская, И.И. Влияние длительного систематического применения различных форм минеральных удобрений и навоза на накопление в почве и хозяйственный баланс кадмия, свинца, никеля и хрома / И.И. Носовская, Г.А. Соловьев, В.С. Егоров // Агрохимия. - 2001. - №1. - С. 82 - 91

81. Рукина, Н.И. Активность каталазы и всхожесть зерна пшеницы при термической обработке / Н.И. Рукина, Е.Т. Артамонова // Биология, агротехника, селекция и семеноводство полевых культур в Западной Сибири. - ОМСК, 1978. - С. 91 - 96

82. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. - М.: Высшая школа. - 1989. - 464 с.

83. Nagima, J. Peroxidases and germinated wheat seeds Rev zont / J. Nagima, V.A. Lexandesaz // Biodim. - 1978. - V.15. - №4. - P.273 - 274

84. Тарчевский, И.А. Регуляторная роль деградации биополимеров и липидов / И.А. Тарчевский // Физиология растений. - 1992. - Т.39. №6. - С. 1215 - 1223

85. 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

86. Ничипорович, А.А., Власова М.П. 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. Вып. 1. - С. 19 - 28

87. Ничипорович, А.А. Цель и задачи симпозиума / А.А. Ничипорович // В кн.: Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 8 – 12

88. Устенко, Г.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевных как основа формирования высоких урожаев / Г.П. Устенко // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Ид-во АН СССР, 1963. – С. 37 – 71

89. Бараев, А.И. Яровая пшеница / А.И. Бараев, Н.М. Бакаев, М.Л. Веденеева и др. // - М.: Колос, 1978. – 250 с.

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

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

92. 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

93. Курносова, Т.Л. Формирование продуктивности пшеницы и тритикале на фоне предпосевной обработки селеном, кремнием и цинком в условиях окислительного стресса вызванного засухой / Т.Л. Курносова, Л.В. Осипова, И.В. Верниченко и др. // Проблемы агрохимии и агроэкологии. – 2017. - №3. – С. 13 – 23

94. Оканенко, А.С. Влияние различного водного режима на интенсивность фотосинтеза / А.С. Оканенко // Проблемы фотосинтеза. – Изд-во АН СССР, 1959. – С. 132 - 137

95. Ничипорович, А.А. Цель и задачи симпозиума / А.А. Ничипорович // В кн.: Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 8 – 12

96. 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

97. Мударисов, Ф.А. Эффективность работы фотосинтетического аппарата в посевах озимой пшеницы после семян пектином и микроэлементами / Ф.А. Мударисов, Г.А. Зейберт // Сб. физиолого – биохим.

мические аспекты обработки сельскохозяйственных культур. – Ульяновск, 2003. – С. 114 – 118

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

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

100. Костин, В.И. использование пектина и микроэлементов как регуляторов роста и развития растений / В.И. Костин, Е.И. Офицеров, В.А. Исайчев // Вестник УГСХА, серия «Агрономия». – Ульяновск, 2000.- №1. – С. 24-30

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

102. 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

103. Исайчев, В.А. Оптимизация продуктивного процесса сельскохозяйственных культур под воздействием микроэлементов и росторегуляторов в условиях лесостепи Поволжья / В.А. Исайчев // Автореф. дис. докт. с.-х. наук. – Казань, 2004. – 47 с.

104. Мударисов, Ф.А. Предпосевная обработка семян озимых культур пектином и микроэлементами как фактор получения экологически чистой продукции. В сборнике «Экологические проблемы Среднего Поволжья / Ф.А. Мударисов, Т.А. Антонова // Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Ульяновск, 1999. – С. 194 – 195

105. Исайчев, В.А. Предпосевная обработка семян пектином из *Amaranthusruentus* путь к повышению посевных качеств и урожайности озимой пшеницы / В.А. Исайчев, Ф.А. Мударисов // - Инф. листок ЦНТИ,ИЛ № 77 – 025 – 00. - Ульяновск, 2000. – С. 3

106. Мударисов, Ф.А. Зависимость урожайности озимой пшеницы от физиологических параметров применения пектина и микроэлементов / Ф.А. Мударисов // В сборнике: Молодые ученые агропромышленного комплекса. Материалы областной межвузовской научно-практической конференции. Часть 1. – Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия. – 2000. – С. 34 – 36

107. Мударисов, Ф.А. Влияние микроэлементов – синергистов на фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы / Ф.А.

Мударисов, В.И. Костин, А.И. Семашкина // - Вестник Ульяновской ГСА. – 2017. - №4 (40). – С. 30 – 35

108. Охрименко, М.Ф. К вопросу о влиянии на растений сочетаний микроэлементов / М.Ф. Охрименко, Л.М. Кузьменко, А.А. Сивак // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений. – Киев: Наукова Думка, 198. – С. 16 – 20

109. 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 государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. - №2(23). – С. 17 – 22

110. 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

111. Пырова, С.А. Влияние обработки семян микроэлементами и экстраСОЛОМ на формирование продуктивности яровой пшеницы в Среднем Поволжье / С.А. Пырова. - Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Саратов, 2005. – 18 с.

112. 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

113. 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

114. 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

115. Городний, Н.М. и др. Содержание микроэлементов в почвах УССР и эффективность микроудобрений / Н.М. Городний, Н.Ф. Вовкотруб, В.А. Куроедов // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. – Самарканд, 1990. – С. 142 – 144

116. Амиров, М.Ф. Предпосевная обработка семян микроэлементами и качество зерна яровой пшеницы / М.Ф. Амиров // *Агрохимический вестник*. – 2007. - №4. – С. 16 - 17

117. Андреев, Н.Н. Влияние пектина и микроэлементов на аминокислотный состав семян гороха / Н.Н. Андреев // *Вестник Ульяновской ГСХА*. – 2000. - №1. – С. 17 – 20

118. Балашов, В.В. Эффективность предпосевной обработки семян нута микроудобрениями на каштановых почвах Волгоградской области / В.В. Балашов, И.А. Васина // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2015. - №2 (38).- С. 18 – 22

119. Костин, В.И. Физиологические аспекты применения физических факторов, микроэлементов и регуляторов роста для повышения засухоустойчивости растений / В.И. Костин, В.А. Исайчев, С.Н. Решетникова // *Вестник Ульяновской ГСХА*. – 2011. - №3(27). – С. 58 - 67

120. Кожушко, Н.Н. Водоудерживающая способность как показатель засухоустойчивости растений / Н.Н. Кожушко // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – Л.: - 1976. – Том 57, выпуск 2. – С. 59

121. Залалов, А.А. О механизмах адаптации водного обмена растений к условиям водного дефицита и засухи / А.А. Залалов, И.О. Ионенко // *Сельскохозяйственная биология*. – 1994. - № 5. – С. 12 - 20

122. Леонтьева, А.И. Влияние теплового шока на активность фосфатаз растений гороха / А.И. Леонтьева, Н.А. Кочеткова // *Физиология, электрофизиология, ботаника и интродукция сельскохозяйственных растений: сборник научных трудов / Нижегородская ГСХА.- Нижний Новгород, 2001. – С. 163 – 166*

123. Костин, В.И. Влияние мелафена на урожайность и качество яровой пшеницы при различных способах обработки почвы / В.И. Костин, О.А. Ткачук // *Состояние исследований и перспективы применения регулятора роста растений нового поколения «мелафен» в сельском хозяйстве и биотехнологии*. – Казань, 2006. – С. 40 - 44

124. Epstein, E. *Plant Physiol* / E. Epstein, O. Hager, 1952. – P. 457 – 474

125. Epstein, E. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives* / E. Epstein, Arnold J. Bloom. 2 edition. – Sinauer Associates, 2004. – 400 p.

126. Гэлстон, А. Жизнь зеленого растения / А. Гэлстон, П. Девис, Р. Сэттер // - М.: Мир, 1983. – 552 с.

127. Власюк, П.А. Научные разработки по микроэлементам и перспективы развития в УССР и МССР / П.А. Власюк // Микроэлементы в окружающей среде. – Киев: Наукова Думка, 1980. – С. 5 - 13
128. Курсанов, А.Л. Транспорт ассимилянтов в растении / А.Л. Курсанов. - М.: Наука, 1976. – 646 с
129. Сабинин, Д.А. Физиологические основы питания растения / Д.А. Сабинин. - М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 512 с
130. Гуральчук, Ж.С. Взаимодействие магния и цинка в питании и обмене веществ / Ж.С. Гуральчук, И.Н. Гуров // В кн. Физиологические основы повышения эффективности минерального питания растений. – Киев: Наукова Думка, 1987. – С. 84 - 89
131. Охраменко, М.Ф. К вопросу о влиянии на растения сочетаний микроэлементов / М.Ф. Охраменко, Л.М. Кузьменко, А.А. Сивак // Сб.: Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений. – Киев: Наукова Думка, 1984. – С. 16 – 20
132. Kostin V.I. Prospects of use of growth regulators of new generation and microelements-synergists in technology of cultivation of a sugar beet / V.I.Kostin, A.V. Dozorov, V.A. Isaychev, V.A. Oshkin // Proceedings of International scientific and technical Conference named after Leonardo da Vinci. – Berlin: Wissenschaftliche Welt e. V., 2014.-№2. – P. 41-50.
133. Костин, В.И. Синергетическое действие микроэлементов при внекорневой подкормке сахарной свеклы / В.И. Костин, В.А. Ошкин // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 декабря 2013 года: в 14 частях. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2014. – Часть 4. – С. 81 - 82
134. Костин, В.И. Эффективность нереутилизирующихся микроэлементов в свеклосахарном производстве / В.И. Костин, В.А. Ошкин // Сахарная свекла. – 2014. - №2. – С. 40 - 41
135. Костин, В.И. Изучение взаимодействия микроэлементов и мелафена на технологические качества корнеплодов сахарной свеклы / В.И. Костин, В.А. Ошкин // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2014. - №4(28). – С. 64 - 69
136. Костин, В.И. Теоретические и практические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур физическими и химическими факторами / В.И. Костин. - Ульяновск, 1998. – 120 с.
137. Дозоров, А.В. Оптимизация продукционного процесса гороха и сои в условиях лесостепи Поволжья / А.В. Дозоров, О.В. Костин. - Ульяновск, 2003. – 166 с.

138. Костин, В.И. Физиологические аспекты применения физических факторов микроэлементов и регуляторов роста для повышения засухоустойчивости растений / В.И. Костин, В.А. Исайчев, С.Н. Решетникова // Вестник УГСХА, 2014. - №3(27). – С. 58 – 67
139. Костин, В.И. Взаимодействие микроэлементов – синергистов в различных сельскохозяйственных растениях при обработке семян и листовой подкормке / В.И. Костин, В.А. Исайчев // Вестник Ульяновский ГСХА: научно-теоретический журнал. – Ульяновск: УлГАУ, 2019. - №2(46). – С. 71 – 77
140. Костин, В.И. Элементы минерального питания и росторегуляторы в онтогенезе сельскохозяйственных растений / В.И. Костин, В.А. Исайчев, О.В. Костин // - М.: изд-во Колос, 2004. – 290 с.
141. Обручева, Н.В. Уровень оводненности как пусковой факто мобилизации крахмала и белка, при прорастании семян гороха / Н.В. Обручева, Л.С. Ковадло, А.А. Прокофьев // Физиология растений. - 1988. Т.35. - №2. – С. 322 – 328
142. Антипова, О.В. Подготовка к прорастанию зародышей пшеницы в связи с поступлением воды / О.В. Антипова, А.Л. Швалева // Доклад РАН, 1999. – Т.369. - №3. – С. 400 – 403
143. Акаев, М.М. Латентные формы альфа амилазы алеиронового слоя зерна пшеницы / М.М. Акаев, О.В. Фурсов // Физиология и биохимия культурных растений, 1984. – Т.37. – №6. – С. 382 – 386
144. Акаев, М.М. Синтез, активация и секреция альфа амилазы алеиронового слоя и щитка зерновки пшеницы / М.М. Акаев, О.В. Фурсов // Физиология растений, 1990. – Т.37. – №6. – С. 1180 – 1185
145. Фурсов, О.В. Свойства и особенности амилаз зерна злаков / О.В. Фурсов, В.А. Кузольев, М.М. Акаев // Ферменты и качество зерна. – Алма – Ата: Наука, 1987. – С. 41 – 61
146. Покровская, Н.Ф. Компонентный состав глиадинов, амилазы и пероксидазы зерна высокобелковых сортов мягкой пшеницы Австралии / Н.Ф. Покровская, М.Р. Рустамова // Бюллетень ВНИИР, 1997. – Вып.73. – 21 – 24 с.
147. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кротович // - М.: Колос, 1989. – 367 с.
148. Овчаров, К.Е. Физиология формирования и прорастания семян / К.Е. Овчаров. - М.: Колос, 1976. – 255 с.
149. Глущенко, Н.Н. Автоокисление фосфолипидов и действие на него восстановительных тиолов и металлов переменной валентности / Н.Н. Глущенко, А.Ф. Яковлев, В.В. Образцов и др. // Биоантиокислители. – М.: Наука, 1975. – С. 206 – 211

150. Чернавина, И.А. О влиянии молибдена на динамику аскорбиновой кислоты в растении / И.А. Чернавина, Г.О. Кунке // Научный доклад высшей школы биол. науки, 1959. - Вып.2. - С. 19 - 32
151. Шевелуха, В.С. О некоторых актуальных вопросах изучения физиологии растений / В.С. Шевелуха // Биология и агротехника сельскохозяйственных культур. Горки: Белорусская СХА, 1970. - Т. 64. - С. 52 - 60
152. Ничипорович, А.А. Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве / А.А. Ничипорович. - М.: Колос, 1970. - 320 с.
153. Шатилов, И.С. Фотосинтетический потенциал и продуктивности клевера красного в полевых условиях / И.С. Шатилов, Г.С. Голубева // - Изд-во ТСХА, 1969. - Вып.4. - С. 85 - 92
154. Исайчев, В.А. Влияние предпосевной обработки микроэлементами на динамику редуцирующих сахаров в растениях твердой яровой пшеницы / В.А. Исайчев // Материалы Всероссийской научно-производственной конференции. - Ульяновск, 2003. - С. 60 - 62
155. Бараев, А.И. Яровая пшеница / А.И. Бараев, Н.М. Бакаев, М.Л. Веденеева и др. - М.: Колос, 1978. - 250 с.
156. Кандауров, В.И. Активность отдельных органов пшеницы в период формирования и налива зерна / В.И. Кандауров, В.К. Мовчан // Сельскохозяйственная биология. - 1970. - Т.5. - №1. - С. 12 - 15
157. Ситникова, З.И. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность яровой пшеницы / З.И. Ситникова, Б.Б. Нагуманов // Труды ОмСХИ, 1978. - Т.144. - С. 75 - 78
158. Удовенко, Г.В. Влияние засоления на утилизацию ассимилятов у пшеницы / Г.В. Удовенко, Г.В. Давыдова // Труды по прикладной ботанике, генетике. - 1978. - Т.71. Вып.1. - С. 27 - 33
159. Павлов, А.Н. Повышение содержания белка в зерне / А.Н. Павлов. - М.: Наука, 198. - 119 с.
160. Мамонов, Л.М. Особенности развития листовой поверхности яровой пшеницы в засушливых условиях / Л.М. Мамонов, Ф.А. Полимбетова // Сельскохозяйственная биология. - 1970. - Т.5. - №1. - С. 131 - 133
161. Медведев, А.М. Сравнительное изучение площади листов и фотосинтетического потенциала посева различных позасухоустойчивости сортов яровой пшеницы / А.М. Медведев, И.И. Разумова // Бюлл. ВАСХНИЛ, 1986. - Вып.184. - С. 13 - 15
162. Петин, Н.С. Физиология орошаемой пшеницы / Н.С. Петин. - М.: Наука, 1984. - 119 с.

163. Кефели, В.И. Рост растений / В.И. Кефели. - М.: Колос, 1984. - 59 с.

164. Костин, В.И. Использование предпосевной обработки семян пектином и микроэлементами для повышения их посевных качеств / В.И. Костин, А.В. Дозоров, В.А. Исайчев // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2001. - С.28-30

165. Дозоров, А.В. Влияние предпосевной обработки семян пектином и микроэлементами на качество урожая озимой пшеницы, гороха и сои / А.В. Дозоров, В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев // Зерновое хозяйство, 2001. - №4. - С. 31 - 33

166. Костин, В.И. Фракционный состав белка озимой пшеницы в зависимости от использования пектина / В.И. Костин, В.А. Исайчев, Ф.А. Мударисов // Сб. Физиология, электрофизиология, ботаника и интродукция сельскохозяйственных растений. - Нижний Новгород, 2001. - С.103 - 106

167. Мударисов, Ф.А. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от регулятора роста / Ф.А. Мударисов, О.В. Костин // Сб. Аграрная наука и образование в реализации национального проекта «Развитие АПК» Ульяновск, 2006. - С. 35 - 37

168. Исайчев, В.А. Реакция сорта озимой пшеницы на показатели качества зерна в зависимости от обработки семян пектина и микроэлементами / В.А. Исайчев, Ф.А. Мударисов // Сб. Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии. Рязань, 2003. - С. 146 - 148

169. Исайчев, В.А. Влияние пектина и микроэлементов на биологическую полноценность зерна сельскохозяйственных культур. / В.А. Исайчев, Ф.А. Мударисов // Сб. Пути повышения качества зерна и продуктов его переработки. Самара, 2002. - С. 47- 50

170. Костин, В.И. Использование пектина и микроэлементов как фактор роста и развития растений / В.И. Костин, Е.Н. Офицеров, В.А. Исайчев // Вестник УГСХА серия Агронома - Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2000. - С. 5 - 9

171. Костин О.В. Влияние пектина *Amarantuscruentus* на урожайность и мукомольные показатели качества муки озимой пшеницы / О.В. Костин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2008. - №8. - С. 22 - 25

172. Костин О.В. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от регуляторов роста / О.В. Костин, Ф.А. Мударисов // «Аграрная наука и образование в реализации национального проекта «Развитие АПК». - Ульяновск, 2006. - Ч.1. - С. 35 - 37

173. Минеев, В.Г. Агротехнические основы повышения качеств зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. - М.: Колос, 1988. -288 с.
174. Жердецкий И.Н. Влияние внекорневой подкормки микроудобрениями на продуктивность сахарной свеклы и содержание в ней макроэлементов / И.Н. Жердецкий, А.С. Заришняк, А.В. Ступенко // Агрохимия. - 2010. - №10. - С. 20 - 27
175. Жердецкий, И.Н. Площадь листовой поверхности на фоне внекорневых подкормок / И.Н. Жердецкий // Сахарная свекла. - 2010. - №5. - С. 30-33
176. Карпук, Л.М. Эффективна ли внекорневая подкормка / Л.М. Карпук // Сахарная свекла. – 2013. - №4. – С. 15 - 17
177. Ошкин, В.А. Влияние внекорневой подкормки на технологические качества корнеплодов / В.А. Ошкин, В.И. Костин, Н.В. Смирнова // Вестник УГСХА. - 2016. - №1 (33). - С. 72 - 75
178. Ошкин, В.А. Использование микроэлементов для внекорневой подкормки сахарной свеклы / В.А. Ошкин // Сбор. Научное Обеспечение АПК. Итоги и перспектива. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. - Том 1. - С. 100 - 102
179. Костин, В.И. Изменение показателей водообмена растений сахарной свеклы под действием внекорневой подкормки / В.И. Костин, В.А. Ошкин // Ульяновский медико - биологический журнал.- 2017. - №2. – С. 145-152
180. Шатилов, Н.С. Фотосинтетическая продуктивность клевера красного в полевых условиях / Н.С. Шатилов, Г.С. Голубева // Изд-во ГСХА, 1969. - Вып.4. - С. 85 - 92
181. Никитин, С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамики ростовых процессов при применении биологических препаратов / С.Н. Никитин // Успехи современного естествознания. - 2017. - №1. - С. 33 - 38
182. Серегина, И.Н. Влияние предпосевной обработки семян цинком на рост яровой пшеницы и устойчивость к водному стрессу на ранних этапах онтогенеза / И.Н. Серегина, Н.Т. Ниловская и др. // Агрохимия, 2005. - №8. - С. 28 - 31
183. Серегина, И.Н. Продуктивность и фотосинтетическая деятельность растений пшеницы при применении цинка в условиях дефицита влаги в почве / И.Н. Серегина // Агрохимический вестник, 2011. - №6. - С. 15 - 18
184. 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. - Т.14. - С. 54 - 57

185. Мударисов, Ф.А. Влияние марганца и цинка в составе микроудобрений на урожайность и мукомольные показатели озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Ф.А. Мударисов // В сборнике: Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Куликовой Алевтины Христофоровны. - 2017. - С. 280 - 283

186. Мударисов, Ф.А. Инновационная технология увеличения выхода хлебопекарной муки при выращивании озимой пшеницы в почвах с низким содержанием цинка и марганца в условиях лесостепи Среднего Поволжья РФ / Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, М.К. Садыгова // В сборнике: Проблемы производства и переработки органической продукции животноводства, птицеводства и растениеводства // Сборник статей международной научно-практической конференции. - 2017. - С. 104 - 107

187. Мударисов, Ф.А. Мукомольные и хлебопекарные показатели озимой пшеницы сорта Волжская 100 в зависимости от обработки семян пектином и микроэлементами / Ф.А. Мударисов, Л.Н. Фахретдинова, Т.Н. Маркачева // «Региональные проблемы народного хозяйства.- УГСХА. - Ульяновск, 2004. - С. 34 - 38

188. Мударисов, Ф.А. Перспективы использования микроэлементов в технологии озимой пшеницы / Ф.А. Мударисов, А.И. Кривова, В.И. Костин // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы VII Международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 288 - 291

189. Мударисов, Ф.А. Физико-химические свойства зерна озимой пшеницы сорта Волжская 100 после обработки семян пектином и микроэлементами / Ф.А. Мударисов, Т.Н. Маркачева, В.А. Исайчев // Материалы Всероссийского научно-практической конференции // Современное развитие АПК: региональный опыт, проблемы, перспективы. Часть 2. Проблемы повышения продуктивности, устойчивости и экологичности земледелия и растениеводства. - Ульяновск, 2005. - С. 3 - 6

190. Мударисов, Ф.А. Аналитическая зависимость между способами использования марганца, цинка и выходом хлебопекарной муки озимой пшеницы / Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, Ю.М. Исаев, М.К. Садыгова // Сахарная свекла. - 2018. - №5. - С. 36 - 38

191. Мударисов, Ф.А. Анализ зависимости показателей качества хлеба от способов использования микроэлементов в технологии озимой пшеницы / Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, Ю.М. Исаев, М.К. Садыгова // Нива Поволжья. - 2018. - №3. - С. 44 - 48
192. Мударисов, Ф.А. Оценка влияния агротехнических приемов возделывания озимой пшеницы на качество муки на основании реологического профиля теста / Ф.А. Мударисов, М.К. Садыгова, В.И. Костин // Вестник Мичуринского ГАУ. - 2018. - №2. - С. 50 - 56
193. Mudarisov, F.A. Milling and baking qualities of winter wheat after pre-sowing seed and foliar treatment with microelements-synergists / F.A. Mudarisov, V.I. Kostin, V.A. Isaychev // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. T.9. - №6. - С. 435 - 441
194. Мударисов, Ф.А. Влияние марганца и цинка на реологические свойства пшеничного теста / Ф.А. Мударисов, М.К. Садыгова // В сборнике: Теория и практика комплексного применения регуляторов роста, макро- и микроэлементов в растениеводстве. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55 - летию научной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академии РАЕН, Заслуженного работника высшей школы РФ Костина Владимира Ильича. - 2018. - С. 88 - 93
195. Семашкина, А.И. Влияние микроэлементов цинка и марганца на мукомольные и хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы / А.И. Семашкина, Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, Т.Д. Игнатова // Сахарная свекла. - 2017/7. - С. 36 - 40
196. Бурунов, А.Н. Эффективность применения микроэлементного удобрения «МЕГАМИКС» на яровой пшенице / А.Н. Бурунов // Нива Поволжья. - 2011. - №1 (18). - С. 9 - 12
197. Кулеватова, Т.Б. Влияние поражения зерна озимой пшеницы клопом-черепашкой (*Eurygaster integriceps* Put.) на показатели реологических свойств теста / Т.Б. Кулеватова, Л.В. Андреева, Г.В. Пискунова, В.А. Матвеева // Агро XXI. - 2013. - №4-6. - С. 27-28
198. Мударисов, Ф.А. Аналитическая зависимость между способами использования марганца, цинка и выходом хлебопекарной муки озимой пшеницы / Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, Ю.М. Исаев, М.К. Садыгова // Сахарная свекла. - 2018. - №5. - С. 36 - 38
199. Мударисов, Ф.А. Анализ зависимости показателей качества хлеба от способов использования микроэлементов в технологии озимой пшеницы / Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, Ю.М. Исаев, М.К. Садыгова // Нива Поволжья. - 2018. - №3. - С. 44 - 48

200. Мударисов, Ф.А. Оценка влияния агротехнических приемов возделывания озимой пшеницы на качество муки на основании реологического профиля теста/ Ф.А. Мударисов, М.К. Садыгова, В.И. Костин // Вестник Мичуринского ГАУ. - 2018. - №2. - С. 50 - 56

201. Мударисов, Ф.А. Инновационная технология увеличения выхода хлебопекарной муки при выращивании озимой пшеницы в почвах с низким содержанием цинка и марганца в условиях лесостепи Среднего Поволжья РФ / Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, М.К. Садыгова // В сборнике: Проблемы производства и переработки органической продукции животноводства, птицеводства и растениеводства // Сборник статей международной научно-практической конференции, 2017. – С. 104 – 107

202. Семашкина, А.И. Биоэнергетическая и экономическая оценка эффективности применения микроэлементов цинка и марганца в технологии возделывания озимой пшеницы / А.И. Семашкина, О.А. Заживнова, О.В. Солнцева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: научно – теоретический журнал. - Ульяновск: УлГАУ. - 2019. - №3(47). - С. 48 - 53

Для заметок

Владимир Ильич Костин
Фаиль Адельшевич Мударисов
Виталий Александрович Исайчев

**Роль микроэлементов в повышении урожайности
яровой и озимой пшеницы и улучшении
мукомольных и хлебопекарных качеств зерна**

Монография

под редакцией доктора сельскохозяйственных наук,
профессора, Заслуженного работника высшей школы,
академика РАЕН В.И. Костина.
– Ульяновск: УлГАУ – 2020. – 184 с.

Подписано в печать _____
Формат 60х90/16 Бумага офсетная №1
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. ____
Тираж 200 экз. Заказ _____

Адрес издателя: 432017, г. Ульяновск,
бульвар Новый Венец, 1