

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

"ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Факультет физико-математических и Кафедра "Общая биология и биохимия"
естественных наук

Направление подготовки 06.04.01 Биология

Магистерская программа Физиология растений

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему:

«Особенности ранних ростовых процессов растений пшеницы в условиях водного дефицита»

Студент

Дашкин Дашкин Дмитрий Геннадьевич

Научный руководитель

Карпова

Карпова Г.А.

Нормоконтролёр

Солдатов

Солдатов С.А.

Рецензент

Л. Карпова

Карпова Л.В.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от д. 06.16 № д)

Заведующий кафедрой

Карпова

Карпова Г.А.

Работа защищена с отметкой хорошо (протокол заседания ГЭК от д. 06.16 № 3)

Секретарь ГЭК

Солдатов

Солдатов С.А.

Пенза, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
1.1. Водный обмен растений. Характеристика и значение водного обмена.....	5
1.2. Особенности морфофизиологических процессов сельскохозяйственных культур под действием природных и синтетических регуляторов роста.....	16
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	27
2.1. Почвенно-климатические условия Пензенской области.....	27
2.2. Объект и методы исследований.....	32
3. ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО ОБМЕНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА.....	36
3.1. Динамика формирования корневой системы растений пшеницы в период вегетации.....	36
3.2. Поглощительная способность корневых систем.....	42
3.3. Интенсивность транспирации растений пшеницы в период вегетации.....	47
ВЫВОДЫ.....	54
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Непрерывно идущие в растении процессы поступления и испарения воды составляют водный баланс растительного организма. В основе расходования воды растительным организмом лежит процесс транспирации. Восполнение недостатка воды в растении напрямую зависит от поглотительной способности корневой системы. При возникновении водного дефицита в растениях возникают физиологические нарушения, которые определенным образом сказываются на процессах роста и развития, приводящие к снижению продуктивности. Выяснение морфофизиологических особенностей, определяющих способность растений к рациональному использованию влаги, является важной задачей, решение которой имеет большое практическое значение.

Климатические условия Пензенской области для сельскохозяйственного производства в основном благоприятные, однако, дефицит почвенной влаги в комплексе с высокими температурами в период вегетации могут значительно снижать урожайность и качество зерна.

Возделывание яровой пшеницы в условиях Пензенской области определяется ее биологическими особенностями и сочетанием тепла и влаги, которое соответствует требованиям данного растения в период вегетации.

Изучение водного обмена зерновых культур, как сложного многокомпонентного физиолого-биохимического процесса, включающего этапы поступления воды в растение, закономерности перемещения по растению и транспирации в сложившихся почвенно-климатических условиях региона является весьма актуальным. Изменения на любом из этапов под влиянием внешних факторов оказывает большое влияние на весь растительный организм, что выражается в процессах роста, развития и продуктивности растений.

Цель исследований – изучение влияния синтетических и природного регуляторов роста на водный обмен яровой пшеницы в почвенно-климатических условиях Пензенской области.

В соответствии с поставленной целью определены следующие **задачи**:

- Изучить влияние мелафена, пирафена и пектина на динамику формирования корневой системы растений пшеницы в период вегетации;
- Определить зависимость показателей поглотительной способности корневых систем изучаемой культуры под действием регуляторов роста;
- Выявить особенности процессов транспирации растений пшеницы при использовании регуляторов роста;
- Определить содержание свободной и связанной воды в растениях в период вегетации, как значимого показателя засухоустойчивости растений под действием регуляторов роста.

Научная новизна и практическая значимость работы

Выявленная в процессе исследований способность изучаемых регуляторов роста активизировать процессы роста и поглотительной способности корневых систем, а также транспирации растений в период вегетации представляет практический интерес для совершенствования приемов возделывания яровой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Пензенской области.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Водный обмен растений. Характеристика и значение водного обмена

Вода является основной составной частью растительных организмов. Её содержание доходит до 90 % от массы организмов, и она участвует прямо или косвенно во всех жизненных проявлениях. Вода – это та среда, в которой протекает все процессы обмена веществ. Она составляет основную часть цитоплазмы, поддерживает ее структуру, устойчивость входящих в состав цитоплазмы коллоидов, обеспечивает определенную конфирмацию молекул белка. Высокое содержание воды придает содержимому клетки (цитоплазме) подвижный характер. Вода – непосредственный участник многих химических реакций. Все реакции гидролиза, многочисленные окислительно-восстановительные реакции идут с участием воды.

Водный ток обеспечивает связь между отдельными органами растений. Питательные вещества передвигаются по растению в растворенном виде. Насыщенность водой (тургор) обеспечивает прочность тканей, сохранение структуры травянистых растений, определенную ориентировку организмов растений в пространстве. Рост клеток в фазе растяжения идет главным образом за счет накопления воды в вакуоли.

Таким образом, вода обеспечивает протекание процессов обмена, коррелятивные взаимодействия, связь организма со средой. Для нормальной жизнедеятельности клетка должна быть насыщена водой.

Вода – это: 1) среда, в которой протекают процессы обмена веществ;

2) субстрат и продукт биохимических процессов (реакции гидролиза, окислительно-восстановительные реакции);

3) источник кислорода, выделяемого при фотосинтезе, и водорода, используемого для восстановления углекислого газа;

4) основа конформации молекул белка;

5) основа устойчивости структур цитоплазмы и оболочки клеток в упругом состоянии;

6) основа «тургорных» движений частей растений;

7) основа терморегуляции растительного организма.

Водный ток обеспечивает связь между отдельными органами растений. Питательные вещества передвигаются по растению в растворенном виде. Насыщенность водой (тургор) обеспечивает прочность тканей, сохранение структуры травянистых растений, определенную ориентировку органов растений в пространстве. Рост клеток в фазе растяжения идет главным образом за счет накопления воды в вакуоли.

Таким образом, вода обеспечивает протекание процессов обмена, коррелятивные взаимодействия, связь организма со средой. Для нормальной жизнедеятельности клетка должна быть насыщена водой.

В клетках и тканях различают две формы воды: прочно связанную (*связанную*) и рыхло связанную (*свободную*). Осмотически связанная вода гидратирует растворенные вещества – ионы и молекулы; коллоидно связанная вода гидратирует коллоиды (макромолекулы); капиллярно связанная вода связана со структурами клеточных стенок и сосудов за счет сил адгезии. Связанная вода выполняет структурную функцию, поддерживая структуру коллоидов и обеспечивая функционирование ферментов, органоидов и клетки в целом. Она малоподвижна, не участвует в растворении и транспорте веществ, отличается сниженной температурой замерзания и более высокой температурой кипения по сравнению со свободной водой. Свободная вода обладает высокой подвижностью, является растворителем и основным транспортером веществ по растению. Доля связанной воды в клетке составляет около 40 %, доля свободной – около 60 %. При недостатке влаги в первую очередь снижается доля свободной воды.

Водный баланс растений складывается из поглощения, использования и потери воды. Корневая система является органом поглощения воды из почвы. Сформировавшаяся корневая система представляет собой сложный

орган с хорошо дифференцированной структурой. Подсчитано, что общая поверхность корневой системы может превышать поверхность надземных органов более чем в 150 раз. Рост корневой системы и ее ветвление продолжаются в течение всей жизни растения.

Поглощение воды и питательных веществ осуществляется в основном корневыми волосками ризодермы. Ризодерма – это однослойная ткань, покрывающая корень снаружи. У одних видов растений каждая клетка ризодермы формирует корневой волосок, у других она состоит из двух типов клеток: трихобластов, образующих корневые волоски, и атрихобластов, не способных к образованию волосков.

Из ризодермы вода попадает в клетки коры. У травянистых растений кора корня обычно представляет собой несколько слоев живых паренхимных клеток. Между клетками имеются крупные межклетники, обеспечивающие аэрацию корня. Через клетки коры возможны два пути транспорта воды и растворов минеральных солей: по симпласту и апопласту. Более быстрый транспорт воды происходит по апопласту.

Затем вода попадает в клетки эндодермы. Эндодерма – это внутренний слой клеток коры, граничащий с центральным цилиндром. Их клеточные стенки водонепроницаемы из-за отложения суберина и лигнина (пояски Каспари). Поэтому вода и соли проходят через клетки эндодермы по симпласту и транспорт воды в эндодерме замедляется. Это необходимо, так как диаметр стели (центрального цилиндра), куда попадает вода из эндодермы, меньше всасывающей поверхности корня.

Центральный цилиндр корня содержит перицикл, паренхимные клетки и две системы проводящих элементов: ксилему и флоэму. Клетки перицикла представляют собой одно- или многослойную обкладку проводящих сосудов.

Его клетки регулируют транспорт веществ как из наружных слоев в ксилему, так и из флоэмы в кору. Кроме того, клетки перицикла выполняют функцию образовательной ткани, способной продуцировать боковые корни. Клетки перицикла и паренхимные клетки активно транспортируют ионы

в проводящие элементы ксилемы. Контакт осуществляется через поры во вторичных клеточных стенках сосудов и клеток. Между ними нет плазмодесм. Затем вода и растворенные вещества диффундируют в полость сосуда через первичную клеточную стенку. Для некоторых паренхимных клеток сосудистого пучка характерны выросты – лабиринты стенок, выстланные плазмалеммой, что значительно увеличивает ее площадь. Эти клетки активно участвуют в транспорте веществ в сосуды и обратно и называются передаточными, или переходными. Они могут граничить одновременно с сосудами ксилемы и ситовидными трубками флоэмы. По сосудам флоэмы транспортируются органические вещества из надземной части растения в корни.

Вода пассивно диффундирует в сосуды ксилемы благодаря осмотическому механизму. Осмотически активными веществами в сосудах являются минеральные ионы и метаболиты, выделяемые насосами плазмалеммы паренхимных клеток, окружающих сосуды. Сосущая сила у сосудов выше, чем у окружающих клеток из-за повышающейся концентрации ксилемного сока и отсутствия значительного противодействия со стороны малоэластичных клеточных стенок. В результате поступления воды в сосудах ксилемы развивается гидростатическое давление, получившее название *корневого давления*.

Оно участвует в поднятии ксилемного раствора по сосудам ксилемы из корня в надземную часть растения. Поднятие воды по растению вследствие развивающегося корневого давления называют нижним концевым двигателем.

Проявлением работы *нижнего концевого двигателя* (корневого давления) служат плач растений и гуттация. Весной у кустарников и деревьев с еще нераспустившимися листьями можно наблюдать интенсивный ксилемный ток снизу вверх через надрезы ствола и веток. У травянистых растений при отрезании стебля из пенька выделяется ксилемный сок, называемый пасокой.

Поступление воды через корневую систему сокращается с понижением температуры. Это происходит по следующим причинам: 1) повышается вязкость воды, и поэтому снижается ее подвижность; 2) уменьшается проницаемость протоплазмы для воды; 3) тормозится рост корней; 4) уменьшается скорость метаболических процессов. Поступление воды снижается при ухудшении аэрации почвы. Это можно наблюдать, когда после сильного дождя почва залита водой, но при ярком солнце из-за сильного испарения растения завядают. Большое значение имеет концентрация почвенного раствора.

Вода поступает в корень только тогда, когда водный потенциал корня меньше водного потенциала почвы. Если почвенный раствор имеет более отрицательный потенциал, вода будет не поступать в корень, а выходить из него.

По степени доступности для растения различают следующие формы почвенной влаги. Гравитационная вода заполняет промежутки между частицами почвы и хорошо доступна растениям. Однако она быстро испаряется и легко стекает в нижние горизонты почвы под влиянием силы тяжести, вследствие чего бывает в почве лишь после дождей. Капиллярная вода заполняет капилляры в почвенных частицах. Эта вода хорошо доступна для растений, она удерживается в капиллярах силами поверхностного натяжения и поэтому не только не стекает вниз, но и поднимается вверх от грунтовых вод. Пленочная вода окружает коллоидные частицы почвы. Вода из периферических слоев гидратационных оболочек может поглощаться корнями. Гигроскопическая вода адсорбируется сухой почвой при помещении ее в атмосферу с 95 %-ной относительной влажностью. Этот тонкий слой молекул воды удерживается с такой силой, что их водный потенциал достигает 1000 баров и она недоступна для растений.

Для характеристики максимального запаса почвенной влаги используют понятие «полная полевая влагоемкость» (или «полевая влагоемкость»). Количественно этот параметр отражает количество воды (выраженное в про-

центах), которое способны поглотить и удержать 100 граммов почвы. Чем больше в почве минеральных (глинистых) и органических (гумуса) частиц, тем выше значение полевой влагоемкости. Так как для нормальной жизнедеятельности корневой системы необходимо некоторое количество кислорода почвенного воздуха, оптимальной для большинства растений считается влажность почвы, равная 60% от полной полевой влагоемкости.

Количество почвенной воды в процентах, при котором растение впадает в устойчивое завядание, называют коэффициентом, или влажностью, завядания. Завядание растений разных видов может начинаться при одной и той же влажности, но промежуток времени от завядания растения до его гибели (интервал завядания) у растений может быть различным. Так, для растений бобов он составляет несколько суток, а для растений проса – несколько недель. Завядание начинается позже у растений с более отрицательным осмотическим потенциалом и меньшей скоростью транспирации. «Мертвый запас» влаги в почве – это количество воды, полностью недоступной растению. Он зависит от механического состава почвы. Чем больше глинистых частиц в почве, тем больше «мертвый запас» влаги. Количество доступной для растения воды представляет собой разность между полевой влагоемкостью (максимальное количество воды, удерживаемое почвой) и «мертвым запасом».

Восходящий поток воды в растении идет по сосудам ксилемы, лишенным цитоплазмы. Помимо работы нижнего концевой двигателя и присасывающего действия транспирации (верхний концевой двигатель) в передвижении воды по капиллярным сосудам ксилемы участвуют силы сцепления (когезии) молекул воды друг с другом и силы прилипания (адгезии) воды к стенкам сосудов. Обе силы препятствуют также образованию пузырьков воздуха, способных закупорить сосуд. Скорость передвижения воды по ксилеме равна 12–14 м/ч.

Большая часть воды, попавшей в листья, испаряется в атмосферу, а меньшая часть (около 0,2 %) используется в метаболизме клеток на под-

держание тургора и в транспорте органических соединений по сосудам флоэмы.

Вода из клеток листа и непосредственно из сосудов ксилемы поступает во флоэмные окончания по осмотическому градиенту, возникающему вследствие накопления в клетках флоэмы сахаров и других органических соединений, которые образуются в клетках листьев и переносятся в клетки флоэмы в результате активной работы транспортных насосов. Нисходящий флоэмный ток доставляет органические соединения тканям корня, где они используются в метаболизме. В корне окончания проводящих пучков флоэмы, как и в листе, располагаются вблизи элементов ксилемы, и вода по осмотическому градиенту поступает в ксилему и движется вверх с восходящим током. Таким образом, происходит обмен воды в проводящей системе корня и листьев.

Транспирация – это физиологический процесс испарения воды растением. Основным органом транспирации является лист. Вода испаряется с поверхности листьев через клеточные стенки эпидермальных клеток и покровные слои (кутикулярная транспирация) и через устьица (устьичная транспирация).

Эпидермис листьев растений – первичная поверхностная однослойная ткань – выполняет важную роль в осуществлении процессов водо- и газообмена. Клетки эпидермиса покрыты на поверхности кутикулой, часто восковым налетом, живыми или отмершими волосками (исполняют роль экрана, отражающего часть солнечных лучей). Эпидермис защищает внутренние ткани растений от иссушения, механических повреждений, проникновения инфекции, через систему устьиц регулирует газообмен и транспирацию растения.

В результате потери воды в ходе транспирации в клетках листьев возрастает сосущая сила. Это приводит к усилению поглощения клетками листа воды из сосудов ксилемы и передвижению воды по ксилеме из корней в листья. Таким образом, верхний концевой двигатель, участвующий в транспор-

те воды вверх по растению, обусловлен транспирацией листьев. Верхний концевой двигатель может работать при полном отключении нижнего концевого двигателя, причем для его работы используется не только метаболическая энергия, как в корне, но и энергия внешней среды (температура и движение воздуха).

Транспирация спасает растение от перегрева. Температура сильно транспирирующего листа может примерно на 7°C быть ниже температуры нетранспирирующего завядшего листа. Кроме того, транспирация участвует в создании непрерывного тока воды с растворенными минеральными и органическими соединениями из корневой системы к надземным органам растения.

Величина транспирации зависит от числа устьиц, их размещения, степени открытости, строения эпидермиса, степени развития проводящей системы, величины осмотического давления клеточного сока, насыщенности протоплазмы водой, а также от интенсивности освещения, температуры, влажности воздуха, силы ветра и от содержания в почве азота и др. элементов питания.

Интенсивность транспирации – это количество воды (г), испаряемой растением в единицу времени (ч) с единицы поверхности (дм^2). Эта величина колеблется от 0,15 до 1,5. Иногда расчёт ведут на 1 г сухой или сырой массы в 1 час. При определении абсолютной величины транспирации рассчитывают площадь листовой поверхности растений на 1 м^2 площади, учитывая и площадь поверхности листа. Отношение количества воды, испаряемой с единицы поверхности, к единице свободной поверхности воды называется *относительной транспирацией*; в оптимальных условиях водоснабжения она равна 0,7–0,85. При определении продукционных характеристик рассчитывают количество воды, израсходованной растением за весь вегетационный период, и относят его к сухой массе всего растения.

Транспирационный коэффициент – это количество воды (г), расходуе-

мой растением на образование 1 г сухого вещества. Этот параметр зависит от климатических и почвенных условий и от вида растений (например у просовидных злаков он относительно низок). Транспирационный коэффициент разных растений варьируется от 200 до 1000 и более. Зная его величину, можно приблизительно вычислять поливные нормы для орошаемых культур в разных почвенно-климатических условиях и рационализировать приёмы орошения. Транспирационный коэффициент уменьшается с улучшением условий питания, увлажнения, с повышением плодородия почвы и уровня агротехники. Величину, обратную транспирационному коэффициенту, называют продуктивностью транспирации.

Продуктивность транспирации – количество, г, сухого вещества, накопленного растением за период, когда оно испаряет 1 кг воды.

Относительная транспирация – это отношение воды, испаряемой листом, к воде, испаряемой со свободной водной поверхности той же площади за один и тот же период времени.

Экономичность транспирации – это количество (мг) испаряемой воды на 1 кг воды, содержащейся в растении.

У растений одного вида в сходных условиях количество испаряемой воды тем выше, чем больше листовая поверхность. Так, с 1 га посева пшеницы выделяется около 2 тыс. т воды, 3,2 тыс. т кукурузы, 8 тыс. т капусты. Основными методами определения интенсивности транспирации отдельных листьев и небольших растений являются весовой и потометрический. Для определения транспирационных характеристик ценозов применяют методы локального определения количества испаряемой влаги участком кроны или посева и последующую экстраполяцию.

Транспирация складывается из двух процессов: 1) передвижение воды в листе из сосудов ксилемы по симпласту и преимущественно по клеточным стенкам, так как в стенках транспорт воды встречает меньшее сопротивление; 2) испарение воды из клеточных стенок в межклетники и подустьичные полости с последующей диффузией в окружающую атмосферу

через устьичные щели. Чем меньше относительная влажность атмосферного воздуха, тем ниже его водный потенциал. Если водный потенциал воздуха меньше водного потенциала подустьичных полостей, то молекулы воды испаряются наружу.

Основным фактором, влияющим на открывание и закрывание устьиц, является содержание воды в листе, в том числе и в замыкающих клетках устьиц. Высокая оводненность замыкающих клеток приводит к открыванию устьиц. При недостатке воды замыкающие клетки выпрямляются – и устьичная щель закрывается. Кроме того, по мере увеличения водного дефицита в тканях растения повышается концентрация ингибитора роста абсцизовой кислоты. Она подавляет деятельность H^+ -насосов в плазмалемме замыкающих клеток, которые участвуют в H^+/K^+ обмене, вследствие чего снижается их тургор и устьица закрываются. Абсцизовая кислота также ингибирует синтез фермента α -амилазы, что приводит к снижению гидролиза крахмала, поэтому сосущая сила замыкающих клеток уменьшается – и устьица закрываются.

Так как замыкающие клетки устьиц содержат хлоропласты, синтез углеводов в процессе фотосинтеза в замыкающих клетках увеличивает их сосущую силу и вызывает поглощение воды, способствуя этим открыванию устьиц.

При снижении концентрации CO_2 в подустьичной полости ниже 0,03 %, тургор замыкающих клеток увеличивается – и устьица открываются. Повышение концентрации CO_2 в воздухе вызывает закрытие устьиц. Это происходит в межклетниках листа ночью, когда в условиях отсутствия фотосинтеза и продолжающегося дыхания уровень углекислого газа в тканях повышается.

Становится ясно, почему ночью устьица закрыты и открываются с восходом солнца. Сдвиг pH в щелочную сторону вследствие уменьшения концентрации CO_2 увеличивает активность ферментов, участвующих в распаде крахмала, тогда как при кислом pH при повышении содержания CO_2 в

межклетниках повышается активность ферментов, катализирующих синтез крахмала.

На свету замыкающие клетки устьиц содержат значительно больше калия, чем в темноте. При открывании устьиц содержание калия в замыкающих клетках увеличивается в 4 раза (при одновременном снижении его содержания в сопутствующих клетках). Установлено повышение содержания АТФ в замыкающих клетках устьиц в процессе их открывания. АТФ, образованная в процессе фотосинтетического фосфорилирования в замыкающих клетках, используется для усиления поступления калия. Усиленное поступление ионов калия повышает сосущую силу замыкающих клеток. В темноте ионы калия выделяются из замыкающих клеток, устьица закрываются.

Периодичность суточного хода транспирации наблюдается у многих растений, но у разных видов растений устьица функционируют неодинаково.

У деревьев, теневыносливых растений, многих злаков и других гидростабильных видов с совершенной регуляцией устьичной транспирации испарение воды начинается на рассвете, достигает максимума в утренние часы.

В полдень транспирация снижается и вновь увеличивается в предвечерние часы при снижении температуры воздуха. Такой ход транспирации приводит к незначительным суточным изменениям осмотического давления и содержания воды в листьях. У видов растений, способных переносить резкие изменения содержания воды в клетках в течение дня, то есть у гидролабильных видов, наблюдается одновершинный суточный ход транспирации с максимумом в полуденные часы. В обоих случаях ночью транспирация минимальна или полностью прекращается.

Ночью у большинства растений устьица закрыты и газообмен и транспирация минимальны. В светлый период суток при благоприятных погодных условиях устьичные щели находятся в открытом состоянии. Через открытые устьица углекислый газ легко проникает во внутренние ткани растения, а ки-

слород, образовавшийся в процессе фотосинтеза, а также пары воды выделяются в атмосферу.

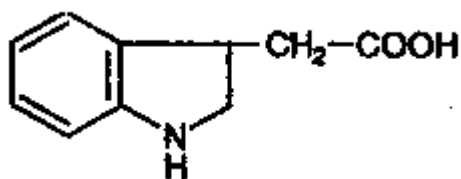
Таким образом, водный обмен растений представляет собой сложный многокомпонентный физиолого-биохимический процесс, включающий этапы поступления воды в растение, закономерности перемещения по растению и транспирации. Изменения на любом из этапов под влиянием внешних факторов оказывает большое влияние на весь растительный организм, что выражается в процессах роста, развития и продуктивности растений.

1.2. Особенности морфофизиологических процессов сельскохозяйственных культур под действием природных и синтетических регуляторов роста

Рост, развитие и формирование продуктивности растений регулируют разные вещества: гормоны и соединения негормональной природы (некоторые фенолы, производные мочевины, витамины и др.). Регуляторами роста являются также синтетические препараты, применяемые при обработке сельскохозяйственных культур. Гормоны растений, или *фитогормоны* (греч. *hormon* — побуждающий, вызывающий), — вещества, образующиеся в очень малых количествах в одной части растения, транспортирующиеся в другую его часть, вызывающие там специфическую ростовую или формообразовательную реакцию. В настоящее время у растений обнаружены: ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен, брассиностероиды и др. Сначала их делили на гормоны-стимуляторы и гормоны-ингибиторы роста. Однако дальнейшие исследования показали, что один и тот же гормон может стимулировать один процесс и ингибировать другой. Гормоны *полифункциональны* и включают (индуцируют) не одну какую-нибудь реакцию, а целую физиологическую программу. После включения ответной реакции гормон должен быть разрушен или инактивирован. Гормоны, образующиеся в клетках растения, называют *эндогенными*, а ис-

пользуемые человеком для обработки растения или его органов — *экзогенными*.

1.



Ауксин — это β -индолилуксусная кислота (ИУК), являющаяся производным индола (C_8H_7N). Она синтезируется в растении из аминокислоты триптофана, который дезаминируется, декарбоксилируется, а остаток его окисляется (рис. 1). Три этапа синтеза ИУК катализируются тремя ферментами: трансаминазой, декарбоксилазой α -кетокислоты и альдегиддегидрогеназой. Сам триптофан может образоваться из шикимовой кислоты в результате ряда реакций или при распаде белков, в частности, вызванном условиями неблагоприятными для роста. Таким образом, продукты распада белков могут стать материалом для синтеза гормона, который, в свою очередь, вызывает усиление синтеза аминокислот и белков. Ауксины обладают многообразным физиологическим действием и жизненно важны для роста и развития растений. Ауксины необходимы для деления и растяжения клеток, для формирования проводящих пучков и корней, способствуют разрастанию околоплодника. Ауксины обуславливают явление апикального доминирования, т. е. тормозящее действие апикальной почки на рост пазушных почек. Ауксины играют первостепенную роль в ростовых движениях: фото- и геотропизме и настигах. Ауксины усиливают аттрагирующее действие органов и тканей (т. е. их способность притягивать питательные вещества) и во многих случаях задерживают их старение. При реализации многих физиологических программ ауксины взаимодействуют с цитокининами и другими фитогормонами. При высоких концентрациях ауксины повышают образование своего антагониста — фитогормона этилена. Первичное действие ауксинов направлено на изменение активности (активацию или репрессию) определенного набора компетентных генов, характерного

для данной ткани. ИУК также активирует АТФазу плазмалеммы, вызывая выкачивание протонов из клетки и закисление клеточной стенки. Это приводит к размягчению матрикса стенки, что делает возможным рост клеток растяжением. На практике ауксины и их синтетические аналоги применяют для размножения клеток и растений в стерильной культуре и для получения трансгенных растений (совместно с цитокининами). Их часто используют для предотвращения предуборочного опадения плодов древесных культур, получения бессемянных плодов томатов, огурцов, баклажанов, перца и др., а также как стимуляторы корнеобразования у черенков; в высоких дозах — как гербициды и дефолианты (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота и др.). Активируя обмен веществ в клетках, способствует их росту в длину и дифференцировке, определяет тропизмы, замедляет опадение листьев и др.

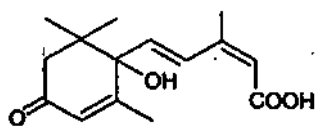
Гибберелины, группа фитогормонов. Стимулируют рост стебля, способствуют формированию плодов и семян, а также прорастанию семян, клубней и луковиц. По химической природе — дитерпеновые тетрациклические кислоты. Известно более ста гиббереллинов, хотя лишь немногие из них имеют собственную биологическую активность (ГА₁, ГА₃, ГА₄, ГА₇ и некоторые другие). Гиббереллины обнаружены японскими учеными при выяснении причины болезни риса, вызванной микроскопическим грибом *Gibberella fujikuroi*. Гиббереллины образуются из мевалоновой кислоты и затем геранилгераниола через ряд стадий, которые проходят в разных частях клетки и даже в разных органах. Главными местами отдельных стадий биосинтеза являются меристематические ткани (верхушка побега и молодые листья, кончик корня, проводящие ткани, формирующиеся и прорастающие семена), а также зрелые листья, где образование гиббереллинов регулируется фотопериодом (длиной дня, см. Фотопериодизм). Обычно свет активирует образование гиббереллинов и усиливает чувствительность к ним тканей. Инактивация гиббереллинов происходит путем их гидроксилирования в 2-положении, либо конъюгации с углеводами, карбоновыми кислотами и спиртами. Гиббереллины и их предшественники транспортируются на дальние

расстояния пассивно с ксилемным и флоэмным током. Гиббереллины обладают многообразным физиологическим действием, хотя получены карликовые мутанты растений, не образующие активные гиббереллины или не чувствительные к ним. Гиббереллины стимулируют линейный рост стебля, активируя как деление клеток меристематических зон, так и растяжение клеток. Они индуцируют образование цветоносов и цветение у многих розеточных длиннодневных растений. У клубненосных растений гиббереллины стимулируют рост столонов, но препятствуют образованию клубней. Важную роль гиббереллины играют при формировании плодов и семян; помимо этого, они активируют прорастание семян, клубней и луковиц. У многих однодомных и двудомных растений гиббереллины способствуют формированию мужских цветков. Гиббереллины задерживают старение листьев у ряда растений (одуванчик, щавель) и даже вызывают их «омоложение» (цитрусовые, плющ). На биохимическом уровне установлена способность гиббереллинов индуцировать экспрессию генов -амилазы и других гидролитических ферментов в алейроновом слое эндосперма при прорастании семян злаков.

Цитокинины (от цито... и греч. kinesis — движение), группа фитогормонов, производные азотистого основания пурина. Необходимы для деления клеток, роста и дифференцировки растений. Природные цитокинины — зеатин [6-(4-окси-3-метил-2-бутенил)аминопурин], изопентениладенин, дигидрозеатин, о-оксибензиладенин и др.; часто выявляются в виде рибозидов и риботидов. Рибозиды считаются основной транспортной формой цитокининов. Цитокинины образуются главным образом в кончиках корней и перемещаются в верхние части растения по ксилеме; заметные количества цитокининов обнаруживаются и во флоэме. Цитокинины типа изопентениладенина и зеатина найдены в составе некоторых тРНК, причем не только у растений. Цитокинины синтезируются многими фитопатогенными и симбиотическими микроорганизмами, что помогает последним воздействовать на клетки растения-

хозяина. Цитокинины обладают многообразным физиологическим действием и жизненно важны для роста и развития растений. Совместно с ауксинами они активируют деление клеток, стимулируют развитие боковых побегов (снятие апикального доминирования), в культуре клеток способствуют клеточной дифференцировке и формированию побегов. Цитокинины усиливают способность клеток притягивать питательные вещества (аттрагирующий эффект) и задерживают старение листьев многих растений. Цитокинины активируют формирование хлоропластов и усиливают газообмен растений за счет открывания устьиц. Для многих растений, цитокинины способствуют прорастанию семян и повышают их всхожесть. Цитокинины увеличивают размеры клеток листа и тем самым усиливают рост молодых листьев. Цитокинины обладают и определенным защитным действием на растения против неблагоприятных внешних условий. Действие цитокининов связано с изменением активности (активацией или репрессией) определенного набора компетентных генов, характерного для данной ткани. В ряде случаев цитокинины активируют аппарат синтеза белка независимо от воздействия на геном клетки.

Абсцизовая кислота была открыта в 1963 г. в результате двух независимых исследований. Одна группа ученых во главе с Эддикоттом (США) изучала соединения, которые усиливают опадение (англ. *abscission*) листьев, а другая под руководством Уоринга (Англия) — покой древесных растений. В результате обоих исследований было получено вещество, индуцирующее листопад и переход к покою. Его называли абсцизовой кислотой (АБК).



АБК содержится в корнях, стеблях, почках, листьях, плодах, во флоэмном и ксилемном соке, в нектаре, но особенно много ее в покоящихся почках, семенах, клубнях. Большинство тканей содержит АБК от 20 до 100 мг/г сырой массы. Количество АБК быстро увеличивается во время засухи, в условиях засоления и при недостатке азота.

Абсцизовая кислота — соединение терпеноидной природы. Как и гиббереллины, она синтезируется из мевалоновой кислоты, а также из продуктов распада ксантофиллов. Основными органами ее синтеза являются стареющие листья. Она накапливается в хлоропластах, хотя синтезируется в цитозоле. Абсцизовая кислота может синтезироваться и в других органах, например в корнях, плодах.

Абсцизовая кислота обладает многообразным физиологическим действием, хотя получены «увядающие» мутанты растений, не образующие абсцизовой кислоты или не чувствительные к ней. Абсцизовая кислота особенно важна для поддержания водного баланса в условиях засухи. Недостаток влаги ведет к резкой активации синтеза абсцизовой кислоты и ее выходу из мест депонирования во внутри- и внеклеточное пространство. В устьичных клетках абсцизовая кислота вызывает быстрый выход калия, что ведет к падению тургора этих клеток и закрытию устьичной щели. Одновременно абсцизовая кислота активирует всасывание воды корнями. Во многих физиологических процессах абсцизовая кислота является антагонистом ауксина, гиббереллина или цитокинина. Абсцизовая кислота препятствует преждевременному прорастанию семян при их созревании и усиливает состояние покоя зрелых семян, спящих почек, клубней и корнеплодов. Она тормозит стимулируемый ауксинами рост coleoptилей. Совместно с этиленом абсцизовая кислота усиливает процессы старения и опадения, особенно увядших цветков и плодов. На биохимическом уровне различают быстрые и медленные эффекты абсцизовой кислоты. Быстрые эффекты происходят за считанные минуты на уровне плазматической мембраны (устьичных клеток) и связаны асимметричным транспортом ионов калия, кальция и анионов через мембрану, в результате чего замедляется поступление воды в устьичные клетки и их тургор падает. Медленные эффекты абсцизовой кислоты связаны с изменением активности (активацией или репрессией) определенного набора компетентных генов, характерного для данной ткани.

Изучив природу фитогормонов — ингибиторов роста растений, ученые поспешили синтезировать искусственные аналоги и назвали их регуляторы роста или ретарданты от латинского *retardo* - опаздываю, замедляю.

В группу синтетических регуляторов роста растений входят не только ретарданты, тормозящие рост стеблей в высоту и стимулирующие их утолщение в поперечнике, но и другие вещества: нарушающие морфогенез (активную дифференциацию клеток и тканей) морфактины, вызывающие опадение листьев дефолианты, подсушивающие растения на корню десиканты, уничтожающие нежелательные сорные растения гербициды.

Сегодня в цветоводстве и сельскохозяйственной практике наиболее часто используют синтетические регуляторы роста растений ретарданты с целью задержать рост, затормозить наступление цветения, ускорить образование плодов или семян, удержать сроки всходов посевов в неблагоприятных для культуры природных условиях. Механизм действия синтетических регуляторов или ингибиторов роста ретардантов противоположен природным и синтетическим стимуляторам — гиббереллинам, ауксином, кининам.

Всё большее значение в практике сельского хозяйства приобретают синтетические регуляторы роста, активизирующие ростовые и физиологические процессы в растениях.

Важнейшие особенности функционирования фитогормонов — высокая специфичность, что обуславливает незаменимость их воздействия на физиологические процессы другими средствами влияния на растения или условиями выращивания, а также взаимосвязанность одновременной или строго последовательной реализации активности стимуляторов и ингибиторов метаболизма в общей системе гормональной регуляции, обеспечивающей согласованность и функциональную целостность растительного организма.

Появление синтетических регуляторов роста и развития растений связано как с попытками получить химическим путем структурно известные фитогормоны групп ауксинов, гиббереллинов и других, так и с развитием теории о наличии физиологической активности у веществ, структурно близких к

эндогенным фитогормонам. Многие парные компоненты фитогормонов обнаружены и идентифицированы, другие заменены в практике синтетическими регуляторами роста. Большинство синтетических регуляторов, таким образом, либо является физиологическими аналогами эндогенных фитогормонов, либо действует как их антагонисты, изменяя тем самым общий гормональный статус растений.

Согласно механизму действия, большинство разрабатываемых, испытываемых и применяемых синтетических регуляторов роста растений можно в основном подразделить на следующие группы: препараты, связанные с метаболизмом ауксинов и реализацией их физиологической активности (аналоги ауксинов, антиауксины, ингибиторы транспорта ауксинов); препараты, связанные с метаболизмом и реализацией физиологической активности гиббереллинов (аналоги, ингибиторы биосинтеза); препараты, связанные с обменом этилена (этиленпродуценты и др.); цитокининоподобные регуляторы роста и развития растений; активаторы и ингибиторы метаболизма (стимуляторы дыхания, фотосинтеза, ингибиторы синтеза каротиноидов, хлорофилла и др.). Естественно, что такое разделение для ряда соединений условно, особенно это относится к антистрессовым препаратам и к последней группе — регуляторам метаболизма, механизм множественного действия которых наиболее сложен в идентификации.

Регуляторы роста и развития растений применяются в сельском хозяйстве уже более 70 лет. Ежегодно пополняется список этих веществ. В мире синтезировано более 8 тыс. различных физиологически активных соединений, хотя практическое применение нашло немногим более 4 % из них. В мировой практике они успешно используются для борьбы с полеганием зерновых и технических культур, с целью задержки роста плодовых деревьев, устранения периодичности их плодоношения, ускорения или замедления цветения, созревания плодов, предотвращения прорастания корне- и клубнеплодов при длительном хранении, повышения устойчивости культур к неблагоприятным факторам внешней среды (морозо-, засухоустойчивость), повы-

шения продуктивности, качества урожая и др. Многие регуляторы роста и развития растений являются смесевыми препаратами, используются совместно с удобрениями гербицидами, фунгицидами. В конце 50-х годов в физиологических исследованиях было отмечено сильное ростзамедляющее действие хлористого 2-хлорэтил-триметиламмония и некоторых других аналогичных соединений (Н. Э. Толберт), а в начале 60-х годов появились сведения о практическом использовании этих веществ на высоких агрофонах для предотвращения полегания пшеницы и ржи (Г. Линзер). С этого момента началось наиболее интенсивное практическое использование веществ, названных ретардантами, в сельскохозяйственном производстве. В развитых странах ими обрабатывалось до 80 % посевных площадей, занятых зерновыми культурами. Широкое практическое применение ретардантов стимулировало расширение исследований и с другими группами регуляторов роста и развития растений.

В настоящее время создаются новые высокоэффективные и экологически безопасные фиторегуляторы, эффективно влияющие на растения в крайне малых дозах – 10-100 мг/га (Виленский Е.Р., Бойко В.В., 1984).

Среди синтетических регуляторов роста следует выделить **мелафен** и **пирафен**.

Мелафен представляет собой меламиновую соль бис (оксиметил) фосфиновой кислоты. Препарат растворим в воде и его водные растворы стабильны при хранении годами. Мелафен обладает высокой эффективностью и широким спектром действия при чрезвычайно низких применяемых концентрациях (Фаттахов и др., 2002).

При изучении влияния мелафена на прорастание семян озимой ржи (Антонова Т.А., 2004), высокие показатели отмечены при использовании его в концентрации $1 \cdot 10^{-7}$ – $1 \cdot 10^{-8}$ %. Концентрация $1 \cdot 10^{-9}$ % не имела достаточной силы для стимуляции физиолого-биохимических процессов, а концентрация $1 \cdot 10^{-6}$ % оказывала ингибирующее действие.

Мелафен мало токсичен и не обладает ДНК – повреждающей и мутагенной активностью в широком диапазоне концентраций.

Пирафен является структурным аналогом мелафена.

Интенсификация роста вегетативной сферы сельскохозяйственных растений при использовании мелафена установлена в ряде исследований. Положительное влияние данного регулятора роста на формирование листового аппарата, корневой системы, накопление биомассы и сухого вещества отмечено в работах Т.А. Антоновой (2004) – на озимой ржи, В.И.Костина, Н.И. Епифанова, П.В. Смирнова (2005) – на огурцах и томатах, А.Н. Орлова (2005) – на картофеле, А.Н. Кшникаткиной – на озимой и яровой тритикале (2006).

Среди природных веществ, обладающих росторегуляторными свойствами, следует также отметить соединения **полисахаридной природы**, а также препараты – **экстракты растительного происхождения**.

Полисахариды растений, в первую очередь **пектины**, представляют интерес в качестве иммуномоделирующих и росторегулирующих средств. При изучении структуры выделенного кислотным гидролизом из травы амаранта пектина установлено, что пектин – полисахарид, построенный преимущественно из D-галактурино-пиранозильных остатков, соединенных 1 – 4-гликозидной связью, полимерные цепи которых этерифицированы этанолом (В.И. Костин, Е.Н. Офицеров, В.А. Исайчев, 2002).

Для активизации физиолого-биохимических процессов и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур используют пектиновые вещества с молекулярной массой 20000 у.е. из *Amaranthuscruentus*, оказывающие как активирующее, так и ингибирующее действия.

Под влиянием предпосевной обработки семян пектином растения лучше адаптируются в полевых условиях к неблагоприятным факторам. Выживаемость озимых культур после перезимовки выше по сравнению с контролем, происходит увеличение содержания связанной воды и редуцирующих сахаров в узлах кущения. Начальные стартовые процессы оказали положи-

тельное влияние и на развитие ассимиляционного аппарата озимых культур (В.А. Исайчев, А.Ю. Семенов, 2002).

Следует отметить, что высокая эффективность экзогенных факторов воздействия природного или синтетического происхождения обеспечивается при соблюдении соответствующей агротехники и является обязательным требованием для проявления стимуляции.

Однако при большом разнообразии природных и синтетических регуляторов роста механизм действия многих из них до конца не изучен и требует проведения дальнейших исследований с целью изменения ростовых показателей и активации физиологических процессов.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические условия Пензенской области

Территория Пензенской области расположена в юго-восточной части Приволжской лесостепи, на западном склоне Приволжской возвышенности.

Рельеф области имеет эрозионный характер, особенно в приречных районах, расчлененных густой сетью балок и оврагов (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

На территории Пензенской области можно выделить два основных типа растительных формаций – лесную и лугово-степную. Между ними выделяется переходная зона, которую называют зоной лесостепи. На долю абсолютно лесной площади приходится не более 15 %, остальные 85 % площади занимает травянистая растительность.

Господствующими типами почвообразовательного процесса в Пензенской области являются лугово-степной и лесной, соответствующие двум основным типам растительности. Каждая из форм почвообразовательного процесса привела к образованию специфического типа почв.

Территория Пензенской области характеризуется большой пестротой и разнообразием почвенного покрова. Дорогов А.И. (1951) выделяет четыре типа почв в области: почвы черноземного типа, почвы лугово-черноземного типа переходной зоны, почвы лесного типа и аллювиальные почвы речных пойм.

Основная часть земель занята черноземными почвами (75,2 %), наибольшее распространение из них имеют выщелоченные черноземы (81,1 %). Серые, светло-серые и темно-серые лесные занимают 20,1 %. На долю пойменных почв приходится 2,8 %.

Климат области умеренно-континентальный. Зима снежная, умеренно холодная. Средняя температура января от -11,3 до -13,3°C. Весна дружная и

короткая. Наиболее теплым месяцем является июль со средней температурой +19,1 – +19,5°C. Среднегодовая температура воздуха +3°C, +4°C.

Продолжительность вегетационного периода 172-181 день: с конца второй декады апреля до второй декады октября. Активный рост большинства сельскохозяйственных культур начинается при температуре +10°C; основной период вегетации в области длится 135-147 дней. Сумма активных температур составляет 2400°C, в отдельные годы до 2800-2900°C.

Наиболее изменчивым элементом климата области являются осадки, их количество сильно варьирует как по годам и месяцам, так и по отдельным периодам вегетации. Годовое количество осадков в среднем 450-500 мм, в засушливые годы – около 350 мм, а во влажные – до 775 мм. Большая часть осадков (до 70 %) выпадает в теплый период года; за основной вегетационный период – 208-275 мм. Гидротермический коэффициент колеблется от 0,4 в засушливые годы до 1,5-1,7 во влажные.

Яровые зерновые культуры в области особенно сильно страдают от засухи, особенно если она сопровождается повышенным температурным режимом. Для Пензенской области характерны весенние, а в отдельные годы летние и осенние засухи. В период сева условия увлажнения пахотного слоя почвы под яровыми культурами на большей территории области хорошие. Для ранних яровых влагообеспеченность составляет 60-75 %.

Таким образом, климатические условия Пензенской области для сельскохозяйственного производства в основном благоприятные, однако, дефицит почвенной влаги в комплексе с высокими температурами в период вегетации могут значительно снижать урожайность и качество зерна.

Возделывание яровой пшеницы и ячменя в условиях Пензенской области определяется ее биологическими особенностями и сочетанием тепла и влаги, которое соответствует требованиям данного растения в период вегетации.

Погодные условия в течение вегетационного периода за время проведения исследований (2014-2015 гг.) были неодинаковыми как по количеству выпавших осадков, так и по температурному режиму (рисунок 1).

Погодные условия вегетационного периода 2014 года резко различались по количеству выпавших осадков и температурному режиму в сравнении со среднемноголетними данными.

Во II и III декадах мая месяца выпало 34,4 мм осадков, что составило 118,6 % от среднемноголетних данных. Температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 5°C во II декаде и на 6,4°C – в III декаде мая.

Июнь месяц характеризовался обилием дождей. Суммарное количество выпавших осадков составило 148,5 мм или 285,6 % к среднемноголетним данным (52 мм). Большое количество пасмурных дней и 12 дней с дождями сдерживали рост и развитие растений. Температура воздуха во II и III декадах месяца была на 3,3-4,0°C ниже по сравнению со среднемноголетней.

Июль месяц характеризовался засушливой II декадой. За месяц выпало всего 48,6 мм осадков, что составило 80,6 % от среднемноголетних данных (60,5 мм). Температура воздуха в I декаде была на 3,3 % ниже среднемноголетней, а во II и III декадах превышала данный показатель на 1,4°C и 3,4°C соответственно.

Август месяц был засушливым. В I декаде дождь наблюдался 1 день и выпало 6,8 мм осадков, во II декаде выпало 23,9 мм осадков в течение трех дней, III декада прошла без осадков. Всего за месяц количество выпавших осадков составило 30,7 мм или 62,5 % к среднемноголетней норме (49,1 мм). Температура воздуха в I декаде (23,1°C) превысила среднемноголетний показатель на 3,8°C, во II – на 1,6°C, в III декаде была ниже среднемноголетних данных на 2,9°C (14,8°C).

Гидротермический коэффициент по Г.Т.Селянинову (1966) в мае месяце составил 0,7 (очень засушливо), в июне – 3,1 (избыточно влажно), в июле – 0,8 (недостаточно влажно), в августе – 0,5 (очень засушливо).

Сумма физиологически активных температур (свыше 10°C) в 2014 году за период вегетации 1 составила 2316°C при среднемноголетних данных 2168,9°C.

В первой декаде мая 2015 года выпало 3,7 мм осадков, температура воздуха в среднем составила 12,4°C. Во второй декаде температура воздуха медленно нарастала до 16,3°C. Всего в мае выпало 45,3 мм осадков, что составило 103,0 % от среднемноголетних данных. Температура воздуха 14,0°C была близка к среднемноголетней (13,5°C).

Июнь характеризовался недостаточным количеством выпавших осадков – 29 мм или 55,8 % к среднемноголетним данным (52,0 мм). Осадки выпали в I (8,1 мм) и во II (20,2 мм) декадах. Температура воздуха была выше среднемноголетних данных на 4,6 – 5,8°C.

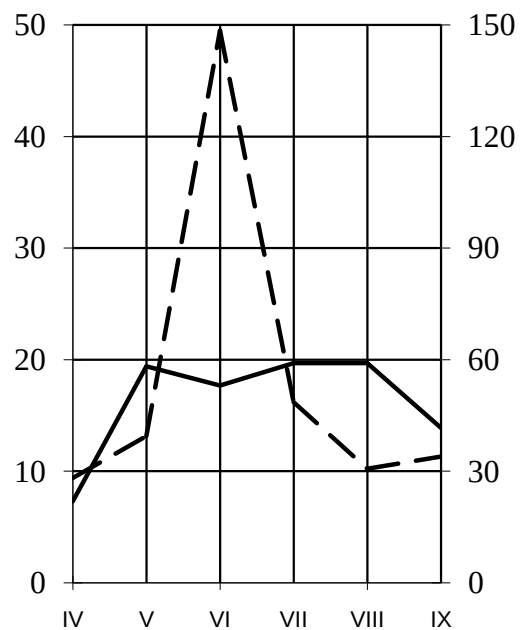
Первая и вторая декады июля были засушливыми (во II декаде выпало 3 мм осадков). В третьей декаде выпало 28,9 мм осадков. Всего за месяц количество осадков составило 31,9 мм или 52,7 % от среднемноголетней нормы (60,5 мм). Температура воздуха в I и III декадах месяца была ниже на 1,9°C и 3,8°C соответственно.

В августе выпало значительное количество осадков – 74,2 мм при среднемноголетних данных 49,1 мм (151,1 %). В I декаду выпало 38,6 мм, во II декаду – 33,9 мм. Вторая декада месяца была сухой, выпало всего лишь 1,7 мм осадков. Температура воздуха в I и III декадах была близкой к среднемноголетней, во второй декаде – выше на 2,8°C.

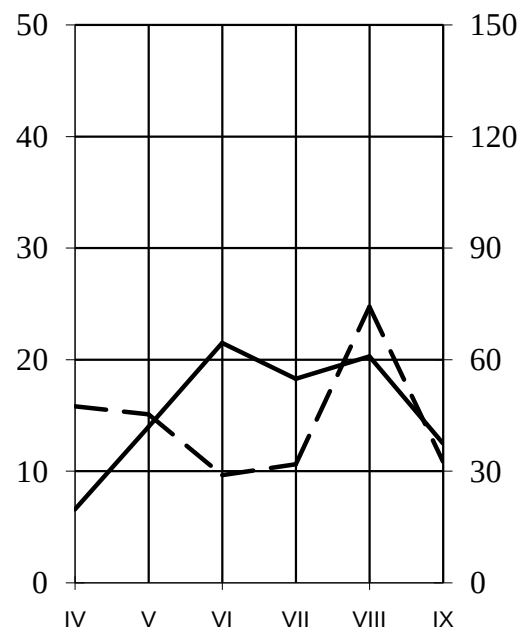
Сумма физиологически активных температур (свыше 10°C) в 2015 году за период вегетации составила 2322,8°C при среднемноголетних данных 2168,9°C.

Гидротермический коэффициент в мае месяце составил 1,1 (достаточно влажно), в июне – 0,5 (очень засушливо), в июле – 0,6 (очень засушливо), в августе – 1,2 (достаточно влажно).

2014 год
ГТК – 1,1



2015 год
ГТК – 0,8



—— температура — — — осадки

Рисунок 1 – Климаграмма условий опытного участка

Гидротермический коэффициент в годы исследований составил в 2014 г – 1,1; 2015 – 0,8.

2.2 Объект и методы исследований

Исследования влияния регуляторов роста различного спектра действия на морфофизиологические процессы и продуктивность яровой пшеницы проводились в 2014-2015 гг.: полевые опыты – на коллекционном участке Ботанического сада им. И.И.Спрыгина Пензенского государственного университета; лабораторные – в лаборатории кафедры "Общая биология и биохимия" Пензенского государственного университета.

Почва опытного участка – светло-серая лесная. Агрохимическая характеристика почвы – слой – 0-20 см; содержание гумуса – 2,33 %; сумма поглощенных оснований – 17,1 мг/экв. на 100 г почвы; гидролитическая активность – 3,62 мг/экв. на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 82,5 %; pH сол. – 5,3; содержание фосфора – 34 г на 1 кг почвы, калия – 65 г на 1 кг почвы.

Для изучения воздействия регуляторов роста в онтогенезе пшеницы растения выращивали в полевых мелкоделяночных опытах, заложенных методом рендомизированных повторений. Посевная площадь деланки составляла 1,5 м², норма высева – 5,5 млн. всхожих зерен на 1 га. Повторность в опыте четырехкратная. Посев проводили в I, II декаде мая.

Схема опыта: 1 – контроль; 2 – мелафен $1 \cdot 10^{-7}$ %; 3 – пирафен $1 \cdot 10^{-7}$ %; 4 – пектин $5 \cdot 10^{-2}$ %.

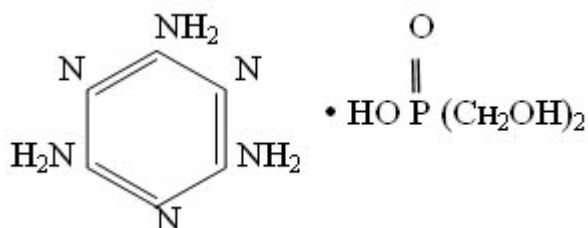
При закладке полевых и лабораторных опытов семена замачивали в растворах регуляторов роста соответствующих концентраций на 10-12 часов. Периодичность полевых исследований соответствовала основным фазам вегетации и этапам онтогенеза яровой пшеницы.

Объектом исследования являлась яровая мягкая пшеница, сорт Нива 2.

Для изучения влияния регуляторов роста на морфофизиологические процессы яровой пшеницы использовались синтетические регуляторы роста – мелафен и пирафен, а также природный полисахарид – пектин.

Мелафен представляет собой меламиновую соль бис (оксиметил) фосфиновой кислоты. Данный препарат был синтезирован в Институте органической и физической химии им. А.Э.Арбузова Казанского научного центра РАН С.Г.Фаттаховым, Н.Л.Лосевой и др.

Формула мелафена:



Синтез мелафена прост и технологичен, исходные вещества являются промышленно доступными. Препарат растворим в воде и его водные растворы стабильны при хранении годами. Мелафен обладает высокой эффективностью и широким спектром действия при чрезвычайно низких применяемых концентрациях. Препарат малотоксичен для теплокровных (LD50 2000 мг/кг на мышах и 6000 мг/кг на крысах) и не обладает ДНК – повреждающей и мутагенной активностью в широком диапазоне концентраций (Фаттахов и др., 2000).

Пирафен является аналогом мелафена. Молекулярный вес 251,18. Растворим в воде. Температура плавления 181 – 183 °С.

Пектин – полисахарид, построенный преимущественно из D-галактонопиранозильных остатков, соединенных 1 → 4-гликозидной связью, полимерные цепи которых этерифицированы этанолом. Для активизации физиолого-биохимических процессов и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур используют пектиновые вещества с молекулярной массой 20000 у.е. из *Amaranthuscruentus*, оказывающие как активирующее, так и ингибирующее действия.

При проведении лабораторных исследований с целью изучения влияния регуляторов роста на водный баланс растений пшеницы определяли поглотительную способность корневых систем, а также содержание общей, свободной и связанной воды в растениях в период вегетации. Исследования проводились в 3-5 кратной аналитической и 2 кратной биологической повторностях.

Поглотительную способность корневых систем растений под действием регуляторов роста изучали с помощью рН-теста (Воробьев Л.Н. и др., 1989): семена обеззараживали 70%-ным этанолом, промывали дистиллированной водой, высевали в кюветы на фильтровальную бумагу, смоченную 0,1 мМCaSO₄, и проращивали в термостате при температуре +20°C в течение трех дней. Затем проростки пересаживали на пластинки из полистерола (по 12 штук на каждую) и помещали на стаканчики с 50 мл 0,1 мМ раствора CaSO₄. Растения переносили в фитотрон с освещенностью 23 тыс. эрг/см², температурой +25°C и влажностью 80%. Измерения ацидофицирующей активности проводили на седьмые, девятые и одиннадцатые сутки. Растения переносили на среду, содержащую 0,1 мМCaSO₄ и 1,0 мМ KCl (рН 5,75-5,78). Затем в течение пяти часов потенциометрически регистрировали изменение рН раствора иономером рН-150. Скорость работы протонных насосов – ацидофицирующую активность (V_{H^+} , мкМ/г час) определяли по разности концентраций ионов водорода до начала опыта (H^+)_т и через «а» часов (H^+)_{т-а} с учетом массы корней «m», приходящейся на 1 литр раствора (Воробьев Л.Н., 1988).

Влияние регуляторов роста на поглотительную способность корневых систем растений яровой пшеницы изучали на проростках в динамике на 5-е, 7-е, 9-е и 11-сутки.

В полевых условиях в течение вегетационного периода изучалась динамика изменения под действием регуляторов роста объема корневой систе-

мы, ассимиляционной поверхности листьев, интенсивности транспирации, содержания свободной и связанной воды.

Объем корневой системы определяли методом Д.А. Сабинина и И.И. Колосова (Н.Н. Третьяков, 2003).

Интенсивность транспирации вычисляли весовым методом, который основан на учете транспирации по уменьшению массы растений за счет потери воды. Срезанный лист помещали в сосуд с водой, взвешивали и оставляли для транспирации на 1 час. Затем сосуд с листом снова взвешивали и разность между первым и вторым взвешиванием считали соответствующей количеству испарившейся воды. Интенсивность транспирации выражали в граммах испарившейся воды за 1 час с 1 дм² площади листа.

Определение свободной и связанной воды проводили при помощи рефрактометром методом по Максиму и Петину (Н.Н. Третьяков, 2003).

3. ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО ОБМЕНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА

3.1. Динамика формирования корневой системы растений пшеницы в период вегетации.

Для нормального роста и развития растений необходимо определенное соответствие процессов поступления и испарения воды, не вызывающее значительного водного дефицита. В результате эволюции выработались приспособления к сокращению испарения (система покровных тканей), к передвижению воды (специализированная проводящая система), и прежде всего, к поглощению воды, в виде развитой корневой системы.

Корневая система в типичном случае выполняет функции закрепления растения в почве и его почвенного питания. Однако, корни как гетеротрофные органы нуждаются в поступлении ассимилятов из листьев, в свою очередь, обеспечивая их водой и минеральными веществами. Но не менее важными факторами коррелятивных взаимодействий являются фитогормоны.

Кончик корня вырабатывает цитокинины, которые инициируют включение программ побегообразования, рост и функциональную активность листьев (О.Н. Кулаева, 1973; Р.А. Борзенкова и др., 1977).

Из корней в надземную часть транспортируются гиббереллины. Цитокинины и гиббереллины активируют синтез и транспорт ауксинов, которые в свою очередь ответственны за включение генетической программы корнеобразования. В корнях синтезируются метаболиты, необходимые для побега (Г.С. Муромцев, В.Н. Агнестикова, 1982; К. Дерфлинг, 1985).

Таким образом, корневая система является важной составной частью сложной многофакторной системы, определяющей в дальнейшем формирование всей вегетативной сферы растений.

Изучение формирования корневой системы растений яровой мягкой пшеницы при предпосевной обработке семян регуляторами роста проводилось в динамике в онтогенезе растений по основным фазам вегетации.

Для яровой пшеницы характерно образование большого количества придаточных корней. Мочковатый характер корневой системы позволяет развивать ей большую поглощающую поверхность. Наиболее интенсивный рост корней происходит в первую половину вегетации. Процесс укоренения при благоприятных условиях может продолжаться до молочно-восковой спелости, но чаще он прекращается к фазе цветения, так как главный побег и продуктивные боковые побеги к этому времени исчерпывают свои корнеобразовательные возможности (Кумаков В.А., 1988).

Решающий фактор роста корней – влажность почвы непосредственно в зоне их отрастания. Большое количество выпавших осадков в мае-июне 2014 года способствовало мощному развитию корневой системы яровой мягкой пшеницы по всем вариантам опыта. Однако затем в засушливых условиях июля-августа (ГТК 0,5 – 0,8) отмечены прекращение роста и частичное отмирание корней. В 2015 году наблюдались минимальные приросты объема корневой системы за годы исследований, так как большая часть вегетационного периода проходила в засушливых условиях (рисунок 2).

Экзогенная обработка семян яровой пшеницы регуляторами роста способствовала увеличению показателей объема корневой системы одного растения относительно контрольных значений в течение всего периода вегетации (таблица 1). В проведенных исследованиях было отмечено, что рост корневой системы растений пшеницы продолжался до фазы молочной спелости. Однако темпы прироста значительно отличались по фазам вегетации. Наиболее интенсивное развитие корней отмечалось в период кушение-трубкование, что в целом соответствовало биологическим особенностям данной культуры. Затем темпы прироста несколько снижались и минимальными они были в период формирования и налива зерна. Такая динамика роста была зафиксирована по всем вариантам опыта, включая контроль, что может свидетельствовать о единой направленности ростовых

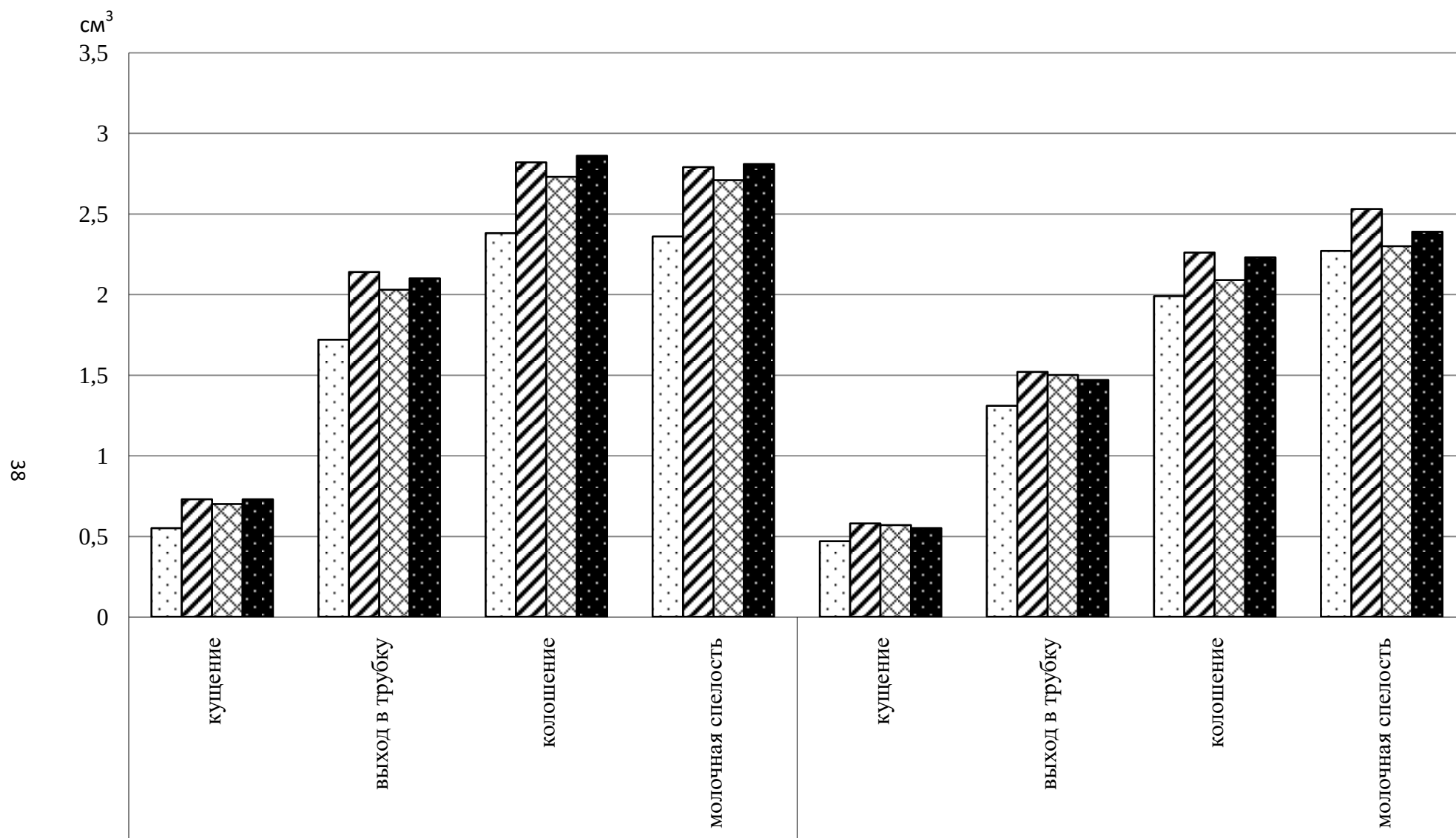


Рисунок 2 – Динамика формирования корневой системы растений яровой пшеницы

процессов независимо от обработки регуляторами роста. Однако интенсивность корнеобразования изменялась значительно.

Наибольший эффект от обработки отмечен в фазы кущения и выхода в трубку. При обработке мелафеном изучаемый показатель возрастал на 20,5-22,9 %, в варианте с пектином – на 18,5-20,8 %. Пирафен меньше чем другие регуляторы роста оказал влияние на рост корней, но при этом по всем фазам вегетации наблюдалось достоверное увеличение общего объема корневой системы – на 8,9-16,7 %.

Для оценки характера воздействия регуляторов роста на процессы роста и развития корневой системы растений пшеницы вычисляли увеличение объема корня в опытных образцах относительно контрольных значений и динамику его изменения в течение всего вегетационного периода (рисунок 3).

Стимулирование роста корневой системы растений пшеницы регуляторами роста было максимальным в фазу кущения – 1,17-1,23, затем воздействие постепенно снижалось и в период молочной спелости было наименьшим (1,09-1,15).

Согласно литературным данным, при однократном воздействии экзогенными регуляторами роста разница в росте опытных и контрольных растений со временем сглаживается (Н.И. Якушкина, В.В. Вершинина, 1964; Т.С. Муромцев, В.Н. Агнистикова, 1984).

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что предпосевная обработка семян регуляторами роста оказывает влияние на формирование корневой системы растений пшеницы.

Интенсификация роста корневой системы под действием регуляторов роста обусловлена, в первую очередь, активизацией начальных физиолого-биохимических процессов при прорастании. Проростки, выросшие из обработанных семян, имеют более развитую корневую систему по сравнению с контрольными растениями, что было отмечено в лабораторных исследованиях.

Вариант	Фаза вегетации			
	кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость
Контроль (обработка семян водой)	0,48	1,51	2,28	2,46
Мелафен 10^{-7}	0,59	1,82	2,66	2,84
Пирафен 10^{-7}	0,56	1,73	2,52	2,68
Пектин 0,05 %	0,58	1,79	2,67	2,79

Таблица 1 – Динамика увеличения объема корневой системы яровой пшеницы под влиянием регуляторов роста, см³

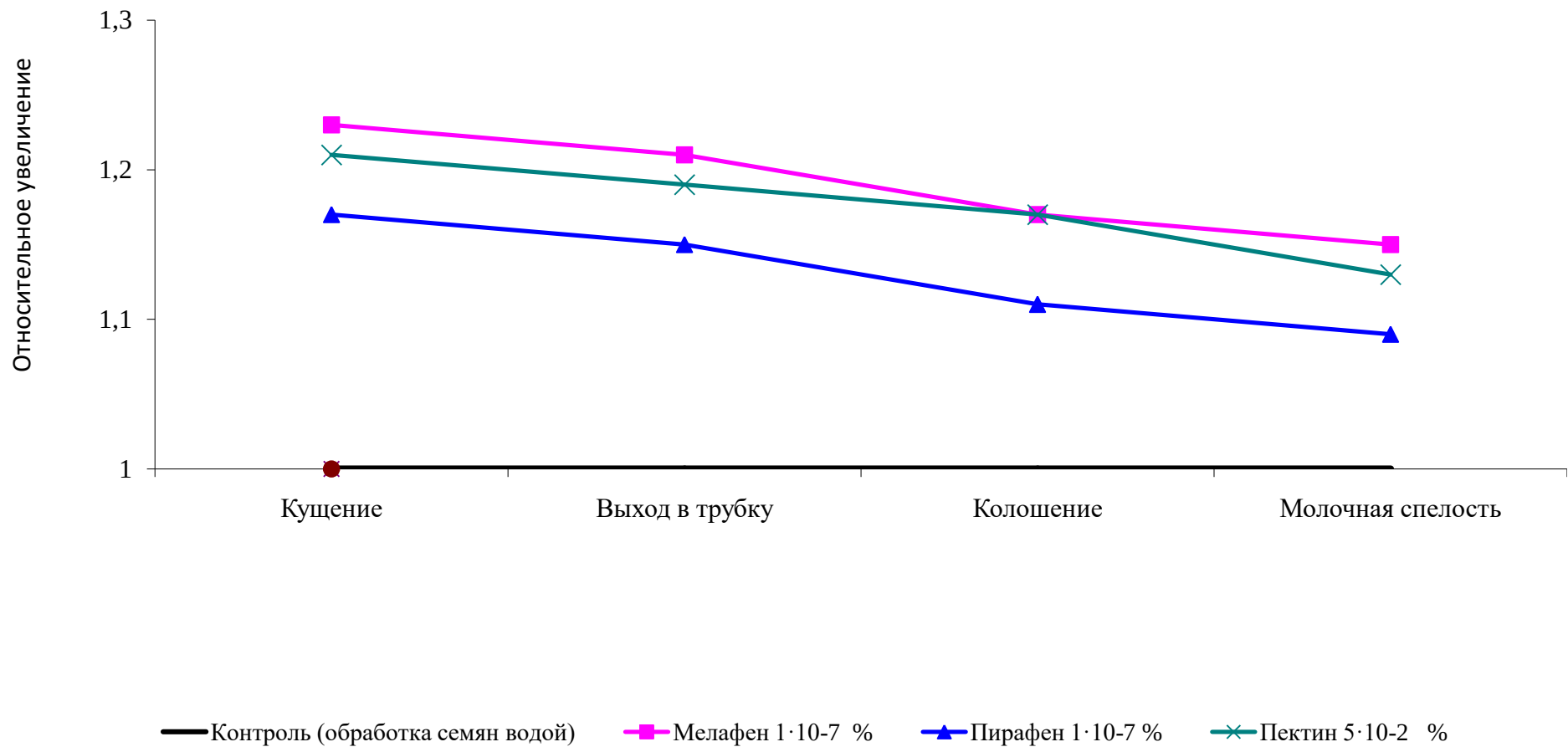


Рисунок 3– Относительное увеличение объема корневой системы яровой пшеницы под влиянием регуляторов роста(2014-2015 гг.)

Как показали проведенные полевые опыты, обработанные растения сохраняют темпы относительного прироста, что обеспечивает им преимущество по сравнению с контрольными образцами в течение всего периода вегетации.

3.2. Поглощительная способность корневых систем.

Важной морфофизиологической характеристикой растений является поглощение воды и элементов питания корневыми системами. Центральное место в процессах поглощения веществ растительными клетками занимают протонные насосы плазматических мембран, генерирующие протонный потенциал, являющийся движущей силой активного транспорта органических и минеральных веществ. На уровне корневой системы работу протонных насосов можно оценить по ацидофицирующей активности – способности корневых систем экскретировать протоны при стимуляции H^+ -насосов ионами калия (Л.Н. Воробьев, 1988; Л.Н. Воробьев, Н.Н. Егорова, А.Б. Рубин, 1989; А.Н. Шигаев, 1994).

Оценку поглощительной способности корневых систем пшеницы при предпосевной обработке семян регуляторами роста проводили в динамике по ацидофицирующей активности 7-ми, 9-ти и 11-ти суточных проростков в лабораторных условиях (таблица 2). Результаты исследований показали, что под действием регуляторов роста происходит увеличение скорости работы протонных насосов. При обработке семян пшеницы мелафеном количество протонов, выделенных за 5 часов опыта, превышало контроль в 1,19-1,29 раз в зависимости от сроков проведения эксперимента. Под действием пирэфена скорость работы протонных насосов возросла по сравнению с контрольным вариантом на 6,4-24,0 %.

Вариант	1 час	2 час	3 час	4 час	5 час
7 сутки					
Контроль (обработка семян водой)	1,65	1,60	1,00	0,95	0,85
Мелафен $1 \cdot 10^{-7}$ %	1,85	2,05	1,15	1,20	1,10
Пирафен $1 \cdot 10^{-7}$ %	1,75	1,80	1,50	1,30	1,15
Пектин $5 \cdot 10^{-2}$ %	1,65	1,60	1,40	1,25	1,25
9 сутки					
Контроль (обработка семян водой)	1,85	1,50	0,65	0,65	0,40
Мелафен $1 \cdot 10^{-7}$ %	2,25	1,85	0,95	0,75	0,75
Пирафен $1 \cdot 10^{-7}$ %	2,20	1,80	0,85	0,70	0,60
Пектин $5 \cdot 10^{-2}$ %	1,60	1,55	0,55	0,60	0,45

Таблица 2а –Поглотительная способность корневой системы проростков яровой пшеницы, мкМ/г час

		11 сутки			
Контроль (обработка семян водой)	1,55	1,10	0,50	0,45	0,30
Мелафен $1 \cdot 10^{-7} \%$	1,75	1,25	0,75	0,55	0,35
Пирафен $1 \cdot 10^{-7} \%$	1,60	1,20	0,60	0,45	0,30
Пектин $5 \cdot 10^{-2} \%$	1,55	1,15	0,50	0,45	0,35

Таблица 26 –Поглотительная способность корневой системы проростков яровой пшеницы, мкМ/г час

Пектин оказал меньшее влияние на ацидофицирующую активность корневых систем проростков яровой пшеницы: на 7-е сутки превышение контрольных данных было меньше, чем в других вариантах – 18,2 %, а на 9-е и 11-е сутки значения практически не отличались от контрольных.

Скорость работы протонных насосов была наибольшей в первые часы измерения по всем вариантам опыта. Затем наблюдалось снижение количества выделяемых протонов, что свидетельствует о достижении динамического равновесия между клеткой и средой.

Увеличение поглотительной способности корневых систем под действием регуляторов роста свидетельствует об интенсификации процессов обмена веществ, так как для активного переноса необходимы синтез белков-переносчиков, энергия, поставляемая в процессе дыхания, эффективная работа транспортных АТФаз. В свою очередь, усиленное поглощение питательных элементов приводит к активизации метаболических процессов и, соответственно, ускорению темпов роста и развития растительного организма.

Необходимо отметить, что регуляторы роста также способствовали ускорению формирования корневых волосков. В основе специфической дифференциации корневого волоска лежит неравное клеточное деление, в ходе которого цитоплазма неравномерно распределяется между дочерними клетками. Меньшая клетка с более плотной цитоплазмой дает начало корневому волоску.

Максимально увеличивал скорость этой специфической дифференциации мелафен: в возрасте проростков 7 суток 80% растений имело корневые волоски. При анализе 9-суточных проростков была выявлена сформированность корневых волосков у всех растений данного варианта.

При обработке пирафеном половина 7-суточных проростков имела корневые волоски, а в возрасте 11 суток было отмечено наличие данного показателя у всех растений. Пектин отличался более существенным влиянием на формирование корневых волосков: у 7-суточных проростков наличие

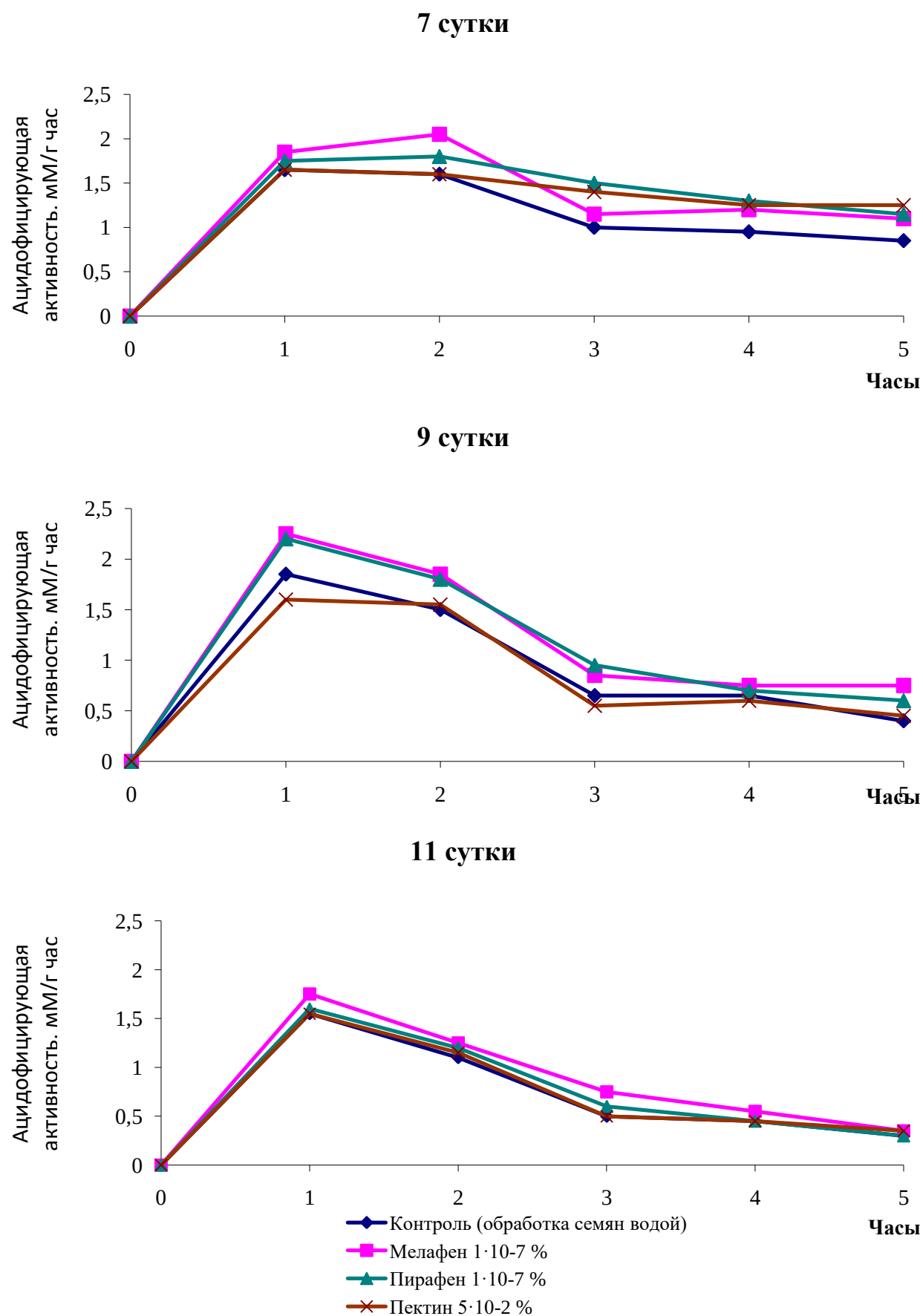


Рисунок 4 – Ацидофицирующая активность корней проростков яровой пшеницы под влиянием регуляторов роста

данного показателя было отмечено в 55% случаев, у 9-суточных – в 80%, все 11-суточные проростки данного варианта имели корневые волоски.

Следует учесть, что в контрольном варианте начало специфической дифференциации клеток с формированием в итоге корневых волосков соответствует возрасту проростков 9 суток и составляет 5% от общего числа растений. У 11-суточных проростков без обработки регуляторами роста сформированность данного параметра отмечена лишь в 35% случаев.

Известно, что специализация корневого волоска крайне узка и состоит в поглощении воды и минеральных веществ. Следовательно, выявленное формирования корневых волосков под действием регуляторов роста способствует более раннему переходу растений от гетеротрофного способа питания к автотрофному, а вместе с тем увеличению потенциальных возможностей более мощного развития корневой системы и развитию адаптационных возможностей растительных организмов в условиях недостаточной увлажненности в вегетационный период.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что под действием регуляторов роста происходит активация поглотительной способности корневых систем проростков яровой пшеницы, что оказывает положительное влияние на водный баланс растений в период вегетации

.

3.3. Интенсивность транспирации растений пшеницы в период вегетации.

Способность растительной клетки поглощать и удерживать воду составляет очень важную сторону ее жизнедеятельности. Все физиологические процессы в растении протекают нормально лишь при оптимальном его обеспечении водой. Растение обладает способностью к регуляции водообмена. Водный баланс определяется соотношением между поглощением и выделением воды. В основе расходования воды растительным организмом лежит процесс транспирации.

Яровая пшеница – требовательная к влаге культура, о чем свидетельствует величина транспирационного коэффициента – 450-550 (Кумаков В.А., 1988).

Потребность пшеницы в воде в различные фазы вегетации неодинакова, что определяется колебаниями солнечной радиации, среднесуточных температур и относительной влажности воздуха, а также изменениями массы и размеров главных транспирирующих органов – листьев. Максимальная потребность в воде пшеничного поля наблюдается в период от выхода в трубку до молочной спелости, когда растения имеют максимальную транспирирующую поверхность (Кумаков В.А., 1988). Разрыв между расходом влаги на транспирацию и поступлением воды из почвы возникает в это время наиболее часто, и засуха более губительна.

Проведенные исследования показали, что интенсивность транспирации по всем вариантам опыта значительно изменялась на протяжении вегетационного периода. Максимальная интенсивность испарения наблюдалась в первой половине вегетации (в фазу кущения этот показатель составил 0,64-0,98 г/дм²·ч), очевидно, за счет большей активности физиологических процессов и более высокой кутикулярной транспирации у молодых листьев. Нельзя также не учитывать, что молодые листья более оводнены (Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю., 2005). В фазу молочной спелости количество расходуемой воды по всем вариантам опыта резко снижалось, интенсивность транспирации составила 0,33-0,37 г/дм²·ч. В эту фазу наблюдается угнетение ростовых функций и, как следствие, торможение физиологических процессов, а также резко снижается содержание воды в вегетативной массе.

Наибольшая интенсивность транспирации наблюдалась в 2014 году (ГТК – 1,1). В 2015 году большая часть вегетационного периода протекала в засушливых условиях, очевидно, поэтому растения яровой пшеницы экономнее расходовали влагу, и интенсивность процесса транспирации была наименьшей.

Влагообеспеченность посевов пшеницы зависит не только от складывающихся гидротермических условий, но и от физиологических особенностей культуры, от элементов агротехники. Целью наших исследований было изучение влияния регуляторов роста на интенсивность процесса транспирации и содержание влаги в растениях яровой пшеницы в течение вегетационного периода.

В результате проведенных исследований было установлено, что предпосевная обработка семян экзогенными регуляторами роста оказала заметное влияние на интенсивность процесса транспирации (таблица 3).

В период от кущения до колошения интенсивность транспирации в результате воздействия мелафена увеличилась по сравнению с контролем на 53,0-41,9 %. Обработка семян пектином увеличила данный показатель на 31,8-29,3 %, пирафеном – на 30,6-28,6 %.

В фазу молочной спелости растения, выросшие из обработанных регуляторами роста семян, теряли 0,34-0,38 г воды на единицу листовой поверхности в час. В связи с большей интенсивностью ростовых процессов в этих вариантах наблюдалось более быстрое подсыхание вегетативной массы и уменьшение содержания воды в листьях, что, в свою очередь, значительно сократило интенсивность процесса транспирации.

Физиологическая роль воды в растении велика. Вода составляет основную среду клетки, в которой протекают все процессы жизнедеятельности, обмен веществ возможен только в водном растворе.

В различные фазы вегетации потребность злаков в воде неодинакова, что определяется колебаниями солнечной радиации, среднесуточных температур и относительной влажности воздуха, а также изменениями массы и размеров листьев. Максимальная потребность в воде наблюдается в период от выхода в трубку до молочной спелости, когда растения имеют максимальную транспирирующую поверхность (Кумаков В.А., 1988).

Единственным источником воды для растения является вода, находящаяся в почве.

Вариант	Фаза вегетации		
	кущение	колошение	молочная спелость
Контроль (обр.семян во- дой)	0,64	0,38	0,34
Мелафен $1 \cdot 10^{-7}$ %	0,98	0,54	0,35
Пирафен $1 \cdot 10^{-7}$ %	0,85	0,49	0,33
Пектин $5 \cdot 10^{-2}$ %	0,84	0,49	0,37

Таблица 3 – Влияние регуляторов роста на интенсивность транспирации растений яровой пшеницы, г/дм²·ч (2014-2015 гг.)

Листья, испаряющие воду, служат верхним концевым двигателем воды, поглощенной корнем, который является нижним концевым двигателем водного тока у растений.

Уровень интенсивности транспирации как физиологического процесса испарения воды растением является важной характеристикой развития растений. Постоянный ток воды от корневой системы к наземным частям служит средством транспортировки и накопления в надземных органах минеральных веществ и химических соединений, поступающих из корней. Восходящий ток воды также необходим для нормального водоснабжения всех клеток и поддержания тургора, защищающего от перегрева.

Однако лишь 0,2% от поглощенной корнем воды используется на поддержание тургора клеток, метаболизм, транспорт органических веществ, а большая часть испаряется в процессе транспирации (Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю., 2005). Поэтому нет необходимости в неограниченном увеличении интенсивности данного процесса. При сильном снижении транспирации прекращается ток воды по растению, ее подача к листьям, ведь чем выше интенсивность транспирации, тем больше питательных веществ проходят по сосудам растения.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что обработка семян регуляторами роста способствовала увеличению общего количества испаряемой жидкости. Максимальный эффект получен при применении мелафена.

Наряду с изучением процессов транспирации было изучено содержание общей, свободной и связанной воды в растениях пшеницы в фазу колошения, так как в данный период растения приобретали максимальную листовую, а значит испаряющую поверхность листьев (таблица 4).

Физиологическое значение свободной и связанной воды различно. Согласно ряду исследователей, интенсивность физиологических процессов, в том числе и темпов роста, в первую очередь зависит от содержания свободной воды.

Вариант	Содержание воды в листьях, г		
	Общая вода	Свободная вода	Связанная вода
Контроль	0,1602	0,0468	0,1134
Мелафен $1 \cdot 10^{-7}$ %	0,1608	0,1119	0,0489
Пирафен $1 \cdot 10^{-7}$ %	0,1776	0,0704	0,1072
Пектин $5 \cdot 10^{-2}$ %	0,1944	0,0549	0,1395

Таблица 4– Содержание воды в листьях растений яровой пшеницы (фаза колошения).

Однако существует прямая корреляция между содержанием связанной воды и устойчивостью растений против неблагоприятных внешних условий (Н.И. Якушкина, 2005).

В результате проведенных исследований было установлено, что регуляторы роста оказали различное влияние на изучаемые показатели. Содержание свободной воды в растениях пшеницы наибольшим было в варианте с мелафеном, что соответствовало максимальным значениям интенсивности транспирации. Значения превышали контрольные в 2,4 раза.

При этом количество связанной воды в растениях были наименьшими по вариантам опыта. Обработка семян пектином способствовала снижению содержания свободной воды. Количество связанной воды при этом возрастало на 23,0 %.

Таким образом, воздействие мелафена на изучаемые показатели свидетельствуют об активизации процессов транспирации, а показатели содержания воды в растениях соответствуют активному росту вегетативной сферы растений пшеницы в период вегетации. Использование пектина как регулятора морфофизиологических процессов в растениях может оказывать определенное влияние на устойчивость растений к неблагоприятным условиям водного дефицита, что имеет определенное значение, так как Пензенская область относится к зоне неустойчивого увлажнения и колебания гидротермического коэффициента (ГТК) в течении вегетации могут быть значительными.

ВЫВОДЫ

1. Под действием регуляторов роста происходит интенсивное развитие вегетативной сферы растений пшеницы: объем корневой системы увеличивается на 8,9-22,9% и 19,2-38,4% соответственно. Наиболее высокие показатели отмечены в вариантах с использованием мелафена. При этом во вторую половину вегетации ростостимулирующий эффект снижается во всех вариантах опыта.
2. При обработке семян регуляторами роста происходит активация поглощательной способности корневых систем проростков яровой пшеницы (ацидофицирующая активность корневых систем возрастает в 1,11-1,29 раза), что оказывает положительное влияние на водный баланс растений в период вегетации.
3. Максимальная интенсивность испарения у растений пшеницы наблюдалась в первой половине вегетации (в фазу кущения показатель составил 0,64-0,98 г/дм²·ч). В фазу молочной спелости количество расходуемой воды по всем вариантам опыта резко снижалось. В результате воздействия мелафена интенсивность транспирации увеличилась по сравнению с контролем на 53,0-41,9 %, пектина – на 31,8-29,3 %, пирафена – на 30,6-28,6 %.
4. Содержание свободной воды в растениях пшеницы наибольшим было в варианте с мелафеном. Значения превышали контрольные в 2,4 раза. При этом количество связанной воды в растениях были наименьшими по вариантам опыта. Обработка семян пектином способствовала снижению содержания свободной воды. Количество связанной воды при этом возрастало на 23,0 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Пензенской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 131 с.
2. Бойсен-Иенсен, П. Ростовые гормоны растений / П. Бойсен-Иенсен. – М-Л.: Изд-во биологической и медицинской литературы, 1938.
3. Васицкая, М. Н. Эффективность применения регуляторов роста в защите пшеницы от болезней в условиях центрального Черноземья / М. Н. Васицкая, В. П. Кратенко, В.В. Чекмарев // Тез.докл. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». – М.: МСХА, 2001. – С. 219-220.
4. Влияние мелафена на физиолого-биохимические процессы и урожайность некоторых злаковых культур / О.А. Кашина, Н.Л. Лосева, А.Ю. Алябьев и [др.] // Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях: тезисы докладов. – Москва, 2001. – С. 97.
5. Воробьев, Л.Н. Регулирование ионного транспорта: теоретические и практические аспекты минерального питания растений / Л.Н. Воробьев // Итоги науки и техники/ ВИНТИ. Сер. Физиология растений. – М., 1988. – Т. 5. – С. 180.
6. Воробьев, Л.Н. Электроаналитический комплекс для массового тестирования растений / Л.Н. Воробьев, Н.Н. Егорова, А.В. Рубин // XXIII Всесоюзная школа по автоматизации научных исследований. – 1989. – С. 43.
7. Дёрфлинг, К. Гормоны растений / К. Дёрфлинг. – М.: Мир, 1985. – 303 с.
8. Дмитриева, Т.А. Влияние ауксина и абсцизовой кислоты на рост и развитие корней проростка люпина однолетнего / Т.А. Дмитриева // Регуляторы роста и развития растений: тезисы докладов III Международной конференции. – М., 1995. – С. 19.
9. Дорогов, А.И. Почвы Пензенской области / А.И. Дорогов. – Пенза: книж. изд-во, 1951. – 270 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1989. – 335 с.

- 11.Елагина Е.М. Роль цитокининов и абсцизовой кислоты в регуляции возрастных изменений листьев пшеницы и яблони / Е.М. Елагина // Регуляторы роста и развития растений. – М., 1999. – С. 28.
- 12.Зауралов, О.А. Повышение холодостойкости теплолюбивых растений при обработке семян цитокининовыми препаратами / О.А. Зауралов, А.С. Лукаткин // Регуляторы роста и развития растений: тезисы докладов III Международной конференции. – М., 1995. – С. 97-98.
- 13.Интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур / Г.В. Коренев, Г.Г. Гатаулина, А.И. Зинченко и др. – М.: Агропромиздат, 1988. – 301 с.
- 14.Исайчев, В.А. Влияние различных концентраций пектина и микроэлементов на посевные качества семян яровой пшеницы сорта Л-503 / В.А. Исайчев, Е.Л. Хованская // Вестник Ульяновской ГСА. Серия агрономия. – 2000. – № 1. – С. 12-17.
- 15.Использование пектина амаранта для регуляции адаптивных реакций растений озимой пшеницы и гороха к неблагоприятным факторам среды / В.И. Костин, Е.Н. Офицеров, В.А. Исайчев и [др.] // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: материалы III Международного симпозиума. – Пущино. – 1999. – Т. 1. – С.75-77.
- 16.Кашина, О.А. Исследования влияния фосфоорганического соединения мелафена на рост и энергетические процессы клеток хлореллы: автореферат канд. биол. наук / О.А. Кашина. – Казань, 2004. – 21 с.
- 17.Кегль, Ф. Исследования над растительными ростовыми веществами / Ф. Кегль // Успехи химии. – Т. 5. – 1936. – С. 897.
- 18.Кефели, В.И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны / В.И. Кефели. – М.: Наука, 1974. – 132 с.
- 19.Кефели, В.И. Рост растений / В.И. Кефели. – М: Колос, 1984. – 175 с.
- 20.Ковалев, В.М. Применение регуляторов роста растений для повышения устойчивости и продуктивности зерновых культур / В.М. Ковалев / ВНИИТЭИагропром. – М., 1992. – 48 с.

21. Коняев, И.С. Влияние цитокинина на рост, органогенез и активность корней у пшеницы разных биотипов / И.С. Коняев, В.Н. Хрянин // Регуляторы роста и развития растений: тезисы докладов III Международной конференции. – М., 1995. – С. 25.
22. Костин, В.И. Комплексное действие пектинов *Amaranthuscruentus* и микроэлементов на урожайность сельскохозяйственных культур / В.И. Костин, Е.Н. Офицеров // Регуляторы роста и развития растений: четвертая международная конференция. – Москва, 1997. – С. 189.
23. Костин, В.И. Теоретические и практические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур физическими и химическими факторами / В.И. Костин. – Ульяновск, 1998. – 120 с.
24. Костычев, С.П. Исследования по биодинамике почв / С.П. Костычев // Труды Почвенного ин-та им. Докучаева. – Л., 1930. – Вып.3. – С. 149-160.
25. Кулаева, О.Н. Гормональная регуляция физиологических процессов у растений на уровне синтеза РНК и белка / О.Н. Кулаева. – М.: Наука, 1982. – 83 с.
26. Кулаева, О.Н. Цитокинины, их структура и функция / О.Н. Кулаева. – М.: Наука, 1973. – 264 с.
27. Кумаков, В.А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В.А. Кумаков. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 104 с.
28. Лебедев, С.И. Физиология растений / С.И. Лебедев. – Киев: «Вища школа», 1978.
29. Максимов, Н.А. Физиологические основы засухоустойчивости растений / Н.А. Максимов. – М.: Госиздат, 1926. – 207 с.
30. Меламинавая соль бис (оксиметил) фосфиновой кислоты в качестве регулятора роста и развития растений и способ её получения / С.Г. Фаттахов, Н.Л. Лосева, В.С. Резник и [др.] // Патент РФ № 2158735 от 10.11.2000. – Москва.

31. Мовчан, В.К. Урожайность различных по скороспелости сортов яровой пшеницы в зависимости от погодных условий / В.К. Мовчан // Науч.-технич.бюлл. ВНИИИ Верм.хоз-ва. – 1987. – вып. 67. – С. 11-18.
32. Мокроносов, А.Т. Донорно-акцепторные отношения в онтогенезе растений / А.Т. Мокроносов // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 235-250.
33. Муромцев, Г.С. Гиббереллины / Г.С. Муромцев, В.Н. Агнестикова. – М.: Наука, 1984. – 207 с.
34. Муромцев, Г.С. Основные направления развития сельскохозяйственной биотехнологии / Г.С. Муромцев // Международный агропромышленный журнал. – 1990. – № 4. – С. 82-92.
35. Муромцев, Г.С. Регуляторы роста растений и урожай / Г.С. Муромцев // Вестник с-х. науки. – 1984. – № 7. – С. 75-83.
36. Никелл, Л.Дж. Регуляторы роста растений / Л.Дж. Никелл. – М.: Колос, 1984. – 192 с.
37. Основы химической регуляции роста и продуктивность растений / Г.С. Муромцев, Д.И. Чканников, О.Н. Кулаева, К.З. Гамбург. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.
38. Офицеров, Е.Н. Углеводы амаранта и их практическое использование / Е.Н. Офицеров, В.И. Костин. – Ульяновск, 2001. – 178 с.
39. Пахомова, Г.И. К вопросу о природе действия стимуляторов роста на водный режим растений / Г.И. Пахомова // Использование физико-химических свойств биополимеров как компонента протоплазмы. – Казань, 1968. – С. 39-45.
40. Полевой, В. В. Физиология растений / В.В. Полевой. – М: Высшая школа, 1982. – 464 с.
41. Полевой, В.В. Фитогормоны / В.В. Полевой. – Л.: ЛГУ, 1982. – 249 с.
42. Попов, Г.А. Агрохимия микроэлементов в степном Поволжье / Г.А. Попов. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1984. – 139 с.

43. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы. – М., ГОСАГРОПРОМ СССР ВАСХНИЛ, 1986. – 80 с.
44. Применение пектина в качестве фиторегулятора в технологии возделывания озимых культур / В.И. Костин, Е.Н. Офицеров, В.А. Исайчев и [др.] // Вестник Ульяновской ГСА. Серия агрономия. – 2000. – № 1. – С. 30-35.
45. Растениеводство / Посыпанов Г.С. и др. – М.: Колос, 2006. – 586 с.
46. Романов, Г.А. Рецепторы фитогормонов / Г.А. Романов // Физиология растений. – 2002. – № 4.
47. Сваринская, Р.А. Митотический индекс в тканях проростков ячменя и эффект гиббереллина / Р.А. Сваринская, Н.С. Гаврилова // Онтогенез. – 1977. – № 4. – С. 389-396.
48. Сваринская, Р.А. Морфофизиологический эффект гиббереллина на нормальный и эректоидный ячмень в онтогенезе / Р.А. Сваринская, И.С. Любимцева // Генетика. – 1981. – Т. 17, № 6. – С. 1070-1077.
49. Селянинов, Г.Т. Агроклиматическая карта мира / Г.Т. Селянинов. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 24 с.
50. Система ведения агропромышленного производства Пензенской области. Часть II. Система земледелия. – Пенза, 1992. – 288 с.
51. Тарчевский, И.А. Взаимодействие сигнальных систем клеток растений, «включаемых» олигосахаридами и другими элиситорами / И.А. Тарчевский // Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы 5-й конф. – М.: изд. ВНИРО, 1999. – С. 105-107.
52. Тарчевский, И.А. Сигнальные системы клеток растений / И.А. Тарчевский. – М.: Мир, 2002. – 140 с.
53. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков. – М., КолосС, 2003. – 163 с.
54. Фаттахов, С.Г. Мелафен – перспективный регулятор роста растений для сельского хозяйства и биотехнологии / С.Г. Фаттахов, В.С. Резник, А.И. Коновалов // Состояние исследований и перспективы применения ре-

- гулятора роста растений нового поколения «Мелафен» в сельском хозяйстве и биотехнологии: сборник.– Казань, 2006. – С.23.
55. Холодный, Н.Г. Фитогормоны / Н.Г. Холодный. – Киев: Изд-во АН УССР, 1939. – 265 с.
56. Якушкина, Н.И. Влияние гиббереллина и гетероауксина на рост и изменение физиологических процессов некоторых бобовых культур / Н.И. Якушкина, В.В. Вершилина // Регуляторы роста растений. – Воронеж, 1964. – С. 139-146.
57. Якушкина, Н.И. Влияние ингибиторов роста и фитогормонов на рост и некоторые стороны энергетического обмена проростков кукурузы / Н.И. Якушкина, В.Т. Старикова // Метаболизм и механизм действия фитогормонов. – Иркутск, 1979. – С. 210-213.
58. Якушкина, Н.И., Бахтенко, Е.Ю. Физиология растений / Н.И. Якушкина, Е.Ю. Бахтенко. – М.: ВЛАДОС, 2005. – 463 с.

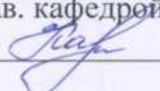
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет
физико-математических
и естественных наук

Кафедра
«Общая биология и биохимия»

Направление подготовки
06.04.01 Биология
Магистерская программа
«Физиология растений»

Утверждаю:
зав. кафедрой
 Г.А. Карпова
« 2 » 12 2014 г.

Задание

По ВКР студента Дашкина Дмитрия Геннадьевича

Тема работы «Особенности ранних ростовых процессов растений пшеницы в условиях водного дефицита»

Утверждена приказом по Университету от «29.12» 2014 г. № 1179/0

Срок сдачи студентом законченной работы « 23 » 05 2016 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВКР

№ п/п	Перечень подлежащих разработке вопросов:	Сроки выполнения этапов	Примечания
1.	Изучение литературных источников по вопросам ранних ростовых процессов растений пшеницы в условиях водного дефицита. Анализ современной научной периодической литературы.	Ноябрь 2014 – апрель 2015	выполнено
2.	Подготовка первой главы магистерской диссертации – обзора литературы. Определение актуальности, цели и задач исследования	Май – август 2015	выполнено
3.	Изучение общепринятых экспериментальных методик в соответствии с целями и задачами магистерской диссертации	Сентябрь 2015 – январь 2016	выполнено
4.	Закладка лабораторных опытов. Проведение эксперимента.	В течение срока обучения	выполнено
5.	Анализ и систематизация полученных данных	Февраль – апрель 2016	выполнено
6.	Оформление магистерской диссертации	Май 2016	выполнено

Дата выдачи задания « 1 » 12 2014г.

Руководитель _____

Задание принял к исполнению _____