

В.И. Костин, О.В. Костин, О.Г. Музурова,
А.В. Романов, Е.Н. Офицеров

ПЕКТИН ИЗ АМАРАНТА
В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ
ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ

Ульяновск - 2013

УДК 547
ББК 85.12
К 72

Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Заслуженного работника высшей школы, академика РАН В.И. Костина.

– Ульяновск. – 2013. – 130 с.

Рецензент: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Башкирского государственного университета М.М. Хайбуллин

В монографии рассмотрены уникальные по строению и свойствам пектиновые вещества, их использование в качестве регуляторов роста и развития растений. Особое внимание уделено физиологической активности рамногалактуранов (пектинов), устойчивости растений, урожайности и качеству получаемой продукции.

Книга рассчитана на студентов, научных сотрудников, аспирантов, руководителей и специалистов сельского хозяйства.

© В.И. Костин, О.В. Костин, О.Г. Музурова, А.В. Романов, Е.Н. Офицеров

Содержание

Введение.....	5
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕКТИНА.....	6
МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ.....	11
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ПРО- РАСТАЮЩИХ СЕМЕНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЕКТИНОМ И МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ.....	15
Интенсивность набухания и прорастания обработанных семян.....	19
Влияние пектина и микроэлементов-синергистов на начальные показате- ли роста (на примере водной культуры).....	28
Динамика углеводного обмена и дыхания прорастающих семян.....	31
Активность каталазы, пероксидазы в прорастающих семенах и растениях.....	37
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙ- СТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ ПЕКТИНА.....	41
Влияние пектина и микроэлементов на накопление биомассы и количествен- ные характеристики репродуктивных органов.....	49
УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПЕКТИНА.....	54
УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕК- ТИНА.....	55
КАЧЕСТВО ЗЕРНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕКТИНА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ-СИНЕРГИСТОВ.....	65
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕКТИНА С ПРИРОДНЫМИ РЕГУЛЯТО- РАМИ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ.....	75
Динамика ГПВ и спиртоэкстрактивных белков под действием природных фи- торегуляторов	75
Активность каталазы и пероксидазы в прорастающих семенах озимой пшени- цы в зависимости от регуляторов роста.....	77
Активность амилазы при прорастании озимой пшеницы.....	79

Влияние предпосевной обработки семян на показатели их прорастания.....	81
Адаптация озимой пшеницы в агроценозе к неблагоприятным условиям перезимовки.....	86
Фотосинтетическая деятельность агроценоза озимой пшеницы в зависимости от использования препаратов и экологических факторов.....	92
Влияние росторегуляторов на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.....	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	113
Список литературы.....	114

«...Тесно связано благоденствие русского человека с существованием растения. Живется хорошо растению – хорошо живет человек; гибнет растение - неминуемое бедствие грозит и человеку»

К.А. Тимирязев, 1892г

Введение

Амарант (Щирица) – травянистое, как правило, однолетнее, однодомное растение семейства Амарантовые. Растение достигает до 2-3 м высоты и до 8-10 см толщины, весом обычно 3-5, отдельные экземпляры до 30 кг.

В мире известно около 900 видов амаранта, в России около 17. здесь и сорные растения, и декоративные, пищевые, кормовые. В нашей зоне встречается 5 дикорастущих видов.

Чрезвычайно важным качеством амаранта является его высокая семенная продуктивность. Урожайность с 1 га даже при неблагоприятных условиях составляет около 20 ц, урожай зеленой массы 1000 ц.

В листьях амаранта накапливается до 30% высококачественного белка. В условиях Среднего Поволжья при урожае 1000 ц зеленой массы с гектара выход белка составит 50 ц.

Амарант подтвердил свои высокие качественные показатели. Зеленая масса и семена его содержат значительное количество белка, аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, масла, биологически активных веществ. Амарант хорошо приспосабливается почти к любым почвам, чутко реагирует на внесение удобрений, особенно азот, калий, кальций, магний. Возделывание амаранта не требует применение пестицидов.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕКТИНА

В настоящее время в химии пектиновых веществ используются правила, рекомендованные в 1944 году Комитетом по ревизии номенклатуры пектиновых веществ Американского химического общества. Эти правила определяют пектиновые вещества как группу коллоидных производных углеводов, которые встречаются или выделяются из растений и содержат большую долю звеньев галактуроновой кислоты в цепи молекулы.

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 гомогалактуронановой части и малого рамногалактуронанового домена, которые содержат боковые цепи нейтральных сахаров [152,159].

Рамногалактуронаны делят на два типа: рамногалактуронаны I и рамногалактуронаны II [157,158].

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

Структура RG-II достаточно консервативна и воспроизводится для многих видов растений, что указывает на важность биологических функций этого полисахарида. Рамногалактуронан II не только влияет на рост растений, но и принимает участие во взаимодействии растения с фитопатогенами, действуя на специфические транспортные системы при прохождении аминокислот через мембраны [98].

Пектины в своем составе имеют большое количество полярных гидроксильных и карбоксильных групп, образующих сложную систему как внутри так и межмолекулярных водородных связей. Структуры образующих молекулу пектина моносахаридов могут отличаться друг от друга как конфигурацией функциональных групп, так и конформацией пиранозных колец и ориентацией альфа-связей. Химические и физические свойства пектинов, их биологическая активность определяются не только химическим составом и последовательностью мономерных звеньев в главной и боковых цепях, т.е. первичной структурой, но и ее конфигурацией (вторичной структурой) и взаимной ориентацией макромолекул (третичной структурой).

Структура выделенного кислотным гидролизом из травы амаранта пектина [144] изучена с использованием химических и ферментативных методов деградации [13]. Установлено, что пектин - полисахарид, построенный преимущественно из D-галактуронопиранозильных остатков, соединенных 1→4-гликозидной связью, полимерные цепи которых этерифицированы метанолом. Регулярная структура нарушается наличием рамнопиранозильных фрагментов и боковых цепей, содержащих нейтральные сахара.

Ниже приводится качественный и количественный моносахаридный состав пектина амаранта, определенный авторами [142] с помощью гидролиза и хроматографических методов (табл.1)

Таблица 1 Моносахаридный состав пектина из *A. cruentus*

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

Как следует из моносахаридного состава, а именно из соотношения галактуроновой кислоты к рамнозе 16:1, выделенный из амаранта пектин необходимо отнести к рамногалактуронанам второго типа RG-II.

Лиофильно высушенный и очищенный обработкой солянокислым спиртом, центрифугированием и ультрафильтрацией пектин был расфракционирован на сефадексе G-75 0,05н раствором NaCl [125]. Получены 3 полисахаридных фракции и дана их физико-химическая характеристика. Полученные фракции имеют различную молекулярную массу, обусловленную гетерогенным молекулярно-массовым распределением исходного пектина.

Такой характер молекулярно-массового распределения, образующегося при гидролизе пектина, может свидетельствовать о наличии структурно регулярных участков в протопектине амаранта.

Методом вискозиметрии определена характеристическая вязкость и молекулярная масса полученных фракций, которая равна 100000, 45000-60000 и 20000 у.е., соответственно. Полученные образцы отличались друг от друга по содержанию свободных, ионизированных и метоксилированных карбоксильных групп, а также по содержанию нейтральных сахаров [125].

Ниже приведены характеристики пектина *A.cruentus*, определенные Л.Михеевой.

Таблица 2 Физико-химическая характеристика пектиновых веществ по Л.А. Михеевой

Показатель	Количественная характеристика
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	3,8-4,2
по катионам двухвалентных металлов	10,0-10,5
Зольность, %	2,0-2,5
Вязкость 1% раствора, мПа/сек	1,56-1,62
Молекулярная масса, у.е.	14000-60000

Уроидная составляющая

Уроидная составляющая – основной для классификации и важнейший для проявления практически полезных свойств параметр пектиновых веществ, поэтому для её определения разработано большое число различных методов: титрометрических, коллометрических, пектатных, которые рассмотрены в монографии [149].

Уроидная составляющая характеризует пектины по наличию в них в первую очередь полигалактуроновой кислоты.

Определение уроидной составляющей очищенного амарантового пектина проводилось потенциометрически по методике [37]. Эта величина для пектинов амаранта составила выше 80 %. Из литературных данных известно, что для свекловичного пектина уроидная составляющая равна 57,0%, для мандаринового пектина – 61,8%, яблочного – 58-61% [37].

Высокое значение уроидной составляющей для амарантового пектина свидетельствует о его выраженных защитных свойствах, так как детоксикация пектинами тяжелых металлов и радионуклидов происходит благодаря наличию в них полигалактуроновых кислот.

Содержание свободных кислотных групп

В проявлении пектинами защитного действия в отношении тяжелых, в том числе радиоактивных металлов важную роль играют свободные кислотные (карбоксильные) группы. Для пектинов амаранта эта величина изменяется от 8,5 % [141] до 16 % [142,143]. Из литературных данных известно, что для свекловичного пектина свободные карбоксильные группы составляют 10 %, для мандаринового пектина – 4,85 % [149]. Такой разброс в содержании свободных гидроксильных групп обусловлен отличиями в методах выделения пектино.

Степень этерификации

По содержанию метоксилированных карбоксильных групп пектины делятся на высокоэтерифицированные (<50%) метоксилированных карбоксильных групп.

Степень этерификации амарантового пектина определяется после проведения анализа содержания свободных карбоксильных групп после омыления раствора пектина 0,5 н NaOH. Эта величина составляет 75 %. Степень этерификации для свекловичного пектина – 35,5 %, мандаринового пектина – 62,8% [149].

Таким образом, пектины амаранта относятся к высокоэтерифицированным. Высокую степень этерификации в пектинах амаранта подтверждают и их спектральные исследования.

Необходимо отметить, что содержание свободных карбоксильных групп, степень этерификации в значительной степени зависят от способа выделения пектина, от используемой кислоты и её концентрации.

Молярная масса эквивалента

Молярная масса эквивалента пектина связана со степенью чистоты в обратно пропорциональной зависимости. Молярная масса эквивалента для пектинов амаранта составляет 530 [40]. Из литературных данных известно, что молярная масса эквивалента облепихового пектина составляет 225, свекловичного – 225 [149].

Содержание метоксильных групп

Содержание метоксильных групп в амарантовом пектине составляет 6,5% [40]. Содержание метоксильных групп в облепиховом пектине составляет 9,2%, свекловичном пектине – 3,3%, пектине из корзинок подсолнечника – 5-6% [137]. Кроме метильных групп, обнаружены в небольших количествах и этильные и другие группы.

Содержание ацетильных групп.

Содержание ацетильных групп в амарантовом пектине – 0,5% [40]. Содержание ацетильных групп в облепиховом пектине – 1,2%, свекловичном пектине – 2,6% [149].

Содержание галактуроновой кислоты.

Содержание галактуроновой кислоты составляет для деминерализованного пектина 60%, нативного пектина – 27% [134]. Содержание галактуроновой кислоты в пектине из корзинок подсолнечника составляет 70-73% [137].

Молекулярная масса.

Молекулярная масса пектина амаранта зависит от условий выделения: температуры, применяемой кислоты, времени гидролиза протопектина и составляет от 10000 до 180000.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ

Пектины обладают физиологическими свойствами. У пшеницы они регулируют деление клеток, влияют на морфологию проростков, стимулируют прорастание семян, увеличивают урожайность сельскохозяйственных культур. Также как и пектин, хитозан в зависимости

от концентрации обладает либо стимулирующим, либо ретардантным действием.

Н.А.Родионова и др. выявили морфогенетическую активность олигомерных производных пектинов.

Наряду с природными полимерами рострегулирующими свойствами обладают и неприродные полимеры. Так, О.И.Третьяковой с сотр. было установлено, что лолиакриламид, поливинилпирролидон, поливинилпиридин при концентрациях выше $10^{-4}\%$ стимулируют прорастание семян свеклы, сои, подсолнечника, гороха и пшеницы. При замачивании в 2 и более % растворах полимеров наблюдается ингибирование прорастания семян.

По данным Г.Л.Матевосяна с соавт. производное хитозана - хитофос обладает антистрессовым действием.

Очевидно, влиянием экзогенных пектинов можно объяснить и полученные Г.И.Таранухо с соавт. стимулирующие эффекты предпосевной обработки семян люпина экстрактами семян пшеницы, ржи, ячменя. В пользу этого предположения свидетельствуют и полученные нами [48] факты о выделении семенами пектинов при прорастании. Процесс выделения пектинов семенами является автоколебательным и характеризуется s-образной кривой в координатах: количество выделенного пектина-время (рис. 1).

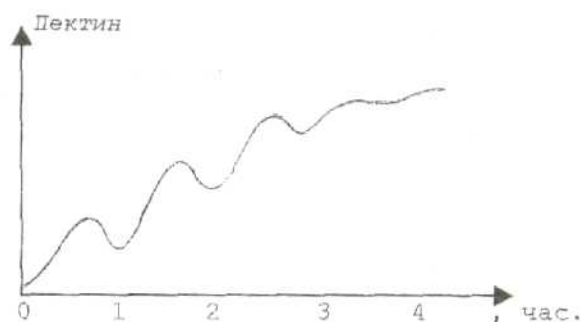


Рис. 1 Зависимость выделения пектинов семенами от времени при прорастании

В работах Оводова Ю.С. с сотр. изучено действие полисахаридов растений: пектинов, арабиногалактанов, галактоманнанов, глюкоманнанов, выделенных из различных источников, на нейтрофилы и макрофаги [99,100].

Оказалось, что изученные лемнаны, вибурнаны, силенаны и пилеаны являются малотоксичными соединениями с полулетальной дозой 1 г/кг и выше при однократном внутрибрюшинном введении.

В ответ на действие полисахаридов высших растений нейтрофилы крови и тканевые макрофаги млекопитающих генерируют активные формы кислорода, секретируют лизосомальные ферменты и усиливают поглощение чужеродных агентов. Характер взаимодействия лейкоцитов как с кислыми, так и с нейтральными полисахаридами растений отличается от механизма действия на фагоциты биогликанов микроорганизмов и мукополисахаридов.

Обнаружены кислые арабиногалактаны, избирательно стимулирующие макрофаги, адгезированные с помощью рецептора компонента CR3 или рецептора-"мусорщика" SR.

Выброс миелопероксидазы из перитонеальных макрофагов лабораторных крыс и мышей вызывается нейтральными гликанами независимо от содержания кальция в инкубационном растворе. Необходимо отметить, что секреторная активность клеток усиливается гликуроногликанами только при наличии внеклеточного кальция.

Na-K насос мембраны макрофагов участвует в трансформации стимулирующего сигнала, инициированного растительными полисахаридами, как гликанами, так и гликуроногликанами.

В обобщенном виде с учетом литературных данных в работе [109] механизм стимуляции макрофагов полисахаридами растений определяется наличием остатков гликуроновых кислот в молекуле полисахарида. Гликуроногликанам для взаимодействия с клеточными мембранами необходимы ионы кальция, тогда как нейтральные гликаны изменяют свойство мембраны и в бескальциевой среде, по-видимому, неспецифически с ней связываясь.

Последний вывод о неспецифичности связывания нейтральных гликанов с клеточными мембранами, очевидно, можно распространить и на растительные клетки. Известно достаточно много примеров физиологически активного действия различных олиго- и полисахаридов нейтральной природы на растительные клетки [26,27], в том числе и на формирование морозостойкости растений [91].

Наличие сходных эффектов при обработке семян растений высокомолекулярными соединениями различной природы указывает на наличие однотипного механизма их действия, который обусловлен, вероятно, сходными физико-химическими свойствами этих полимеров, в первую очередь, углевод-углеводными и углевод-белковыми взаимодействиями на поверхности клеток.

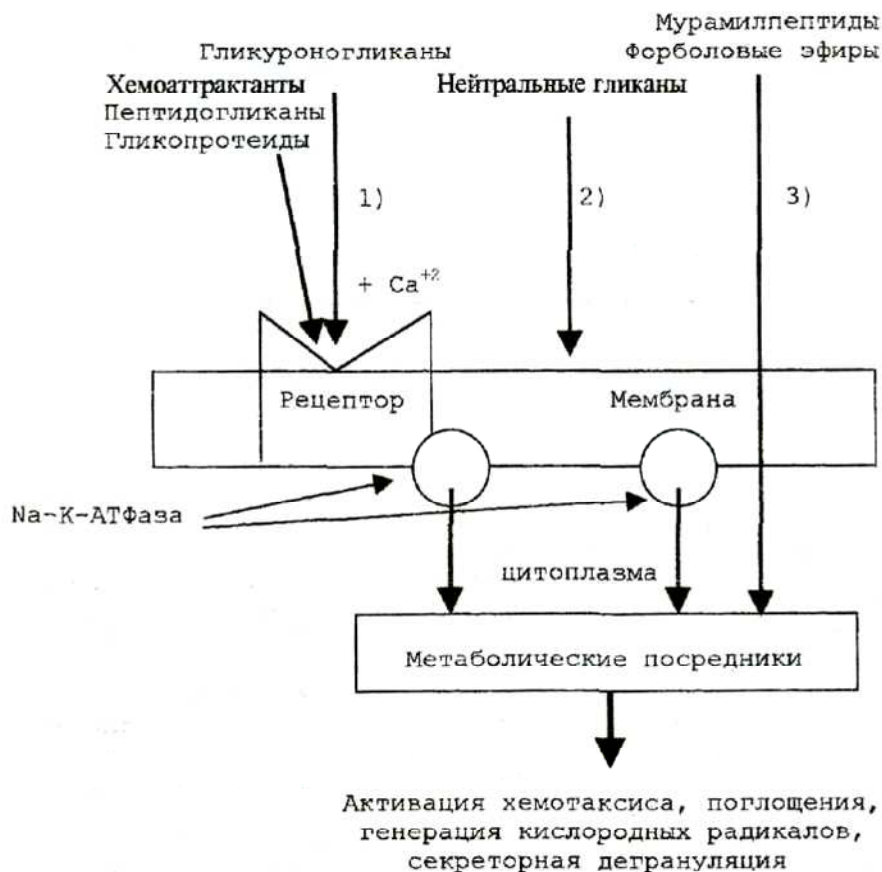


Рис. 2 Возможные механизмы стимуляции макрофагов различными растительными полисахаридами: 1)- активация специфических рецепторов; 2)- изменение свойств плазматической мембраны, 3)- прямое действие на внутриклеточные метаболиты.

Необходимо отметить, что пектины в высоких концентрациях (0.5% и выше) оказывают негативный эффект на семена растений - замедляют прорастание и уменьшают всхожесть [46].

Таким образом, можно заключить, что полисахариды растений, в первую очередь пектины, представляют интерес в качестве иммуномодулирующих и рострегулирующих средств, так как стимулируют функциональную активность фагоцитирующих клеток *in vivo*, повышают энергию прорастания семян и нетоксичны для теплокровных.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЕНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЕКТИНОМ И МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ

Познание закономерностей, связанных с изменением посевных качеств семян после их обработки перед посевом различными веществами имеет важное теоретическое и практическое значение, так как это дает возможность более эффективно использовать метод предпосевной обработки семян биологически активными веществами при возделывании сельскохозяйственных культур.

В настоящее время хорошо известны уникальные свойства семян растений, представляющих собой, с одной стороны, весьма прочную систему, надежно хранящую всю наследственную информацию, а с другой стороны, систему, приобретающую в момент прорастания удивительную пластичность, восприимчивость к изменениям условий окружающей среды [77, 9, 51].

В результате изучения физиологического влияния пектина амаранта на семена различных сельскохозяйственных культур нами было обнаружено, что прорастающие семена сами способны выделять эндогенные пектины и процесс выделения их носит автоколебательный характер.

Процесс выделения пектинов семенами озимой пшеницы сорта Базальт характеризуется s-образной кривой в координатах: количество выделяемого пектина – время. Время «лаг-фазы» при температуре 20⁰С составляет около 4 часов, происходит интенсивное выделение, а затем наступает равновесие, характеризующееся равновесной концентрацией: 1,4 г пектина на 1000 г семян (рис. 3).

Спектры снимались на спектрофотометре КФК-3 в кювете толщиной слоя 1 см карбозольным методом. В луче сравнения помещали аналогичный раствор, где вместо пробы брали дистиллированную воду.

Детальное исследование процесса выделения пектинов из семян гороха при прорастании показало, что процесс выделения имеет s-образный вид и амплитуда его уменьшается за 7 часов (рис. 4).

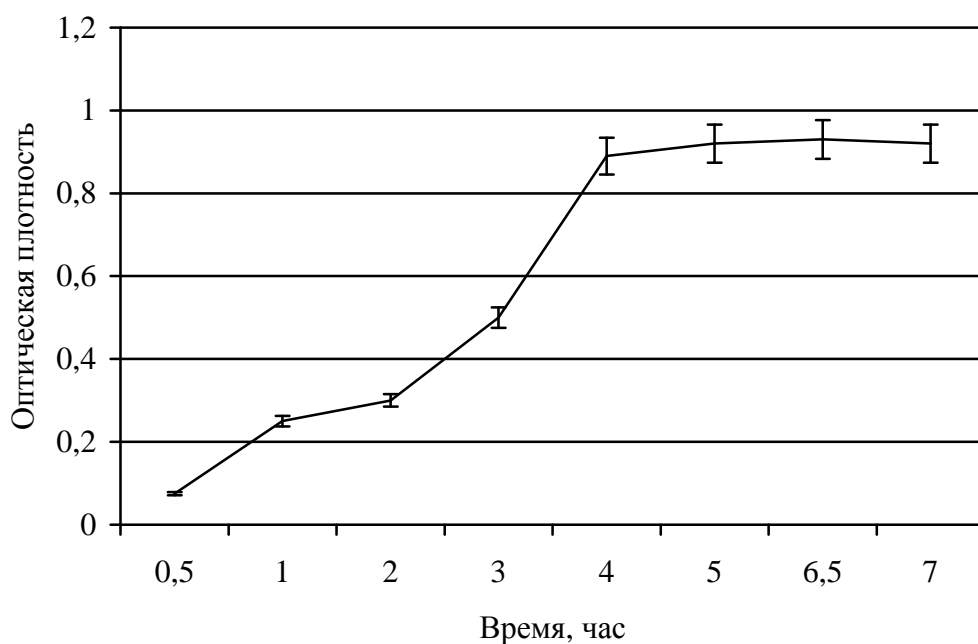


Рис. 3. Зависимость концентраций пектина от времени выдержки в воде озимой пшеницы сорта Базальт (длина волны 520 нм)

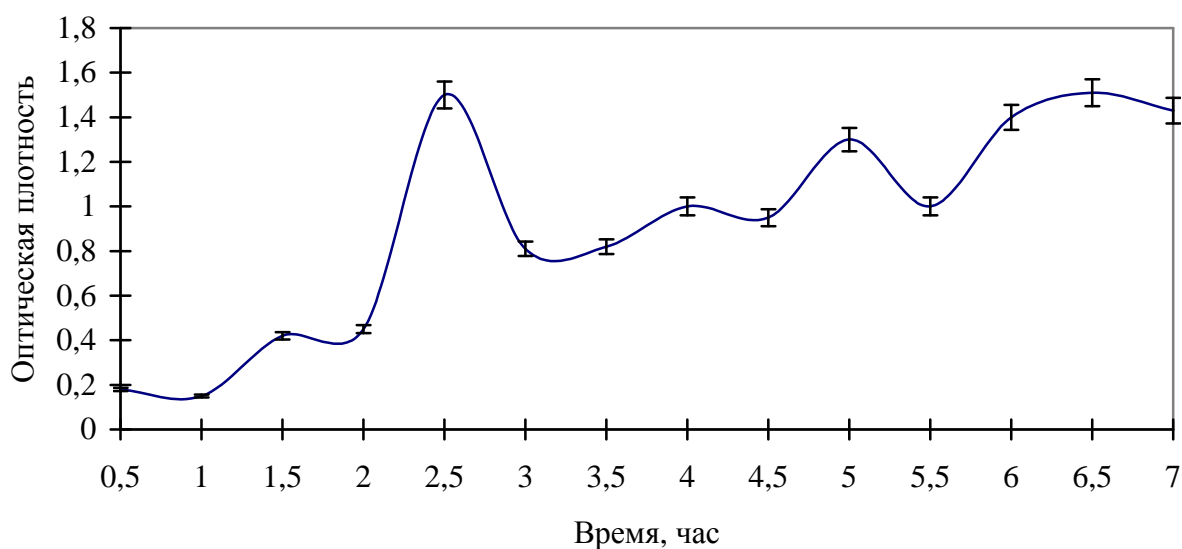


Рис. 4. Зависимость концентраций пектина от времени выдержки гороха сорта Таловец 70 в воде (длина волны 520 нм)

В наших исследованиях также установлен положительный эффект предпосевной обработки пектином на скорость адсорбции микроэлементов в семена. При набухании семян происходит массовый ток используемых катионов марганца и анионов молибдата, т.е. данные ионы получают возможность активного транспорта через обо-

лочку семян в эндосперм у зерновых и семядолей гороха с массовым потоком воды. Об этом свидетельствуют данные, полученные при использовании рентгено-люминесцентного метода на спектроскане-0,05 (табл. 3).

Пектин усиливает процесс адсорбции, в связи с чем содержание марганца в семенах гороха увеличивается на 25,2%, молибдена на 4,5%, соответственно у яровой пшеницы сорта Л-503 - на 6,3% и 1,6%, у озимой пшеницы сорта Базальт - на 3,9% и 8,3%. Это связано с тем, что при набухании семян эндогенные пектины начинают из семени переходить в раствор, а экзогенные, наоборот, переходят в семена и активно переносят ионы, т.е. пектин как бы выполняет роль переносчика.

Таблица 3 Адсорбция молибдена и марганца в семена гороха и зерновых культур при их обработке водным раствором микроэлементов, мг/кг

Вариант	Марганец	Молибден
Горох (сорт Таловец-70)		
Контроль (H ₂ O)	19,22±0,89	1,41±0,08
Mn+Mo	54,90±1,76	3,72±0,11
Пектин+ Mn +Mo	68,76±1,92	3,83±0,12
Яровая пшеница (сорт Л-503)		
Контроль (H ₂ O)	47,59±1,17	2,01±0,77
Mn+Mo	102,3±1,24	4,85±0,92
Пектин+ Mn +Mo	108,8±1,37	4,93±0,88
Озимая пшеница (сорт Базальт)		
Контроль (H ₂ O)	44,7±1,14	3,12±1,10
Mn+Mo	200,7±1,37	4,72±1,21
Пектин+ Mn +Mo	208,7±1,30	5,11±1,19

Следует отметить, что пектины в высоких концентрациях (0,5% и выше) оказывают негативный эффект на семена растений – замедляют темпы прорастания и уменьшают всхожесть [104]. На основании специфичности воздействия исследуемых препаратов и математической обработки установлено, что концентрация 0,05%, которая оказывает ростостимулирующее действие, является оптимальной для обработки семян изучаемых сельскохозяйственных культур.

Применение пектина в комплексе с микроэлементами [105,153] для обработки семян по-разному оказывают влияние на посевные качества семян опытных культур (табл.4, 5).

Таблица 4 Влияние разных концентраций пектина из *Amaranthus cruentus* на энергию прорастания семян гороха

Варианты	Концентрация, %			
	0,5	0,1	0,05	0,005
Контроль	75.4	75.4	75.4	75.4
Пектин	65.0	82.5	87.5	65.4
П + Mn	56.3	74.8	83.1	67.9
П + Mo + Mn	72.0	80.0	88.0	55.5

Таблица 5 Влияние различных концентраций пектина и микроэлементов на энергию прорастания яровой пшеницы

Варианты	Концентрация, %			
	0,5	0,1	0,05	0,0025
Контроль	72,5	72,5	72,5	72,5
Mo	70,5	74,5	82,25	75,25
Mn	71,5	70,0	81,0	76,25
Mo+ Mn	69,75	68,25	83,25	74,75
Пектин	78,5	75,25	80,0	73,75
П + Mo	68,0	73,5	81,0	81,0
П + Mn	68,0	73,0	79,5	81,25
П + Mo + Mn	67,5	70,25	85,25	79,0
НСР ₀₅ 1 фактора	2,63	2,84	1,29	2,75
НСР ₀₅ 2 фактора	3,72	4,02	1,82	2,75
НСР ₀₅ част.сред.	5,2	2,68	2,57	5,5

Результаты исследований показывают, что под действием используемых факторов происходит усиление силы роста за счет увеличения длины зародышевых корешков и проростков (рис.5).

Таким образом, пектиновые вещества, используемые для обработки семян способствуют переносу микроэлементов из раствора в семена и создают условия для улучшения метаболических процессов и посевных качеств семян за счет увеличения содержания в семенах микроэлементов как кофакторов многих ферментов.

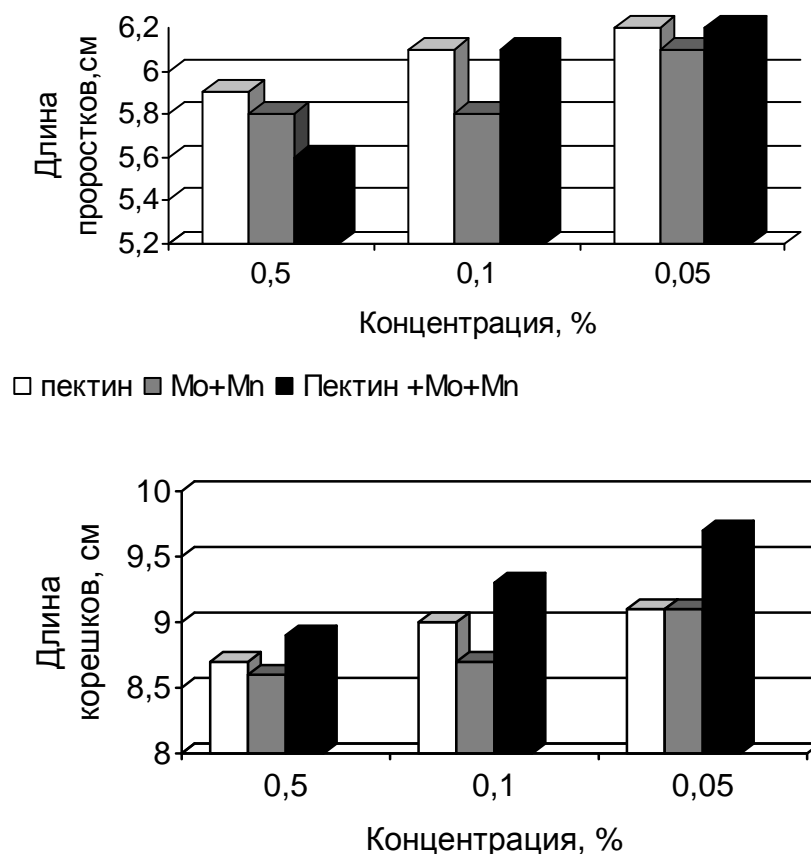


Рис. 5 Влияние пектина и микроэлементов на длину зародышевых корешков и проростков яровой пшеницы

Интенсивность набухания и прорастания обработанных семян

Физиологический ответ организма зависит от совокупного действия факторов среды жизни, физиологического состояния организма и стадии развития. Водопоглощение зависит от химического состава семени, анатомических особенностей строения [7]. Исследования С.И. Аксенова, Е.А. Головина (1986) показали различную проницаемость мембран клеток семян пшеницы для воды. В первые часы набухания наименьшим содержанием воды характеризуются ткани эндосперма. В межклеточном и капиллярном пространствах вода в жидкой фазе появляется быстро. Время формирования области с водой в жидкой фазе определяется процессами восстановления нарушенных при дегидратации клеточных мембран. Это восстановление косвенно подтверждается изменением утечки ионов сахаров и других низкомолекулярных веществ в первые часы набухания. Увлажнение семян оказывает влияние на свойства мембран. Увеличивается толщина, уменьшается проницаемость для ионов, изменяется подвижность липидов. Малая обеспеченность водой сухих семян определяет

роль воды в период посева-всходы как лимитирующего фактора [4]. Оценку эффекта предпосевной обработки семян можно провести по уровню физиолого-биохимических процессов, протекающих в семени и приводящих к формированию урожайности культуры. Водопоступление и идущее на его основе набухание частей семени являются первичными процессами, контролирующими переход из состояния покоя к активной жизнедеятельности.

Исследованиями установлено, что обработка препаратами повышает темп водопоступления до начала прорастания (24 часа) от 1,5 до 7 % по отношению к контролю (табл.6). Водопоглощение обработанных семян имеет волнообразный характер. Процесс набухания семян имеет волнообразный характер, имеющий лаг-периоды, возникновение которых связывают с новообразованием клеточных структур и ферментов, подготовкой субстратов для первичного метаболизма. Наибольшее количество воды, поступившее в семя, приходится на первые два часа. Первичные этапы водопоступления носят физический характер, благодаря которому обеспечивается набухание зародыша пшеницы до 58-59 %. Зародыш зерновки кукурузы обводняется быстрее других структур [103]. В вариантах с использованием пектина повышенное водопоступление в течение первых двух часов мы связываем с особенностью набухания пектина как полисахарида. По отношению к контролю водопоглощение для этих вариантов составило от 3,1 до 4,9 %. Повышенное водопоступление на опытных вариантах способствует стабилизации мембран, что отражается в уменьшении интенсивности водопоступления после 3 часов набухания. Особенность структурного строения цитоплазматических мембран клеток семени в первые часы набухания позволяет говорить о структурной роли воды. Малая гидратация клеточных мембран сухих семян в начале водопоступления определяет выход минеральных и органических веществ из клетки. В работах И.В.Мосолова, В.А.Александровской (1966), Н.П.Битюцкого, С.В.Магницкого и др. (2000), В.И.Костина, Е.Н.Офицера, В.А.Исайчева (2000) показан выход их набухающих семян аминокислот, пектиновых и минеральных веществ, что указывает на нарушение проницаемости мембран у сухих семян.

К 24 часам тенденция повышенной обводненности семян опытных вариантов сохраняется; у опытных вариантов имеется достаточный уровень обводненности для прорастания.

Таблица 6 Набухаемость семян яровой пшеницы, % к воздушно-сухой массе

Время (час)		Контроль	Пектин	Пектин + Mo	Пектин + Mn	Пектин + Mo + 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	122,7±1,10	126,2±0,48	126,0±0,71	126,5±0,65	128,0±0,97
	6	129,7±0,75	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	156,5±0,65	163,2±0,65	166,5±0,83	167,2±0,92	171,0±0,65

К.Е.Овчаров (1976) отмечает прорастание семян пшеницы при оводненности в 45 %. Осевые органы имеют более высокую скорость водопоглощения, чем семядоли, и характеризуются более ранним началом метаболизма, зависящего от порогового уровня оводненности, т.е. регуляция метаболизма через повышение оводненности способствует использованию зародышем запасных веществ задолго до притока их из семядолей [96]. Зародыш имеет более активное обводнение [101]. На семенах пшеницы показано, что биоэлектрическая активность зародыша выше эндосперма. Разность потенциалов зависит от времени набухания, т.е. оводненности, и подвержена изменениям, зависящим от наличия водной фазы в семени. Изменение разности потенциалов совпадает с повышением дыхания и активностью АТФазы [120].

Для вариантов с использованием комплексных соединений микроэлементов отмечен факт повышенного водопоступления с 36 часов. В это время наивысшее водопоглощение имеют вариант с обработкой семян П+Мо+Mn, что составляет 6,8 % выше контроля. Вероятно, интенсификация начальных процессов набухания за счёт активации дыхания способствует развитию метаболизма, накоплению осмотически - активных веществ. Данная тенденция прослеживается и на 48 часов.

Обработка семян препаратами способствовала повышенному водопоступлению 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 и 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 биологически объектом, ответной реакции в виде понижения или повышения уровня метаболизма на начальной стадии онтогенеза, приводящей к формированию биологической полноценности семян, проявляющейся в способности формировать высокопродуктивные растения. Представляет интерес определение уровня воздействия используемых препаратов на посевные качества семян: энергию прорастания, всхожесть, последствие [66].

На рис. 6, таблице 7 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 7 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 %.

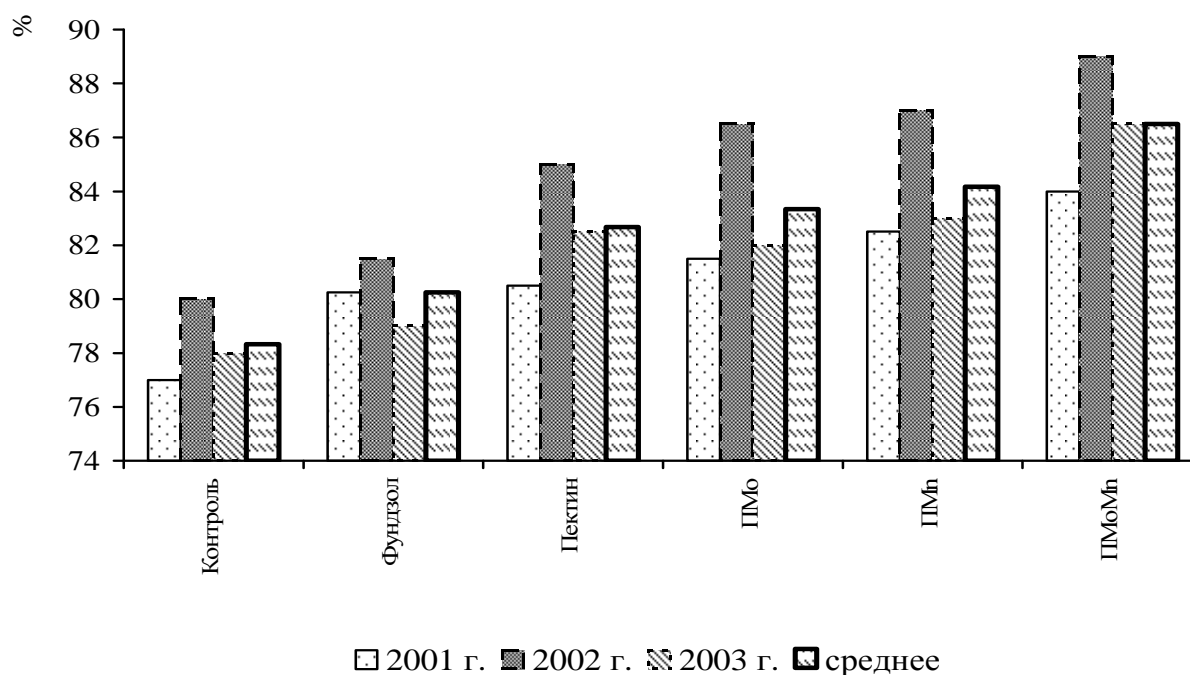


Рис.6. Влияние предпосевной обработки семян на энергию прорастания, %

Таблица 7 Влияние предпосевной обработки пектином и микроэлементами на энергию прорастания и лабораторную всхожесть яровой пшеницы, %

Годы	Показатели	Контроль	Пектин	Пектин + Мо	Пектин + Mn	Пектин+Мо+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

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 4,8 %. Данное влияние объясняется смещением течения физиолого-биохимических процессов, активируемых предпосевной обработкой семян.

Таким образом, использованные препараты оказали стимулирующее влияние на энергию прорастания, не изменив лабораторную всхожесть. Анализ таблицы 8 показывает, что энергия прорастания семян превышает контрольный вариант в 2001 году на 5,5 %, в 2002 году – на 10,5 %, в 2003 году – на 4,0 %. В целом изменение энергии прорастания семян не сопровождалось существенным изменением всхожести опытных вариантов. Обработка семян повышает полевую всхожесть (рис.7).

Таблица 8 Последствие предпосевной обработки семян фиторегуляторами и микроэлементами на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян яровой пшеницы с не удобренного фона, %

Годы	Показатели	Контроль	Пектин	Пектин + Мо	Пектин + Mn	Пектин + Мо + 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

Исследуемые препараты изменяют темп водопоглощения семян пшеницы, способствуя более раннему началу метаболизма в прорастающих семенах пшеницы, что выражается в повышении энергии прорастания и полевой всхожести. Стимулирующее действие пектина повышается при сочетании ионов молибдена и марганца.

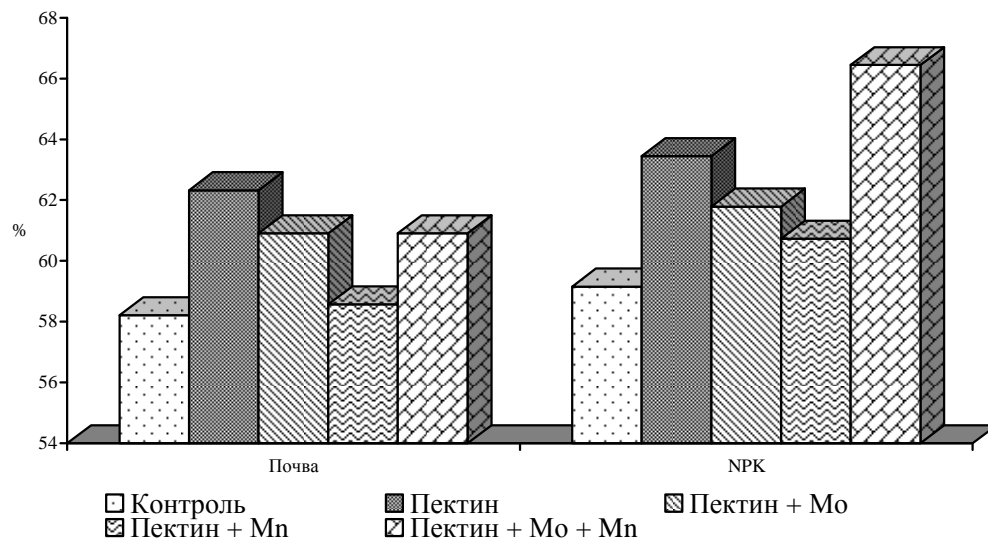


Рис.7 Полевая всхожесть, % (среднее значение 2001-2003 гг.)

Под воздействием данных химических веществ происходит более интенсивное накопление сухой массы как образующихся корешков, так и самих проростков (рис.8).

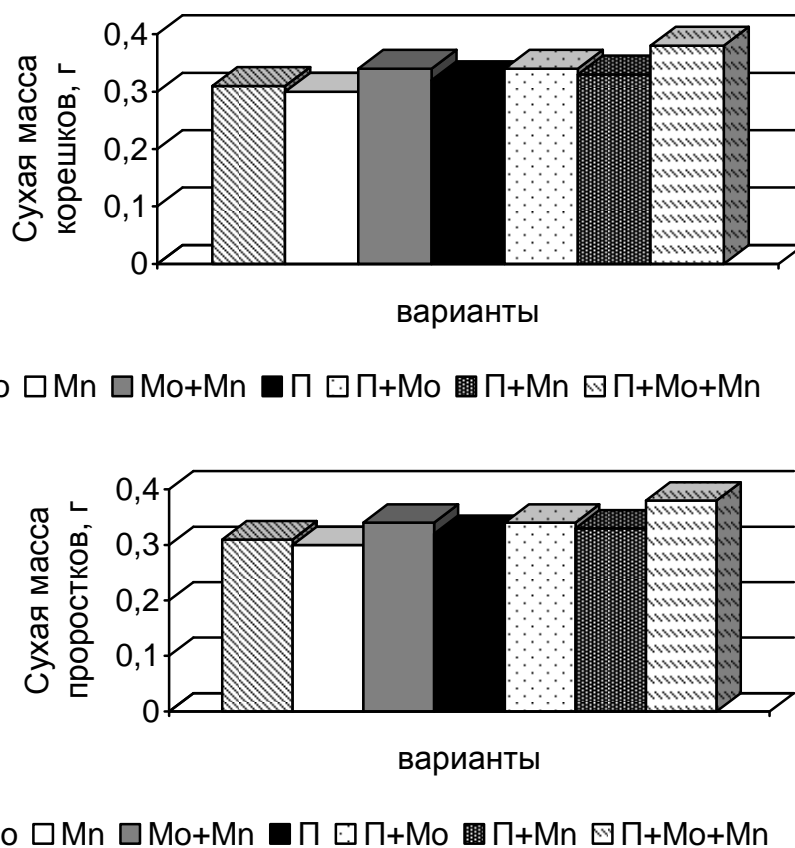


Рис. 8 Влияние пектина и микроэлементов на накопление сухой массы в проростках и корешках яровой пшеницы

Аналогичная закономерность проявляется с горохом, что очень важно при проращении семян в зоне рискованного земледелия лесостепи Поволжья. Установлено, что под влиянием микроэлементов также происходит увеличение лабораторной всхожести на 5-6% по сравнению с контролем (рис.9, 10).

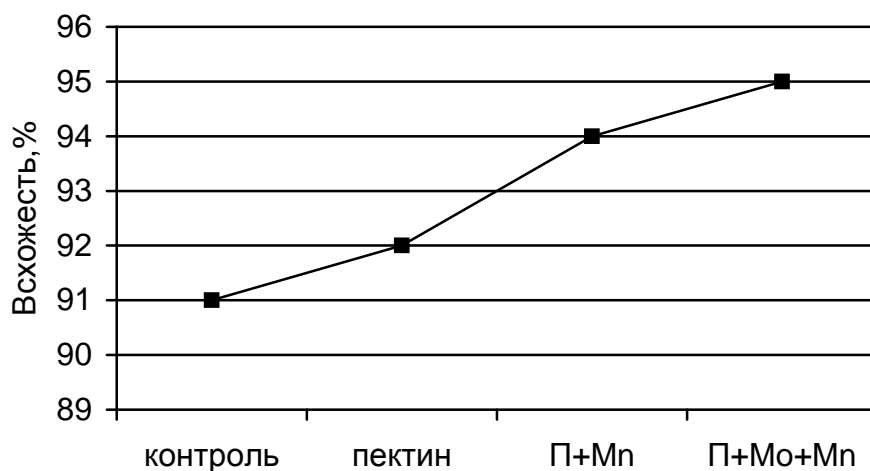


Рис. 9 Влияние пектина и микроэлементов на лабораторную всхожесть семян гороха

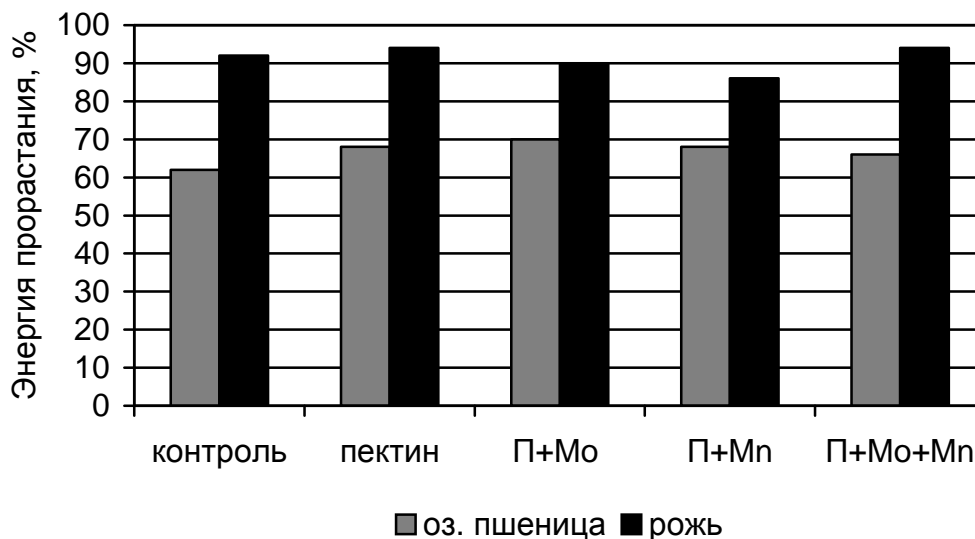


Рис. 10 Влияние пектина и микроэлементов на энергию прорастания озимых культур, %

Важнейшие вопросы корнеобразования и питания растений, а также ростовых процессов изучали на примере водных культур озимой пшеницы и озимой ржи (рис. 11, 112).

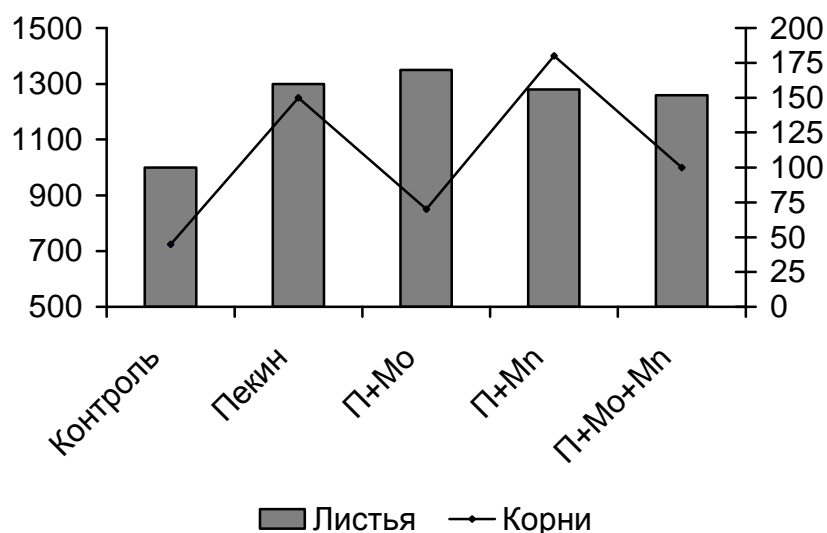


Рис. 11 Влияние пектина и микроэлементов на сырую массу ростков и зародышевых корешков озимой пшеницы, мг на 10 шт.

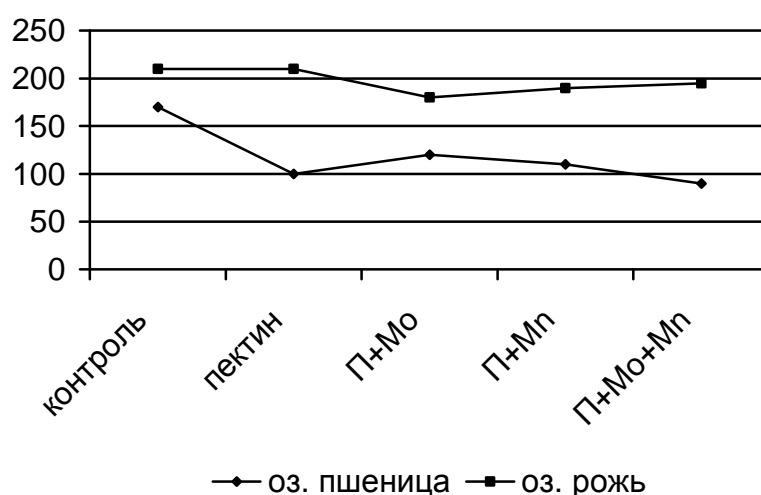


Рис. 12 Влияние пектина и микроэлементов на массу зерновки озимых культур при прорастании, мг на 10 шт

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 (рис.10). Усиление ростовых процессов под воздействием используемых факторов способствует интенсивному переходу растений от гетеротрофного типа питания к автотрофному.

В наших исследованиях с водной культурой озимой ржи уменьшение питательного раствора было в большей степени в ва-

рианте пектина с молибденом и марганцем. В варианте пектин + Мо + Mn количество питательного раствора по сравнению с контролем уменьшилось на 8,8 мл.

Влияние пектина и микроэлементов-синергистов на начальные показатели роста (на примере водной культуры)

К моменту появления всходов до 70-90 % запасных веществ эндосперма оказываются истраченными. Вес ростков выше у семян, содержащих больше белка. Данная динамика сохраняется до конца вегетации, поэтому ранний переход проростка к автотрофному питанию является чрезвычайно важным, что позволяет создать фонд углеводов [115]. В таблице приведены результаты исследований по определению воздействия используемых веществ на накопление массы в проростках яровой пшеницы. Пектин в отдельности и сочетано с микроэлементами оказали стимулирующее влияние на накопление сырой и сухой массы проростков и корешков. Наибольшее накопление сухой массы проростками отмечено для вариантов П+Mn и П+Мо+Mn на (15,30 – 15,94 % больше контроля), для П+Mn отмечена и наибольшая длина проростка - на 35,75 % больше контроля.

Таблица 9 Морфометрические показатели растений яровой пшеницы. Водная культура

Вариант	Сухая масса надземной части, 100 шт./г	Сухая масса подземной части, 100 шт./г	Сырая масса надземной части, 100 шт./г	Длина растения, см	Длина главного корешка, см	Оводненность, %
Контроль	0,69±0,06	0,33±0,06	6,37±0,33	7,58±0,64	5,56	89,17±0,39
Пектин	0,72±0,06	0,36±0,12	7,28±0,14	9,55±0,21	7,35	90,1±0,13
Пектин + Мо	0,70±0,12	0,35±0,06	6,86±0,23	9,64±0,12	8,98	89,78±0,19
Пектин + Mn	0,80±0,07	0,39±0,07	7,97±0,97	10,29±0,20	8,30	89,96±0,26
Пектин + Мо + Mn	0,80±0,17	0,42±0,17	7,63±0,14	10,20±0,20	6,24	89,51±0,12

Сухая масса проростков под влиянием предпосевной обработки повышается на 1,4-15,9 %. Сочетание ионов молибдена и марганца способствовало повышенному накоплению сухого вещества органами

растения, по сравнению с их отдельным использованием. Интересно отметить, что замачивание семян пшеницы в растворах микроэлементов различных концентраций снижало массу ростков при повышении концентрации раствора [123], что указывает на избирательность поглощения микроэлементов и необходимость учёта физиологического состояния семени и зародыша. Анализ оводненности растений показывает, что под влиянием предпосевной обработки повышается уровень оводненности ткани на 0,38-1,04 %.

Корневая система растений – орган синтеза метаболитов и поступления минеральных веществ. Первичная корневая система пшеницы формируется из зародышевых и coleoptильных корней. Новое образование корней идет до трубкования [8]. К концу вегетации ионообменные свойства корней снижаются в связи с уменьшением содержания белковых и пектиновых веществ в оболочках эпидермальных клеток корня и относительным увеличением неактивных корней по сравнению с активными. В период засухи происходит снижение синтезирующей способности корней [24]. Изучение различных способов внесения микроудобрений показывает, что обработка семян способствует повышенному формированию активно поглощающей поверхности при данном виде обработки по сравнению с внесением в почву и внекорневыми подкормками [150]. Внесение в почву соединений марганца повышало её биологическую активность [12].

Под влиянием предпосевной обработки семян у растений яровой пшеницы происходит изменение адсорбирующей поверхности корневой системы, о чем свидетельствуют полученные нами результаты исследований (табл. 10).

У опытных растений происходит увеличение общей адсорбирующей поверхности корней от 10,07 до 17,71 %. Наилучшие показатели отмечены для варианта с использованием сочетания ионов молибдена и марганца. Увеличение общей адсорбирующей поверхности, вероятно, связано с ростом корней, что находит подтверждение в увеличении сухой массы корней и их объема. Площадь рабочей (действенной) поверхности корней на исследуемых вариантах превышает контроль до 13,20 %.

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

Варианты	Общая адсорбирующая поверхность, см ²	Рабочая адсорбирующая поверхность, см ²	Недеятельная поверхность, см ²	Отношение рабочей адсорбирующей 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	650,70	327,30	323,40	0,50
Пектин + Мо + Mn	664,43	337,10	327,33	0,51

Наибольшие 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. 11).

Таблица 11 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 + Мо	2,72	0,42	140,8	0,53
Пектин + Mn	3,08	0,48	147,3	0,55
Пектин + Мо + 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 микроэле-

ментов в питательном растворе основным поставщиком в надземные органы является оболочка семени (результат обработки) и само семя. ИВ результате увеличивается содержание ионов марганца в надземной части (от 2,15 до 7,77 %). Наибольшее количество отмечается в варианте П+Мо+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.

Динамика углеводного обмена и дыхания прорастающих семян

В литературе представлены немногочисленные исследования о влиянии предпосевной обработки семян химическими препаратами на активность амилолитических ферментов и ее связи с физиолого-биохимическими процессами в прорастающем семени. Уровень обводненности является лимитирующим и пусковым фактором прорастания [96]. Достижение определенного порога водопоглощения способствует более раннему началу метаболизма, в первую очередь структур зародыша, обладающего наибольшим водопоглощением вследствие наличия фонда осмотических веществ [6]. В начале набухания гликолитические ферменты активизированы сильнее, чем митохондриальные. Физиологическую активность митохондрии при набухании семян кукурузы через два часа набухания отмечают К.Е. Овчаров, Н.Н. Доман, Б.А. Попов (1970). Зерно пшеницы содержит большое количество изоэнзимов амилазы, количество которых зависит от сорта [108]. С.Б. Каден (1944), О.В. Фурсов, В.А. Кузовлев, М.М. Акаева (1987) доказали присутствие в покоящемся зерне α - и β -амилаз, активность которых регулируется мембранными структурами и ингибированием белками. Первичный гидролиз нативных гранул крахмала обеспечивается α -амилазой [5]. В покоящихся семенах основная активность принадлежит β -амилазе. Наличие полиморфизма амилаз свидетельствует о роли определенных изоферментов в реакциях, характеризующихся определенным рН - оптимумом.

В процессе прорастания происходит синтез α - и β -амилаз и выход из латентного состояния [2,3,138]. Вещества определенной структуры способны активировать амилазу, α -амилаза активируется ионами Ca^{2+} , Cl^- , что связано с регуляцией структуры фермента, β -амилаза активируется сульфгидрильными агентами, так как имеет сульфгидрильные группы [38], азотсодержащими солями [36]. Амилазы зерновых изучены хорошо, что нашло отражение в сводке Т.Б. Дарканбаева, О.Ф. Фурсова (1982).

Наши исследования показывают, что суммарная активность амилаз при прорастании семян имела тенденцию к повышению, достигая максимальных значений к 72 часам прорастания (табл.12).

Таблица 12 Суммарная активность α - и β -амилазы в семенах яровой пшеницы при прорастании, мг гидролизованного крахмала за 1 ч/ 1 г сухого вещества

Варианты	12 ч.	24 ч.	36 ч.	48 ч.	72 ч.	96 ч.
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 + Mn	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 + Mn	28,0±0,5	28,0±0,4	41,5±0,6	59,5±0,7	140,3±0,7	64,7±0,5

Повышение суммарной активности α - и β -амилаз отмечено с 12 часов набухания. Использованные препараты на протяжении 72 часов стимулируют суммарную активность амилаз. Первичные процессы в зерне при прорастании связаны в основном с активностью α -амилазы, переходящей в активное состояние из латентной формы, образующейся при формировании семени [2]. Нами отмечена тенденция повышения активности амилаз при применении сочетания ионов Мо + Mn в составе препарата П+Мо+Mn. Так, на 72-й час прорастания сочетание П+Мо+Mn превышает контроль на 8,17 %, в то время как наибольшее значение при применении микроэлементов в составляет: П+Mn – 6,78 %. Активность α -амилазы покоящегося зерна низка. В покоящемся зерне обнаружены латентные формы α -амилазы [139]. Л.А. Аникеевой, Е.В.Лапиной (1987) показано увеличение содержания аминокислот в прорастающем зерне риса, достигающее максимальных значений на третьи сутки, связанное с адсорбцией крахмальных гранул α -амилазой. Нарушение белкового окру-

жения амилопластов пектином, сульфгидрильными агентами способствует повышению атакуемости крахмальных гранул α -амилазой.

Исследования показывают высокую активность α -амилаз, на начальных этапах совпадающей с суммарной активностью α - и β -амилазы (табл. 13).

Таблица 13 Активность α -амилазы, мг гидролизного крахмала за 1 час / 1 г сырой массы

Варианты	Время проращивания		
	48 ч.	72 ч.	96 ч.
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, сопровождается 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 10,74 %. Однако скорость гидролиза крахмала снижается, что возможно из-за накопления сахаров, снижающих активность фермента. К 3 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 активизации процессов

синтеза ферментов используемыми препаратами.

Нахождение в препарате ионов молибдена снижает активность α амилазы. Марганец в отдельности и в сочетании с молибденом повышает активность α -амилазы, что связано с синергетическим характером этих двух элементов. Имеются данные о влиянии определенных химических препаратов на углеводный обмен прорастающих семян различных культур. Однако отсутствуют исследования, проведенные на одной культуре при использовании пектина, сочетание его с микроэлементами: - молибдена и марганца, что давало бы сопоставимые данные.

Динамика содержания сахарозы и редуцирующих сахаров представлена в таблице 14. Обработка семян способствовала перераспределению фондов моно- и дисахаров.

Таблица 14 Содержание глюкозы и сахарозы в прорастающих семенах яровой пшеницы

Варианты	мг глюкозы/1г сырого вещества			мг сахарозы/1г сырого вещества		
	24 ч.	48 ч.	72 ч.	24 ч.	48 ч.	72 ч.
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±1,20	88,20±1,55	9,71±0,20	20,25±0,68	25,85±0,49
Пектин + Мо	15,91±0,75	41,0±0,35	79,07±0,93	10,30±0,32	17,76±0,2	22,27±0,47
Пектин + Mn	15,74±0,68	38,40±0,80	76,53±1,07	12,42±0,22	21,80±0,37	42,26±0,15
Пектин + Мо + Mn	18,15±0,39	38,60±0,92	71,20±1,85	10,35±0,21	22,29±0,32	43,42±0,20

Под действием исследуемых препаратов при прорастании происходит усиленное образование редуцирующих сахаров и сахарозы до 72 часов проращивания. При этом содержание сахарозы на опытных вариантах к первым суткам прорастания по отношению к контролю повышается от 21,8 % (пектин) до 55,8 % (П+Mn). Увеличение содержания редуцирующих сахаров в первые сутки прорастания можно объяснить началом процесса дыхания или их накоплением в связи с деятельностью амилаз, при этом сочетание в препаратах ионов молибдена и марганца характеризуется повышенным содержанием редуцирующих сахаров, по сравнению с отдельным применением. В то же время на первые сутки прорастания на вариантах П+Мо+Mn отмечается повышенное потребление кислорода. Уравнение регрессии на 24 часа прорастания.

На вторые сутки прорастания на опытных вариантах отмечается снижение содержания редуцирующих сахаров от 2,2 до 8,42 %, со-

проводящееся повышенным образованием сахарозы. В этот период содержание редуцирующих сахаров и сахарозы в вариантах с сочетанием ионов молибдена и марганца понижено по отношению к разделенному применению. Для этих же вариантов отмечается падение потребления кислорода.

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

Опытные варианты характеризуются тенденцией к понижению содержания редуцирующих сахаров на 48 и 72 ч. прорастания, которое сопровождается активным потреблением кислорода для вариантов П+Мп.

На вариантах с включением ионов марганца на 48 и 72 ч. прорастания отмечается снижение содержания редуцирующих сахаров. Данная тенденция может быть объяснена активацией ионами марганца реакций аэробной фазы дыхания. Совместное сочетание ионов молибдена и марганца имеет сходные результаты, но содержание редуцирующих сахаров было наименьшим.

Образование сахарозы происходит по нарастающей кривой. Наибольшее содержание отмечается на 72 ч. прорастания. Контрольный вариант характеризуется слабым синтезом сахарозы, а опытные варианты на 72 ч. повышенным – в 1,67 - 3,26 раза выше контроля. Отмеченное повышение образования сахарозы имеет сходный характер у вариантов, имеющих к 72 ч. подъем дыхания, снижение содержания редуцирующих сахаров и повышение содержания сахарозы.

Предпосевная обработка при прорастании семян повышает содержание редуцирующих сахаров, которые являются субстратами метаболизма. Возрастающий процесс дыхания способствует образованию субстратов дыхания в результате гидролиза дисахаридов и активации гидролиза крахмала.

Дыхание – совокупный физиолого-биохимический процесс, является основным процессом, поставляющим энергию и метаболиты в прорастающее семя. Процесс подвержен влиянию физических и химических факторов. В настоящее время дискутируется вопрос о роли различных путей альтернативного дыхания, в осуществлении которого существенная роль отводится каталазе и пероксидазе. В нормальных условиях дыхание лимитируется медленной регенерацией АДФ, что лишает клетку акцептора фосфатов, уменьшается поступление

фосфора. Первичный подъем дыхания при влажности 20 % связан с гликолитическими ферментами. Активация дыхания при достижении семенами 45-50 % влажности свидетельствует о завершении митохондриогенеза [96]. Е.К. Овчаров Н.Н. Доман, Б.А. Попов (1970) на семенах кукурузы показали становление структуры митохондрий к 12 часам набухания. На начальном этапе набухания эндосперм поглощает воды больше, чем зародыш. При влажности эндосперма в 30 % он поглощает кислорода больше, чем зародыш [4].

Повышение интенсивности дыхания может рассматриваться как источник повышения уровня АТФ и фонда метаболитов, зависящего от развития митохондрий. Изменение интенсивности дыхания прорастающих семян, обусловленное воздействием изучаемых факторов, позволяет определить специфичность ответной реакции растений.

Результаты исследований дыхания 1, 2, 3 - суточных проростков яровой пшеницы представлены в таблице 15 и на рисунке 13. Измерение дыхания проводилось на первый и второй час. Потребление кислорода на первый час может рассматриваться как реакция на стрессовые условия. На 2-й час набухания обводненность семени имеет максимальный уровень на варианте П+Мо+Mn – 18,5 %, что составляет менее 20 % и не позволяет идти процессам распада крахмала.

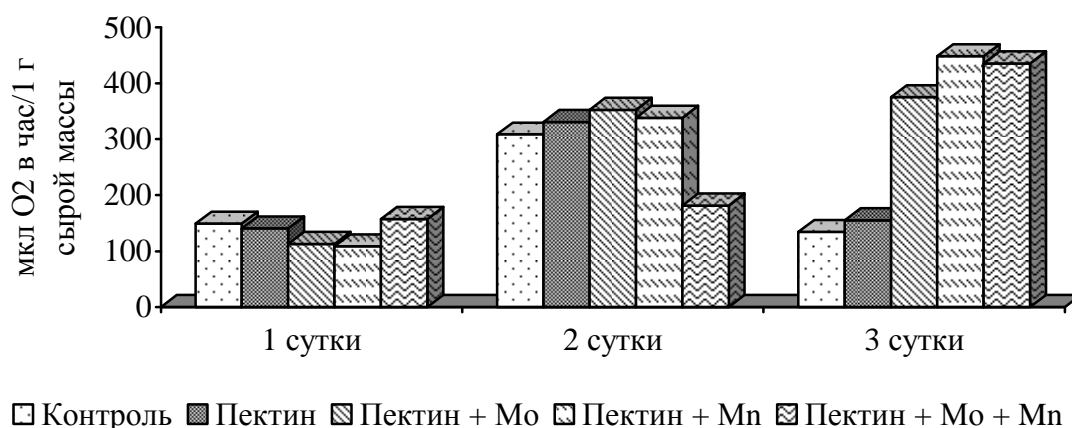


Рис.13 Дыхание прорастающих семян яровой пшеницы, подвергнутой обработке, мкл O₂ в час/1 г сырой массы

В работе Н.В. Обручевой, Л.С. Ковалдо, А.А. Прокофьева (1988) на семенах гороха активация процесса распада крахмала отмечена при влажности 45 %, таким образом, дыхание в данный период осуществляется в основном гликолизом. Существенным является подъем дыхания на вариантах П+Мо+Mn, превышающий показания кон-

трольного варианта на второй час первых суток на 5,49 %. Другие опытные варианты имеют более низкие показатели дыхания.

Вторые сутки прорастания характеризуются повышением обводненности от 36,5 до 71,0 %, что усиливает метаболические процессы. В этот период дыхание увеличивается более чем в 2 раза.

Таблица 15 Влияние росторегуляторов и микроэлементов на потребление кислорода проростками яровой пшеницы, мкл O₂ в час/1 г сырого веса

Варианты	1 сутки		2 сутки		3 сутки	
	1 ч.	2 ч.	1 ч.	2 ч.	1 ч.	2 ч.
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	359,0±2,9	331,1±7,1	454,5±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 + Mn	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 + Mn	154,7±1,9	157,5±1,8	183,6±1,4	181,6±2,0	459,6±4,5	435,4±4,5

Опытные варианты имеют более высокую интенсивность дыхания, чем контрольный вариант. Варианты с ионами молибдена и марганца в данный период имеют пониженное дыхание. Данную особенность можно объяснить более ранним началом использования субстратов дыхания и наступлением лаг-периода. К третьим суткам прорастания в проростке начинают протекать процессы фотосинтеза. Опытные варианты превышают контроль на 8,35- 233,06 % - (П+Mn, П+Мо+Mn).

На основании корреляционного анализа установлена тесная связь по типу параболы дыхания с каталазной активностью в семенах через 24, 48, 72 часа $v = 0,56-0,59$, $D = 31,1-35,9$ %, с набухаемостью семян через 24, 48 часов $v = 0,62-0,74$, $D = 37,9-54,9$ %.

Активность каталазы, пероксидазы в прорастающих семенах и растениях

Воздействие биотических стрессоров приводит к ответу растений, в основных чертах сходному с ответом на абиотические стрессоры [130]. Повышение активности или активизация данного фермента в биологической системе отражает 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 и пероксидазы позволяет проследить физиолого-биохимические процессы про-

растающих семян, подвергнутых химической обработке, и в первую очередь – состояние окислительно-восстановительных реакций, присутствующих дыханию.

В таблице 16 представлена активность каталазы в проростках из семян, подвергнутых предпосевной обработке. В покоящихся семенах обнаруживается активность каталазы от 7 до 12 мкмоль разлагаемой перекиси водорода. На контроле наибольшая активность фермента наблюдается на протяжении 48 часов, после чего происходит снижение её активности. К 48 часам набухания активность каталазы возрастает по отношению к 12 часам в 4,3 раза. При прорастании семян активность каталазы повышается, в изоэнзимном спектре происходит упрощение. Показана коррелятивная связь всхожести с активностью каталазы [121].

Предпосевная обработка семян стимулирует активность каталазы, которая начинает проявляться с 12 часов набухания. Пектин и микроэлементы способствуют повышению активности фермента. В период достижения максимальных значений (48-72 ч.) наибольшие величины активности отмечены при сочетании в препаратах ионов молибдена и марганца. Варианты П+Мо и П+Мо+Mn в период наибольшего подъема активности фермента превышают контроль на 2,77 и 5,05 % соответственно. К 4-м суткам активность на опытных вариантах остается на высоком уровне, в то же время на контроле происходит снижение ее активности.

Таблица 16 Влияние фиторегуляторов и микроэлементов на активность каталазы при прорастании яровой пшеницы, ммоль разложившейся H_2O_2 за минуту/1 г сухого вещества

Варианты	Время (час)					
	12 ч.	24 ч.	36 ч.	48 ч.	72 ч.	96 ч.
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 + Mn	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 + Mn	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 в антиоксидантную систему определяет устойчивость растений к различным воздействующим факторам в процессе онтогенеза [108].

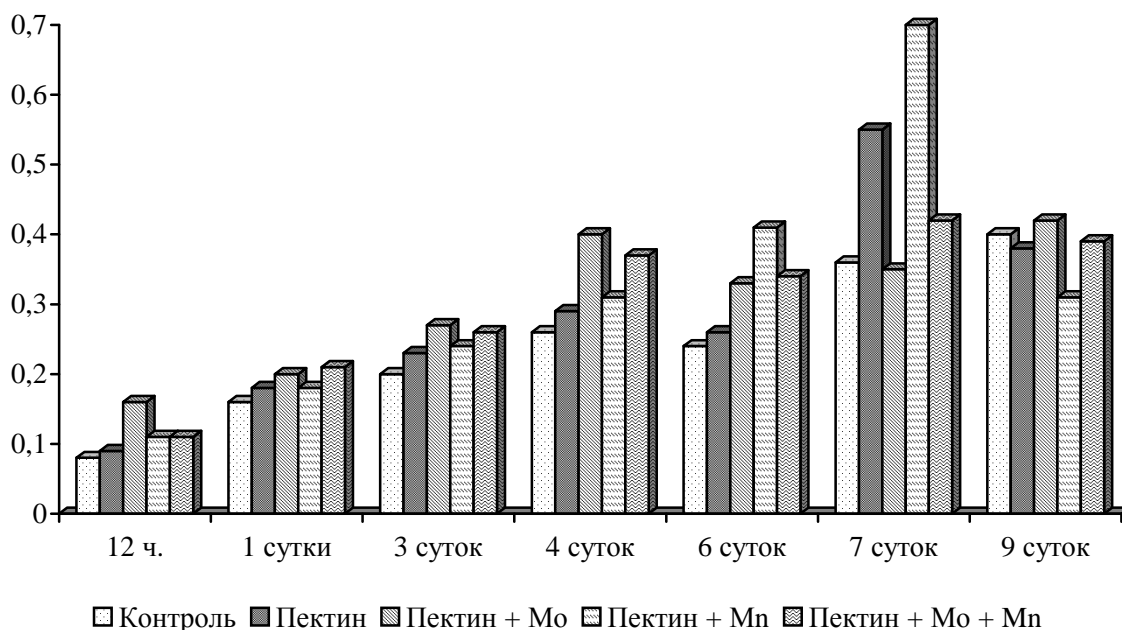


Рис.14. Активность пероксидазы в прорастающих семенах яровой пшеницы под влиянием обработки, изменение оптической плотности за 1 с/1 г сырой массы.

Нами изучено изменение активности пероксидазы в проростках и растениях пшеницы в зависимости от вида обработки и связь данного процесса с другими ферментными системами. Субстратом реакции являлся раствор бензидина. Результаты исследований представлены на рисунке 14.

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

Способность организма противостоять возникающему стрессу в большой степени зависит от содержания и его способности вырабатывать антиокислители, к числу которых относят аскорбиновую кислоту и глутатион. Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович (1989) 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 и глутатиона в анаэробных условиях отсутствует [103]. Являясь сильными восстановителями, они способны к переносу водорода при дыхании и восстановлению дисульфидных связей. Окислительно-восстановительные реакции с участием аскорбиновой кислоты тесно связаны с циклом глутатиона. 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 [17].

Содержание аскорбиновой кислоты под действием предпосевной обработки на опытных вариантах увеличивается от 2,15 до 4,99 % (П+Mn и П+Mo+Mn). Наиболее высокое содержание отмечено для варианта П+Mo+Mn (табл.17).

Связь синтеза аскорбиновой кислоты с обеспеченностью молибденом растений отмечено в работах И.А. Чернавиной, Г.О. Купке (1959). Совместное присутствие ионов марганца и молибдена повышает содержание аскорбиновой 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+Mn превышает контроль на 54,26 %.

Таблица 17 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 + Mn	0,004316	0,007211	0,073
Пектин + Мо + Mn	0,004436	0,007895	0,076

Увеличение общей редуцирующей способности ткани проростков свидетельствует об их высокой экологической устойчивости [60]. Редуцирующая активность тканей под влиянием предпосевной обработки на опытных вариантах превышает контрольное значение на 12,31-24,62 %. Следует отметить, что наибольшее значение данного показателя отмечается для варианта пектин.

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

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ ПЕКТИНА

Рост является процессом образования, дифференцировки и нарастания структур организма. Данный процесс отражает взаимосвязь процессов синтеза и распада веществ в организме при его взаимодействии с условиями внешней среды [148]. В основе процесса роста лежит биохимия углеводов. Основным поставщиком

данных соединений является фотосинтетическая деятельность листа, стебля, колоса. Поэтому фотосинтез и морфогенез базируются и разворачиваются на базе фотосинтетической деятельности листа. Количественным выражением органо- и морфогенеза является увеличение размеров фотосинтетической поверхности и накопление сухой биомассы. Характер ростовых процессов, интенсивность роста органов, длительность активной жизни органов определяют продуктивность растений [92].

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 [147]. Повышенный метаболизм углеводов является благоприятным фактором в превращениях азота [32].

Источником энергии фотосинтеза является фотосинтетическая активная радиация (ФАР). Уровень ее усвоения невысок [92]. Актуальным является вопрос повышения уровня ее усвоения.

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 на единицу площади посева – индекс листовой поверхности (ИЛП). Соответственно совпадение максимальных значений ФАР с формированием оптимального значения ИЛП 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 [8]. Предпосевная обработка семян, стимулируя начальные этапы прорастания, способствует формированию высоких величин листовой поверхности. Однако использование ФАР может лимитироваться активностью фотосинтетических реакций. Сорты характеризуются различной долей участия листьев в формировании листовой поверхности и урожая [41].

Адаптирование сорта к климатическим условиям способствует временному и фазовому смещению в формировании максимальных значений листовой поверхности [92]. В работах А.А. Ничипоровича и др. (1961) указывается, что оптимальная площадь поверхности ли-

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 микроэлементов, нетрадиционных ростовых веществ в зависимости от обеспеченности основными элементами питания, позволяет оценить ее вклад в формирование урожая и его качества.

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

В работах В.А. Исайчева (1997), В.И. Костина (1999), Е.Л. Хованской (2001), Ф.А. Мударисова (2001), А.Ю. Семенова (2002) показано влияние предпосевной обработки семян микроэлементами на формирование листовой поверхности, накопление биомассы. Данный эффект отмечен для большинства микроэлементов и физических воздействий. Размер биомассы может рассматриваться, как источник обеспечения наливающегося зерна азотом и углеводами.

Максимальное развитие площади листьев в зависимости от увлажнения может сдвигаться по отношению к фазам развития. Нарастание листовой поверхности для всех вариантов по всем годам исследований соответствует тенденции формирования максимальных величин в фазы трубкование – колошение, сопровождающееся после этого падением.

В 2003 году в фазу молочной спелости растения практически не имели фотосинтезирующих зеленых листьев, что связано с поражением бурой ржавчиной. Формирование активно и длительно синтезирующей листовой поверхности до фазы колошения имеет актуальное значение, особенно в климатически нестабильные годы.

За годы исследований наивысший показатель площади листьев отмечается в 2002 году (табл. 18, 19). Влияние предпосевной обработки на формирование площади листьев отмечается с фазы всходов. Дополнительно на величину листовой поверхности оказывает влияние число взшедших 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 (1978) отмечают, что растения с повышенной густотой стояния формируют более высокую листовую поверхность на начальных этапах развития, а в последующие периоды преимущество остается за посевами с низкими нормами высева. Развитие листовой поверхности в большой степени определяется факторами окружающей среды. Функционирования листовой поверхности в фазу молочной спелости оказывает влияние на урожай и обеспечивается в основном флажковым листом. По данным Г.В. Удовенко, Г.Д. Давыдовой (1981), до 20-30 % биомассы семян в период налива образуется за счет реутилизации пластических веществ из листьев. А.Н. Павлов (1984) указывает на поступление азота из листьев в зерновку при наливе зерна в размере 50 %.

Таблица 18 Динамика развития листовой поверхности, м²/га (ср. значение 2001-2003 гг.)

Варианты, почва	Всходы	Кущение	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 + Mn	705,92	5055,04	13915,95	9546,75	4855,46
Пектин + Мо + Mn	747,06	5791,36	14369,79	10869,12	5349,45

В фазу кущения сохраняется ранее 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 трубкавания-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 трубкавания, 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 П, П+Мо+Mn. Отмечается высокая стимуля-

ция формирования листовой поверхности на неудобренном фоне исследуемыми препаратами.

Таблица 19 Динамика развития листовой поверхности, м²/га (ср. значение 2001-2003 гг.)

Варианты, NPK	Всходы	Кущение	Трубкование	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 + Mo	689,87	5944,3	14875,55	10891,82	3931,04
Пектин + Mn	759,15	5700,28	15660,27	10591,72	5922,55
Пектин + Mo + Mn	764,41	6382,20	16177,05	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 (табл.20-25). Результаты показывают, что активный рост листьев яровой пшеницы наблюдается в 2001-2003 гг. до фазы колошения. С фазы трубкования 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 трубкование - 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 контрольные варианты, а внесение NPK способствовало росту листовой поверхности по отношению к неудобренному фону. В 2002 году сочетание ионов Mo и Mn не способствовало повышению скорости формирования листовой поверхности. Для фазы трубкования-колошения в 2003 года отмечена тенденция невысоких значений роста листьев, при этом сочетание П+Mo+Mn имело невысокую скорость формирования листьев. В 2003 году скорость формирования листовой поверхности при применении солей микроэлементов ниже, чем при их совместном сочетании. Вариант П+Mo+Mn в исследуемый год имел более продолжительный рост и высокую скорость формирования листьев. Полученные результаты характерны для вариантов Пектин и Пектин+Mo. Прирост листовой поверхности на фоне почвы превышал данный показатель

на фоне NPK для вариантов Пектин, Пектин+Mn, П+Mo+Mn. В целом уменьшение роста листьев на фоне NPK к фазе колошения происходит активнее, чем на фоне почвы. Данный результат может быть следствием более интенсивного снабжения метаболитами формирующегося колоса. Наибольшая интенсивность формирования листовой поверхности в 2001-2003 гг. приходится на период всходы-кущение.

Таблица 20 Относительная скорость формирования листовой поверхности, $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{см}^2 \cdot \text{сутки}$, NPK (2001 г.)

Варианты	Всходы-кущение	Кущение-трубкование	Трубкование - колошение	Колошение – молочная спелость
Контроль	116,67	10,20	14,92	-22,41
Пектин	118,22	10,52	14,08	-15,15
Пектин + Mo	114,59	11,04	13,34	-80,07
Пектин + Mn	117,51	10,74	10,94	-35,93
Пектин + Mo+Mn	118,70	12,02	6,49	-43,44

Таблица 21 Относительная скорость формирования листовой поверхности, $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{см}^2 \cdot \text{сутки}$, почва (2001 г.)

Варианты	Всходы-кущение	Кущение-трубкование	Трубкование - колошение	Колошение – молочная спелость
Контроль	108,80	11,34	10,40	-59,20
Пектин	110,95	14,52	6,33	-79,49
Пектин + Mo	114,18	13,77	0,81	-53,55
Пектин + Mn	111,97	9,31	17,06	-53,12
Пектин + Mo +Mn	111,36	12,99	10,73	-45,01

Таблица 22 Относительная скорость формирования листовой поверхности, $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{см}^2 \cdot \text{сутки}$, NPK (2002 г.)

Варианты	Всходы - кущение	Кущение - трубкование	Трубкование - колошение	Колошение – молочная спелость
Контроль	91,79	87,40	-39,35	-82,23
Пектин	134,40	68,84	-42,52	-74,97
Пектин + Mo	131,07	76,41	-39,76	-87,15
Пектин + Mn	133,61	77,78	-41,40	-80,78
Пектин + Mo + Mn	127,68	54,43	-16,20	-89,35

Таблица 23 Относительная скорость формирования листовой поверхности, $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{см}^2 \cdot \text{сутки}$, почва (2002 г.)

Варианты	Всходы - кущение	Кущение - трубкование	Трубкование - колошение	Колошение – молочная спелость
Контроль	87,96	66,34	-32,82	-77,85
Пектин	98,67	61,12	-43,95	-82,33
Пектин + Мо	93,32	61,99	-38,91	-89,24
Пектин + Mn	98,86	64,17	-443,10	-68,62
Пектин + Мо + Mn	96,49	58,67	-23,16	-80,67

Таблица 24 Относительная скорость формирования листовой поверхности, $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{см}^2 \cdot \text{сутки}$, НРК (2003 г.)

Варианты	Всходы – кущение	Кущение – трубкование	Трубкование - колошение
Контроль	74,46	73,0	-4,18
Пектин	124,67	53,25	4,23
Пектин + Мо	133,37	42,52	7,48
Пектин + Mn	104,95	54,03	-1,14
Пектин + Мо + Mn	135,24	42,38	6,22

Таблица 25 Относительная скорость формирования листовой поверхности, $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{см}^2 \cdot \text{сутки}$, почва (2003 г.)

Варианты	Всходы – кущение	Кущение – трубкование	Трубкование - колошение
Контроль	11,34	55,48	-12,49
Пектин	100,32	51,87	8,30
Пектин + Мо	11,54	44,67	5,10
Пектин + Mn	98,84	60,24	-0,66
Пектин + Мо + Mn	91,98	64,16	4,08

Засушливые условия года в период кущение-трубкование снижают скорость формирования листовой поверхности. На фоне почвы скорость формирования листовой поверхности повышается, однако в последующий период трубкования-колошения происходит снижение по отношению к вариантам на удобренном фоне.

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 лис-

товой 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 [82]. Наибольшие значения ФСП отмечаются для фаз трубкование-молочная спелость. Структура урожайности имеет положительную корреляцию с ФП [81].

Исследования показывают, что ФСП колеблется по годам исследований, по фазам развития (рис. 15). 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.

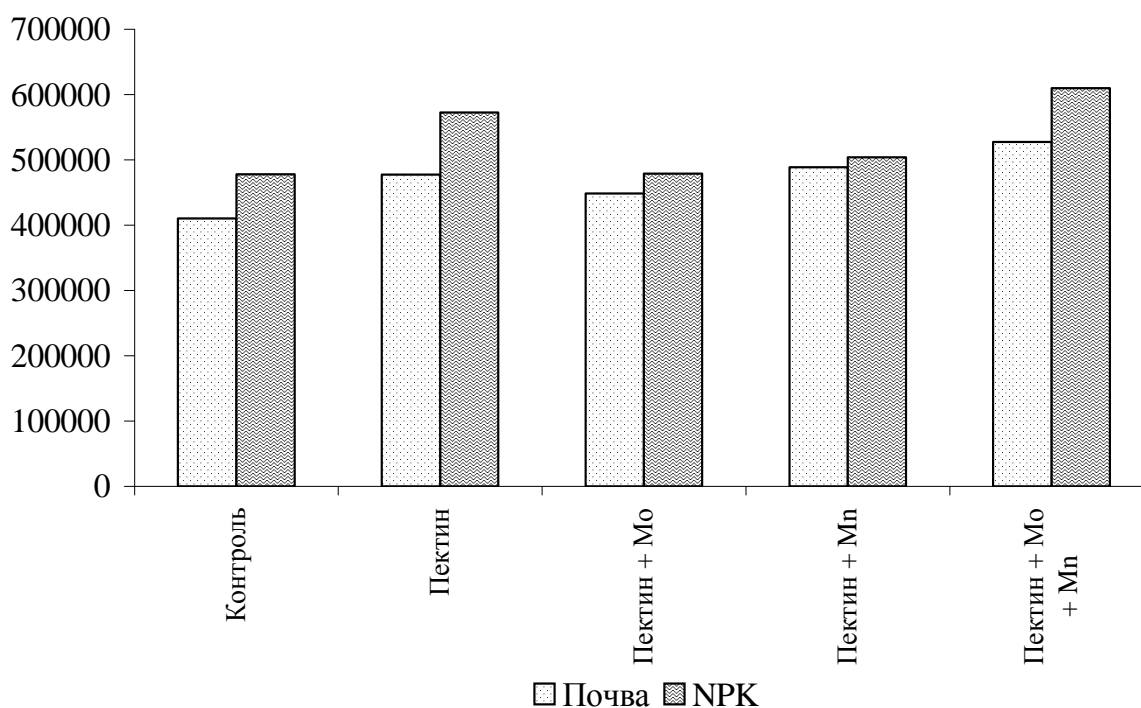


Рис.15. Фотосинтетический потенциал посевов яровой пшеницы, м² сутки/га (ср. значение 2001-2003 гг.)

Анализ величины ФСП за вегетацию показывает, что на данный показатель оказали влияния удобрения: на контрольном варианте ФСП увеличился на фоне NPK 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.

Влияние пектина и микроэлементов на накопление биомассы и количественные характеристики репродуктивных органов

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 [107].

Наращение биомассы растения яровой пшеницы происходит с начала развития и продолжается до конца созревания (табл. 26). Интенсивность процесса накопления биомассы различна в зависимости от фаз роста и развития. Наибольшая интенсивность накопления биомассы отмечена в период, связанный с интенсивным ростом (кущение– трубкавание). 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.

На фоне почвы $y = 62.523 + 126.211 \cdot x_1 + 43.41 \cdot x_2 + 4.06 \cdot x_4$, ($D = 72,1\%$; $R = 0,8$). На фоне NPK $y = 62,59 + 86,87 \cdot x_2 + 4,398 \cdot x_4$, ($D = 83,6\%$; $R = 0,9$), 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 26 Сухая масса растений яровой пшеницы, г/растение (среднее значение) 2001-2003.

	Всходы		Кущение		Трубкавание		Колошение		Молочная спелость	
	почва	NPК	почва	NPК	почва	NPК	почва	NPК	почва	NPК
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+Mo	0,05	0,06	0,13	0,14	0,66	0,71	1,38	1,62	1,79	1,96
Пектин+Mn	0,05	0,06	0,13	0,14	0,65	0,72	1,41	1,59	1,83	1,99
Пектин+Mo+Mn	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 способствует увеличению сроков накопления биомассы и роста растений.

Данные таблиц 26-29 характеризуют изменения, происходящие в репродуктивных органах опосредованных воздействием абиотических факторов среды. Погодные условия оказывают существенное влияние на формирование полноценного зерна. Засуха 2001 года не позволила реализовать потенциальные возможности на фоне NPK. Между контрольными вариантами разница составила 1,3 %. Максимальная масса 1 тысячи зерен на варианте Пектин + Mo + Mn превы-

сила контроль на 1,92 % на фоне почвы, а на фоне NPK в варианте пектин– на 0,71 %.

Таблица 27 Масса 1 тысячи семян, г

Варианты	Фон почва			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±0,59	34,78±0,31	34,15±0,53	36,07±0,36	36,42±0,27
Пектин + Mo	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 + Mn	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 + Mo + Mn	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+Mn – 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 П+Мо+Mn на 3,3 %.

Число зерен в колосе относительно стабильно (табл.28) 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. Комбинация П+Мо+Mn на фоне почвы в 2001-2003 гг. имела наибольшее число зерен в колосе.

Таблица 28 Число зерен в колосе, шт./колос

Варианты	Фон почва			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	24,3±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 зерна с колоса получена в 2001 году (табл.

29). 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 29 Масса зерна с колоса, г/колос

Варианты	Фон почва			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. Ее роль возрастает при повышении минерального питания и влагообеспеченности.

Чистая продуктивность фотосинтеза

Рост и фотосинтез составляют основу продукционного процесса растений [42]. Показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) отражает накопление массы растением в пересчете на единицу листовой поверхности за определенный период.

Продуктивность фотосинтеза имеет восходящий характер на обоих фонах выращивания (табл.30, 31).

Таблица 30 Чистая продуктивность фотосинтеза, почва, г/м² сутки

Варианты	Всходы			Кущение			Трубкование			Колошение		
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Контроль	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	-
Пектин + Mo	3,11	4,32	4,27	8,01	10,60	12,93	11,94	12,43	14,52	10,52	11,32	-
Пектин + Mn	2,92	3,99	4,14	7,88	10,27	12,23	11,70	12,53	13,22	10,40	11,94	-
Пектин + Mo + Mn	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 трубкования-колошения. При использовании удобрений значения ЧПФ выше, чем на аналогичных вариантах на неудобренном фоне.

Таблица 31 Чистая продуктивность фотосинтеза, НРК, г/м² сутки

Варианты	Всходы			Кущение			Трубкование			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	-
Пектин	3,21	4,52	3,94	7,77	10,71	12,22	12,57	13,30	16,12	10,99	12,67	-
Пектин + Mo	3,26	5,23	3,85	8,16	11,49	12,88	12,39	13,39	18,06	10,67	12,68	-
Пектин + Mn	3,20	4,80	4,00	8,09	10,58	12,33	12,22	12,80	16,11	10,17	12,64	-
Пектин + Mo + Mn	3,80	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.

По всем годам исследования, по фазам 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 интен-

сивности накопления сухого вещества на единицу листовой поверхности (ЧПФ), что может рассматриваться как основа адаптации яровой пшеницы к неблагоприятным условиям среды.

На основе исследований можно сделать вывод, что недостаток элементов минерального питания при формировании урожайности способствует смещению процессов роста на ранние стадии развития. 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 высева необходимо учитывать потенциальную выживаемость растений для каждого из исследованных веществ.

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПЕКТИНА

Рост и развитие растений в агрофитоценозе определяется воздействием абиотических и биотических факторов. Выживаемость растений - результат адаптации к комплексу экологических факторов. Давление биотических факторов среды на элиминацию растений оказывается особенно высоким на ранних этапах роста и развития. Для характеристики данного процесса необходимо использовать показатель выживаемости, выраженный в процентах, и число выживших растений на 1м². Ценность результатов исследования заключена в возможности анализа эффекта воздействия предпосевной обработки, опосредованной метеорологическими факторами.

Результаты исследований приведены на рисунке 16. Исследуемые препараты способствовали выживаемости растений в 2001-2003 г. на 1,08- 6,91 %, при внесении - удобрений на 3,13-5,96 %. При внесении удобрений происходит прирост выживаемости по сравнению с проведением только предпосевной обработки на 1,20-1,30 %. Наименьший уровень выживаемости за годы исследований отмечен в засушливом 2001 году. Наименьшее количество сохранившихся растений отмечено в 2003 году.

Благоприятные погодные условия способствовали повышенной выживаемости растений при использовании солей микроэлементов. На почве число выживших растений при использовании солей микро-

элементов составило 322,5-325,5 шт./ м², на удобренном фоне 328-350,5 шт/м².

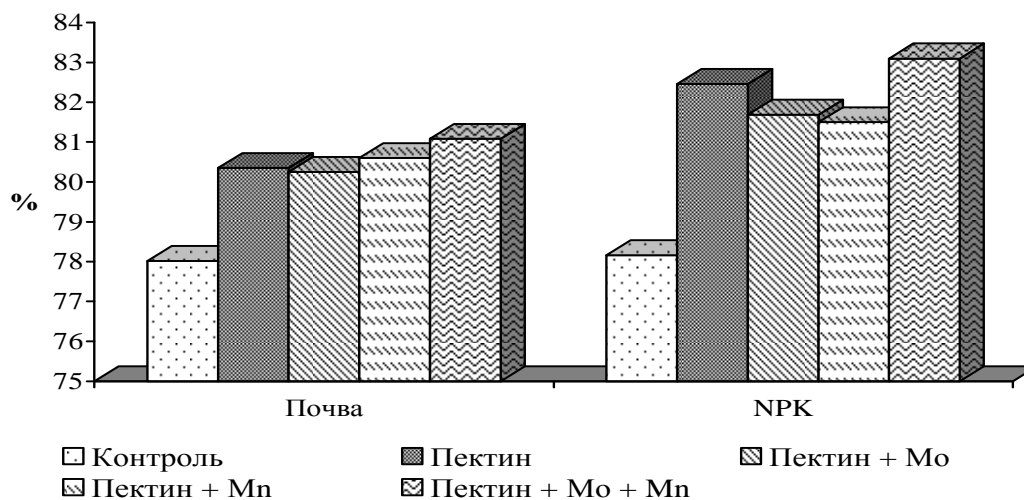


Рис.16. Выживаемость растений яровой пшеницы, %,(среднее значение 2001-2003 гг.).

Избыточное увлажнение и пониженные температуры вегетационного периода 2003 года способствовали снижению выживаемости. Число выживших растений было наименьшим за три года исследований, однако процент выживаемости был выше по отношению к 2001 году. Обработка семян способствует адаптации растений к перенесению неблагоприятных факторов среды. Высокий процент выживаемости при использовании солей микроэлементов, вероятно, связан с недостаточностью микроэлементов в почве и повышением активности микрофлоры. За период вегетации корнем отторгается в ризосферу до 50 % продуктов фотосинтеза.

Под влиянием предпосевной обработки семян пектином с микроэлементами растения лучше адаптируются в полевых условиях к неблагоприятным факторам.

УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕКТИНА

Урожайность является комплексным показателем реализации совокупности физиолого-биохимических процессов, реализуемых в ходе вегетационного периода культуры. Данный процесс имеет зависимость от климатических условий, геномного потенциала, агротехники, применения удобрений, микроэлементов и фиторегуляторов. Повышение метаболизма растений способствует устойчивому состоянию организма в неблагоприятных условиях окружающей среды, эффективному использованию основных элементов минерального

питания, что способствует формированию повышенной урожайности при сохранении удовлетворительного качества зерна.

Повышение урожайности яровой и озимой пшеницы под воздействием предпосевной обработки микроэлементами, в частности марганцем и молибденом, отмечены в работах М.А. Мальгина (1966), синергизм их действия показан В.А. Исайчевым (1997), В.И. Костиным (1999), Ф.А. Мударисовым (2001), Е.Л. Хованской (2001). Проведено изучение стимулирующего влияния амарантового пектина на начальные процессы прорастания, урожайность и качество зерна яровой и озимой пшениц [49,140]. Предпосевная обработка семян пшеницы сульфатом марганца в возрастающих дозах повышает урожайность и содержание белка, однако отмечается снижение содержания клейковины [80].

Установлено высокое стимулирующее действие пектина в сочетании с микроэлементами на формирование урожайности яровой пшеницы (табл.32) [76, 53, 119, 118]. Годы исследований характеризовались различными гидрометеорологическими условиями, что отразилось на урожайности.

Показатели урожайности формируются под влиянием массы зерновки, количества зерен в колосе и числа выживших растений. Используемые препараты способствовали повышению данных показателей. Анализ данных урожайности позволяет выявить элементы стимуляции изучаемых веществ. Увеличение урожайности обеспечивается увеличением массы эндосперма, т.е. крахмалистой части зерна. В связи с неравномерным развитием эндосперма и алейронового слоя при высоких урожаях отмечается падение содержания белка [106].

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 данных условиях повышение урожайности составило от 4,2 до 27,4 % по 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 сочетании 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 32 Урожайность яровой пшеницы сорта Л-503 в 2001-2003 гг., ц/га

Варианты	Фон почва			Фон NPK			Среднее	
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	Почва	NPK
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 + Mn	18,3	24,4	16,3	19,1	25,6	20,7	19,7	21,8
Пектин + Мо + Mn	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
Mn	–	27,4	16,7	–	28,6	20,7	22,1	24,7
Мо+Mn	–	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*	0,395	0,945	0,627	0,395	0,945	0,627		
НСР для фактора В**	0,884	2,501	1,659	0,884	2,501	1,659		
*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 1,35 до 6,1 ц/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 1,4 ц/га или 6,1 %, а между максимальными величинами - 1,2 ц/га или 4,0 %.

Максимальная урожайность проявилась на обоих фонах выращивания при использовании Mo + Mn. На удобренном фоне наибольший показатель имеет вариант П+ Mn. На неудобренном фоне по этим критериям выделяется вариант П + Mo.

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 запланированной в 25 ц/га. На неудобренном фоне колебания урожайности составили от 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+Mo+Mn 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 сочетания 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.

Аналогичная закономерность проявляется у гороха, урожайность которого повышается на 2,5-4,0 ц/га, по сравнению с контро-

лем. Следует указать, что у обоих сортов в условиях сильной засухи не образовывались клубеньки для фиксации атмосферного азота, поэтому урожайность оказалась низкой. Тем не менее, пектин, как в чистом виде, так и в сочетании с молибденом и бактериальным препаратом способствовал повышению урожайности ценной белковой культуры - гороха.

При анализе связей мы использовали статистические методы, называемые корреляцией и регрессией. При решении данного вопроса по точечному графику было установлено, что связь между изучаемыми явлениями существенно отклоняется от линейной и коэффициент корреляции непригоден в качестве меры связи. Он указывает на отсутствие сопряженности там, где налицо сильная криволинейная регрессия, т.е. характер зависимости таков, что при одинаковых приращениях независимой переменной X (полевая всхожесть) зависимая переменная Y (урожайность) имеет неодинаковые приращения. Поэтому был выбран новый показатель - корреляционное отношение, который измеряет степень связи при любой ее форме.

Статистическая разработка экспериментального материала привела к построению уравнения, близкого к квадратической параболы:

$$Y = a + b_1X + b_2X^2$$

Кривые, полученные для выявления зависимости урожайности от полевой всхожести, удовлетворяют данному уравнению.

Из полученных данных можно судить о корреляционной зависимости: чем ближе к единице корреляционное отношение, указывающее на тесноту (силу) и направление связи X с Y , тем сильнее и ближе функциональная зависимость урожайности от полевой всхожести и, наоборот, чем ближе к нулю, тем слабее выражена зависимость. На основании математической обработки установлено, что в 1996 году ($R = 0,62 - 0,64$) связь между рассматриваемыми факторами была сильнее по сравнению с последующими годами. В 1998 году корреляционное отношение между полевой всхожестью и урожайностью равнялось 0,4-0,51, в 1999 году - 0,52-0,55. Если рассматривать фоны посевов яровой пшеницы, то зависимость на удобренном фоне была сильнее, исключение составил 1997 год.

Коэффициент детерминации является более прямым способом выражения зависимости одной величины от другой, и в этом отношении он предпочтительнее, чем корреляционное отношение. Он показывает ту долю варьирования признака Y (урожайность), которая обусловлена степенью колебания признака X (полевая всхожесть).

Зная это, можно сказать о 38-40% колебании урожайности в 1996 году, которое вызывается колебаниями полевой всхожести. В 1997 году процент вариации урожайности составил 26%. В 1998 году урожайность зависела от полевой всхожести на 19-26%, в 1997 году коэффициент детерминации составил 26-30% (табл. 33,34).

Учитывая климатические условия опыта по годам, можно судить о влиянии влажности и температуры на урожайность яровой пшеницы. Например, 1997 год, за исключением мая, был благоприятным для роста и развития пшеницы. В мае стояла прохладная и дождливая погода, которая отрицательно повлияла на всхожесть. В течение последующего вегетационного периода погода была теплая с обильными осадками, это в большей степени повлияло на урожайность яровой пшеницы. В 1998 и 1999 гг. благоприятные метеорологические условия в начале вегетации яровой пшеницы отразились на повышении полевой всхожести. Но засушливый период последующих месяцев снизил урожайность пшеницы.

В целом, метеорологические условия Ульяновской области благоприятствуют возделыванию яровой пшеницы, но недостаток влаги, засухи и суховеи, малоснежность зим оказывают отрицательное влияние на формирование урожая. Поэтому при рассмотрении зависимости урожайности от полевой всхожести нужно учитывать и другие факторы действия.

Математическая статистика позволяет установить корреляцию между двумя признаками при постоянном значении третьего. Для оценки надежности выборочного корреляционного отношения вычисляют его ошибку и критерий существенности.

Корреляционное отношение указывает на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, но не позволяет судить о том, как количественно меняется результативный признак при изменении значения факториального, что важно в познавательных и практических целях. Поэтому был проведен регрессионный анализ, основная задача которого - определение формулы корреляционной зависимости. Полученные коэффициенты регрессии показывают, в каком направлении и на какую величину изменяется признак Y (урожайность) при изменении признака X (полевая всхожесть).

Таблица 33 Влияние полевой всхожести на урожайность яровой пшеницы на удобренном фоне (NPK)

Варианты	1996 г.		1997 г.		1998 г.		1999 г.	
	полевая всхожесть, %	урожайность, т/га	полевая всхожесть, %	урожайность, т/га	полевая всхожесть, %	урожайность, т/га	полевая всхожесть, %	урожайность, т/га
удобренный фон								
Контроль	48,9	1,30	48,9	3,05	48,0	1,88	57,0	2,33
Mo	63,6	1,47	46,6	3,49	51,0	2,21	63,8	2,90
Mn	58,0	1,46	48,0	3,00	52,5	2,16	65,7	2,78
Mo+Mn	57,6	1,46	46,9	3,40	50,0	2,24	58,4	2,83
Пектин	50,0	1,34	44,3	3,44	49,5	2,31	73,4	2,94
П+Mo	55,2	1,39	44,1	3,00	49,0	2,16	61,9	2,82
П+Mn	56,8	1,39	45,6	3,00	49,5	2,12	64,0	2,78
П+Mo+Mn	50,1	1,37	50,7	3,15	50,0	2,23	64,0	2,75
Корреляционное отношение, R	0,64		0,34		0,51		0,55	
Коэффициент детерминации, %D	40,5		11,31		26,46		30,85	
Стандартная ошибка, Sr	0,14		0,17		0,16		0,15	
Критерий Стьюдента, Tr	4,45		1,92		3,23		3,59	

Таблица 34 Влияние полевой всхожести на урожайность яровой пшеницы на неудобренном фоне (почва)

Варианты	1996 г.		1997 г.		1998 г.		1999 г.	
	полевая всхожесть, %	урожайность, т/га	полевая всхожесть, %	урожайность, т/га	полевая всхожесть, %	урожайность, т/га	полевая всхожесть, %	урожайность, т/га
Контроль	43,6	1,24	40,2	2,48	47,2	1,26	44,4	2,02
Mo	57,6	1,37	45,8	2,69	50,0	1,46	55,5	2,23
Mn	56,6	1,41	46,1	2,78	50,5	1,40	57,7	2,02
Mo+Mn	57,4	1,37	46,8	2,74	51,5	1,48	57,3	2,24
Пектин	51,8	1,48	46,4	2,71	48,2	1,70	57,4	2,47
П+Mo	58,8	1,48	48,0	2,63	53,2	1,63	59,0	2,33
П+Mn	58,4	1,40	47,5	2,60	50,7	1,63	58,2	2,52
П+Mo+Mn	65,1	1,39	48,8	2,70	53,5	1,63	58,4	2,56
Корреляционное отношение, R	0,62		0,51		0,44		0,52	
Коэффициент детерминации, %D	38,38		26,06		19,09		26,61	
Стандартная ошибка, Sr	0,14		0,16		0,17		0,16	
Критерий Стьюдента, Tr	4,27		3,2		2,62		3,24	

Математическая обработка показывает, что урожайность зависит от полевой всхожести на 50%. Таким образом, под действием пектина, микроэлементов и минеральных удобрений создаются благоприятные условия для прорастания семян, вследствие чего повышается полевая всхожесть, в результате корреляционных связей увеличивается урожайность яровой пшеницы.

Полученные результаты структуры урожайности подвергались статистической обработке. Для решения вопроса был применен метод множественной корреляции и регрессии. Корреляция называется множественной, если на величину результативного признака одновременно влияют несколько факториальных. В проведенном анализе проверялись такие факторы, как количество колосков в колосе, число зерен в колосе, масса зерен в колосе и масса 1000 семян. По прохождении 4 этапов математической обработки из семи факторов осталось несколько, которые были связаны с урожайностью. Так, например, в 1997 году главными элементами структуры урожайности стали количество продуктивных стеблей и масса зерна в колосе. В 1998 году к ним прибавился показатель - число зерен в колосе. В 1999 году урожайность зависела и от массы 1000 семян.

Математическая статистика позволяет установить взаимосвязь между двумя признаками, используя парные коэффициенты корреляции. Множественный коэффициент корреляции не отрицателен и всегда находится в пределах от 0 до 1. При приближении к единице степень связи трек признаков увеличивается. Следовательно, по нашим данным можно оценить взаимосвязь элементов структуры урожайности. В 1997 году связь между признаками была сильнее на удобренном фоне ($R=0,95$) по сравнению с неудобренным фоном ($R=0,82$). В 1998 году на неудобренном фоне связь между исследуемыми факторами стала теснее ($R=0,93$) и почти не отличается от удобренного фона ($R=0,94$). В 1998 году множественный коэффициент корреляции был ближе к единице ($R=0,98$). По всем годам исследования выявилась высокая частная корреляция ($r=0,9$) урожайности и количеством продуктивных стеблей.

Коэффициент детерминации указывает на связь зависимой переменной Y (урожайность) с независимыми переменными X_1, X_2, X_3, X_4 (элементы структуры урожайности). Так, в 1997 году доля вариации урожайности под воздействием изучаемых факторов составила 66% на неудобренном фоне и 90% на фоне с удобрениями. В 1998 и 1999 годах на неудобренном фоне колебания урожайности, вызван-

ные колебаниями независимых переменных, составили 93 и 98%, на удобренном фоне - 94 и 96%. Составляющий коэффициент детерминации по фактору - количество продуктивных стеблей - равнялся 73%.

Математическое уравнение для зависимости между переменными называется множественным уравнением плоскости регрессии. Оно имеет следующий вид:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3, \text{ где}$$

Y - зависимая переменная;

X_1, X_2, X_3 - независимые переменные;

a - общее начало отсчета,

b_1, b_2, b_3 - коэффициенты частной регрессии.

При обработке экспериментального материала методом множественной корреляции мы определили, что между урожайностью и элементами ее структуры существует криволинейная зависимость, т.к. при одинаковых приращениях независимой переменной X зависимая переменная Y имеет неодинаковые приращения,

Положительное влияние пектина на урожайность установлена и в опытах с озимой пшеницей (табл.35)

Таблица 35 Влияние пектина и микроэлементов на урожайность озимой пшеницы Волжская 100, т/га

Вариант	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	Среднее за 4 года	Прибавка, т/га
Контроль	1,63	2,71	2,76	2,19	2,32	-
Пектин	1,77	3,46	3,11	2,70	2,76	+0,44
Пектин+Mn+Mo	1,63	3,27	3,07	2,42	2,39	+0,27
НСР ₀₅	0,139	0,258	0,173	0,19	-	

Под действием пектина урожайность повышается в среднем за 4 года на 18,9%, микроэлементы-синергисты не оказали существенного влияния [65, 64].

Таким образом, применение пектина для обработки семян в технологии возделывания сельскохозяйственных культур является эффективным.

КАЧЕСТВО ЗЕРНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕКТИНА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ-СИНЕРГИСТОВ

Основной задачей при возделывании зерновых культур является повышение содержания белка в зерне и повышение его валового сбора. Существенное значение приобретает качество клейковины.

Синтез белка растением является энергоемким процессом. На данный процесс оказывают влияние продуктивность сорта, факторы окружающей среды и системы агротехнических мероприятий, в первую очередь ограничиваемые недостатком азота для растений [45].

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.

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 [106].

Таким образом, агротехнические приемы способствуют повышенному накоплению белка зерном яровой пшеницы, при этом состав белка – содержание белковых фракций и аминокислот - изменяется по определенной закономерности. Белковистость связана с алейроновым слоем зерновки, т.е. с фракциями глютенина и глиадина. Показано, что уровень данных фракций возрастает с повышением агротехники и ростом содержания белка. Таким образом, агротехнические приемы способствуют изменению содержания фракций белка в суммарном белке, влияя на аминокислотный состав суммарного белка.

Результаты исследований с яровой пшеницей (табл.36) показывают, что предпосевная обработка семян способствует изменению процессов накопления белка в зерне. В среднем за 2001-2003 гг. повышение содержания белка на неудобренном фоне в группе пектина составило 0,73 %. На фоне с применением минеральных удобрений этот показатель составил 1,10 %. Стимуляция накопления белка на фоне почвы под действием предпосевной обработки составила от

0,53 % до 3,59 % на фоне НРК - до 1,10 %. Рассматривая активность препаратов по группам, можно отметить, что высокие показатели в накоплении белка отмечены для препаратов, содержащих ионы Мо (особенно в 2001 году) и сочетание ионов Мо и Мп.

В работе В.Г. Минеева, А.Н. Павлова (1981) влияние условий выращивания на фракционный состав суммарного белка трактуется в виде процесса уменьшения фракции альбуминов и глобулинов и повышения доли клейковинных фракций. Азотные удобрения, стимулируя накопление белка, способствуют повышенному формированию доли глиаина [83].

Исследуемые факторы оказали стимулирующее влияние на содержание белковых фракций. Стимуляция на фоне почвы была выше, чем на НРК, но при меньшей урожайности. Увеличение содержания белка сопровождалось изменением соотношения фракций в суммарном белке. Увеличивается содержание клейковинных фракций (проламины, глютенины) на обоих фонах выращивания.

Нами вычислен аминокислотный скор по содержанию в белке незаменимых аминокислот - лимитирующей аминокислотой суммарного белка яровой пшеницы является лизин. На содержание незаменимых аминокислот оказали влияние погодные условия. Наибольший уровень незаменимых аминокислот отмечен в благоприятном 2002 году. Под влиянием предпосевной обработки семян происходит увеличение биологической полноценности пшеничного белка.

Важнейшим признаком, характеризующим хлебопекарные качества зерна пшеницы, является содержание клейковины и критерии её качества. Анализируя средние величины содержания клейковины за три года исследований (табл.37), можно отметить, что исследуемые факторы повышали содержание клейковины на неудобренном фоне на 1,1 – 4,7%, на фоне НРК – на 0,73-3,66 %. Варьирование содержания клейковины в зерне по годам исследований было наибольшим на фоне почвы, по сравнению с использованием данных препаратов на фоне НРК.

По показателю ИДК в среднем за три года обработка семян способствовала формированию клейковины, свойственной зерну пшеницы, относимой ко второй группе качества. На неудобренном ИДК фоне выше, чем на фоне НРК. Применение фундазола на фоне почвы снизило упругость клейковины.

Таблица 36 Содержание белка в зерне яровой пшеницы, %

Варианты	Фон почва				Фон NPK			
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	среднее	2001 г.	2002 г.	2003 г.	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 + Mn	11,30	12,46	11,46	11,74	10,70	11,93	12,42	11,68
Пектин + Мо + Mn	10,90	12,23	13,10	12,08	10,90	11,43	12,07	11,47

Таблица 37 Содержание клейковины и ее качество

Варианты	Массовая доля клейковины, %						ИДК					
	Фон почва			Фон NPK			Фон почва			Фон NPK		
	2001г	2002г	2003г	2001г	2002г	2003г	2001г	2002г	2003г	2001г	2002г	2003г
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 – от 0,3 до 4,5 % (табл. 38).

Таблица 38 Содержание крахмала в зерне яровой пшеницы, %

Варианты	Фон почва			Фон NPK		
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
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 + Mo	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 + Mo + Mn	51,6	50,4	52,3	51,9	53,7	50,7

В опытах с озимой пшеницей 2003-2006 гг. проводилось изучение влияния пектина на мукомольные показатели зерна озимой пшеницы (табл. 39). Стекловидность, натура, зольность являются косвенными показателями мукомольных свойств зерна. В результате исследований установлено, что применение пектина и микроэлементов достоверно улучшает качество зерна озимой пшеницы [67, 64].

Таблица 39 Влияние амарантового пектина на мукомольные показатели озимой пшеницы (в среднем за 2003-2006 гг. исследований)

Вариант	Показатели		
	Стекловидность, %	Натура, г/л	Зольность, %
Контроль	32,0±2,5	700,0±12,2	2,09±0,18
Пектин	45,0±3,8	740,0±13,1	1,61±0,11
Пектин+Mn+Mo	38,0±2,1	710,0±8,2	1,82±0,17

Результаты исследований по физико-химическим показателям муки I сорта из озимой пшеницы приведены в табл. 40 Улучшение мукомольных и физико-химических показателей озимой пшеницы под действием пектина из *Amaranthus cruentus* создают предпосылки снижения удельных эксплуатационных расходов энергии при производстве продуктов переработки зерна, что наиболее актуально в условиях высокой конкуренции на зерновом рынке.

Таблица 40 Физико-химическая характеристика муки I сорта

Физико-химические показатели	Норма	Контроль	Пектин
Влажность, %	Не более 15,0	14,00±0,35	13,8–0,32
Белизна, уе прибора РЗ-БПЛ	36,0–53,0	48,6±1,0	52,1-1,1
Остаток на сите по ГОСТ 4403 из шелковой ткани	Не более 2,0	0,44±0,14	0,34±0,12
Проход через сито по ГОСТ 4403 из шелковой ткани	Не более 80,0	88,4±4,2	91,0±4,0
Клейковина сырая Количество, % Качество, %	Не менее 24, не менее 2 группы	25,0±1,4 2(85 ед ИДК)	26,1±1,5 2 (85 ед ИДК)

Основными макроэлементами, образующими элементный состав золы злаков, являются ионы фосфора, калия, кальция и магния. Из выше перечисленных ионов в органической форме находится фосфор – до 85-93 % от общего содержания (Б.П. Плешков, 1987). Не менее половины органической формы приходится на фитин. Минеральные удобрения, как правило, способствуют повышенному накоплению зольных элементов. Результаты наших исследований содержания фосфора и калия в зерне яровой пшеницы представлены в таблице 41. Существенных различий по накоплению фосфора между удобренным фоном и фоном без удобрения не отмечается. На обоих фонах выращивания опытные варианты характеризовались повышенным содержанием фосфора по отношению к контролю. Наибольший показатель на фоне без NPK отмечен для вариантов ЖУССМо + ЖУССМп и Мо + Мп. Наибольшее накопление фосфора в зерне отмечено в благоприятном 2002 году, наименьшее – в 2003 году. Вариант П+Мо на обоих фонах выращивания содержал наибольшее количество фосфора. Накопление калия в зерне пшеницы в среднем за 2001-2003 гг. на фоне без удобрений было выше, чем с использованием NPK. Используемые препараты способствовали повышению содержания калия.

Изменение содержания макроэлементов под влиянием пектина и микроэлементов отмечается и в зерне озимой пшеницы (табл. 42).

Таблица 41 Содержание макроэлементов в зерне пшеницы, среднее, %

Варианты	Фон почва						Фон NPK						Среднее			
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	Фон почва		Фон NPK	
	фосфор, %			калий, %			фосфор, %			калий, %			Р, %	К, %	Р, %	К, %
Контроль	0,29	0,36	0,28	0,31	0,21	0,20	0,31	0,29	0,31	0,29	0,20	0,23	0,31	0,24	0,30	0,24
Пектин	0,32	0,37	0,27	0,30	0,30	0,31	0,34	0,37	0,28	0,32	0,27	0,2	0,32	0,30	0,33	0,26
Пектин + Мо	0,37	0,32	0,32	0,35	0,25	0,35	0,36	0,34	0,32	0,34	0,25	0,3	0,34	0,32	0,34	0,3
Пектин + Mn	0,33	0,31	0,30	0,32	0,34	0,27	0,32	0,37	0,30	0,30	0,30	0,28	0,31	0,31	0,33	0,3
Пектин + Мо + Mn	0,38	0,39	0,30	0,36	0,22	0,28	0,30	0,35	0,28	0,28	0,29	0,26	0,36	0,29	0,31	0,28

Таблица 42 Содержание макроэлементов в зерне озимой пшеницы, %

Вариант	N	P	K	Ca	S
контроль	2,26	0,44	0,44	0,07	0,19
пектин	2,27	0,40	0,37	0,07	0,19
пектин+Mo	2,51	0,37	0,42	0,10	0,20
Пектин+Mn	2,58	0,32	0,36	0,08	0,22
Пектин+Mo+Mn	2,32	0,39	0,43	0,08	0,20

С учетом явлений аддитивности, антагонизма и синергизма пектин проявляет определяющее физиологическое действие: увеличивается содержание азота, уменьшается содержание фосфора, калия по сравнению с контролем.

Используемые вещества влияют и на содержание микроэлементов в зерне пшеницы (табл. 43).

Таблица 43 Содержание микроэлементов в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Вариант	контроль	пектин	пектин+Mo	пектин+Mn	пектин+Mo+Mn
Fe	47,6	47,7	50,1	52,6	51,6
Mn	37,8	38,4	39,1	42,5	40,3
Co	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04
Zn	37,6	32,1	34,2	36,5	32,2
Cu	6,2	6,1	5,8	5,6	5,9
J	0,04	0,07	0,08	0,07	0,04
Mo	2,8	3,5	3,3	3,8	3,4

Данные таблицы 43 показывают, что под действием используемых факторов происходит увеличение железа, по-видимому, это связано с усилением работы цитохромной системы, а железо - основной элемент цитохрома, которая обслуживает поток электронов по цепи дыхания для образования молекул воды, особенно в экстремальных условиях. Увеличение содержания марганца связано с работой окислительных гидролитических ферментов. Очень важно увеличение содержания молибдена, как кофермента фермента нитратредуктазы. Повышенное содержание этих элементов указывает на высокие посевные качества зерна озимой пшеницы, особенно для закладываемого урожая.

Пектин с микроэлементами, наряду с влиянием на содержание макро- и микроэлементов, влияет и на содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы (табл.44).

Исходя из данных таблицы 44, видно, что на вариантах уменьшается содержание хрома, кадмия (исключение пектин + Мо), никеля (исключение пектин), которое не превышает ПДК. Это связано с увеличением в вариантах азота, кальция, марганца. В почвенном растворе создается конкуренция между этими элементами в связи с улучшением азотного метаболизма.

Таким образом, наши исследования показывают, что используемые факторы улучшают качество зерна по содержанию микроэлементов, входящих в состав ферментов, а также азота. Под влиянием этих же факторов происходит уменьшение избирательной способности растений по тяжелым металлам.

Таблица 44 Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Варианты	Pb	Cd	Ni	Cr
Контроль	2,6	0,3	4,2	2,8
Пектин	1,9	0,2	4,2	2,3
Пектин + Мо	2,5	0,3	3,8	2,4
Пектин + Mn	2,4	0,2	3,7	1,8
П+Мо+Mn	2,5	0,2	3,3	1,4

Наши исследования показывают, что под действием используемых альтернативных факторов происходит уменьшение содержания тяжелых металлов (Pb, Cr, Ni), на содержание кадмия используемые вещества влияния не оказали.

В результате содержание свинца уменьшается с 2,6 мг/кг до 1,9 мг/кг, соответственно никеля - с 4,2 до 3,3 и хрома с 2,8 до 1,4 мг/кг зерна. На содержание нитратов используемые факторы существенного влияния не оказали.

При использовании низкомолекулярного пектина, как в чистом виде, так и в сочетании с микроэлементами-синерггетами, создаются лучшие предпосылки для биосинтеза незаменимых аминокислот (табл. 45).

Таблица 45 Содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы, мг/кг

Вариант	Контроль	Пектин	Пектин+ Мо	Пектин+ Mn	Пектин+ Мо+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
аргинин	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

Таблица 46 Влияние пектиновых соединений и микроэлементов на аминокислотный состав семян гороха, мг/кг

Вариант	Контроль	Пектин	Пектин+ Риз.	Пектин+ Мо	Пектин +Mn	Пектин + Mo+Mn	Пектин + Mo+Mn+	Пектин + Mo+Риз.
лизин	14,5	16,0	13,8	12,0	14,0	16,3	15,0	12,5
метионин	2,6	3,1	2,4	2,0	2,5	3,2	2,8	2,2
цистин	2,4	2,9	2,2	1,7	2,3	3,0	2,6	1,9
триптофан	1,6	2,1	1,4	1,0	1,5	2,2	1,8	1,2
аргинин	14,0	15,8	13,0	11,5	13,5	16,1	15,0	12,0
гистидин	4,0	4,5	3,7	3,5	3,9	4,7	4,2	3,4
лейцин	9,0	10,5	8,5	7,0	8,7	10,7	9,5	7,5
изолейцин	13,0	14,9	12,0	10,5	12,5	15,5	14,0	11,0
фенилаланин	10,0	11,2	9,3	8,0	9,5	11,5	10,5	8,5
трионин	8,0	8,7	7,5	6,0	7,7	9,0	8,3	6,5
валин	9,0	10,5	8,5	7,0	8,7	10,7	9,6	4,5
глицин	6,5	7,5	6,0	5,0	6,1	7,7	6,7	5,1
сумма аминокислот	94,6	107,7	88,3	74,9	90,9	110,6	100,0	79,3
сырой протеин	23,63	24,38	23,0	22,19	23,19	24,75	23,75	22,44

Данные таблицы 46 показывают, что под действием чистого пектина, пектина совместно с марганцем и молибденом, с ризотор-

фином в условиях засухи увеличивается содержание белка и незаменимых аминокислот в зерне гороха. 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 нитратредуктазы, за счет которой происходит усиление ферментативной системы.

Таким образом, многочисленные исследования на примере целого ряда зерновых культур показывают высокую эффективность предпосевной обработки пектином и микроэлементами, как агроприема, способствующего повышению качества получаемой продукции [67, 60].

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕКТИНА С ПРИРОДНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Динамика ГПВ и спиртоэкстрактивных белков под действием природных фиторегуляторов

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, которая регулирует синтез α -амилазы.

В работах исследователей [10,50,51] установлено, что физическое воздействие на семена (ионизирующая радиация, лазерное и плазменное излучение) усиливает синтез и накопление гиббереллиноподобных веществ, в результате за счет этого усиливается синтез и активность ферментов α , β – амилаз, что ведет к усилению дыхания и углеводного метаболизма. Все это обуславливает возрастание активности метаболических процессов, улучшает рост и развитие растений, способствуют повышению урожайности и качества получаемой продукции.

Нами изучалось действие фиторегуляторов на динамику ГПВ в прорастающих семенах озимой пшеницы. Параллельно с этим проводились исследования по динамике спиртоэкстрактивных белков [54].

Для определения ГПВ вариант с обработкой семян гиббереллином был исключен в связи с тем, что он выводит семена некоторых растений из состояния покоя быстрее, чем другие регуляторы и ростовые процессы протекают интенсивнее.

Предпосевная обработка семян изучаемыми препаратами способствовала ускоренному образованию в них ГПВ. При этом в течение всех 5 суток проращивания в обработанных семенах наблюдалось повышенное содержание ГПВ по сравнению с контролем (табл.47).

В целом количество ГПВ повышается на 6,4 – 28,6% в зависимости от срока и варианта опыта. Следует указать, что количест-

во ГПВ на контроле на 4-ые и 5-ые сутки практически не изменяется и составляет 28,8-28,6 мг/кг.

Таблица 47 Динамика содержания ГПВ в прорастающих семенах озимой пшеницы, мг/кг

Вариант	Время проращивания					
	Набухшие семена	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки	5 сутки
Контроль	9,3±0,20	14,6±0,23	16,6±0,32	18,2±0,55	28,8±1,39	28,6±0,81
Гуми	10,1±0,10	17,8±0,23	19,7±0,52	21,3±0,32	36,4±0,96	49,9±0,40
Пектин	9,9±0,12	17,7±0,21	19,1±0,19	20,7±0,24	34,9±0,43	49,7±0,58

В течение всего периода прорастания все варианты действуют в одном направлении, т.е. проявляется универсальный характер.

Прорастание семян сопровождается повышением экстрактивности белков (табл. 48). Более интенсивно этот процесс протекает на опытных вариантах, особенно гиббереллина.

В начале прорастания семян разница между контрольным и опытными вариантами не значительна и составляет 7,8-13,1 мг/100г. На 3-4 сутки разница уже составляет 31,7-35,3 мг/100г, что на 16,3-23,7% больше чем на контроле. Под действием гуми содержание белка в проростках увеличивается на 11,09 % по сравнению с контролем.

Влияние от обработки семян гуми и пектином на одинаковом уровне. К 5-ым суткам разница между вариантами нивелируется.

Таблица 48 Содержание спиртоэкстрактивных белков в прорастающих семенах озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки, мг/100 г.

Вариант	Время проращивания					
	Набухшие семена	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки	5 сутки
Контроль	65,5±0,7	97,6±0,8	124,5±1,8	148,9±1,4	193,8±1,6	520,7±1,9
Гуми	74,9±1,5	107,1±0,7	137,1±1,3	170,8±1,5	215,3±2,4	520,8±1,8
Пектин	73,3±1,5	106,1±1,4	146,7±0,7	170,5±0,9	212,8±1,7	519,3±1,9
Гиббереллин	78,6±0,8	112,4±1,4	146,7±1,3	184,2±1,1	225,5±0,8	534,4±1,4

Таким образом, предпосевная обработка семян регуляторами роста различной природы способствует ускоренному образованию в прорастающих семенах гиббереллиноподобных веществ и спиртоэкстрактивных белков.

Активность каталазы и пероксидазы в прорастающих семенах озимой пшеницы в зависимости от регуляторов роста

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 [28,52]. 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 [25].

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 [15,29].

В таблице 49 представлена активность каталазы в семенах, подвергнутых предпосевной обработке.

Таблица 49 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	11,98±0,88	22,23±0,51	58,96±0,88	88,45±0,63	66,05±0,81
Гуми	12,56±0,63	24,57±0,26	63,92±1,05	91,36±1,07	69,14±0,85
Гиббереллин	12,49±0,31	22,91±0,39	63,83±0,94	92,70±0,51	70,44±1,26
Пектин	12,21±0,27	26,63±0,74	61,40±1,27	93,35±0,74	69,91±0,75

В покоящихся семенах активность каталазы составляет 7-10 мкмоль разлагаемой перекиси водорода. На контроле возрастание 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 6-7 раз. Предпосевная обработка ростостимулирующими препаратами способствует повышению активности фермента.

Наибольшие значения активности отмечены на варианте пектин, где активность фермента превышает контроль на 5,5%. 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 [108].

Нами изучена динамика активности пероксидазы в семенах озимой пшеницы в процессе набухания и прорастания. Результаты исследований представлены в таблице 50. Существенные изменения активности фермента отмечены с 1 дня прорастания. На вторые сутки активность пероксидазы возрастает почти в 2 раза на контроле, на опытных вариантах в 2,5-3,7 раза по сравнению с первыми сутками. Активность фермента на 4-ые и 5-ые сутки на опытных вариантах превышает контроль в 2,9 раза (гуми) и в 3,3 раза (гиббереллин). К шестым суткам активность пероксидазы падает.

Таблица 50 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	0,42±0,03	0,89±0,05	1,21±0,08	1,32±0,09	1,19±0,06	0,82±0,07
Пектин	0,61±0,03	1,58±0,11	1,82±0,20	1,98±0,10	1,17±0,05	0,84±0,06
Гуми	0,65±0,02	2,42±0,07	2,69±0,07	2,80±0,10	3,49±0,14	2,45±0,11
Гиббереллин	0,57±0,01	1,62±0,09	2,36±0,10	3,37±0,09	3,91±0,15	2,28±0,10

На основании полученных данных можно отметить, что обработка семян способствует повышению активности пероксидазы в прорастающих семенах озимой пшеницы [59].

Подобная динамика ферментной активности обусловлена интенсификацией физиолого-биохимических процессов, протекающих в зерне при прорастании. Первоначально необходимая для прорастания семян энергия поступает преимущественно при окис-

лении запасных питательных веществ, главным образом, углеводов у зерновых культур.

Таким образом, высокая активность каталазы и пероксидазы, обусловленная повышением содержания ГПВ, под влиянием используемых препаратов свидетельствует об усилении синтетических процессов в проростках пшеницы.

Активность амилазы при прорастании озимой пшеницы

Амилаза является одним из основных ферментов прорастающего зерна. В прорастающих семенах амилазы ускоряют реакцию расщепления запасного крахмала до мальтозы, которая используется развивающимся зародышем. Они являются основными биокатализаторами зерна, расщепляющими гранулы крахмала с образованием декстринов и сахаров. Ведущая роль в этом принадлежит α -амилазе, обладающей способностью расщеплять активные гранулы крахмала [19,117,155, 156].

Работами многих исследователей [39,122] установлено, что в покоящихся семенах хлебных злаков находится только β -амилаза, и только при прорастании в них появляется α -амилаза. В покоящемся 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 фиторегуляторами оказывает стимулирующее действие на активность амилазы (табл. 51), особенно данный фермент усиливается под воздействием гиббереллина на 3-и сутки, где его активность составляет 107,7 мг гидролизованного крахмала за 30 мин/г сырой массы, что в 1,9 раза превышает контроль.

Наибольшая активность амилаз приходится на 4 – 5 сутки от момента проращивания семян, когда продукты гидролиза крахмала особенно необходимы активно растущим клеткам зародыша (проростка). При этом амилолитическая активность на опытных вариантах в 1,6 – 1,9 раза выше, чем на контрольном варианте.

Таблица 51 Активность амилазы в семенах озимой пшеницы при прорастании, мг гидролизованного крахмала за 30 мин/г сырой массы

Вариант	Время, сутки				
	1	2	3	4	5
Контроль	20,59±1,5	43,37±2,35	56,68±2,57	70,41±2,67	90,16±1,83
Пектин	23,94±0,3	49,79±1,96	71,21±2,40	112,66±3,29	107,54±2,69
Гуми	21,63±1,0	53,58±0,33	92,98±2,46	101,53±3,51	111,84±5,29
Гиббереллин	21,53±0,8	48,93±0,92	107,70±2,71	128,62±2,01	147,98±2,86

Применение пектина повышает активность фермента по сравнению с контролем от 15,2 до 60,0%. Увеличение активности амилаз под действием пектинов объясняется тем, что олигосахарины, которые находятся в пектине, выступают как сигнальные молекулы, которые запускают каскад последующих реакций и служат регуляторами элементарного звена биологической реакции [154].

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

Между амилазной активностью и содержанием ГПВ также установлена зависимость ($R=0,835$; $D=69,71\%$):

$Y=7,59+2,279 \cdot X$, где

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

Повышенная активность этих ферментов приводит к более высокой мобилизации питательных веществ и способствует лучшему росту проростков. Таким образом, действие на семена стимулирующих концентраций гиббереллина, пектина, гуминовых препаратов выражается регуляцией биохимических реакций, активность которых направлена на мобилизацию потенциальных возможностей организма.

Влияние предпосевной обработки семян на показатели их прорастания

Ранняя стадия развития растения 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 интенсивности и направленности обмена [34].

Нами изучалось действие различных концентраций препарата гуми на показатели прорастания озимой пшеницы (табл. 52).

Анализируя полученные данные видно, что обработка семян используемым препаратом в концентрации 2% не оказывает положительного влияния на энергию прорастания и лабораторную всхожесть, где они на уровне контроля. Более высокие показатели получены при 4-х % концентрации. Данная концентрация повышает энергию прорастания на 12,2 %, лабораторную всхожесть на 3,9 %. Наилучший ростостимулирующий эффект наблюдается при обработке семян препаратом гуми (4%), где энергия прорастания составила 85,6%.

Таблица 52 Влияние разных концентраций на энергию прорастания и лабораторную всхожесть озимой пшеницы, %

Вариант	Концентрация рабочего раствора	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Контроль		73,4	90,7
Гуми	2%	76,8	91,6
	4%	85,6	94,6
	6%	81,5	91,5
	8%	69,2	90,4
НСР ₀₅		3,59	2,75

Увеличение концентрации препарата до 8% вызывает угнетение прорастания семян, которое проявляется в снижении энергии прорастания в на 4-2%, лабораторной всхожести на 0,3% по отношению к контролю.

На основании проведенного дисперсионного анализа результатов исследования можно определить, что концентрация 4% является оптимальной, оказывающей ростостимулирующее действие на семена озимой пшеницы.

В среднем в результате применения природных росторегуляторов энергия прорастания повышается на 2,5-8,5%, лабораторная всхожесть – на 2,0-4,5% (табл.53). Максимальная энергия прорастания наблюдается при обработке семян пектином и составляет 88,5%. На варианте с обработкой семян препаратом на основе гуминовых кислот энергия прорастания повышается на 6,5%, всхожесть на 3%, что способствует более ускоренному появлению проростков и дружных всходов в полевых условиях.

Таблица 53 Влияние предпосевной обработки регуляторами роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян озимой пшеницы, %

Вариант	Энергия прорастания	Лабораторная всхожесть
Контроль	80,0	90,5
Пектин	88,5	92,0
Гуми	86,5	93,5
Гиббереллин	82,50	93,5
НСР ₀₅	6,31	1,95

Исследуемые препараты способствуют повышению энергии прорастания, получению более мощных проростков, отличающихся большей длиной ростка, количеством зародышевых корешков.

Аналогичные данные на различных сельскохозяйственных культурах получены другими исследователями в зависимости от вида используемого фактора воздействия, способа обработки семян [33,50,117,122].

Сила роста является важным показателем, характеризующим скорость и дружность появления всходов, способность проростка преодолевать сопротивление почвы, т.е. определяющим потенциальный уровень их активности при прорастании в полевых условиях [126].

Семена, обработанные используемыми препаратами, обладают высокой интенсивностью роста по отношению к контролю (рис.17).

Под влиянием предпосевной обработки семян сила роста увеличивается на 3-8%, при НСР₀₅=2,5, что указывает на достоверность повышения данного показателя по сравнению с не обработанными семенами.

Под воздействием препаратов интенсивнее стимулируются процессы роста проростков озимой пшеницы Базальт, что проявляется в увеличении их массы (рис. 18). Наибольшую массу проростки сформировали под действием гиббереллина и пектина, где она возросла на 24% и 20% соответственно. Пектин также, как и гуми, способствовал интенсивному накоплению массы корешков, где этот показатель увеличился в среднем в 1,5 раза по сравнению с контролем.

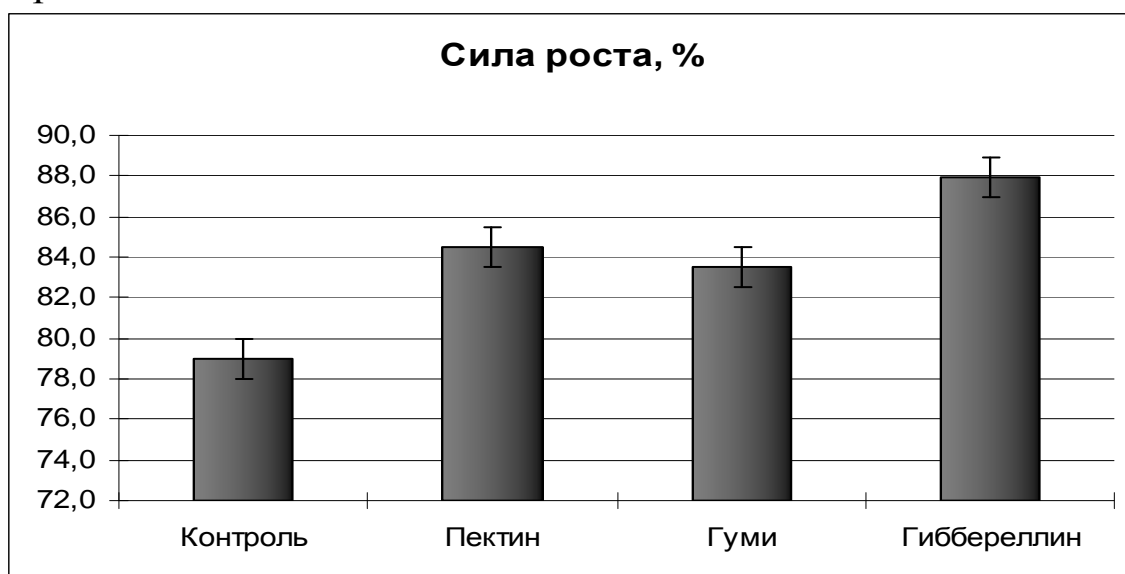


Рис. 17 Влияние фиторегуляторов на силу роста семян озимой пшеницы сорта Базальт, %

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 препаратов увеличивается в среднем на 0,5-2,33 см. (рис. 19) Обработка семян гиббереллином способствовала наилучшему росту проростка, его длина превышала контроль на 32,5%.

Сырая масса надземной части и корешков, г

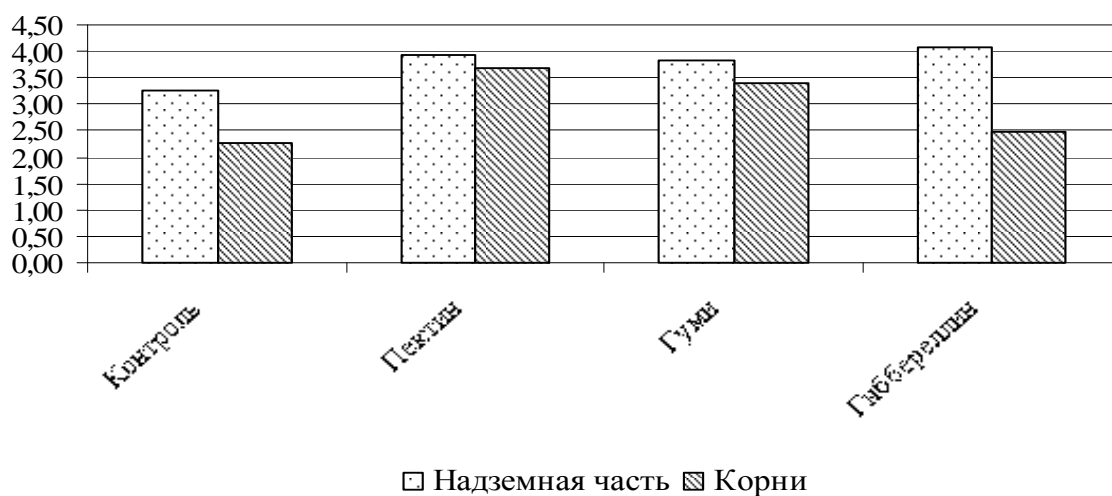


Рис. 18 Сырая масса надземной и подземной части проростков, г

Количество зародышевых корешков является генетически обусловленным признаком, однако под воздействием изучаемых факторов увеличивается количество проростков озимой пшеницы, формирующих 5 корешков (рис. 20).

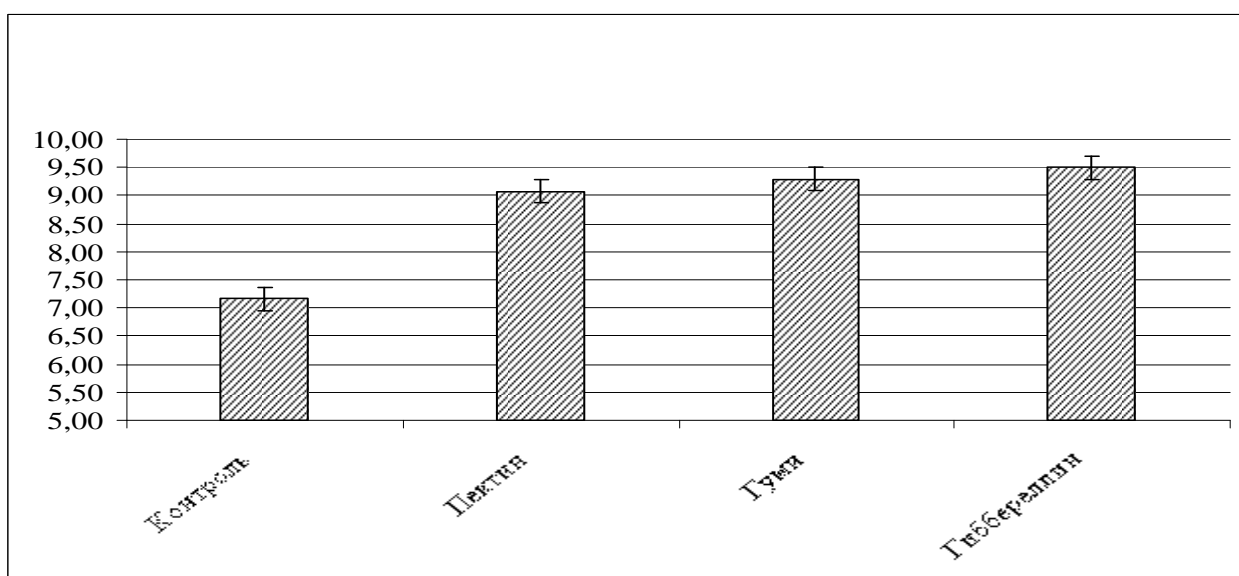


Рис. 19 Длина проростков озимой пшеницы, см

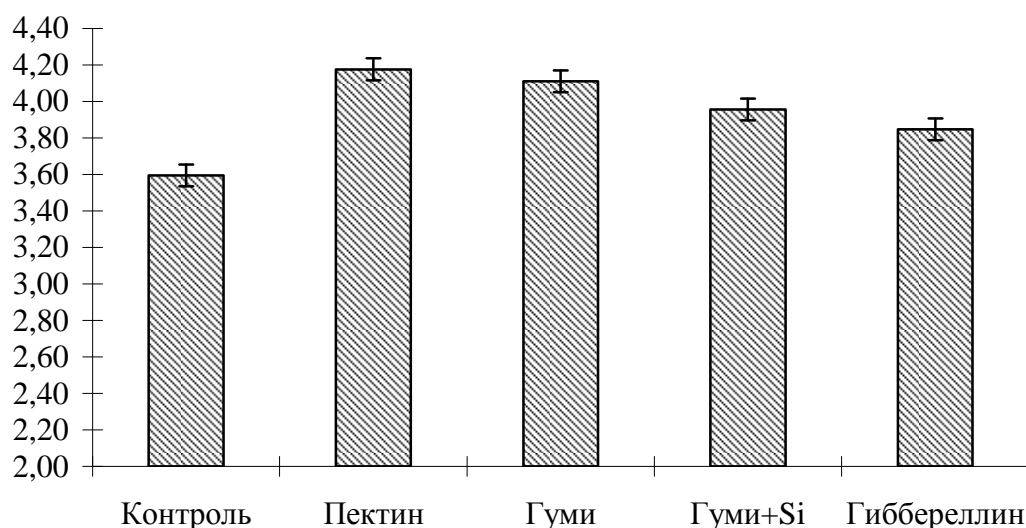


Рис. 20 Число зародышевых корешков у проростков озимой пшеницы сорта Базальт, шт.

Обработка пектином и гуми оказывает наилучший стимулирующий эффект, число корешков возрастает в среднем до 4,18 и 4,11 шт., что на 15% больше чем на контрольном варианте.

Результаты исследований показывают, что используемые росторегуляторы усиливают ростовые процессы, повышают интенсивность роста и развития растений на начальных этапах онтогенеза.

Обработка семян различными регуляторами роста стимулирует прорастание семян и в полевых условиях (табл. 54)

Таблица 54 Полевая всхожесть озимой пшеницы за годы исследований, %

Вариант		2003-2004	2004-2005	2005-2006	средн
Фон поч- ва	Контроль	70,3±1,9	68,9±0,9	66,4±0,5	68,6
	Гуми	79,6±3,4	71,5±1,0	69,5±1,2	73,5
	Гиббереллин	78,1±0,9	74,1±1,1	66,9±0,9	73,0
	Пектин	80,3±3,4	74,7±1,2	69,0±1,3	74,7
Фон удоб- рения	Контроль	78,4±2,9	73,9±0,8	71,1±1,0	74,5
	Гуми	75,1±3,3	76,9±1,5	71,5±0,9	74,5
	Гиббереллин	78,8±2,7	75,5±1,2	72,9±1,2	75,7
	Пектин	81,3±2,1	74,7±1,2	71,3±0,9	75,7

Полевая всхожесть в 2003 г. была наибольшей в среднем за годы исследований, что было обусловлено благоприятными погодными условиями. Под влиянием предпосевной обработки семян полевая всхожесть увеличивается на 3,8-10%. На варианте с примене-

нием пектина в среднем за годы исследований всхожесть увеличивается по сравнению с контрольным вариантом на 6,1%, на варианте с применением гуми на 4,9%. Повышение содержания элементов питания в почве, в результате применения минеральных удобрений, возможно, также выступает в роли стрессового фактора, способствующего повышению полевой всхожести.

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 препараты усиливают первичные ростовые процессы, что проявляется в активизации гидролитических ферментов, способствуют ускоренному переходу растений от гетеротрофного типа питания к автотрофному.

Адаптация озимой пшеницы в агроценозе к неблагоприятным условиям перезимовки

Накопление редуцирующих сахаров, аминокислот в растениях озимой пшеницы в осенне-зимне-весенний период

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

Морозо- и зимостойчивость 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 большему накоплению в растении защитных (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 геля 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 эффективный способ защиты растения от образования льда внутри протопласта, однако, главное его условие – медленное снижение температуры [113,127,132].

По данным А.П.Стаценко, В.В.Жильцова (1997) косвенное влияние на морозостойкость оказывают сроки посева, предшествующий. Оптимальные условия, обеспечивающие лучшую выживаемость растений, создаются в посевах озимой пшеницы при влажности почвы в период посев-всходы 30-40% от наименьшей влагоемкости.

Другие исследователи связывают зимостойкость с водным режимом, содержанием связанной воды в растениях, с накоплением моносахаров, олигосахаров, небелковых форм азота [21].

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

Значительное внимание уделяется свободным аминокислотам. Во многих работах отмечено, что в течение всего зимнего периода количество аминокислот колеблется, что, в первую очередь, связано с колебанием температуры на глубине узла кущения [44,114]. Они выполняют важную роль в защите биокolloидов протоплазмы от повреждающих факторов зимовки, а с началом вегетации участвуют в процессах синтеза белка и репарации тканей. На протяжении зимнего периода основную долю (75-90%) составляют глутаминовая кислота, которая является исходным соединением для синтеза пролина, аланин, аспарагиновая кислота, лейцин.

Нашими исследованиями установлено (табл.55), что содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы в течение осенне-зимне-весеннего периода на опытных вариантах превышает их содержание у контрольных в среднем по годам исследования на 10 - 20%. Количество свободных аминокислот увеличивается по мере снижения температуры в осенний период.

Наибольшее количество свободных аминокислот в период заделки накапливается на фоне почвы на варианте с обработкой семян пектином, а на фоне удобрений на варианте гуми. Следует отметить, что применение удобрений также способствует накоплению свободных аминокислот [89].

Таблица 55 Содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы в осенне-зимне-весенний период, % сух в-ва.

Вариант		Осень	Зима	Весна
Фон почва	Контроль	9,93	8,24	6,00
	Гуми	11,00	8,85	6,75
	Гиббереллин	11,70	9,25	7,31
	Пектин	12,15	9,33	7,66
Фон НРК	Контроль	12,33	10,07	7,74
	Гуми	13,39	10,43	8,34
	Гиббереллин	13,14	10,50	8,54
	Пектин	13,05	10,27	8,15

В процессе перезимовки растения используют запасные вещества. Усиленному расходу аминокислот способствовали мягкие зимы 2003-2004 и 2004-2005гг, когда температура в декабре, январе превышала на 2-3⁰С среднемноголетнюю.

С возобновлением вегетации происходит расход ассимилятов на репарационные процессы, содержания свободных аминокислот снижается до 6,0 % на контроле.

Увеличение содержания аминокислот у озимых 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 облегчают тем самым влияние на них протеолитических ферментов. Кроме того, накопление цистина оказывает стимулирующее действие на названные выше ферменты.

Результаты исследований 2006-2009 гг. по накоплению аминокислоты цистин представлены в рис. 21. Под воздействием природных регуляторов роста наблюдается тенденция усиленного накопления данной аминокислоты, как на фоне почвы, так и на фоне минеральных удобрений [70].

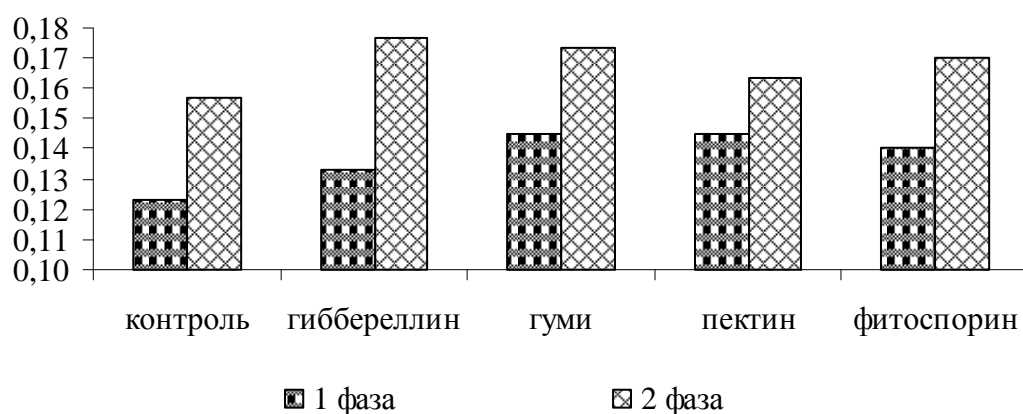


Рис 21 Содержание цистина в растениях озимой пшеницы, %

На фоне почвы максимальное содержание аминокислоты в первую фазу закалки отмечается в варианте с обработкой семян гумми и пектин, где превышает контроль на 25%. Усиленное накопление цистина происходит во вторую фазу закаливания, наибольшее содержание наблюдается при обработке семян гиббереллином и превышает контроль на 12,0 %.

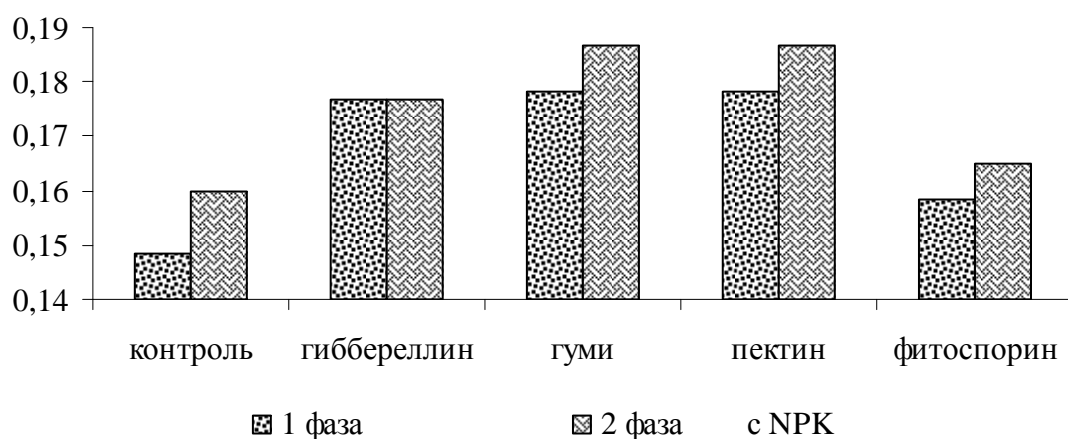


Рис 22 – Содержание цистина в растениях озимой пшеницы, %

На фоне минеральных удобрений в первую фазу закалки наибольшее содержание цистина отмечено в варианте гиббереллин, гумми и пектин, где в среднем превышает контроль на 20%. Во вторую фазу закалки в варианте гиббереллин данная аминокислота не накапливается и остается на том же уровне. В вариантах гумми и пектин продолжает происходить накопление цистина, его содержание увеличивается на 18,8% по сравнению с контролем.

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 [10,22]. Велика их роль и в ранневесеннее время при возобновлении роста, когда растения восстанавливают утраченные за зиму 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 [85,113,132].

Повышение содержания сахаров при действии низких температур идет в первую очередь за счет гидролиза сахарозы и других ди-, трисахаров (олигосахаридов). Накопление моносахаридов способствует повышению осмотических свойств клетки, что снижает вероятность перехода воды в кристаллическое состояние при отрицательных температурах. Динамика накопления редуцирующих сахаров в растениях озимой пшеницы (табл. 56) аналогична накоплению свободных аминокислот [86].

Таблица 56 Содержание редуцирующих сахаров в растениях озимой пшеницы в осенне-зимне-весенний период, % сух. в-ва.

Вариант		Осень	Зима	Весна
Фон почва	Контроль	30,7	24,2	18,3
	Гуми	34,9	27,3	20,1
	Гиббереллин	35,7	27,7	20,9
	Пектин	36,1	28,3	21,8
Фон НРК	Контроль	33,8	25,5	21,0
	Гуми	36,2	27,1	22,6
	Гиббереллин	36,8	28,6	23,5
	Пектин	35,8	27,4	22,7

По мере снижения температуры в осенний период по всем годам исследований наблюдается увеличение количества редуцирующих сахаров. На контроле осенью сахаров содержится 30,7%, зимой – 24,2%, весной – 18,3% сух. вещества.

Наибольшее количество редуцирующих сахаров в среднем за годы исследований наблюдается на удобренном фоне на варианте пектин, где на 17,5% выше, чем на контроле. Весной вследствие активизации процессов дыхания происходит уменьшение количества

углеводов, по отношению к зимним месяцам их содержание падает в среднем на 24,3% без удобрений и на 17,6% по фону удобрений.

Таким образом, можно предположить, что применение удобрений, предпосевная обработка семян озимой пшеницы пектином и гуми способствует повышению содержания в узлах кущения криозащитных соединений, а, следовательно, повышает экологическую пластичность и адаптивные свойства растений на протяжении всего осенне-зимне-весеннего периода, что сказывается на выживаемости опытных растений (табл. 57).

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

Из таблицы 57 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 85% на фоне почвы, 89% на удобренном фоне.

Таблица 57 Выживаемость растений озимой пшеницы в полевых опытах после перезимовки, %

Вариант		Года исследований			
		2003-2004	2004-2005	2005-2006	средн
Фон поч- ва	Контроль	81,2	56,5	51,6	63,1
	Гуми	84,9	58,0	52,7	65,2
	Гиббереллин	87,2	57,3	54,0	66,2
	Пектин	88,8	58,5	58,0	68,4
Фон удоб- ренный	Контроль	88,8	59,4	51,4	66,5
	Гуми	90,2	61,4	54,6	68,7
	Гиббереллин	89,5	65,2	56,5	70,4
	Пектин	89,0	60,4	52,6	67,3
НСР ₀₅	Для частных сред- них	9,22	9,04	5,26	
	Для 1 фактора	4,12	4,04	2,35	
	Для 2 фактора	6,52	6,39	3,72	

В 2004-2005г. применение регуляторов роста способствует повышению сохранности до 2% на варианте с пектином, на фоне удобрений до 6,7% под действием гиббереллина. В среднем за годы исследований максимальная выживаемость наблюдается на варианте пектин, что выше контроля на 5,3% [87, 55].

Таким образом, применение минеральных удобрений, предпосевная обработка семян способствует усилению процессов накопления криозащитных соединений в растениях, а, следовательно, является фактором, усиливающим закалку растений, что ведет к лучшей их выживаемости после перезимовки.

Фотосинтетическая деятельность агроценоза озимой пшеницы в зависимости от использования препаратов и экологических факторов

Формирование ассимиляционной поверхности растениями озимой пшеницы

Основным органом поглощения солнечной радиации является лист. Он как орган фотосинтеза является центром образования первичных продуктов. Управление фотосинтетическими процессами, их регулирование – один из наиболее эффективных путей, определяющих уровень урожайности сельскохозяйственных культур.

При недостаточной площади листьев солнечная радиация поглощается далеко не полностью; при излишне развитой листовой поверхности отмечается то же явление из-за взаимного затенения листьев.

Многие исследователи отмечают, что причиной низкой урожайности чаще всего является низкий индекс листовой поверхности, медленное её формирование в начальные фазы онтогенеза [93,111,147]. Следовательно, приемы, увеличивающие размеры ассимиляционного аппарата, повышают 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 имеет большое значение.

Нашими исследованиями установлено, что изменение листовой поверхности озимой пшеницы с момента весеннего отрастания до фазы полной спелости носит параболический характер [88]. Максимальное значение данного показателя приходится на фазу колошения, когда листовая поверхность увеличивается в среднем за годы исследований в 2,5 раза по сравнению с фазой кущения. Для колошения наряду с ростом старых листьев характерно и образование новых. Полная спелость характеризуется полным отмиранием листьев (рис.21).

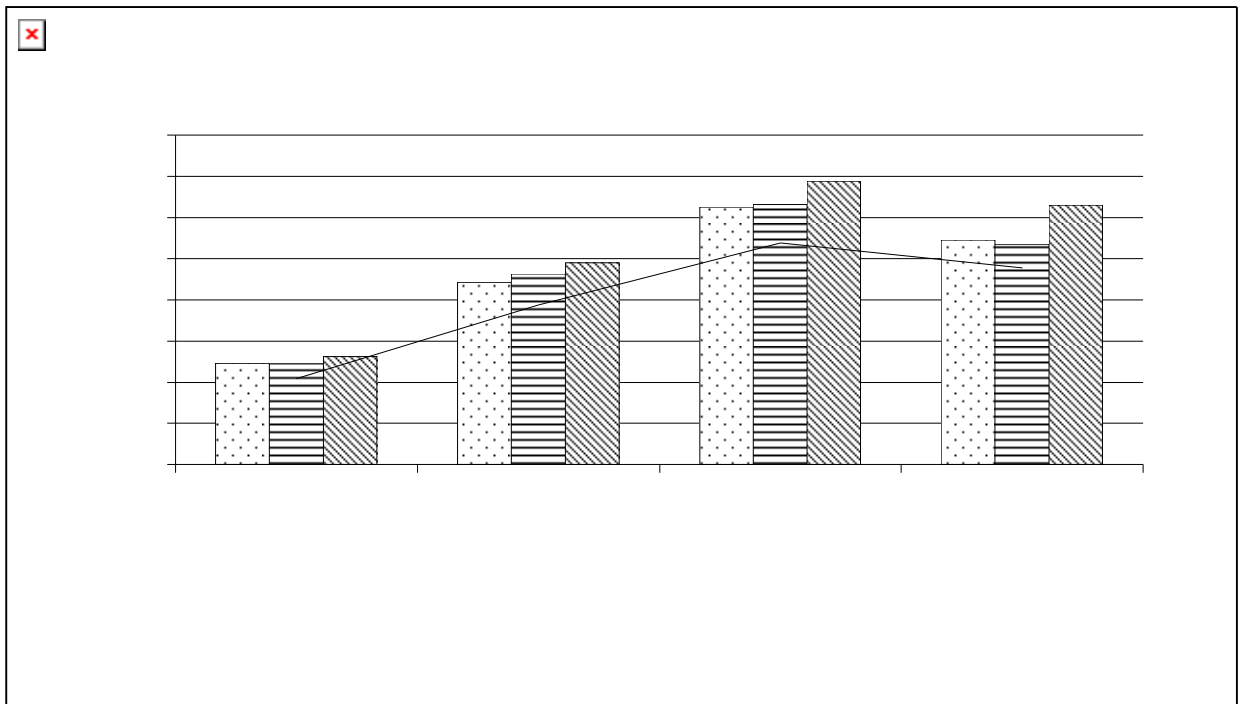


Рис. 21 Динамика развития листовой поверхности на удобренном фоне, тыс. м²/га среднее за годы исследований

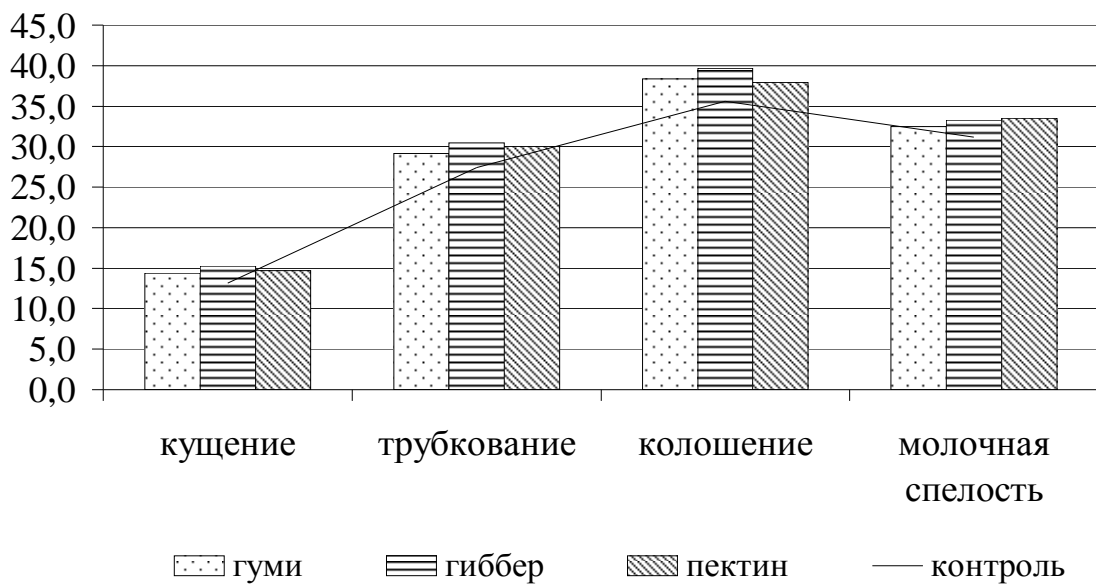


Рис. 22 Динамика развития листовой поверхности на удобренном фоне, тыс. м²/га среднее за годы исследований

Наименьшая листовая поверхность озимой пшеницы сорта Базальт сформировалась в 2005 г, вызвано это было метеорологическими условиями, обусловившими сильное развитие бурой ржавчины, когда уже к фазе молочной спелости произошло отмирание листьев. Минеральные удобрения и предпосевная обработка оказы-

вают положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата в течение онтогенеза.

Листовая поверхность опытных вариантов в фазу кущения превышала контроль в 2004 г. на неудобренном фоне в 1,3 раза (пектин), на удобренном – в 1,16 раза (гуми); в 2005 г. на неудобренном фоне – в 1,19 раза (пектин), на удобренном фоне – в 1,14 раза (гиббереллин); в 2006 г. на неудобренном фоне – в 1,26 раза (пектин), на удобренном фоне – в 1,17 раза (гиббереллин), что свидетельствует об лучшем отрастании опытных растений после перезимовки. В опыте с применением удобрений листовая поверхность увеличилась в течение вегетации в 0,7 – 0,8 раза по сравнению с неудобренным фоном.

В среднем за годы исследований площадь листьев в фазу колошения составляет 26,88 – 34,42 тыс. м²/га на неудобренном фоне и 35,61 – 39,70 тыс. м²/га на фоне минерального питания. В фазу молочной спелости из-за интенсивного оттока ассимилятов в репродуктивные органы происходит уменьшение площади листьев: в среднем за годы исследований листовая поверхность на фоне естественного плодородия сократилась до 11,3 % на контрольном варианте и на 8,5 % на варианте пектин, на фоне минеральных удобрений на 16,2% (гиббереллин) против 12,5% на контроле.

Динамика накопления сухого вещества растениями озимой пшеницы

Накопление сухой массы в растительном организме является следствием запасаения солнечной энергии в процессе фотосинтеза и служит одним из показателей роста растений. В работах многих исследователей обнаружена прямая взаимосвязь между площадью листьев и содержанием сухой массы в растениях [78,85,93,117,122]. Интенсивность накопления сухой массы определяется совокупным воздействием комплекса абиотических факторов.

Накопление биомассы в наших исследованиях в течение вегетации происходило неравномерно. Максимальный прирост сухой биомассы у озимой пшеницы был отмечен в 2004 г., который характеризовался благоприятными для возделываемой культуры метеорологическими условиями (табл. 57) Накопление биомассы по фазам развития в среднем за годы исследований имеет следующий вид: прирост в фазу трубкования по сравнению с предыдущей фазой составил – в 5,8 раза на неудобренном фоне, в 6,2 раза на фоне

минеральных удобрений, в фазу колошения – в 2,7 раза на фоне почвы и удобрений, в фазу молочной спелости – в 1,7 и 1,5 раза соответственно. Отмечается тенденция не только усиленного, но и повышенного накопления сухой массы на удобренном фоне, что обусловлено лучшей обеспеченностью растений элементами минерального питания. Исследуемые препараты повышают интенсивность процессов накопления биомассы.

Нами была рассчитана относительная скорость прироста фитомассы (RGR) опытной культуры (табл. 58). Полученные результаты свидетельствуют, что интенсивность роста озимой пшеницы подвергалась изменениям не только под влиянием погодных условий, но и под влиянием используемых факторов воздействия.

Наиболее интенсивный темп роста для растений озимой пшеницы был характерен в 2004 году в период кущение - трубкование, где в среднем составил – от 7,41 до 8,51 мг/сутки на фоне почвы, от 8,45 до 8,83 на удобренном фоне. В 2005 году максимальная интенсивность роста наблюдается в период трубкование - колошение: от 7,35 до 8,41 мг/сутки на неудобренном фоне, от 7,59 до 8,03 при применении минеральных удобрений. В 2006 году относительная скорость прироста фитомассы как в период кущение - трубкование, так и в период трубкование – колошение колеблется от 7,67 до 8,46 мг/сутки.

В фазу молочной спелости интенсивность роста снижается, что обусловлено отмиранием листьев нижнего яруса, прирост фитомассы происходит в основном в репродуктивных органах в связи с активным транспортом ассимилятов.

Таким образом, в результате применения минеральных удобрений, воздействия на семена используемыми препаратами происходит общая стимуляция процессов роста растительного организма, о чем свидетельствует увеличение биомассы растений, в связи с этим применяемые факторы являются значительным резервом в повышении урожайности озимой пшеницы.

Чистая продуктивность фотосинтеза при применении регуляторов роста

Изучение закономерностей роста и развития растений, находящихся в тесной взаимосвязи с процессами фотосинтеза, минерального питания и водного режима растения, — основное направление в мировой сельскохозяйственной практике. Рост и фотосинтез составляют основу единого продукционного процесса [43,

92,93]. Чистая продуктивность фотосинтеза является основным показателем фотосинтетической деятельности растений (накопление ими сухой массы в пересчете на единицу сплошной листовой поверхности за определенный период). Показатель ЧПФ подвержен достаточно сильному варьированию в зависимости от агороэкологических условий, фазы роста и стадии развития культуры.

Продуктивность фотосинтеза колеблется по годам исследования и в течение онтогенеза озимой пшеницы. Максимальные показатели ЧПФ приходятся на период трубкование – колошение (рис.23).. Чистая продуктивность фотосинтеза в благоприятный 2004 г. превышает значения 2005 года в период кущение – трубкование в среднем в 2,1-2,5 раза, трубкование - колошение – в 0,8-1,3 раза. На удобренном фоне в среднем за годы исследования ЧПФ в период кущение – трубкование выше контроля на 8,5% (пектин) и на 4,1% (пектин) на фоне макроэлементов, в период трубкование – колошение на 15,2% (гиббереллин) и 1,4% (гиббереллин).

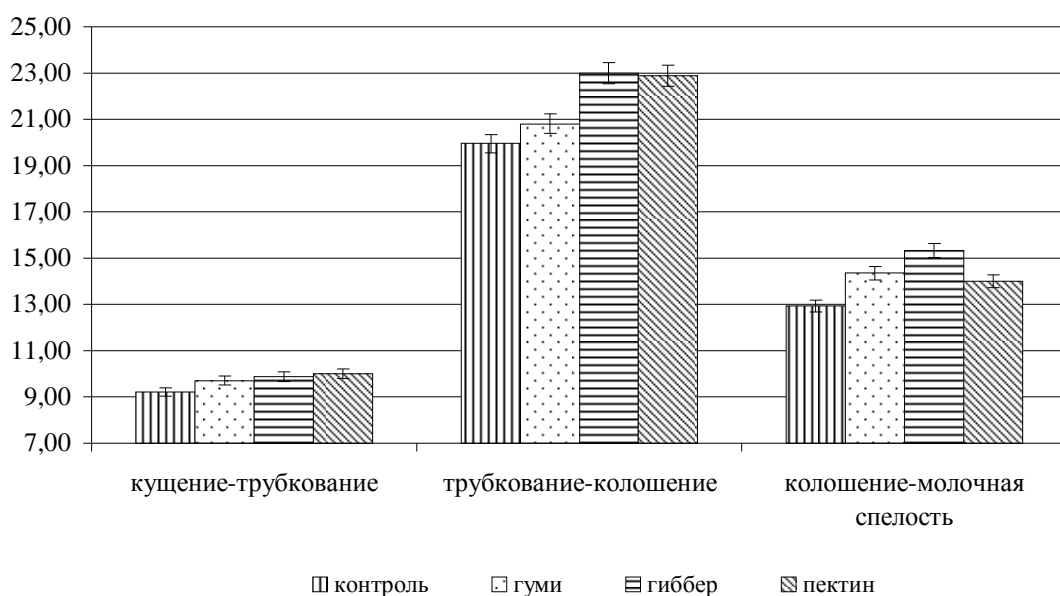


Рис. 23 Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы на не удобренном фоне в среднем за годы исследований, г/м²·сутки

Таблица 57 Динамика накопления сухого вещества растениями озимой пшеницы по фазам развития, г/10 растений.

Вариант		Кущение				Трубкование				Колошение				Молочная спелость			
		2004	2005	2006	Сред.	2004	2005	2006	Сред.	2004	2005	2006	Сред.	2004	2005	2006	Сред.
Фон почва	Контроль	3,20	2,11	3,11	2,81	16,18	14,03	18,49	16,23	31,22	39,51	60,401	43,71	69,95	63,78	85,37	73,0
	Гуми	4,33	2,45	4,02	3,60	19,05	14,97	20,76	18,26	34,73	45,64	65,13	48,50	72,70	69,66	87,31	76,6
	Гиббер.	4,01	2,33	3,64	3,33	19,37	15,94	19,96	18,42	38,98	51,75	63,41	51,38	78,45	66,23	88,476	77,7
	Пектин	3,50	2,64	3,41	3,18	19,20	15,93	20,89	18,67	39,44	52,32	64,19	51,98	81,75	66,65	87,42	78,6
Фон удобренный	Контроль	3,99	2,39	3,92	3,43	21,62	18,77	22,93	21,10	48,29	54,78	69,46	57,51	94,05	78,11	90,46	87,5
	Гуми	4,35	2,83	4,15	3,77	24,22	19,11	24,65	22,66	51,45	55,25	72,16	59,62	101,00	83,38	93,65	92,7
	Гиббер.	4,52	2,91	4,08	3,84	25,30	19,15	23,11	22,52	52,58	56,72	73,14	60,81	103,25	82,67	94,51	93,5
	Пектин	4,67	2,65	4,21	3,84	27,30	18,37	23,63	23,10	56,06	56,69	71,01	61,25	106,80	85,91	92,55	95,1

Таблица 58 Относительная скорость прироста фитомассы озимой пшеницы в среднем за годы исследований, мг/сутки (в определении 10 растений)

Вариант		Кущение - трубкование				Трубкование - колошение				Колошение - молочная спелость			
		2004	2005	2006	сред	2004	2005	2006	сред	2004	2005	2006	сред
Фон почва	Контроль	8,10	6,34	8,10	7,51	6,58	7,39	8,46	7,47	3,67	2,29	2,47	2,81
	Гуми	7,41	6,05	7,46	6,97	6,01	7,95	8,16	7,37	3,36	2,02	2,10	2,49
	Гиббер	7,88	6,42	7,74	7,35	6,99	8,37	8,27	7,88	3,18	1,20	2,38	2,25
	Пектин	8,51	6,01	8,27	7,60	7,20	8,41	8,01	7,87	3,31	1,22	2,21	2,25
Фон НРК	Контроль	8,45	6,88	8,03	7,79	8,04	7,67	7,93	7,88	3,03	1,70	1,89	2,21
	Гуми	8,59	6,37	8,11	7,69	7,53	7,59	7,67	7,60	3,07	1,96	1,86	2,30
	Гиббер	8,63	6,28	7,90	7,60	7,32	7,75	8,23	7,77	3,07	1,80	1,83	2,23
	Пектин	8,83	6,48	7,85	7,72	7,20	8,03	7,86	7,70	2,93	2,00	1,89	2,27

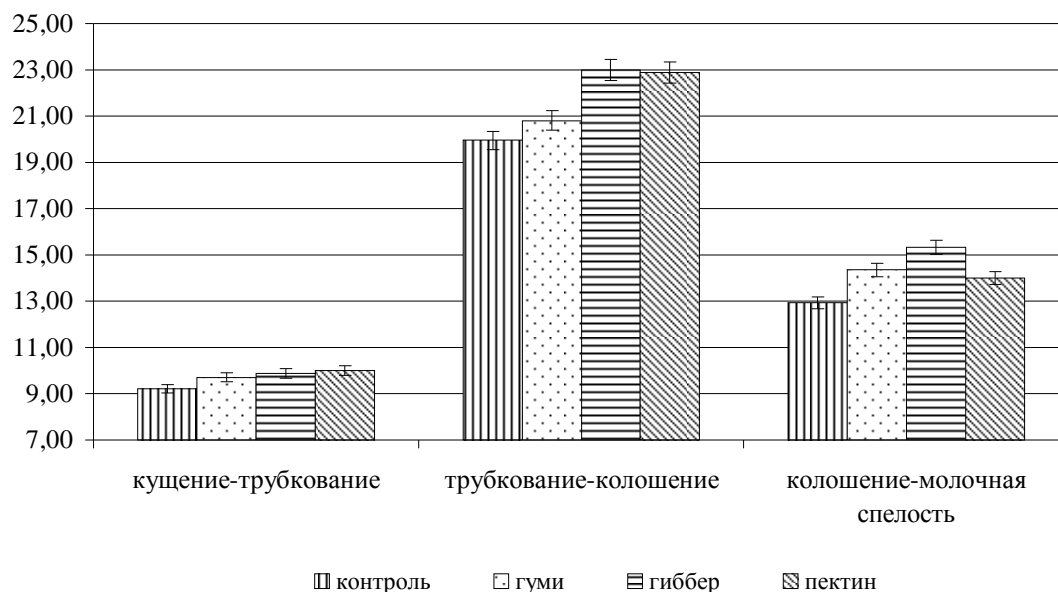


Рис. 23 Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы на не удобренном фоне в среднем за годы исследований, г/м²·сутки

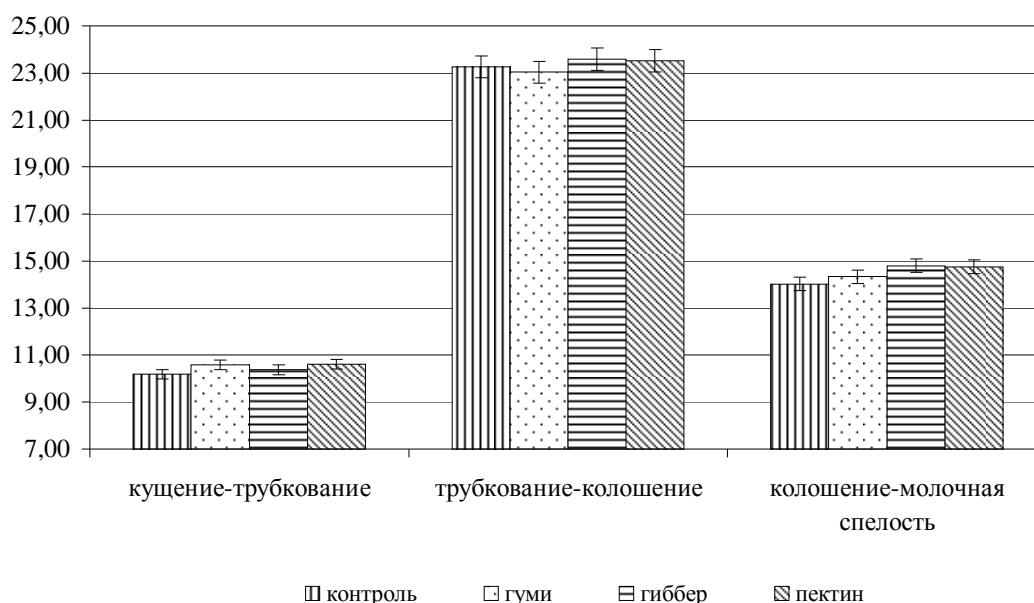


Рис. 24 Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы на удобренном фоне в среднем за годы исследований, г/м²·сутки

Период колошение – молочная спелость характеризуется снижением продуктивности фотосинтеза в среднем на 30-40% по сравнению с предыдущей фазой, что связано с отмиранием листьев нижнего яруса, обусловленным активным оттоком ассимилятов в генератив-

ные органы. В среднем ЧПФ в этот период составляет на фоне почвы - 14,15 г/см²·сутки, на фоне NPK – 14,48 г/см²·сутки.

За все годы исследований наибольший эффект оказывает гиббереллин и пектин, на обоих фонах выращивания. Применение минеральных удобрений также повышает показатели ЧПФ в среднем за вегетацию на 12%.

Таким образом, предпосевная обработка гиббереллином, пектином, гуминовыми препаратами приводит к усилению ростовых и продукционных процессов опытных культур, повышает транспорт ассимилятов при созревании культур в репродуктивные органы, что приводит к увеличению урожайности озимой пшеницы.

Влияние росторегуляторов на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции

Урожайность озимой пшеницы

Продуктивность растений является результатом совокупности физиолого-биохимических процессов, протекающих в растительном организме и реализуемых в течение онтогенеза. Данный показатель зависит от многих биотических и абиотических факторов, геномного потенциала растений, агротехники, применения удобрений и т.д. Использование различных приемов, способствующих изменению скорости и направленности метаболизма растений, повышает устойчивость к неблагоприятным условиям среды, оказывает влияние на урожайность сельскохозяйственных культур [79,146]. Величина данного показателя является одной из главных характеристик при оценке эффективности новых приемов в технологии возделывания культуры. В работах многих исследователей [50,85,117,122] отмечается повышение урожайности в результате применения минеральных удобрений, предпосевной обработки семян.

Проведенные исследования показывают, что применяемые регуляторы роста способствуют повышению урожайности озимой пшеницы (табл. 59). Применение регуляторов роста как на фоне удобрений, так и на фоне почвы способствовало повышению урожайности в 1,2 – 1,3 и в 1,0 – 1,1 раза. Урожайность в 2005 году была ниже чем в 2004г, что обусловлено сильным поражением листовой поверхности бурой ржавчиной. Средняя урожайность в опыте составила 2,9 т/га. На варианте гуми с применением удобрений в 2005 году отмечена максимальная прибавка урожайности в опыте. В 2006 году средняя

урожайность в опыте без удобрений составляет 2,28 т/га, на фоне NPK 3,18 т/га.

Таблица 59 Урожайность озимой пшеницы сорта Базальт, т/га

Вариант		2004	2005	2006	Среднее за три года	Прибавка, т/га
Фон почва	Контроль	2,75	2,40	2,07	2,41	-
	Гуми	3,27	2,68	2,39	2,78	0,37
	Гиббер	3,57	2,48	2,26	2,77	0,36
	Пектин	3,23	2,58	2,24	2,68	0,27
Фон NPK	Контроль	4,07	3,04	3,02	3,37	-
	Гуми	4,31	3,38	3,21	3,63	0,26
	Гиббер	4,10	3,16	3,13	3,46	0,09
	Пектин	4,44	3,26	3,18	3,63	0,25
НСР ₀₅	Для 1-го фактора	0,085	0,076	0,092		
	Для 2-го фактора	0,134	0,120	0,146		

Двухфакторный дисперсионный анализ подтверждает эффективность использования регуляторов роста для обработки семян данной культуры. Наибольшее влияние регуляторов роста на формирование урожайности было отмечено в 2005 году, где оно составило 10,61%. В среднем за годы исследований выявлено, что как на фоне почвы, так и на фоне минерального питания максимальная прибавка была на варианте гуми, где превышает контроль на 0,37 и на 0,26 т/га.

Таким образом, обработка семян пектином, гиббереллином и гуми является сильнодействующим фактором на растения озимой пшеницы не только на начальном этапе онтогенеза, но и в течение индивидуального развития, повышая устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, активизируя ростовые процессы, что в конечном итоге приводит к повышению урожайности.

Влияние росторегуляторов на качество и биохимический состав получаемой продукции

Качество зерна это многогранное понятие, на которое оказывает влияние множество факторов: почвенно-климатические условия, агротехника, удобрения, сортовые (наследственные) свойства. Качество пшеничного зерна часто не удовлетворяет, предъявляемых к нему требований, однако, следует отметить, что природно-климатические

условия большей части Ульяновской области благоприятны для возделывания и получения зерна пшеницы хорошего качества.

Нами было рассмотрено влияние минеральных удобрений, предпосевной обработки семян используемыми препаратами на комплекс показателей качества, которые являются основными не только для характеристики пригодности его для перерабатывающей промышленности, но и с точки зрения его биологической ценности для организма человека и животных [61].

Одним из показателей качества зерна пшеницы является содержание белка. Белки являются основой жизненных процессов, протекающих в животных и растительных организмах, находясь во всех органах растений с различной концентрацией. Среди различных элементов питания белкам принадлежит особенно важное место, т.к. потребность в них всех видов животных и человека весьма высока – от 14% до 25% сухой массы рациона. В то же время они не могут быть заменены никакими другими компонентами пищи [20].

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 [106].

В наших исследованиях под воздействием росторегуляторов и минеральных удобрений активизируются процессы, связанные с синтезом и накоплением белка в зерне озимой пшеницы, что в конечном итоге способствовало повышению его содержания (рис. 25). В среднем за 2003-2006 гг. содержание белка на фоне почвы составило 13,0%, на удобренном фоне – 13,5 %. Под действием фиторегуляторов происходит незначительное повышение белка в получаемой продукции в среднем на 0,26 – 1,15%. Наибольшее содержание белка отмечено на варианте гиббереллин и гуми, где оно составляет 13,3 и 13,72% соответственно на фоне почвы и НРК. По годам исследова-

ний данный показатель варьировал не значительно, при этом следует отметить, что в 2005 г. его содержание несколько превышало значения 2004 и 2006гг.

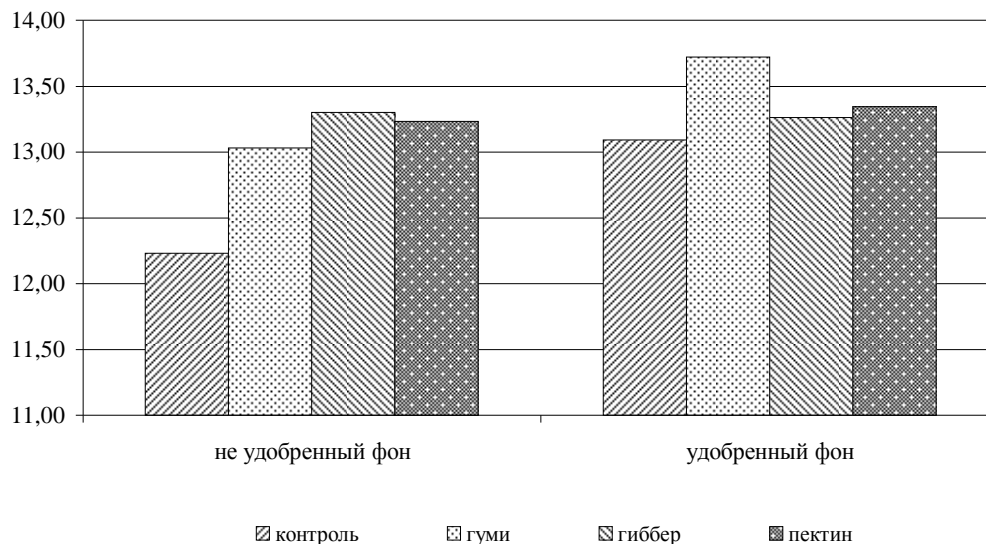


Рис. 25 Содержание белка в зерне озимой пшеницы в среднем за годы исследований, %

Опытами также установлено повышение содержания аминокислот в зерне озимой пшеницы, что связано с усилением азотного и углеводного метаболизма, обусловленным применением удобрений и регуляторов роста, при этом первый фактор оказывает наибольшее влияние. Качественный состав и количественное содержание незаменимых аминокислот характеризуют биологическую ценность белка. Чем больше той или иной незаменимой аминокислоты накапливается в белке, тем выше его биологическая ценность, особенно по лимитирующим аминокислотам. Максимальное содержание незаменимых аминокислот наблюдается на варианте гуми +Si, где выше контроля на 0,83% на неудообренном фоне, на 0,47% на фоне минеральных удобрений (табл. 60). Данное обстоятельство коррелирует с содержанием белка в зерне.

Важно также учитывать сбалансированность незаменимых аминокислот в продуктах. Слишком большой избыток одной из них может увеличить потребность в другой лимитирующей аминокислоте. Возможно также явление антагонизма, когда избыток какой-то одной аминокислоты снижает использование другой с аналогичной структурой [75].

Таблица 60 Содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы сорта Базальт в среднем за годы исследований, % от содержания белка

Вариант		Валин	Лейцин	Изолейцин	Треонин	Метионин	Фенилаланин	Триптофан	Лизин	Гистидин	Аспарагинов. кислота	Серин	Глутаминовая кислота	Пролин	Глицин	Аланин	Тирозин	Цистин	Аргинин
Фон почва	Контроль	0,44	0,83	0,31	0,27	0,12	0,52	0,12	0,24	0,2	0,49	0,5	3	1,2	0,3	0,3	0,3	0,06	0,5
	Гуми	0,53	0,95	0,42	0,36	0,19	0,61	0,16	0,33	0,3	0,6	0,6	3,7	1,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,6
	Гуми+Si	0,56	0,97	0,42	0,38	0,2	0,63	0,17	0,35	0,3	0,62	0,6	3,8	1,4	0,5	0,4	0,4	0,1	0,6
	Гибберел.	0,5	0,9	0,37	0,33	0,16	0,59	0,14	0,31	0,3	0,56	0,5	3,5	1,3	0,4	0,4	0,4	0,08	0,6
	Пектин	0,51	0,9	0,38	0,34	0,18	0,59	0,17	0,31	0,3	0,5	0,5	3,6	1,3	0,4	0,4	0,4	0,09	0,6
Фон NPK	Контроль	0,6	0,99	0,45	0,37	0,17	0,62	0,17	0,28	0,3	0,71	0,6	4	1,3	0,6	0,6	0,4	0,09	0,7
	Гуми	0,63	1,05	0,48	0,4	0,19	0,65	0,19	0,41	0,3	0,74	0,6	4,2	1,4	0,6	0,6	0,5	0,1	0,7
	Гуми+Si	0,65	1,08	0,5	0,42	0,2	0,67	0,17	0,43	0,4	0,76	0,6	4,3	1,5	0,6	0,6	0,5	0,09	0,7
	Гибберел.	0,58	0,99	0,39	0,32	0,19	0,6	0,18	0,32	0,3	0,69	0,5	3,7	1,3	0,4	0,4	0,4	0,11	0,6
	Пектин	0,55	0,96	0,41	0,37	0,19	0,62	0,17	0,34	0,3	0,61	0,6	3,8	1,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,6

Таблица 61 Аминокислотный скор зерна озимой пшеницы в среднем за годы исследований, %

Вариант		Изо-лейцин	Лейцин	Лизин	Метионин + цистин	Фенилаланин	Треонин	Триптофан	Валин	Сумма незаменимых аминокислот
Фон почва	Контроль	7,8	11,9	4,4	5,1	8,7	6,8	12,0	8,8	2,85
	Гуми	10,5	13,6	6,0	8,3	10,2	9,0	16,0	10,6	3,55
	Гуми+Si	10,5	13,9	6,4	8,6	10,5	9,5	17,0	11,2	3,68
	Гибберел.	9,3	12,9	5,6	6,9	9,8	8,3	14,0	10,0	3,3
	Пектин	9,5	12,9	5,6	7,7	9,8	8,5	17,0	10,2	3,38
Фон НРК	Контроль	11,3	14,1	5,1	7,4	10,3	9,3	17,0	12,0	3,65
	Гуми	12,0	15,0	7,5	8,3	10,8	10,0	19,0	12,6	4
	Гуми+Si	12,5	15,4	7,8	8,3	11,2	10,5	17,0	13,0	4,12
	Гибберел.	9,8	14,1	5,8	8,6	10,0	8,0	18,0	11,6	3,57
	Пектин	10,3	13,7	6,2	8,3	10,3	9,3	17,0	11,0	3,61

В связи с этим определяли аминокислотный скор, который наиболее полно характеризует биологическую полноценность зерна. В качестве идеального белка применяли аминокислотную шкалу ФАО/ВОЗ.

Результаты исследований показали, что лимитирующей аминокислотой у озимой пшеницы является лизин. Под влиянием предпосевной обработки семян происходит увеличение биологической полноценности пшеничного белка. На всех вариантах отмечается увеличение содержания незаменимых аминокислот по сравнению с контрольным вариантом [90].

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

Максимальное содержание клейковины в среднем за годы исследований (рис. 26) отмечается на вариантах с обработкой семян пектином, на фоне почвы, 22,57%, на удобренном фоне, в варианте гуми, где составляет 23,78%.

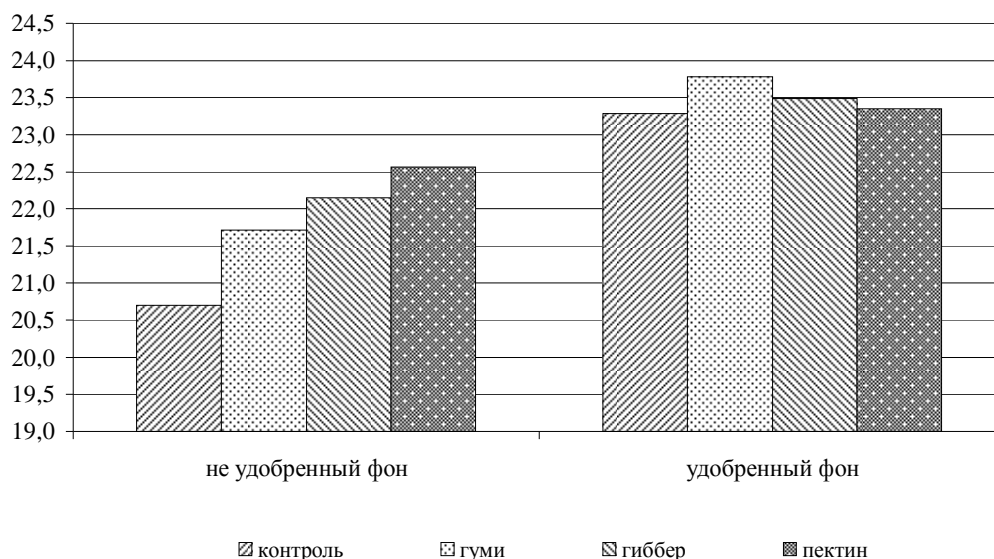


Рис. 26 Массовая доля клейковины в зерне озимой пшеницы в среднем за годы исследований, %

Показатель упругости клейковины – ИДК (индекс деформации клейковины) служит одним из критериев технологических свойств клейковины и характеризует способность образовывать эластичную

структуру мякиша под воздействием газообразования.

Таблица 62 Качество клейковины в зерне озимой пшеницы за годы исследований

Вариант		ИДК,еп				Группа качества
		2004	2005	2006	средн	
Фон почва	Контроль	97,0±3,0	85,3±2,0	89,0±1,0	90,4	II
	Гуми	82,5±2,5	75,2±2,0	87,0±1,0	81,6	II
	Гибберел.	94,0±3,0	68,2±2,0	85,0±2,0	82,4	II
	Пектин	82,5±1,5	70,3±1,0	81,0±2,0	77,9	II
Фон NPK	Контроль	79,5±0,5	65,1±2,0	76,5±2,5	73,7	I
	Гуми	70,5±0,5	65,9±1,0	81,5±1,5	72,6	I
	Гибберел.	82,0±3,0	70,5±2,0	76,5±1,5	76,3	II
	Пектин	75,0±0,0	72,4±3,0	84,0±1,0	77,1	II

В среднем за годы исследований по показателю ИДК обработка семян способствовала формированию клейковины, свойственной зерну пшеницы, относимой к первой и второй группам качества. На удобренном фоне ИДК выше, чем на фоне NPK. На удобренном фоне на варианте гуми сформировалась клейковина, соответствующая первой группе качества. Применение минеральных удобрений способствует повышению качества клейковины на всех вариантах. Следует также отметить, что под влиянием погодных условий в 2005 г качество клейковины выше, чем в 2004 и 2006 гг

Питательную ценность и хлебопекарные качества зерна пшеницы характеризует также содержание крахмала, который служит основным запасующим веществом эндосперма зерновки.

Используемые факторы повышают содержание крахмала в зерне озимой пшеницы на фоне почвы на 1,6 – 2,9%, при применении минеральных удобрений на 1,3 – 2,8% (табл. 63). Наибольшее содержание крахмала отмечено при использовании минеральных удобрений на варианте с предпосевной обработкой семян пектином. Повышение содержания данного продукта свидетельствует об оптимальном протекании процесса фотосинтеза.

Таблица 63 Содержание крахмала в зерне озимой пшеницы, %

Вариант		Годы исследований				
		2004	2005	2006	средн	Прибавка к контролю
Фон почва	Контроль	50,4±0,4	49,8±0,6	50,0±1,0	50,1	-
	Гуми	53,6±0,3	52,±0,3	50,2±0,9	51,9	+1,9
	Гибберел.	52,3±0,3	54,0±0,2	52,4±0,8	52,9	+2,8
	Пектин	51,4±0,2	51,7±0,4	51,9±0,6	51,7	+1,6
Фон НРК	Контроль	53,6±0,8	50,0±0,3	52,4±0,6	52,0	-
	Гуми	55,0±0,2	52,2±0,2	52,8±0,3	53,3	+1,3
	Гибберел.	54,8±0,3	51,6±0,2	54,1±0,3	53,5	+1,5
	Пектин	55,2±0,9	54,5±0,4	52,6±0,4	54,1	+2,1

Содержание тяжелых металлов в почве и зерне озимой пшеницы

Обеспечение населения полноценными безопасными продуктами питания выступает в настоящее время одной из важных экологических проблем. В Ульяновской области, наряду с другими регионами Среднего Поволжья, также существует опасность загрязнения агрофитоценозов тяжелыми металлами и снижения качества растениеводческой продукции. 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 [1, 110].

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 на гектар) 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. Основной источник поступления ртути – сжигание углей и нефти, содержание ртути в которых достигает $2 \cdot 10^{-4}$ %. Кадмий, как и ртуть, обладает относительно высокой летучестью, по-

этому он легко проникает в атмосферу. Соединения кадмия очень ядовиты. Они легко накапливаются в почках и печени, вызывают появление камней в почках. Считается, что свинец, ртуть и кадмий образуют «тройку металлов», представляющих наибольшую потенциальную опасность для человека и окружающей среды [1,112,128].

В связи с этим одним из показателей качества нами рассматривалось содержание тяжелых металлов в получаемой сельскохозяйственной продукции [56, 35].

В работах многих исследователей отмечается, 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 [23,136]. Накопление тяжелых металлов растениями зависит также от видовых и сортовых особенностей, почвенно-климатических условий, возраста растений [30,95,151].

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. 64). Содержание тяжелых металлов в почве можно представить в виде ряда: Zn >Cd >Cr >Ni >Cu > Pb.

Таблица 64 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 удобрений и предпосевной обработкой семян используемыми препаратами проявляется тенденция к снижению содержания тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы (табл.65, 66). На всех вариантах содержание тяжелых металлов ниже ПДК. Следует отметить, что на опытных вариантах происходит повышение содержания меди и цинка. Данный факт объясняется тем, что данные элементы относятся также к числу микроэлементов, а активизация метаболизма в растительном организме, обусловленная применением различных ре-

гуляторов роста и макроудобрений, приводит к повышению их содержания в получаемой продукции.

Таблица 65 Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы в среднем за годы исследований, мг/кг

Вариант		Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Hg	Cs-137, бк/кг	Sr-90 бк/кг
Фон почва	Контроль	6,9	18,6	0,280	0,090	0,325	0,175	0,0017	14,15	0,395
	Гуми	7,8	20,4	0,123	0,030	0,115	0,043	0,0009	12,45	0,205
	Гибберел.	7,3	20,9	0,133	0,032	0,089	0,032	0,0006	9,65	0,125
	Пектин	6,9	21,3	0,150	0,035	0,097	0,031	0,0010	10,70	0,165
Фон НРК	Контроль	7,6	20,0	0,150	0,059	0,225	0,135	0,0010	9,10	0,195
	Гуми	6,8	21,9	0,100	0,041	0,130	0,090	0,0005	9,40	0,13
	Гибберел.	7,6	21,2	0,138	0,013	0,185	0,065	0,0007	9,85	0,14
	Пектин	7,6	21,5	0,144	0,034	0,185	0,093	0,0005	10,40	0,205
	ПДК			0,500	0,100			0,0300		

На неудобренном фоне происходит снижение данных элементов по отношению к контролю: свинца – на 0,157 мг/кг, кадмия – на 0,06 мг/кг, никеля – на 0,236 мг/кг, хрома – на 0,144 мг/кг, на удобренном фоне: свинца – на 0,082 мг/кг, кадмия – на 0,046 мг/кг, никеля – на 0,115 мг/кг, хрома – на 0,07 мг/кг.

В зерне озимой пшеницы под влиянием регуляторов роста различной природы происходит ингибирование процесса аккумуляции тяжелых металлов.

Интенсивность накопления тяжелых металлов растениями можно оценить по коэффициенту биологического поглощения (КБП), который представляет собой отношение содержания элемента в золе растения к его содержанию в почве. Величина КБП является интегральной, характеризует избирательную способность растения и отражает долю поглощенных элементов (табл. 66).

Таблица 66 Коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов растениями озимой пшеницы в среднем за годы исследований.

Вариант		Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
Фон почва	Контроль	0,49	0,59	0,022	0,122	0,014	0,010
	Гуми	0,56	0,65	0,010	0,040	0,005	0,002
	Гибберел.	0,52	0,66	0,010	0,043	0,004	0,002
	Пектин	0,49	0,67	0,012	0,047	0,004	0,002
Фон НРК	Контроль	0,54	0,63	0,012	0,079	0,009	0,008
	Гуми	0,49	0,70	0,008	0,055	0,005	0,005
	Гибберел.	0,54	0,67	0,011	0,017	0,008	0,004
	Пектин	0,54	0,68	0,011	0,045	0,008	0,005

Расчеты по КБП тяжелых металлов в получаемой продукции опытной культуры показали, что данный показатель меньше единицы во всех вариантах данных культур.

Уменьшение КБП по содержанию тяжелых металлов в продукции под действием обработки семян используемыми веществами имеет чрезвычайно важное значение, как фактор, ограничивающий поступление тяжелых металлов в растительный организм.

Тяжелые металлы по степени накопления в получаемой продукции составили ряд: Zn>Cu>Cd >Pb≥ Ni >Cr.

Таким образом, урожайность и качество продукции определяются соотношением внешних и внутренних факторов. Применяемые вещества для обработки семян являются быстродействующими факторами внешней среды, оказывающими положительное влияние на качество продукции [63]. При выяснении влияния факторов внешней среды на качество и количество продукции, прежде всего, необходимо учитывать погодные условия в начальные периоды роста и в период созревания, т.к. именно на этих этапах физиолого-биохимические процессы подвержены наибольшим изменениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных многочисленных исследований показывают целесообразность использования пектина из амаранта для обработки семян в технологии возделывания сельскохозяйственных растений с концентрацией рабочего раствора $5 \cdot 10^{-2}$ % с целью получения экологически чистой продукции [69, 74, 57, 72, 69].

Список литературы

1. Агрэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем: Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Казань, изд-во Каз. гос. техн. ун-та, 2001.
2. Акаев М. М. Латентные формы α амилазы алейронового слоя зерна пшеницы / М. М. Акаев, О. В. Фурсов // Физиология и биохимия культурных растений . – 1984 . – Т.16, № 4 . – С. 382 – 386.
3. Акаев М. М. Синтез, активация и секреция α амилазы алейронового слоя и щитка зерновки пшеницы / М. М. Акаев, О. В. Фурсов // Физиология растений . – 1990 .- Т. 37, № 6 . – С. 1180 -1185.
4. Аксенов С. И. Особенности поступления и распределения воды в семенах пшеницы при набухании / С. И. Аксенов, Е. А. Головина // Физиология и биохимия культурных растений . – 1986 . - Т. 33, №1. - С. 150-158.
5. Аникеева Л. А. Гетерогенность и особенности строения крахмала пшеницы / Л. А. Аникеева, Е. В. Лапина // Ферменты и качество зерна .- Алма-Ата . – 1987 . - С. 62-79.
6. Антипова О. В. Подготовка к прорастанию зародышей пшеницы в связи с поступлением воды / О. В. Антипова, А. Л. Швалева // Доклады РАН . – 1999 . – Т. 369, № 3 . – С. 400 – 403.
7. Аскоченская Н. А. Особенности гидратации семян разнокачественного состава / Н. А. Аскоченская, С. И. Аксенов // Физиология растений .- 1970 . Т.17, Вып.1 . – С.116-121.
8. Бараев А. И. Яровая пшеница / А. И. Бараев, Н. М. Бакаев, М. Л. Веденеева и др . – М.: Колос, 1978 . – 250 с.
9. Батыгин Н.Ф. Онтогенез высших растений.- М.: Агропромиздат, 1988.- 102 с.
10. Белецкая Е.К Физиологические основы устойчивости озимых культур к избытку влаги. – Киев: Наукова думка, 1979. – 210 с.
11. Битюцкий Н. П. Распределение микроэлементов и кальция в прорастающих зерновках кукурузы / Н. П. Битюцкий, С. В. Магницкий, Л. П. Коробейникова, Е. И. Лукина и др. // Физиология растений . – 2000 . – № 2 . – С. 272 – 278.
12. Буткевич К. П. К вопросу о влиянии марганца на микрофлору почвы / К. П. Буткевич // Бюлл. по физиологии растений . – 1958 . - № 3 . – С. 67 – 71.

13. Вандюкова И.И., Цепяева О.В., Соснина Н.А., Офицеров Е.Н., Коновалов А.И. Спектроскопическое изучение пектинов *Amaranthus cruentus*.-Тез.докл.Первого международного симпозиума «Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». Пущино. 1995. С.30-32.
14. Васютина Т.В., Кудашов А.А., Матевосян Г.Л. Комплексное применение регуляторов роста растений и пестицидов при различных технологиях выращивания моркови.//Тез. докл. IV междуна. конф. «Регуляторы роста и развития растений».-М.:-1997.-С251.
15. Верхотуров В.В. Взаимное влияние пероксидазы и низкомолекулярных антиоксидантов при прорастании семян пшеницы // Автореф. дис. канд. биол. наук.– Иркутск, 1999.– 19 с.
16. Генкель П. А. О предпосевном повышении устойчивости растений / П. А. Генкель // Труды Московского дома ученых . – 1937. – Вып. 1. – С. 91 – 98.
17. Глущенко Н. Н. Автоокисление фосфолипидов и действие на него восстановленных тиолов и металлов переменной валентности / Н. Н. Глущенко, А. Ф. Яковлев, В. В. Образцов и др. // Биоантиокислители .- М.: Наука, 1975 . - С. 206- 211.
18. Дарканбаев Т. Б. Амилазы зерновых и регуляция их активности / Б. З. Гусейнов // Успехи биологической химии . – 1982 . - Т. 22 . - С. 137-151.
19. Дарканбаев Т.Б. О состоянии амилазы в процессе созревания и прорастания зерна пшеницы // Биохимия зерна и хлебопечения.– 1964.– С. 67
20. Долгополова Л.А., Лаханов А.П. и др. Оценка эффективности регуляторов роста растений гороха // Регуляторы роста растений.– Л., 1989.– С. 5-10.
21. Дорофеев Н.В. Влияние накопления сахаров на формирование морозостойкости озимой пшеницы в Восточной Сибири в зависимости от возраста растений // Зерновые культуры. – 1998. – №4.– с.17-19
22. Дорофеев Н.В., Пешкова А.А. Озимая пшеница для Восточной Сибири //Физиология, электрофизиология, ботаника и интродукция сельскохозяйственных растений. – Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2001. – С. 55-58.
23. Елькина Г.Я., Табаленкова Г.Н., Куренкова С.Н. Влияние тяжелых металлов на урожайность и физиолого-биохимические показатели овса // Агрехимия.– 2001.– № 8.– С. 73-78.

24. Желев Р. Исследование динамики свободных аминокислот в разные фазы развития пшеницы / Р. Желев, И. Паков // Растениеведни науки. – 1979 . – Т.16, № 1 . – С. 3 – 12.
25. Жирмунская Н.М., Шаповалов А.А. Физиологические аспекты применения регуляторов роста для повышения засухоустойчивости растений.// Агрохимия.– 1987.– №6.– с. 102-119.
26. Жукова П.С., Купреенко Н.П. Особенности проявления активности регуляторов роста при обработке лука-севка.//Тез. докл. IV междун. конф. «Регуляторы роста и развития растений».-М.: -1997.-С259.
27. Заботина О.А., Гурьянов О.П., Ибрагимова Н.Н. и др. Растительные олигосахариды, проявляющие ауксиновую и анти-ауксиновую активность в процессе роста и укоренения сегментов hypocotyls.//Тез. докл. IV междун. конф. «Регуляторы роста и развития растений».-М.> 1997.-С.136.
28. Зарубина М.А., Гусева Н.Н., Жакоте А.Г., Балашова Н.Н., Маслоброд С.Н., Игуменов В.Л. Адаптивные реакции культурных растений на биотические и абиотические стрессы // Сельскохозяйственная биология.– 1988.– №2.– С.111-117.
29. Зенков Н. К., Меньшикова Е. Б., Вольский Н. Н., Козлов В. А. Внутриклеточный окислительный стресс и апоптоз // Успехи современной биологии. – 1999. – Т. 119.– №5. – С. 440-450.
30. Ильин В.Б. Фоновое содержание кадмия в почвах Западной Сибири.// Агрохимия.– 1991.– № 5.– С. 103-108.
31. Исайчев В. А. Влияние макро- и микроэлементов в их взаимодействии на физиолого-биохимические процессы и продуктивность растений яровой пшеницы: Автореферат дисс. канд. биол. наук / В. А. Исайчев .– Казань, 1997 . – 18 с.
32. Исайчев В. А. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами на динамику редуцирующих сахаров в растениях твердой яровой пшеницы / В. А. Исайчев // Материалы Всероссийской научно-производственной конференции «Инновационные технологии в аграрном образовании, науке и АПК России. 13-15 мая 2003 г. – Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2003 .- Ч. 3 . – С. 60 - 62.
33. Исайчев В.А. Оптимизация продукционного процесса сельскохозяйственных культур под воздействием микроэлементов и росторегуляторов в условиях лесостепи Поволжья // Автореф. дис. доктора. с.-х. наук.– Казань, 2004.– 47 с.

34. Исайчев, В.А. Физиолого-биохимические процессы в прорастающих семенах 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.
35. 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.
36. Иудина К. А. Исследования влияния азотосодержащих солей на конформацию β амилазы методом дифференциальной спектрофотометрии / К. А. Иудина, И. В. Казанцева, Т. Л. Ильина // Биохимия и биофизика транспорта веществ у растений . – Горький, 1981. - С. 139-145.
37. Каден С. Б. Образование и передвижение амилазы в прорастающих семенах пшеницы: Дисс. канд. биолог. наук / С. Б. Каден .- М., 1944 .- 79 с.
38. Казаков Е. Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е. Д. Казаков, В. Л. Кретович . - М.: Колос, 1989 . - 367 с.
39. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки.– М.: Агропромиздат, 1989.– 367 с.
40. Кайшева Н.Ш., Щербак С.Н., Компанцев В.А. и др. Анализ пектинов защитного действия.//Журнал аналитической химии.-1994.- Т.49, N 11.-С. 1158-1162.
41. 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.
42. Кефели В. И. Физиологические основы конструирования габитуса растений / В. И. Кефели . – М.: Наука, 1994 . – 270 с.
43. Кефели В.И. Рост растений.– М.: Колос, 1984.– 59 с.
44. Колоша О.И., Костенко И.И. Устойчивость растений к неблагоприятным температурным условиям среды.– Киев: Наукова Думка, 1976. –С.5.
45. Конарев В. Г. Белки пшеницы / В. Г. Конарев .- М.: Колос, 1980 .- 351 с
46. Костин, В .И., Офицеров Е.Н. Комплексное действие пектинов

- Amaranthus cruentus и микроэлементов на урожайность сельскохозяйственных культур./ Четвертая международная конференция «Регуляторы роста и развития растений». - Москва, 1997. - С. 189.
47. Костин, В. И. Влияние обработки семян физическими и химическими факторами на физиологические процессы, урожайность и качество сельскохозяйственных растений: Диссерт. докт. сельскохозяйственных наук в форме научного доклада / В. И. Костин .– Кинель, 1999 . – 86 с.
 48. Костин, В. И. Использование пектина и микроэлементов как фиторегуляторов роста и развития растений / В. И. Костин, Е. Н. Офицеров, В. А. Исайчев // Вестник УГСХА, серия Агронмия . – Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2000 . – С. 5-9.
 49. Костин, В. И. Пектин из амаранта в регуляции адаптивных реакций: Тезисы докл. 5 й Международной конференции «Регуляторы роста и развития растений» / В. И. Костин, Е. Н. Офицеров, В. А. Исайчев и др. – М., 1999 . – С. 105 – 106.
 50. Костин, В.И. Влияние обработки семян физическими и химическими факторами на физиологические процессы, урожайность и качество сельскохозяйственных растений //Диссерт. на соиск. учен. степени доктора с.-х. наук в форме научного доклада. – Кинель, 1998.– 96с.
 51. Костин, В.И. Теоретические и практические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур физическими и химическими факторами.– Ульяновск, 1998.– 120с.
 52. Костин, В.И. Теоретические основы метода предпосевной обработки семян различными физическими и химическими факторами //Сборник материалов Всеросс. науч- практ. конферен. «Энергосберегающие технологии в растениеводстве».– Пенза, 2005.– с. 3-11.
 53. Костин, В.И. Применение пектина из амаранта совместно с микроэлементами в формировании качества урожая/В.И. Костин, А.В. Романов// Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными ресурсами и создания функциональных продуктов: материалы 2-й Российской научно-практической конференции. – М. – 2003. С. 91-92.
 54. Костин, В.И. Динамика ГПВ и спиртоэкстрактивных белков под действием природных фиторегуляторов./ В.И. Костин, О.Г. Му-

- зурова // Сб. «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур». – Пенза, 2006, С.108-110.
55. Костин, В.И. Использование природных росторегуляторов для регуляции адаптивных реакций озимой пшеницы к неблагоприятным условиям зимовки./ В.И. Костин, О.Г. Музурова, Е.С. Маркелова // Сб. «Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства». – Пенза, 2006, С.69-71.
56. Костин, В.И. Использование фиторегуляторов для получения экологически чистого зерна озимой пшеницы. / В.И. Костин, О.Г. Музурова //Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности». – Пенза, 2004, С. 72-72.
57. Костин, В.И. Использование экологических агроприемов при возделывании сельскохозяйственных растений. /В.И.Костин, О.В.Костин, О.Г.Музурова/ Сб. «Современные проблемы эволюции». Т. 2, 2008. Ульяновск, - с. 62-65.
58. Костин, В.И. Первичные и начальные процессы, протекающие в семенах под действием биопрепаратов. /В.И.Костин, О.Г.Музурова, О.В.Костин, О.М.Церковнова/ Сб. «Агроэкологическая роль плодородия почв и современные агротехнологии» – Уфа, БГАУ, 2008. – с. 179-181.
59. 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.
60. Костин, В.И. Элементы минерального питания и росторегуляторы в онтогенезе сельскохозяйственных растений. /В.И. Костин, В.А.Исайчев, О.В.Костин/ - М. изд. «Колос». – 2004. 290 с
61. Костин, В.И.Использование фиторегуляторов для улучшения качества зерна озимой пшеницы. / В.И. Костин, О.Г. Музурова // Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности». – Пенза, 2004, С.72-73.
62. Костин, О.В. Биостимуляция сельскохозяйственных растений и ее физиолого-биохимические основы/ О.В.Костин // - Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И.Вавилова. – 2009. - №6. – с 24-28.
63. Костин, О.В. Биохимический состав и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений и росторе-

- гуляторов/ О.В.Костин, О.М.Церковнова// - Нива Поволжья. – 2009. - №1(10). – с 19-22.
64. Костин, О.В. Влияние пектина из *Amaranthus cruentus* на урожайность и мукомольные показатели качества муки озимой пшеницы//Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2008.– №8.– С. 22-25
65. Костин, О.В. Изменение урожайности и качества зерна озимой пшеницы под влиянием росторегуляторов/О.В. Костин, Ф.А. Мударисов, О.Г. Музурова// Зерновой хозяйство.– 2007.–№7. – С. 10-11.
66. Костин, О.В. Изменчивость посевных качеств и урожайных свойств семян гороха в зависимости от различных регуляторов роста. /В.И.Костин, Ф.А.Мударисов, О.В.Костин/ «Актуальные проблемы развития АПК». – Саратов. 2006. – с. 101-103.
67. 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.
68. Костин, О.В. Оптимизация продукционного процесса озимой пшеницы под действием росторегуляторов и минеральных удобрений/ О.В.Костин, О.М.Церковнова// - Плодородие. – 2009. - №2(47). – с 12-17.
69. Костин, О.В. Пектин из *Amaranthus cruentus* в растениеводстве. /О.В.Костин // Рекомендации. Ульяновск, 2007, 23 с.
70. Костин, О.В. Физиологические основы применения природных регуляторов роста для повышения зимостойкости озимой пшеницы/О.В. Костин, О.Г. Музурова, О.М. Церковнова// Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2008.– №7.– С. 19-22.
71. Костин, О.В. Формирование и сохранность урожая в зависимости от регуляторов роста. /О.В.Костин, О.М.Церковнова/ Сб. «Материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти профессора А.Ф.Блиннохватава». Пенза, 2008. – с. 107-108.
72. Костин, О.В. Формирование урожайности и экологичность сельскохозяйственной продукции под действие природных росторегуляторов. /О.В.Костин, О.Г.Музурова/ Сб. «Использование инновационных технологий для решения проблем АПК в современных условиях». Волгоград: ИПК «Нива».– 2009. – С. 43-46.

73. Костин, О.В. Экологическая эффективность природных фиторегуляторов при возделывании озимого ячменя. /О.В.Костин, М.Н.Нишанова, Ю.В.Шуреков/ Сб. «Проблемы безопасности жизнедеятельности промышленной экологии». – Ульяновск. 2007. – с. 60-61.
74. Костин, О.В. Экологически приемлемая технология возделывания сельскохозяйственных культур. /О.В.Костин, В.И.Костин, О.Г.Музурова/ Сб. «Проблемы безопасности жизнедеятельности промышленной экологии». – Ульяновск. 2007. – с. 49-51.
75. Кретович В.Л. Биохимия растений.– М.: Высшая школа, 1986.- 445 с.
76. Крончев, Н.И. Влияние макро- и микроэлементов на продуктивность и качество яровой твердой пшеницы. /Н.И.Крончев, А.Н.Герн, О.В.Костин/«Оптимизация применения удобрений и обработки почвы в условиях лесостепи Поволжья». – Ульяновск, 1995.–с.34-36.
77. Кузин А.М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. – М.: Атомиздат, 1977. – 132 с.
78. Левин В.И. Агрэкологические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур гамма-лучами.– М., 2000.– 156 с.
79. Линг С.С. Физиологическое обоснование инкрустирования семян ячменя природными биологически активными веществами //Автореферат дис. канд. биол. наук.– Минск, 1998.– 17 с.
80. 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.
81. 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.
82. Медведев А. М. Сравнительное изучение площади листьев и фотосинтетического потенциала посева различных по засухоустойчивости сортов яровой пшеницы / А. М. Медведев, И. И. Разумова // Бюлл. ВАСХНИЛ . – 1986 . - Вып. 164 . – С. 13-15.
83. Минеев В. Г. Агротехнические основы повышения качества зерна пшеницы / В. Г. Минеев, А. Н. Павлов . – М.: Колос, 1981 . – 288 с.

84. Мосолов И. В. Значение свободных аминокислот и амидов при прорастании семян озимой пшеницы / И. В. Мосолов, В. А. Александровская // *Агрохимия* . – 1966 . - № 11 . – С. 29-32.
85. Мударисов Ф.А. Изучение действия пектина и микроэлементов на зимостойкость и качество озимой пшеницы // Автореф. дис. канд. с.-х.наук.– Казань, 2001.– 25 с.
86. Музурова О.Г. Влияние пектина и микроэлементов в различных погодно-климатических условиях на накопление криозащитных соединений растений озимой пшеницы. /Мударисов Ф.А., Музурова О.Г. // «Физиолого-биохимические аспекты обработки семян сельскохозяйственных культур» (Межвузовский сборник).– Ульяновск, 2003, С.118-123.
87. Музурова О.Г. Влияние ростовых веществ и удобрений на сохранность растений озимой пшеницы. /Костин В.И., Музурова О.Г.// «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы». – Пенза-Нейбранденбург, 2004, С.122-123.
88. Музурова О.Г. Влияние фиторегуляторов на рост, развитие и продуктивность озимой пшеницы. /Костин В.И., Музурова О.Г. //Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности». – Пенза, 2004, С.71-72.
89. Музурова О.Г. Использование пектина для повышения адаптивных реакций растений озимой пшеницы к неблагоприятным факторам среды. /Музурова О.Г.//Сборник материалов Международной научно-методической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса».– Иваново, 2005, С. 53-54
90. Музурова, О.Г. Биологическая ценность зерна озимой пшеницы в зависимости от обработки семян и применения минеральных удобрений. / О.Г. Музурова, Ф.А. Мударисов // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Энергосберегающие технологии в растениеводстве». – Пенза, 2005, С. 90-93.
91. Муромцев Г.С., Павлова З.Н., Аш О.А. и др. Ксилоглюкановые олигосахариды как регуляторы роста растений.//Тез. докл. 1У междун. конф. «Регуляторы роста и развития растений».-М.:-1997.-С109.
92. Ничипорович А.А. Важные проблемы фотосинтеза в растениеводстве.– М.: Колос, 1970.– 320 с.

93. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев.– М.: Изд-во АН СССР, 1956.– 94 с.
94. Новоселова А. Н. Окислительно-восстановительные свойства проростков в процессе адаптации к повышенной температуре / А. Н. Новоселова, О. К. Севрова // Физиологические механизмы адаптации и устойчивости у растений . – Новосибирск, 1972 . – С. 44.
95. 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 / Носовская И.И., Соловьев Г.А., Егоров В.С. //Агрохимия.– 2001.– № 1.– С. 82-91.
96. Обручева Н. В. Уровень обводнённости как пусковой фактор мобилизации крахмала и белка при прорастании семян гороха / Н. В. Обручева, Л. С. Ковалдо, А. А. Прокофьев // Физиология растений . – 1988 .- Т.35, №.2 . – С. 322-328.
97. Обручева Н. В. Физиология инициации прорастания семян / Н. В. Обручева, О. В. Антипова // Физиология растений . – 1997 . – Т. 44, № 2 . – С. 287 – 302.
98. Оводов Ю.С. Полисахариды цветковых растений: структура и физиологическая активность. Биоорг. Химия.-1998.-т.24.- №7.- с.483-501.
99. Оводова Р.Г., Билькова Т.Б., Попов СВ. Выделение и характеристика лемнана - полисахарида из ряски *Lemma minor*. /Тез.докл. III Всероссийского совещания "Лесохимия и органический синтез". -Сыктывкар, 1998. - С.67.
- 100.Оводова Р.Г., Кушникова Е.А., Попов С.В. и др. Выделение, характеристика и физиологическая активность полисахаридов из хвои. /В сб. "Проблемы химии древесины и лесохимии". Труды Коми научного центра УрО Российской АН, N 156. - Сыктывкар, 1997. -С. 15-20.
101. Овчаров К. Е. Взаимосвязь ультраструктуры митохондрий со всхожестью семян кукурузы / К. Е. Овчаров, Н. Н. Доман, Б. А. Попов // Физиология растений . – 1970 . - Т. 17, № 2 . – С. 402-407.
102. Овчаров К. Е. Витамины растений / К. Е. Овчаров .– М.: Колос, 1969 . – 328 с.
103. Овчаров К. Е. Физиология формирования и прорастания семян / К. Е. Овчаров . - М.: Колос,1976 . - 255 с.

104. Офицеров Е.Н., Костин В.И. Углеводы пектина и их практическое использование.- Ульяновск, изд. РАН, 2001.- 182 с.
105. Офицеров Е.Н., Костин В.И., Цепяева О.В. и др. Пектиновые вещества из амаранта в качестве фиторегуляторов.// Второй междуна. Симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования» .-Пушино.-1997.-Т. 1 .-С. 12.
106. Павлов А. Н. Повышение содержания белка в зерне / А. Н. Павлов . - М.: Наука, 1984 .- 119 с.
107. Петин Н. С. Физиология орошаемой пшеницы / Н. С. Петин .- М.: АН СССР, 1959 . – 554 с.
108. 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.
109. Полле А.Я., Оводова Р.Г., Попов СВ. Выделение и общая характеристика полисахаридов из пижмы обыкновенной, мать-и-мачехи и лопуха войлочного. //Химия раст. сырья.-1999. - N 1. - С. 33-38.
110. Посыпанов Г.С., Бузмаков В.В. Производство биологически чистой продукции растениеводства. //Аграрная наука.– 1999.– №12.– с. 12.
111. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Коренев Г.В., Филатов В.И., Гатауллин Г.Г., Постников А.Н., Обьедков М.Г. Растениеводство.– М.: Колос, 1997.– 448 с.
112. Проблемы охраны природных ландшафтов и биоразнообразия России и сопредельных стран // Сб. мат. Международной научно-практической конференции 1-2 июня 2004г.– Пенза, Пензенская ГСХА, 2004.
113. Проценко Д.Ф., Власюк П.А., Колоша О.И. Зимостойкость зерновых культур.– М.:Колос, 1965.– 383с.
114. Проценко М.А. Физиология растений.– 1996.– т.43.– №5.– С.765.
115. Реймерс Ф. Э. Физиология семян культурных растений Сибири (зерновые злаки) / Ф. Э. Реймерс . - Новосибирск: Наука, 1974 . - 143 с.
116. Родионова Н.А., Никифорова В.Ю., Миляева Э.Л. Олигомерные производные пектина и пектолитические ферменты влияют на переход растений к репродуктивному морфогенезу./Тез. докл.

- IV междун. конф. «Регуляторы роста и развития растений».-М.:-1997.-С. 118
117. Романов, А.В. Эколого-физиологические аспекты предпосевной обработки семян фиторегуляторами и микроэлементами в агроценозе яровой пшеницы //Автореф. дис. канд. биол. наук.– Казань, 2004.– 23с.
118. Романов, А.В. Влияние микроэлементов, нетрадиционных ростовых веществ на урожайность яровой пшеницы/А.В. Романов, Е.Л. Хованская// Региональные проблемы народного хозяйства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ульяновск: Ульяновская ГСХА. – 2004.– С. 169-173.
119. Романов, А.В. Исследование влияния фиторегуляторов и микроэлементов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы/ А.В. Романов //Физиолого-биохимические аспекты обработки семян сельскохозяйственных культур.– Ульяновск: Ульяновская ГСХА. – 2003. С. 153-156.
120. Рубцова М. С. Неоднородность семян пшеницы по биопотенциалам, ростовые процессы и метаболизм / М. С. Рубцова // Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений . - Н. Новгород, 1990 . – С. 73-79.
121. Рукина Н. И. Активность каталазы и всхожесть зерна пшеницы при термической обработке / Н. И. Рукина, Н. А. Растегаева, Е. Т. Артамонова // Биология, агротехника, селекция и семеноводство полевых культур в Западной Сибири . – Омск, 1978 . – С. 91 – 96.
122. Семенов А.Ю. Влияние предпосевной обработки пектином и микроэлементами на физиолого-биохимические процессы и урожайность озимой ржи //Автореф. дис. канд. с.-х.наук.– Казань, 2002.– 20 с.
123. Ситникова З. И. Биологические и урожайные свойства семян яровой пшеницы обработанных в растворах микроэлементов / З. И. Ситникова, С. Ф. Коваль, С. Ф. Левицкий // Биология, агротехника, селекция и семеноводство полевых культур в Западной Сибири . – Омск, 1978 . – С. 44 – 48.
124. Ситникова З. И. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность яровой пшеницы в посевах / З. И. Ситникова, Б. Б. Нагуманов // Биология, агротехника, селекция и семеноводство полевых культур в Западной Сибири . - Омск, 1978 . – С.75-78.

125. Соснина Н.А., Еникеев К.М., Цепаева О.В. и др. О строении пектиновых веществ растений рода *Amaranthus*.-Тез.докл. второго международного симпозиума «новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». Пушкино, 1995. Т.1.,с.17-18.
126. Стаценко А.П. Оценка силы роста кукурузы // Кукуруза на силос.– 2001.– №6.– С.4.
127. Стаценко А.П., Жильцов В.В. Математическое моделирование и прогноз морозостойкости озимой пшеницы // Зерновые культуры.– 1997.– №3. – С.18.
128. Степин Б.Д., Цветков А.А. Неорганическая химия: Учеб. для хим. и химико-технол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1994.– 608 с.: ил.
- 129.Тарануха Г.И., Тарануха Н.Г., Тарануха В.Г. Природные фиторегуляторы, микроудобрения и ризоторфин ив повышении урожайности люпина //Тез. докл. IV междун. конф. «Регуляторы роста и развития растений».-М.:-1997.-С.243
130. Тарчевский И. А. Регуляторная роль деградации биополимеров и липидов / И. А. Тарчевский // Физиология растений . – 1992 . - Т. 39, № 6 .- С. 1215- 1223.
131. Третьякова О.И., Котляров Н.С., Заплишный В.Н. Рост-стимулирующая активность некоторых водорастворимых полимеров на основе мономеров винилового ряда.//Тез. Докл IV междун. конф. «Регуляторы роста и развития растений».-М.:-1997.- С248
132. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений.– М.:Наука, 1979.– 350с.
133. Тупицын Н.В. Селекция озимой пшеницы на зимостойкость в Ульяновской области // Зерновое хозяйство.– 2001.– №1(4).– с.25-27
134. Углеводсодержащие соединения сочных плодов и их обмен./Под ред. Арасимовича В.В.//Кишинев:-Изд-во "Штиинца" ,-1978.-90 с.
135. Удовенко Г. В. Влияние засоления на утилизацию ассимиляторов у пшеницы / Г. В. Удовенко, Г. В. Давыдова // Труды по прикладной ботанике, генетике .- 1981 . - Т. 71, вып.1 .- С. 27-33.
136. Фатеев А.И., Мирошниченко Н.Н., Самохвалова В.Л. Миграция, транслокация и фитотоксичность тяжелых металлов при

- полиэлементном загрязнении почвы // Агрехимия, 2001.– № 3.– С. 57-61.
137. Филиппов М.П., Школенко Г.А. Пектиновые вещества из плодов. Пищевая промышленность. -М., -1988. - N 8. С.45-46.
138. Фурсов О. В. Свойства и особенности амилаз зерна злаков / О. В. Фурсов, В. А. Кузовлев, М. М. Акаев // Ферменты и качество зерна . – Алма – Ата: Наука, 1987 . – С. 41 – 61.
139. Хакимжанов А. А., Фурсов О. В. Различные формы α амилазы зерновок риса / А. А. Хакимжанов, О. В. Фурсов // Физиология растений . –1994 .- Т. 41, № 3 . - С. 415-419.
140. Хованская Е. Л. Влияние обработки семян пектином и микроэлементами на урожайность и качество яровой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья: Автореферат дисс. канд. сельскохозяйственных наук / Е. Л. Хованская . - Пенза, 2001 . - 22 с.
141. Цепаева О.В. Выделение, структурная идентификация и химическая модификация пектиновых веществ растения амарант и некоторых модельных соединений./ Автореферат дис. канд. хим. наук.-Казань, ИОФХ. 2000.-20 с.
142. Цепаева О.В. Изучение особенностей структуры амарантового пектина./ Цепаева О.В., Лапин А.А., Миронов В.Ф., Вандюкова И.И., Офицеров Е.Н., Коновалов А.И. // Тез.докл.межд.Начн.-практ. конференции «Люпин и амарант - источники новых и диетических продуктов». С.-П., 1996, с.37-38.
143. Цепаева О.В., Миронов В.Ф., Магафурова Н.Г. и др. Изучение комплексообразующих свойств амарантового пектина физико-химическими методами.// Тез. докл. межд. научн.-практ. конференции «Люпин и амарант - источники новых и диетических продуктов». С.-П., 1996, с.39-40.
144. Цепаева О.В., Соснина Н.А., Офицеров Е.Н., Коновалов А.И. Спектроскопическое изучение пектинов *Amarantus cruentus*.- Тез.докл. Первого международного симпозиума «Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования» Пущино, 1995. С.32.
145. Чернавина И. А. О влиянии молибдена на динамику аскорбиновой кислоты в растении / И. А. Чернавина, Г. О. Купке // Науч. докл. высш. школы биол. науки 1959 .- Вып.2 .-
146. Чиков В.И., Чемикосова С.Б., Бакирова Г.Г. Донорно-акцепторное отношение между производством и потреблени-

- ем ассимилятов продукционных процессов пшеницы // Физиолого-генетические проблемы интенсификации селекционного процесса.– Саратов, 1984.– С. 119-120.
147. Шатилов И. С. Фотосинтетический потенциал и продуктивность клевера красного в полевых условиях / И. С. Шатилов, Г. С. Голубева // Изд. ТСХА, 1969 . – Вып. 4 . – С. 85 – 92.
 148. Шевелуха В. С. О некоторых актуальных вопросах изучения физиологии роста растений / В. С. Шевелуха // Биология и агротехника сельскохозяйственных культур . – Горки: Белорусская СХА, 1970 . – Т. 64 .- С. 52 – 60.
 149. Шелухина Н.П., Абаева Р.Ш., Аймухамедова Г.Б. Пектины и параметры его получения.-Фрунзе.-1987.- 108с.
 150. Шеуджен А. Х. Изменение физиологической активности корневой системы риса под влиянием микроудобрений / А. Х. Шеуджен, Е. П. Алешин, О. А. Досеева // Доклады ВАСХ-НИЛ . – 1992 .- № 2 .- С. 7-16.
 151. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В., Асаров Х.К., Демин В.А., Решетникова Н.В. Агрехимия.– 1989.– 639 с.
 152. Guillon F., Thibault I.F. Further characterization of acid- and alkalisoluble pectins from sugar beet pulp.//Lebensm. Wis's. Und Technol.- 1988.-Vol.21.-P. 198-205.
 153. Konovalov A.I., Ofitserov E.N., Lapin A.A. et al. Amaranthus - a new source of physiology active compounds.//Proceedings of the Fifth Intern. Congress of. Leaf Protein Research «Leaf Pro-96».-Russia.- Rostov-on-Don.-1996.
 154. Lorences E., Aitken J., Leuch M., Fry S. Oligosaccharides of xyloglucan promote the enzymic depolymerisation of xyloglucan, a possible control point for cell expansion // Book of Abstracts 6th cell wall Multing (eds Fassen).- The Netherlands 1992, August 25-28.- P.
 155. Manners D.J. Some aspects of the degradation of starch.// Plant Carbohydrate. Biochem. Proc. Phytochem. Symp. Edinburg.- 1973, London, New York, 1974.- P. 109-125.
 156. Salcedo C., Lopez-Otin C., Sanchez-Monde R. Wheat inhibitors of heterogeneous α -amylases characterization of monomeric class // Plant Physiol.- 1991. V. 96, №3.- P. 768-774.
 157. 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.
158. Thomas J.R., Darvill A.G., Albershelm. Rhamnogalacturonan I. A pectic polysaccharide that is a component of monocot cell walls.// Carbohydrate Research.- 1989.-Vol.185.-P.279-305.
159. Vries 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.

Владимир Ильич Костин
Олег Владимирович Костин
Ольга Геннадьевна Музурова
Андрей .Васильевич Романов
Евгений Николаевич Офицеров

ПЕКТИН ИЗ АМАРАНТА
В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ
ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ

Научное издание

под редакцией доктора сельскохозяйственных наук,
профессора, Заслуженного работника высшей школы,
академика РАЕН В.И. Костина.
– Ульяновск. – 2009. – 130 с.

Сдано в набор 24.09.2009г.

Подписано в печать 5.10.2009г.

Формат 60×841/16

Бумага офсетная. Печать офсетная

Усл. П.л. 8,1 Заказ ____ Тираж 200 экз.

Отпечатано: 432970, г. Ульяновск

Ул. Энгельса,1 Ульяновскстат