

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

---

Кафедра селекции и семеноводства полевых культур

## **ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

на тему

# ***«Особенности физиологической реакции сортов ярового ячменя разных лет селекции на водный стресс»***

Выполнила студентка 55 группы

V курса агрономического факультета

Дельнова Г.М.

Руководитель: Пыльнев В.В.

МОСКВА 2004

<http://yadyra.ru>

## Оглавление

<b>Оглавление</b> .....	2
<b>Введение</b> .....	3
<b>1. Обзор литературы</b> .....	4
1.1. Характер и распространенность абиотических стрессов .....	7
1.2. Проблемы селекции на засухоустойчивость и задачи физиологии.....	11
1.3. Влияние засухи в вегетационный период и период формирования колоса .....	13
1.4. Влияние засухи на фотосинтез и рост растений .....	16
<b>2. Экспериментальная часть</b> .....	29
2.1. Цель и задачи эксперимента .....	29
2.2. Материал для исследования.....	30
<b>Винер</b> .....	30
<b>Московский 121</b> .....	30
<b>Надя</b> .....	30
<b>Носовский 9</b> .....	31
<b>Зазерский 85</b> .....	31
<b>Московский 3</b> .....	31
<b>Биос 1</b> .....	32
<b>Гонар</b> .....	32
<b>Михайловский</b> .....	33
<b>Раушан</b> .....	33
2.3. Методика проведения эксперимента .....	34
2.4. Результаты проведения исследования .....	35
<b>Выводы</b> .....	43
<b>Список литературы</b> .....	43

## Введение

Ячмень принадлежит к числу наиболее древних культур. Следы его возделывания обнаружены за 1000 лет до н.э. Культурный ячмень произошел путем одомашнивания дикого ячменя (*Hordeum spontaneum* s. *koch*). Историческими очагами формирования видов ячменя считают Средиземноморье, Переднюю и Среднюю Азию, Китай.

Яровой ячмень - одна из важнейших, широко распространенных культур нашей страны. Удельный вес его в структуре посевов зерновых составляет 25-30% или 1,4-2,5 млн. га (Смолин В.П., 1998). Зерно ярового ячменя используют в качестве кормового концентрата, а в субтропической и степной зоне оно заменяет овес. Оно имеет также большое пищевое значение: его используют в виде крупы, муки и макарон, суррогатов кофе.

В последнее время в связи с широко развивающейся пивоваренной промышленностью повысился интерес к производству зерна ячменя пивоваренного назначения. На российский рынок вышли западные компании, модернизирующие старые технологии и работающие в значительной мере на импортном солоде. Однако Россия обладает большими площадями посева пивоваренных сортов ярового ячменя, размещенных в разных зонах, в том числе и в благоприятных для выращивания зерна, удовлетворяющего высоким требованиям пивоваренной промышленности.

Во всех зонах необходимо выводить высокоурожайные сорта ячменя отзывчивые на высокий агротехнический фон, которые давали бы устойчивые урожаи и в годы с неблагоприятными погодными условиями. Ячмень это скороспелая зерновая культура. Эта биологическая особенность важна для Нечерноземной зоны РФ, где ряд областей имеют ограниченные агроклиматические ресурсы.

В связи с многосторонним использованием ячменя большое значение имеет селекция на качество продукции. Необходимо создавать сорта для пищевых, кормовых и пивоваренных целей.

## 1.Обзор литературы

Культурный ячмень (*Hordeum sativum* L.) относится к семейству злаковых. Растения однолетние, яровые или озимые. Стебли прямостоячие, средней высоты. Листья различной длины и ширины, сизые, с волосковым налетом или темно-зеленые. Соцветие - колос. Стержень колоса состоит из члеников, в выемках которых сидят 1-3 одноцветковых колоска. В связи с этим различают ячмень шестирядный и двурядный. Ячмень является самоопыляющимся растением, но случаи перекрестного опыления не исключены.

Ячмень отличается от других зерновых культур наиболее коротким вегетационным периодом. Продолжительность вегетационного периода у этой культуры колеблется в зависимости от условий внешней среды. Самые ранне-спелые сорта имеют длину вегетационного периода 60-65 дней, тогда как более поздние сорта до 120 дней.

Для прохождения световой стадии ячмень нуждается в продолжительном освещении. К теплу ячмень нетребователен. Всходы ячменя выдерживают весенние заморозки. Зерно ячменя начинает прорастать при температуре 1° С. Кустится ячмень также при умеренной температуре.

Ячмень по своей природе является влаголюбивым растением. Несмотря на свою влаголюбивость, ячмень в засушливых районах дает высокие урожаи, которые обычно бывают выше, чем урожаи пшеницы. Это объясняется тем, что ячмень, имея короткий вегетационный период, уходит от засухи. Тем не менее, для районов засушливой зоны селекция ячменя на засухоустойчивость яв-

ляется необходимой. Посев ячменя в весенний период возможен лишь на орошаемых площадях, так как сочетание воздушной и почвенной засухи, характерное для некоторых районов летом, приводит растения к гибели. Ячмень плохо растет на кислых почвах, что нередко служит главной причиной получения низких урожаев в хозяйствах Нечерноземья.

Северо-западный и Центральный район Нечерноземной зоны РФ характеризуется сравнительно благоприятными климатическими условиями. В то же время не следует думать, что засухоустойчивость не играет в Нечерноземной зоне никакой роли. Действительно, в этой зоне не бывает таких губительных засух, как в Поволжье, Казахстане и Сибири. Климат Нечерноземья более мягкий и умеренный. Но здесь наблюдается изменчивость условий вегетации зерновых культур по годам. Так, в южных областях Нечерноземного центра среднее годовое количество осадков может колебаться от 350 до 900 мм, в том числе за май-июнь от 2 до 200 мм. Значительны эти колебания и в Московской, Смоленской, Тверской и других областях.

Ячмень является довольно требовательной культурой к почвенным условиям. Для высоких урожаев он требует почвы, которые обеспечивают его в достаточной мере водой и питательными веществами. Это особенно касается ярового ячменя.

Согласно Полимбетовой Ф.А. и Мамонову Л.К. (1980) давно существует мнение, что определяющим моментом в характеристике засухоустойчивости является не только величина урожая и его качество, но и способность растения переносить неблагоприятные условия засухи.

В связи с небольшой мощностью корнеобитаемого слоя и малой влагоёмкостью дерново-подзолистых почв урожайность зерновых культур в Нечерноземье также во многом зависит от количества осадков в летний период и равномерности их распределения. При средней многолетней сумме осадков за

период вегетации для яровых зерновых культур в Подмосковье около 220 мм по годам она колеблется от 130 до 350 мм. Таким образом, агроклиматические условия прорастания зерновых культур в Нечерноземной зоне складываются в разные годы неодинаково. Поэтому сорта должны обладать не только максимальной продуктивностью в благоприятные годы, но и способностью формировать достаточно высокие урожаи в экстремальных условиях. Это требование к сорту возрастает при возделывании его в условиях интенсивной технологии.

По наблюдениям агрометеорологов в последние 20-30 лет обнаружена тенденция увеличения засух в Нечерноземной зоне. В засушливые годы посевы сельскохозяйственных культур в этой зоне страдают сильнее, чем в других регионах страны. Обусловлено это, с одной стороны, неблагоприятными свойствами большинства почв, а с другой, малой глубиной пахотного корнеобитаемого слоя. Особенно это касается яровых культур. При этом в Нечерноземной зоне, по сравнению с другими зонами, более чем частым явлением являются кратковременные засухи.

Засуха бывает почвенная и атмосферная. Если в почве создается острый недостаток воды, наступает почвенная засуха. Во время атмосферной засухе происходит значительное изменение в водном режиме растений. Это обусловлено изменением температурного режима системы воздуха - растений - почвы. Засухоустойчивые растения способны в процессе онтогенеза приспособляться к действию засухи и осуществлять в этих условиях нормальный рост, развитие и воспроизведение благодаря наличию ряда свойств, возникающих в процессе эволюции под влиянием условий существования и естественного отбора. Генкель (1967) и Жученко (1980) считают, что чем больше варьируют условия среды, тем чаще организм должен перестраивать свой метаболизм, что связано с дополнительными затратами энергии. Время, затраченное растением на приспособление к новым условиям среды, особенно медленный выход на ста-

ционарный уровень метаболических процессов, это - потерянный урожай (Жученко, 1980).

При ранних сроках наступления без дождливого периода в зоне выращивания начало подвядания проявляется у растений в период с третьей декады мая по первую декаду июня.

Согласно данным Альтергота В.Ф. и Мордковича С.С (1975) большая часть засух в Нечерноземной зоне и Сибири относится к весенне-летнему типу, для которой характерна недостаточная влагообеспеченность корнеобитаемой зоны, но, в отличие от позднелетней, имеющей место на Украине, она не сопровождается повышением температуры воздуха.

Отличительные черты развития засух в Нечерноземье определяются особенностями радиационного режима (длинный день и более короткая ночь), большей отзывчивостью, как почв, так и растений на улучшение агротехники и внесение удобрений. В связи с этими особенностями формирования и развития засух в Нечерноземье необходимо проведение всесторонних исследований для разработки специальной сортовой агротехники, учитывающей особенности местных условий.

### **1.1. Характер и распространенность абиотических стрессов**

Как говорилось выше, анализ погодно-климатических и почвенных характеристик территории России показывает, что на значительной её части условия для роста и развития культур крайне неблагоприятны, т.е. экстремальны, при этом обширные регионы - так называемые районы негарантированного урожая, или рискованного земледелия (Максимов, 1965). Наиболее значительными по площади распространения и эффекту воздействия на посевы экстремальными (стрессовыми) факторами в период вегетации у нас в стране являются

ся засуха, высокая температура воздуха (жара), засоленность почвы. На меньших площадях, но достаточно ощутимо проявляют своё действие па растения и такие абиотические, стрессы, как избыток влаги (затопление, переувлажнение почвы), недостаток тепла (холод), кислотность или щелочность почвы (Уланова, 1978). Из неблагоприятных факторов засуха наиболее реально и ощутимо проявляет своё воздействие более чем на половине площади сельскохозяйственных угодий, хотя частота и степень её воздействия на посевы в разных районах страны не одинаковы. Оптимальный уровень обеспеченности водой для всех культивируемых растений создается при влажности почвы в пределах 50-60% от её влагоемкости. Засуха же, характеризующаяся, прежде всего иссушением почвы, создает условия значительно ниже указанных пределов, сопровождающиеся при этом зачастую низкой влажностью воздуха, и приводит к дефициту влаги для растений. Такие условия практически ежегодно создаются в летний период в зоне недостаточного увлажнения страны. Однако и в зоне достаточного, и даже в зоне формально избыточного увлажнения, с большей или меньшей повторяемостью по годам, в период вегетации временно складываются условия, характеризующиеся как засушливые. Так почти ежегодно на Северо-западе Нечерноземной зоны России впервой половине лета (июнь начало июля), порой на 1-1,5 месяца, создаются засушливые условия (Уланова, 1978), особенно характерны для супесчаных и торфянистых почв, весьма распространенных в этих районах. Нередки засухи в середине лета в южных районах Восточной Сибири. Любой экстремальный фактор оказывает отрицательное влияние на продуктивность растений, как на накопление общей биомассы, так и на образование хозяйственно ценной части урожая. Причем степень этого влияния находится в прямой зависимости от напряженности и продолжительности действия стрессового фактора (Максимов, 1965). Однако в одних и тех же экстремальных ситуациях, как виды культивируемых растений, так и сорта одной

и той же культуры, по свидетельству многочисленных фактов научных экспериментов и растениеводческой практики, снижают свою продуктивность в неодинаковой степени. Это указывает на различную степень устойчивости к стрессам сортов и видов, т.е. на их биологическую способность противостоять стрессовому воздействию факторов внешней среды, а также и на способность растений осуществлять свои основные жизненные функции в этих неблагоприятных условиях. Обычно растения характеризуют по высокой, средней, слабой устойчивости к конкретному типу абиотического стресса (засухе), отражая количественную сторону таких различий. При этом различают два вида устойчивости культур к стрессам - биологическую и агрономическую. Биологическая устойчивость характеризует тот предел стрессовой нагрузки, при котором растения еще способны образовывать жизнеспособные семена (функция сохранения вида как биологической единицы). Количественно она выражается в единицах измерения действующего на растения экстремального фактора (температуры, концентрации вещества в среде, водного потенциала и т.д.). Агрономическая устойчивость отражает степень снижения урожая растений под влиянием стрессового воздействия и выражается в долях изменения продуктивности растений под влиянием действующего стресса (проценты или иные единицы, характеризующие отношение продуктивности растений при стрессе к продуктивности их же в отсутствии стрессового давления).

В свое время Н.И.Вавилов разделил виды сельскохозяйственных культур по степени засухоустойчивости на три группы (Вавилов, 1931). Эта классификация, в общем, остается справедливой и теперь. В первую группу наиболее устойчивых к засухе растений, были включены виды, способные давать урожаи даже в условиях острозасушливого лета. Из злаковых культур в группу с высокой засухоустойчивостью попали просо, сорго. Во вторую, среднеустойчи-

вую к засухе группу попали культуры, имеющие наибольшее значение в земледелии и занимающие более половины всех посевных площадей: пшеница, ячмень, кукуруза, рожь. Наконец, в группу слабоустойчивых к засухе видов, способных давать урожай только при достаточной обеспеченности водой, вошли овес, рис. Однако между входящими в одну группу видами наблюдается некоторые, менее существенные, но наследственно сохраняемые различия по степени засухоустойчивости.

Разный уровень устойчивости к засухе обусловлен некоторыми биологическими особенностями видов растений (Удовенко, Гончарова, 1982). Так высокая засухоустойчивость просо и сорго объясняется их повышенной устойчивостью к обезвоживанию тканей. Например, просо даже после потери листьями 70-75% влаги способно при последующем увлажнении полностью восстановить нормальную оводненность тканей и дать относительно высокий урожай зерна. Растения же пшеницы, потерявшие лишь более 40-45% воды, уже неспособны после прекращения засухи восстановить первоначальную оводненность тканей и нормальную жизнедеятельность организма.

Ячмень существенно не отличается по степени засухоустойчивости от пшеницы, являясь более скороспелой культурой, он имеет меньший период вегетации, подвергаясь воздействию засухи, и поэтому иногда обнаруживает кажущуюся более высокую засухоустойчивость.

Сочетание высокой продуктивности с засухоустойчивостью сортов - центральная задача селекции зерновых культур во многих районах России, характеризующихся континентальным климатом. Эта задача встала перед селекцией уже с первых лет её развития в нашей стране и, очевидно, останется ещё актуальной ещё на длительный срок, пока не удастся создать сорта, наиболее полно реализующие потенциал своих зон и в то же время обеспечивающие максимальную стабильность урожая.

## 1.2 Проблемы селекции на засухоустойчивость и задачи физиологии

Ни в одном руководстве по селекции зерновых культур не рассматриваются специальные методы селекции на засухоустойчивость, поскольку таковых практически нет. Если оценивать засухоустойчивость, как это принято в физиологии, по степени снижения урожайности при засухе по сравнению с оптимальным по увлажнению фоном или по отдельным частным признакам, связь которых с засухоустойчивостью достаточно доказана, то очевидно, что засухоустойчивые сорта совершенно необязательно будут продуктивными, а их отзывчивость на хорошее увлажнение будет находиться в обратной зависимости от засухоустойчивости.

В подавляющем большинстве исследований, посвященных генотипическим различиям в реакции растений на стрессовые факторы, в качестве объектов исследований подбирают заведомо контрастные по устойчивости сорта. Для разработки теоретических основ устойчивости такой подход вполне оправдан, к использованию же таких этих данных в практическом плане нужно подходить с осторожностью. В селекционном материале любого селекцентра, работающего в той или иной сухостепной зоне, нет форм с низкой устойчивостью, поскольку материал формируется не только искусственным отбором, но и средой, на фоне которой он ведется. Более того, в литературе нет никаких объективных экспериментальных данных, которые говорили бы о том, что, например, стародавние линейные и гибридные сорта ячменя краснокутской селекции уступали по каким-то физиологическим показателям засухоустойчивости современным сортам тех же селекцентров. Скорее наоборот.

Причин такого положения, видимо, несколько. Во-первых, прямой систематический отбор по конкретным признакам засухоустойчивости никогда

не велся и не ведётся, нет надежных методик для действительно массовой однозначности оценки материала. Вся селекция на засухоустойчивость сводится к подбору исходного материала для гибридизации и последующему отбору в потомстве по продуктивности в данном засушливом регионе, в том числе и по абсолютной продуктивности в особо засушливые годы. Но здесь возникает и вторая трудность - недостаток, если не отсутствие, генотипов, более устойчивых, чем лучшие из существующих.

Сложность селекции в засушливых зонах определяется и другими факторами. Главный из них состоит в том, что для всех континентальных районов нашей страны характерна не просто засушливость, а крайняя неустойчивость погодных условий, как по годам, так и в течение вегетационного периода. Естественно, что, во влажные годы от сортов требуются иные качества, чем в годы острозасушливые. Чем меньше повторяемость и острота засух, тем больше значение приобретают признаки потенциальной продуктивности, устойчивости к болезням и др., и на второй план отходят признаки устойчивости, и наоборот. Уже приходилось отмечать явление так называемого «экологического смещения» сортов зерновых культур (Кумаков, 1986). В частности, украинские сорта ячменя, благодаря своей продуктивности, вытеснили из саратовского Заволжья исключительно засухоустойчивые, но менее продуктивные сорта местной селекции. Если бы уровень агротехники в хозяйствах был выше, то указанное экологическое смещение сортов, проявилось бы еще в большей мере.

Таким образом, практически селекция ведется на повышение продуктивности в данных зональных условиях, а не просто на засухоустойчивость. Отсюда очевидно, что и круг физиологических проблем, которые должны быть в поле зрения исследователей, не должен ограничиваться признаками физиологической устойчивости, но охватывать эти все основные факторы и признаки, определяющие формирование урожая в условиях недостаточного и не устойчивого

увлажнения. К ним относятся: вегетационный период, морфологическая структура растений, интенсивность ростовых процессов, структура и продуктивность фотосинтетического аппарата и общая скорость накопления биомассы, формирование элементов продуктивности колоса, их частичный «сброс» и реализация в структуре зрелого колоса, особенности водного режима, способность противостоять обезвоживанию и переносить обезвоживание, устьичная регуляция транспирации и фотосинтеза, нарушение основных жизненных функций, общая надежность структур и способность поддерживать гомеостаз в меняющихся условиях среды.

### **1.3 Влияние засухи в вегетационный период и период формирования колоса**

Первый очевидный канал потерь урожайности состоит в сокращении продолжительности вегетационного периода, при котором теряется в среднем 6-я часть урожая. Видимо, избежать этих потерь за счет сорта нельзя. Суть в том, что основная причина сокращения срока вегетации не дефицит влаги, а главным образом повышенный температурный режим во все без исключения засушливые годы, тогда как сумма температур, необходимая для прохождения растениями жизненного цикла, мало зависит от обеспеченности влагой. В период от всходов до колошения она в среднем одинакова в сухие и влажные годы, лишь в период от колошения до созревания немного меньше в сухие годы. Таким образом, в целом продолжительность вегетационного периода находится в тесной обратной зависимости от средней температуры воздуха.

Сокращение вегетационного периода - это не только уменьшение времени работы ассимиляционного аппарата. В первой половине вегетации оно ведет к снижению потенциальной продуктивности колоса, во второй - к сокращению

периода налива зерна, а при определенных условиях к «сбросу» части заложившихся элементов продуктивности колоса. Соответственно этому в засушливые годы уменьшается и количество сегментов колосового стержня, несмотря на то, что в данный период недостаток влаги, как правило, не наблюдается, а общая сухая масса растений в фазе кущения практически одинакова во влажные и сухие годы. Таким образом, высокие температуры, характерны для засушливых лет, «урезают» урожай ещё до возникновения дефицита влаги в почве.

Недостаток влаги может сказываться и на формирование продуктивности колоса. Так, по данным Федорова Н.И. в остро засушливые годы на богаре пластохрон сегментации колосового стержня удлинялся на 2-3 ч, или на 10-15% дольше по сравнению с орошаемым фоном, что при одинаковой продолжительности периода сегментации соответствует потере примерно двух колосков.

При оптимальных условиях влажности и режима минерального питания селекционным путем можно увеличить число элементов формирующегося колоса, что подтверждается практикой селекции при создании сортов интенсивного типа. Как показали исследования, все короткостебельные сорта яровой пшеницы, а у озимой - и высокорослые сорта, интенсивного типа характеризуются повышенной озерненностью колоса (Гужов, 1973; Кумаков, Березина, Игошин и др., 1990). Предполагается, что у короткостебельных сортов это связано с меньшей конкуренцией за ассимилянты со стороны стебля в период от сегментации колосового стержня до начала спорогенеза. Повышенная озерненность колоса определяется большей фронтальностью заложения колосовых и особенно цветочных и тычиночных бугорков, следствием которой является несколько меньшая разнокачественность между цветками в пределах колоса. В силу этого больше цветков оказываются фертильными и при нормальных условиях цветения, оплодотворения и последующего развития зерновок дают зерно. В прове-

денных ранее опытах Кумакова В.А. (1986), уже подробно рассматривали особенности формирования и реализации элементов продуктивности колоса у различных по засухоустойчивости и потенциальной продуктивности сортов пшеницы. Отмечена лишь главная особенность сортов волжской степной экологической группы, состоящую в минимальном варьировании озерненности колосков по годам, тогда как по варьированию числа колосков в колосе эти сорта не отличаются от сортов других экотипов. Это связано с рядом обстоятельств: большинство явлений, наблюдаемых при действии засухи на яровую пшеницу, в равной мере относится ко всем колосовым хлебам.

Если сравнивать сорта, одинаковые по скороспелости, то, как уже отмечалось выше, число колосков в большей мере зависит от температурного режима в начале вегетации. Число же цветков зависит от влагообеспеченности середины и второй половины вегетации и особенностей морфогенеза колоса разных сортов. При систематическом отборе на высокое качество налива зерна, формы с многозерновыми колосками, но неспособные обеспечить хороший налив, выбраковывались. Естественно это ограничивает потенциальную продуктивность колосьев и отзывчивость сортов на оптимальное увлажнение, но повышает надежность получения хорошего по товарным достоинствам зерна, что выгоднее в зоне, где сухие годы преобладают.

Сорта интенсивного типа с большей фронтальностью развития цветочных элементов во влажные годы формируют многозерный колос, однако в сухие годы они не только превосходят засухоустойчивые сорта степного экотипа, но и уступают им по этому признаку.

Способность к более полной реализации потенциальной возможности колоса, конечно, связана и с засухоустойчивостью растений, в частности, с продуктивностью работы ассимиляционного аппарата в условиях засухи в период налива зерна.

Формирование зерновой части урожая ячменя, происходящей после цветения и до созревания - период реализации потенциальной продуктивности. Эта реализация идет за счет текущего фотосинтеза и поглощения зольных элементов и азота из почвы, а также за счет реутилизации накопленного в вегетативных частях растения органического вещества и элементов минерального питания. Сравнительное изучение колоса и листьев, проведено Ф.Д. Сказкиным и Моткалюком О.Б., показала, что колос лучше защищен от обезвоживания, чем лист, поскольку его ткани содержат больше свободной и коллоидно-связанной воды.

#### **1.4. Влияние засухи на фотосинтез и рост растений**

Вторая и главная причина снижения урожайности при засухе состоит в подавлении ростовых процессов. Ростовые процессы в растениях могут нормально протекать лишь при оптимальном насыщении их клеток водой. Максимов Н.А. (1939) впервые заметил, что из всех физиологических процессов растений наиболее чувствителен к недостатку влаги рост. Это было подтверждено и в исследованиях других авторов (Алексеев, 1959; Сказкин, 1961; Шматько, 1976 и др.). Центральный вопрос состоит в том, является ли подавление роста следствием прямого действия обезвоживания и повышенных температур на зоны роста, или оно опосредовано также и влиянием засухи на активность фотосинтетического аппарата и поглотительную деятельность корней. И в этом, и в другом случае важно знать имеются ли сортовые различия в устойчивости, с одной стороны, зон роста и, с другой, - фотосинтетического аппарата и корней. Однолетние злаковые культуры с апикальным соцветием представляют наиболее удобный объект для рассмотрения этих вопросов, поскольку активный рост листьев у них заканчивается еще до колошения, рост стебля и

корней - вскоре после цветения, а во второй половине вегетации основным потребителем ассимилянтов становятся развивающиеся семена.

В сухие годы фотосинтетический аппарат в первой половине вегетации сохраняет высокую работоспособность. Видимо, это связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, засуха во многих регионах, как правило, носит нарастающий характер и, по-видимому, её сопровождающее влияние на активность фотосинтетического аппарата в первой половине вегетации ещё не столь велико, чтобы это отражалось на средних величинах чистой продуктивности фотосинтеза. Вторая причина состоит в изменении структуры фотосинтетического аппарата листьев. Она становится более ксероморфной.

Анализ мезоструктуры листьев (Березина О.В., 1989), сформировавшихся во влажный и засушливый годы, показал, что уменьшение площади массы листьев при засухе идет в основном за счет уменьшения размера клеток ассимиляционной паренхимы при большем их числе в единице площади листа, а число хлоропластов на единицу площади листа не только не уменьшается, но даже увеличивается. Содержание хлорофилла в листьях в сухие годы оказалось несколько выше в расчете, как на единицу площади, так и на единицу массы листа.

Большинство исследователей единодушно признают, что рост клеток растяжением наиболее чувствителен к недостатку влаги, но о влиянии последнего на пролиферацию данные противоречивы. Одни авторы (Петин, 1959; Прусак, 1963) отмечают, что сокращение площади листовых пластинок вызвано не только мелкоклеточностью, но и уменьшением числа клеток в листе. Другие (Слейчер, 1970) полагают, что засуха не влияет на процесс деления клеток. Видимо, получаемые в том или ином опыте результаты зависят от того, в какой момент морфогенеза листа начинал действовать фактор обезвоживания, каковы его острота и продолжительность, а также от методики учетов. Необходимо

учитывать число клеток не только на единицу площади или объема листа, но и в целом на лист. В опыте, проведенном в лаборатории О.А.Демченко, изучалась мезоструктура первого листа проростков пшеницы, росших на питательной среде Прянишникова. При умеренном стрессе число клеток в расчете на весь лист не только не уменьшилось, но и несколько возросло, а объем клетки уменьшился на треть. При более жестком стрессе объем клетки уменьшился более чем вдвое, но при этом и число клеток в листе сократилось почти в полтора раза.

Таким образом, очевидно, что процесс пролиферации значительно устойчивее к обезвоживанию, чем рост клеток растяжением. В поле заложения листовых примордиев и начальный рост листьев, когда пролиферация клеток идет наиболее активно, происходят весной, обычно ещё на фоне удовлетворительного увлажнения. Хотя интеркалярные и базальные меристемы листьев и междоузлий сохраняют способность к делению на протяжении всего периода роста этих органов, однако интенсивное вытягивание листовых пластинок, влагалищ листьев и междоузлий стебля в количественном отношении больше обязано уже растяжению клеток (Добрынин, 1969). У средних и верхних ярусов листьев в сухие годы оно идет уже на фоне усиливающейся засухи и формируется мелко клеточная структура, тогда как число клеток в листе может быть и меньше, а может и не меняться в зависимости от сроков действия засухи на морфогенез того или иного яруса листьев.

Ксероморфная структура листьев более эффективна, точки зрения усвоения  $\text{CO}_2$ , и, очевидно, в определенной мере компенсирует отрицательное влияние обезвоживания и высоких температур на работу листьев. По мере нарастания засухи во второй половине вегетации, особенно у неустойчивых сортов, угнетение фотосинтетической активности начинает играть ведущую роль в снижении продуктивности растений.

Таким образом, подавление ростовых процессов в период формирования

основных вегетативных органов есть главное следствие засухи в этот период. Многолетние исследования, в ходе которых изучались десятки сортов различной экологической природы, показывают, что сортовые различия в подавлении ростовых процессов при засухе в первой половине вегетации не существенны или вообще отсутствуют. Сравнение общей сухой массы растений, массы или площади листьев одинаковых по вегетационному периоду сортов в сухие и влажные годы показывает, что сорта, даже самые контрастные по засухоустойчивости, не различаются по степени снижения этих показателей в сухие годы по сравнению с влажными.

Отсутствие различий в реакции на засуху в первой половине вегетации обнаружилось и при сравнении целых групп сортов разного эколого-географического происхождения. Сильнее снижали рост при засухе только очень скороспелые сорта, независимо от происхождения. При сравнении сортов необходимо подбирать формы, близкие по темпам развития. Эти данные ставят под сомнение, в частности, возможность успешного ранжирования сортов по устойчивости по ростовым реакциям.

Возможно, что применяемые во многих лабораторных и вегетационных опытах очень жесткие режимы стрессовых воздействий позволяют все-таки выявить сортовые различия в ростовых реакциях. Однако практически в полевой обстановке засуха, как правило, нарастает постепенно, что позволяет растениям частично адаптироваться к ней, а общая напряженность стресса, испытываемого непосредственно меристематическими зонами, не столь велика, чтобы проявлялись сортовые различия.

Иначе складывается ситуация во второй половине вегетации. В период от колошения до созревания чистая продуктивность фотосинтеза растения в сухие годы ниже, чем во влажные, и это несмотря на то, что доля не листовых ассимилирующих органов в общем фотосинтетическом потенциале растения в та-

кие годы выше, чем в годы влажные. В этот период наблюдаются и большие сортовые различия в приросте сухой массы растений, как в абсолютном выражении, так и относительно той массы, которую растение сформировало к фазе колошения. Если у устойчивых сортов прирост сухой массы от цветения до восковой спелости снизился в засушливые годы примерно вдвое по сравнению с влажными годами, то у сортов менее устойчивых он упал в несколько раз.

Поскольку основным потребителем ассимилянтов после цветения становится колос, возникает вопрос: не является ли угнетение фотосинтеза следствием снижения аттрагирующей его активности? Хотя последнее в той или иной степени не исключается, но в целом на этот вопрос с уверенностью можно ответить отрицательно. Об этом свидетельствует тот факт, что прирост массы колоса после цветения и масса зерна уменьшается при засухе несравненно в меньшей степени, чем общий прирост сухой массы. Более того, как показано выше, у неустойчивых сортов в сухие годы основная доля массы зерна накапливалась за счет вторичных источников, т.е. реутилизации ранее накопленных веществ, роль которой в разные годы мы рассмотрим несколько позже.

Итак, страдание растений от засухи во второй половине вегетации усиливается и связано это, прежде всего, со снижением их фотосинтетической продуктивности, причем наблюдается очень большие сортовые различия в реакции на засуху в этот период. Имеется много данных, свидетельствующих о снижении интенсивности фотосинтеза при засухе (Алексеев, 1948; Антоненко, Гойса, 1985; Шматько, Григорюк, Шведова, 1989). Они связаны с различными изменениями структуры фотосинтетического аппарата растения, метаболизма углерода и энергетики фотосинтеза (Тарчевский, 1964; Чернышева, 1979). Березина О.В., обобщая свои литературные данные, соглашается с мнением Мокроносова А.Т., что при засухе низкий газообмен является результатом высокого устьичного сопротивления диффузии  $\text{CO}_2$  или депрессии и ингибирования ос-

новых ферментов фотосинтеза, но не качественного ухудшения самого ассимиляционного аппарата на уровне мезоструктуры листа или структуры хлоропластов.

Рассматривая этот вопрос с позиции сортовой специфики, можно сказать, что и изменения мезоструктуры и нарушения клеточных структур, метаболизма и энергетики носят качественно однотипный характер, и генотипы различаются лишь степенью их проявления в зависимости от устойчивости и напряженности засухи. Но есть еще другая сторона проблемы, связанная с общей «стратегией» защиты засухи сортов разного происхождения и экологической принадлежности.

Влияние засухи на рост растений имеет еще одно следствие: изменяется соотношение масс отдельных органов. Масса листьев в фазе цветения уменьшается в сухие годы в среднем в той же мере, как и общая масса побега, и тем самым их доля в общей массе побега остается одинаковой. Заметим, что это хорошо согласуется с отсутствием различий по чистой продуктивности фотосинтеза в сухие и влажные годы в первой половине вегетации и означает, что продуктивность не только единицы поверхности, но и единицы массы остается стабильной. В то же время масса стебля уменьшается в большей степени, а масса колоса - в гораздо меньшей, чем масса листьев и всего побега. В среднем масса колоса уменьшилась пропорционально сокращению продолжительности периода от фазы третьего листа до цветения, в течение которого колос формируется, и не более того.

Указанные сдвиги в распределении сухой массы к фазе цветения делают более широким отношение массы колоса к массе листьев и увеличивают нагрузку на ассимиляционный аппарат во второй половине вегетации, что в сочетании со снижением его активности обостряет диспропорцию между фондом ассимилянтов, производимых после цветения, и потребностями колоса. У растений есть

много путей преодоления этой диспропорции: «сброс» части завязей, формирование более мелкого зерна, использование запасных веществ и части структурных веществ стареющих вегетативных органов. Как показали исследования (Игошин, Игошина, 1987, 1990; Кумаков и др., 1991), эти процессы развиваются по-разному в зависимости от условий, сложившихся в первую и во вторую половину вегетации, в частности, от продолжительности засухи и времени её наступления.

Недостаток влаги, вызывая изменения многих метаболических процессов, в том числе неспецифических процессов, уменьшает интенсивность фотосинтеза и транспирации и повышает уровень дыхания (Шнейдер, Чилдерс, 1941), нарушает структуру зеленых пластид (Тарчевский, 1964), снижает содержание углеводов в листьях (Козовски, 1954), подавляет синтез белков и хлорофилла, усиливает накопление токсинов и продуктов их распада (Смирнов, 1953; Алексеев, Гусев, 1969;). В условиях засухи изменяется активность ферментов (Аджаосу, 1983). При потере 60-70% воды в корнях кукурузы отмечались изменения в митохондриях и мембранах.

Недостаток влаги снижает всхожесть семян, уменьшается рост зародышевых корней, задерживается формирование вторичной корневой системы, закрываются устьица, происходит увядание и скручивание листьев, ускоряется их старение, сокращается период формирования зерна (Шмидт, 1983).

Недостаток воды в критический период является причиной стерильности пыльцевых зерен и целых цветков, что отрицательно сказывается на урожае (Борисоник, 1974; Воробейников, 1974).

Для многих культур установлено, что недостаток влаги повышает вододерживающую способность листьев, тормозит рост и водообмен, снижает скорость оттока ассимилянтов, изменяет характер их распределения. При этом у большинства растений нарушение положительного баланса ассимиляции на-

ступает гораздо раньше внешнего проявления водного стресса.

Падение водного потенциала тканей листьев при действии водного стресса приводит к закрытию устьиц, увеличению диффузного и устьичного сопротивления, уменьшению интенсивности транспирации и фотосинтеза. Как отмечает Кушниренко М.Д.(1984), за последние годы снизился интерес к теоретическим вопросам водного обмена тканей и клеток и возросло внимание исследователей к физиологической и экологической проблеме взаимосвязи ценоза и растений. Устойчивость растений к дефициту влаги складывается из комплекса защитных механизмов - физиологических, биохимических, анатомо-морфологических. Растения адаптируются к изменениям состояния воды в окружающей среде и водному дефициту посредством обеспечения относительного постоянства внутренней среды (Зялалов, Ионенко, 1995).

В то же время в силу селекционной неподготовленности и отсутствия сортов, устойчивых к засухе, возрастает роль использования приемов, повышающих адаптационные возможности растений. Так в работах Алексева и Гусева (1957), Полинова (1959), Гусева (1959), было показано повышение засухоустойчивости растений на фоне применения минеральных удобрений. Кроме того, отмечено, что снижение транспирационных затрат и повышением эффективности использования влагозапасов связано с увеличением количества связанной воды. Оптимальная влагообеспеченность растений является одним из необходимых условий высокой продуктивности растений. Выяснение характера модификаций, обусловленных колебаниями влажности почвы, определение устойчивости сортов имеет большое теоретическое и практическое значение.

В положительном действии на водообмен растений в условиях водного стресса особенно велика роль азота. По данным Тома и Балагур (1984), хорошо обеспеченные азотом растения быстрее тормозят свой рост при водном дефиците и это, по их мнению, способствует устойчивости растений.

По данным Ниловской Н.Т. и Моисеева А.Д. (1987) засуха приводила к более резкому снижению интенсивности фотосинтеза на повышенном азотном фоне, однако в репарационный период этот фон питания способствовал более быстрому восстановлению фотосинтетической активности. Исследования Моисеева А.Д. (1990) показали, что фотосинтетическая деятельность растений, перенесших засуху, не ограничивает формирование массы зерновки в репарационный период. При этом количество  $CO_2$ , поглощенной в этот период, было близко к контролю и значительно выше в зерновке с высоким уровнем питания, что стимулировало фотосинтетическую активность опытных растений в репарационный период.

Улучшение минерального питания способствует увеличению водоудерживающей способности (Кумахова, Яценко, 1984). Положительное действие азотных удобрений на урожай ярового ячменя в условиях недостаточного увлажнения отмечал в своих исследованиях Сказкин Ф.Д.(1971). Однако по вопросу влияния уровня азотного питания на эффективность использования влаги до сих пор нет однозначного мнения. Одни авторы показали, что повышение уровня азотного питания приводит к уменьшению транспирационного коэффициента (Слухой, 1981; Ткачук, 1986). Другие указывают, что траиспирационный коэффициент не зависит от плодородия почвы (Шатилов и др., 1983; Шатилов, Клименко, 1985).

К настоящему времени изучены основные реакции зерновых на водный стресс. Зная время наступления засухи, которая может совпадать с разными фазами развития, можно заранее предвидеть, за счет каких элементов продуктивности произойдет снижение урожая. Установлено, что засуха в начальный период развития яровых злаков (до выхода в трубку) сказывается, прежде всего, на формировании листьев и корней (особенно узловых), уменьшает число заложившихся колосков, что в дальнейшем ведет к снижению озерненности ко-

лоса. Засуха в начале критического периода (V-VII этапы органогенеза) приводит к стерильности пыльцы.

После оплодотворения чувствительность к засухе постепенно понижается, но и в период налива вплоть до молочного состояния зерна все ещё остаётся высокой, хотя ее влияние в конце критического периода в основном отражается на массе 1000 зерен (Заблуда, 1940,1948; Куперман, 1950; Аникеев, 1963,1964; Сказкин , 1961,1971; Кумаков, Удовенко, Гончарова, 1982).

Масса 1000 зерен при засухе, захватывающей период формирования и налива зерна, в той или иной мере снижается всегда, независимо от условий первой половины вегетации. Наблюдения за изменениями озерненности колоса проводили на нескольких сортах в течение пяти лет, проводя первый учет через 4-5 дней после цветения (фаза «пяточки»), а последний - в полную спелость зерна. Конечное число зерен в колосе за эти годы колебалось от 18 до 41, но ни в остро засушливых, ни в умеренно засушливые, ни во влажные годы оно совершенно не изменялось во времени; снижение продуктивности колоса в сухие годы шло только за счет массы зерновок. Исключение составил год, когда очень благоприятная погода первой половины вегетации сменилась за сухой после колошения: число зерновок от фазы «пяточки» до полной спелости сократилась на треть, причем в первую очередь терялись краевые колоски, а также краевые зерновки колосков. Основной «сброс» зерновок произошел за первую декаду после фазы «пяточки», т.е. в процессе роста зерновок, а не их налива. Именно в этот год в наливе зерна в максимальной за все годы степени участвовали вторичные источники сухого вещества, но и это не предотвратило «сброс» зерновок. Возможно, что его причиной был не только трофический фактор, но и прямое влияние засухи на зерновки и конкуренция за влагу хорошо развитых листьев. «Сброс» зерновок был одинаково интенсивным у всех сортов, т.е. ростовая реакция зерновок на стресс не зависела от засухоустойчивости сортов.

Для условий Нечерноземья очень важно знать влияние засухи на формирование основных элементов продуктивности ячменя в критический период органогенеза (VI-IX этапы). Большое значение для оценки устойчивых сортов и посевов имеет определение степени сохранности в условиях действия стресса общего габитуса растений, изучение закономерностей формирования и роста листьев, стеблей и корней. Определение уровня работоспособности этих органов в условиях недостаточной водообеспеченности может способствовать ранжировке сортов к условиям водного стресса (Ниловская, 1990; Боковая, Смирнов 1990). В наиболее общем виде засухоустойчивость сортов определяется как способность растений, за счет тех или иных признаков, успешно переносить более или менее длительные периоды отсутствия влаги и давать при этом возможно высокие и стабильные урожаи (Кузьмин, 1965; Куличенко, 1972; Кобылянский и др., 1987).

Доля урожая зерна ячменя, полученная за счет побегов кущения, достигает в отдельные годы 70% (Неттевич, 1980). В сельскохозяйственной практике небольшую значимость имеют сорта, которые обладают высокой устойчивостью показателей урожайности во времени и пространстве.

Признак продуктивной кустистости следует считать значительным резервом в повышении урожайности ярового ячменя (Аврамчук, Ильина, 1988; Борисонник, Мусатов, Галаницкая, 1989). Ориентироваться в селекционном процессе на слабо кустящиеся сорта ячменя нецелесообразно. Как правило, такие сорта в засушливые годы формируют удовлетворительный урожай, но они резко проигрывают в урожае зерна сортам с хорошим кущением в благоприятные по осадкам годы (Глуховцев, 1982). Высокий коэффициент вариации кущения растений ячменя (Фадеева, Гладышева, Валиев, 1980) является показателем приспособленности, обеспечивающим адаптивные возможности (Тарасенко, Логвиненко, 1982).

Ячмень включает разные формы по степени приспособленности к засухам (Алпатов, Иванова, 1958), причем у различных сортов засухоустойчивость достигается различным сочетанием признаков (Туманов, 1930; Баситов, 1982; Тишков, 1983).

К биологическим особенностям ячменя, которые позволяют сортам переносить водный стресс, относятся: ритм развития, скороспелость, морфологические и анатомические особенности, физиолого-биохимические свойства.

Трудность сочетания скороспелости с реализацией потенциальной продуктивности ставит задачу создания экспериментальным путем засухоустойчивых форм с определенной закономерностью изменчивости физиолого-морфологических особенностей. В то же время ячмень, как быстро растущая культура, не способен эффективно использовать поздние осадки для улучшения своего развития. В силу этих физиологических причин выносливость ячменя к длительным засухам оказывается меньшей в сравнении не только с пшеницей, но и с овсом, медленно развивающимся в ранние фазы (Кравченко, 1990). Поэтому в зонах, где имеет место длительная засуха, наиболее пригодные сорта ячменя с прерывистым характером роста и развития (Лошак, Логачева, 1970). Аналогичные результаты получены при изучении образцов ячменя в Поволжье (Андрющенко 1970).

Использование в гибридизации контрастных по засухоустойчивости экотипов и привлечение разностороннего исходного материала с ценными селекционными признаками, позволило создать выдающиеся по устойчивости к региональным типам засух сорта: Донецкий 4, Донецкий 6, Донецкий 8, Одесский 36, Зерноградский 73, Одесский 100 (Кравченко, 1990).

В заключении можно сделать вывод: общее направление селекции для всех засушливых зон - повышение физиологической засухо- и жароустойчивости образцов. Методы оценки этих признаков описаны в ряде руководств и ме-

тодических указаний, но следует отметить, что для надежности оценок рекомендуется параллельное использование двух-трех методов, кроме полевой оценки. Очень важно при этом выбрать те признаки (и соответственно методики оценки), которые лучше всего коррелируют с устойчивостью в данных конкретных условиях. Так, в районах, где преобладают глубокие, нарастающие весенне-летние засухи и растения сокращают транспирацию за счет устьичной регуляции, важнейшее значение приобретает жаростойкость сортов; в районах распространения весенних засух, захватывающих главным образом период вегетативного роста и формирования молодого колоса, на первый план выдвигается устойчивость ростовых процессов к обезвоживанию и т.д. Единых рецептов нет, и в каждой зоне нужно подыскивать свои, наиболее информативные признаки засухоустойчивости.

## **2. Экспериментальная часть**

### **2.1. Цель и задачи эксперимента**

Любой экстремальный фактор оказывает отрицательное влияние на продуктивность растений - как на накопление общей биомассы, так и на образование хозяйственно ценной части урожая. Причем степень этого влияния находится в прямой зависимости от напряженности и продолжительности действия стрессового фактора (Максимов С.А.. 1965). Однако в одних и тех же экстремальных ситуациях, как виды культивируемых растений, так и сорта одной и той же культуры, но свидетельству многочисленных фактов научных экспериментов и растениеводческой практики, снижают свою продуктивность в неодинаковой степени.

Большое значение в получении устойчивых урожаев ярового ячменя имеет способность растений противостоять недостаточному водоснабжению, особенно в период прорастания и формирования листовой поверхности. В связи с этим возникает вопрос о возможной сортовой особенности фотосинтетической реакции растений на действие водного стресса и как эта особенность коррелирует с адаптивными возможностями сорта.

Целью данной работы являлось экспериментальным путем проверить, существует ли сортовая специфичность в характер фотосинтетической реакции растений ярового ячменя различных лет селекции в ответ на стрессовые воздействия.

Для достижения цели мы поставили следующие задачи:

- изучить методом газо-метрического анализа особенность фотосинтетической реакции различных сортов ячменя в ответ на стрессовое воздействие.
- Провести анализ показателей фотосинтетической деятельности сортов.

## **2.2. Материал для исследования**

Для проведения эксперимента было взято 10 сортов ярового ячменя, которые возделывались в разное время в Центральной Нечерноземной зоне России, 6 из которых включены в Государственный реестр селекционных достижений и в настоящее время. Ниже дана характеристика сортов используемых при проведении опытов:

### **Винер**

Районирован в 1929 г. Сорт создан на Фаленской селекционной станции методом индивидуального отбора из местного сорта. Разновидность - нутанс. Масса 1000 зерен 39-45г. Сорт среднеспелый, засухоустойчивость на ранних фазах средняя, вынослив к повышенной кислотности почв. Поражаемость пыльной, каменной головней и гельминтоспориозом выше средней и сильная, карликовой и стеблевой ржавчиной - ниже средней. Пивоваренные и крупяные качества хорошие. Урожайность в среднем 18-40 ц/га.

### **Московский 121**

Районирован в 1964 г. Сорт создан в НИИСХ ЦРНЗ путем скрещивания сортов Майя и Винер. Разновидность нутанс. Масса 1000 зерен 35-52. Сорт среднеспелый (от посева до восковой спелости 81-101 день). Поражаемость пыльной головней - выше средней. Вынослив к повреждениям шведской мухой. Средняя урожайность 22-45 ц/га.

### **Надя**

Районирован в 1977 г. Сорт селекции ГДР. Создан методом гибридизации. Разновидность нутанс. Урожайность средняя, на сортоучастках в зонах возделывания (1973-75гг.) она составила 39,4-63,3 ц/га. Сорт интенсивного типа, вла-

голюбив, отзывчив на высокий агрофон. В засушливых условиях урожай снижается. Масса 1000 зерен равна 38-50г. Сорт устойчив к полеганию, даже в сильно увлажненные годы. Восприимчив к пыльной головне, несколько больше поражается гельминтоспориозом.

### **Носовский 9**

Районирован в 1979 г. Сорт создан на Черниговской государственной областной с/х опытной станции методом скрещиваний сортов Черниговский и Герта (Швеция). Разновидность нутанс. Урожайность на сортоучастках составила 46,7-55,4ц/га. Сорт среднеспелый, по устойчивости к полеганию на 0,5-1,5 балла превосходит стандарт (Нутанс 244). В сильно увлажненные годы сорт значительно полегает. В средней степени поражается пыльной головней, гельминтоспориозом несколько меньше. Масса 1000 зерен 40-44 г.

### **Зазерский 85**

Районирован в 1985 г. Сорт Белорусского НИИ земледелия. Получен методом индивидуального отбора из селекционного образца Э-544, завезенного из ГДР. Разновидность нутанс. Урожайность, в среднем составляет 36-56 ц/га. Сорт среднепоздний, вегетационный период 82-88 дней. Устойчив к полеганию - 4,35 балла. Масса 1000 зерен 38-46г. Значительно поражается пыльной головней.

### **Московский 3**

Районирован в 1986 г. Сорт создан в НИИСХ ЦРНЗ и на Рязанской государственной с.-х. опытной станции индивидуальным отбором из гибридной популяции (F<sub>2</sub>). Разновидность нутанс. В производственном испытании обеспечил урожайность 41,2 ц/га. Масса 1000 зерен 42-45 г. Выше среднего устойчив к

полеганию. В средней степени поражается пыльной головней, несколько восприимчив к гельминтоспориозу.

### **Биос 1**

Районирован в 1993 г. Разновидность нутанс. Сорт создан в НПО «Подмосковье», НИИ с.-х. биотехнологии и Рязанском НИПТИ АПК с использованием методов биотехнологии, гаплоидии и сложной межвидовой гибридизации. Внесен в реестр по Волго-Вятскому региону. Разновидность нутанс. За годы конкурсного сортоиспытания (1989-1991) при средней урожайности 41,6 ц/га превзошел стандарт Московский 2 на 4,2 ц/га. Максимальная урожайность 56,3 ц/га. Скороспелый: вегетационный период 70-80 дней. Устойчивость к полеганию высокая, к засухе - средняя. Зерно крупное, масса 1000 зерен 45-54 г. Отнесен к ценным по качеству сортам. Слабо поражается пыльной и твердой головней, слабовосприимчив к полосатой и сетчатой пятнистостям, гельминтоспориозу. Обладает толерантностью к корневым гнилям. Выше среднего поражается стеблевой ржавчиной и мучнистой росой.

### **Гонар**

Районирован в 1994 г. Сорт создан в Белорусском НИИ земледелия и кормов методом индивидуального отбора из гибридной популяции. Разновидность нутанс. В среднем в регионах допуска при урожайности 41,7-49,6 ц/га превысил стандарт Зазерский 85. Максимальная урожайность - 81,0 ц/га - была получена в Волго-Вятском регионе. Среднеспелый (76-85 дней), созревает раньше стандарта на 3-4 дня. Устойчивость к полеганию средняя - выше средней. Засухоустойчивость средняя. Недостаток сорта - сильная восприимчивость к пыльной головне. Выше среднего поражается мучнистой росой и бурой ржавчиной. Превосходит стандарт по устойчивости к каменной головне и

гельминтоспориозу. Рекомендуется протравливание семян. Сорт включен в список пивоваренных и наиболее ценных по качеству зерна.

### **Михайловский**

Внесен в Госреестр с 1998 г. Сорт создан в МСХА им. К.А. Тимирязева трехкратным массовым отбором из F<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub> с последующим индивидуальным отбором из F<sub>5</sub> гибридной популяции, полученной в 1993 году от скрещивания яровых сортов Мами и Свитязь. Рекомендован для использования в Северо-западном и Центральном регионах. Разновидность нутанс. Характеризуется высокой относительно стабильной урожайностью. В благоприятные годы его урожайность может достигать до 62 ц/га. Сорт среднеспелый и созревает на 4-5 дней раньше, чем Зазерский 85, Среднеустойчив сетчатому и полосатому гельминтоспориозу, мучнистой росе и пыльной головне. Масса 1000 зерен 45-47.5 г. Включен в список сортов пивоваренного назначения.

### **Раушан**

Внесен в Госреестр с 1998 г. Сорт создан совместно НИИСХ ЦРНЗ, Татарским НИИСХ и НПФ «Российские семена» индивидуальным отбором из гибридной популяции F<sub>2</sub> с последующей проверкой семей на однородность и типичность. Разновидность нутанс. Включен в Государственный реестр РФ по Средне-Волжскому региону. Сорт характеризуется относительно высокой и стабильной урожайностью. Среднеспелый. Хорошо реагирует на внесение удобрений. На высоких азотных фонах склонен к полеганию. Сорт защищен от поражения пыльной головней геном Run 15. Средневасприимчив к листовым болезням. Включен в список сортов пивоваренного назначения.

### 2.3. Методика проведения эксперимента

Экспериментальную часть работы проводили на фитотроне при кафедре физиологии растений МСХА им. К.А. Тимирязева.

По новой газо-метрической методике испытывали фотосинтетическую реакцию молодых растений на ситуацию водного стресса, подросших на дистиллированной воде в возрасте 10 суток до стадии формирования второго листа в константных условиях: температура воздуха  $+22\text{ C}^\circ$  влажность воздуха 50-60%, освещенность 30 Клк, фотопериод 16 часов. Растения подращивали в растильнях по 100 штук в каждой. Ситуацию водного стресса создавали путем прямого воздействия на корневую систему раствором сахарочы ча сутки до измерения. Измерения проводили на 10-ый день. Опыт закладывали в 3 повторности. Принципиальная схема газоанализатора представлена на рисунке 1.

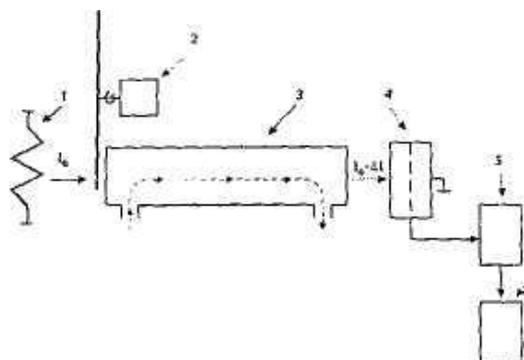


Рис. 1. Принципиальная схема измерительного канала

ИК-газоанализатора: 1- излучатель; 2- отбюратор;

3- измерительная кювета; 4- лучеприемник;

5- электро блок; 6- самописец.

Основная часть газо-метрической системы представляет собой герметичную камеру, соединенную 2-х канальным И К газоанализатором. Камера состоит из двух частей. Верхняя часть камеры соединяется с нижней посредством

герметического уплотнения. Объем камеры 6,6 дм<sup>3</sup>. Обе части камеры разъединяли при замене прошедших испытание растений. После определения общего газообмена на свету и в темноте, измеряли площадь листьев для расчета фотосинтетической поверхности. Затем растения высушивали до воздушно-сухой массы.

По характеру фотосинтетической активности судили об уровне засухоустойчивости сортов и тенденциях ее изменения в результате селекции ярового ячменя.

## **2.4 Результаты проведения исследования**

Большое значение в получении устойчивых урожаев зерновых культур, в том числе ярового ячменя, имеет способность растений противостоять неблагоприятным колебаниям погодных условий, в первую очередь дефициту почвенной влаги.

Стабильный рост урожайности ярового ячменя в Нечерноземье возможен при селекции на создание сортов с широкими адаптивными свойствами, обеспечивающими получение достаточно высокой урожайности в годы с различными метеорологическими условиями<sup>1</sup>. Использование лучших районированных сортов - один из наиболее доступных и экономически выгодных способов повышения урожайности и валовых сборов сельскохозяйственной продукции.

Одним из направлений в этой области является исследования механизмов устойчивости растений к абиотическим стрессам. Здесь на первый план выходит физиология растений, как одна из теоретических основ селекционных исследований, изучающих проблемы продуктивности растений в свете их устойчивости к абиотическим стрессам. В связи с тем, что адаптивные возможности растений напрямую связаны с эффективностью работы внутренних механизмов

регуляции, изучение фотосинтетической реакции растений в переходных режимах является актуальным для разработки и внедрения в практику селекции физиологических методов оценки разных сортов на устойчивость к абиотическим стрессам.

Разработанная методика заключается в измерении интенсивности фотосинтеза и интенсивности дыхания у сортов ярового ячменя при разных уровнях водообеспеченности.

Учитывая, что данный эксперимент проводился по новой методике, мы решили испытать изученные нами сорта по общепринятой методике определения засухоустойчивости растений путем проращивания семян на растворах сахарозы. Проверка засухоустойчивости (Практикум по физиологии растений под ред. Н.Н.Третьякова) показала, что критическое значение для прорастания имеет осмотическое давление примерно 15 атм. (табл 1.).

Таблица 1

Влияние осмотического давления раствора сахарозы различной концентрации на прорастание семян сортов ячменя

Сорт	Доля проросших семян в %					
	на 3 день			на 7 день		
	вода	10 атм.	15 атм.	вода	10 атм.	15 атм.

Винер	88,0	12,0	10,0	96,0	62,0	18,2
Московский 121	94,0	5,3	1,0	95,0	5,3	2,0
Надя	89,0	22,0	2,0	95,0	27,0	5,5
Носовский 9	91,0	16,3	0,0	96,0	29,4	3,0
Зазерский 85	74,5	11,1	0,0	86,3	11,1	1,0
Московский 3	57,9	5,6	4,0	96,3	9,3	4,0
Биос 1	90,0	8,2	2,0	97,0	8,2	6,0
Гонар	93,0	5,3	1,9	96,0	7,3	5,5
Михайловский	92,0	30,6	15,7	99,0	44,9	23,5
Раушан	94,0	17,5	9,0	98,0	20,1	10,2

Как видно из таблицы 1, самую наибольшую способность к прорастанию имеют сорта Винер и Михайловский, которые отнесены к сортам классификаторам с сильной засухоустойчивостью.

Как показали измерения, все испытанные сорта ярового ячменя несколько отличались по характеру фотосинтетической реакции на увеличение осмотического давления в корневой зоне.

В нашем опыте почти у всех сортов отмечена известная реакция на водный стресс (рис. 2 и 3). В условиях засухи происходит снижение интенсивности фотосинтеза по сравнению с контролем. Причем наиболее заметное снижение наблюдается у сорта Зазерский 85. Снижение интенсивности фотосинтеза у этого сорта произошло более чем в 2,5 раза, а интенсивность дыхания увеличилась примерно на 15%. Примерно та же картина наблюдается у сорта Московский 121. Интенсивность фотосинтеза снизилась почти в два раза. При этом дыхание увеличилось незначительно (на 8,5 %).

У сортов Надя, Носовский 9, Московский 3, БИОС 1, Гонар интенсивность

фотосинтеза снизилась в пределах 15-22%. Из всех перечисленных сортов только у сорта БИОС I интенсивность дыхания снизилась на 11 %. У остальных сортов наблюдается незначительное увеличение интенсивности дыхания.

На 12,3 % снизилась интенсивность фотосинтеза у сорта Раушан. Примерно на столько же снизилась и интенсивность дыхания.

У сортов Винер и Михайловский интенсивность фотосинтеза снизилась незначительно по сравнению со всеми испытываемыми сортами

на 5 и 7 % соответственно. Дыхание у сорта Винер осталось почти на прежнем уровне. У сорта Михайловский оно уменьшилось на 25%.

Ряд авторов разделяет растения по отношению к засухе на две группы: активные и пассивные и, соответственно, различает пассивную и активную адаптации (Северцов, 1939). Наиболее устойчивыми к засухе являются сорта, которые при воздействии стресс-фактора быстро реагируют и пытаются адаптироваться к действию засухи (активная адаптация). Те же сорта, у которых наблюдается интенсивное снижение фотосинтеза, по всей видимости, пытаются преодолеть воздействие стрессора другим путем. Вероятно, у этих сортов происходит так называемая пассивная адаптация к водному стрессу.

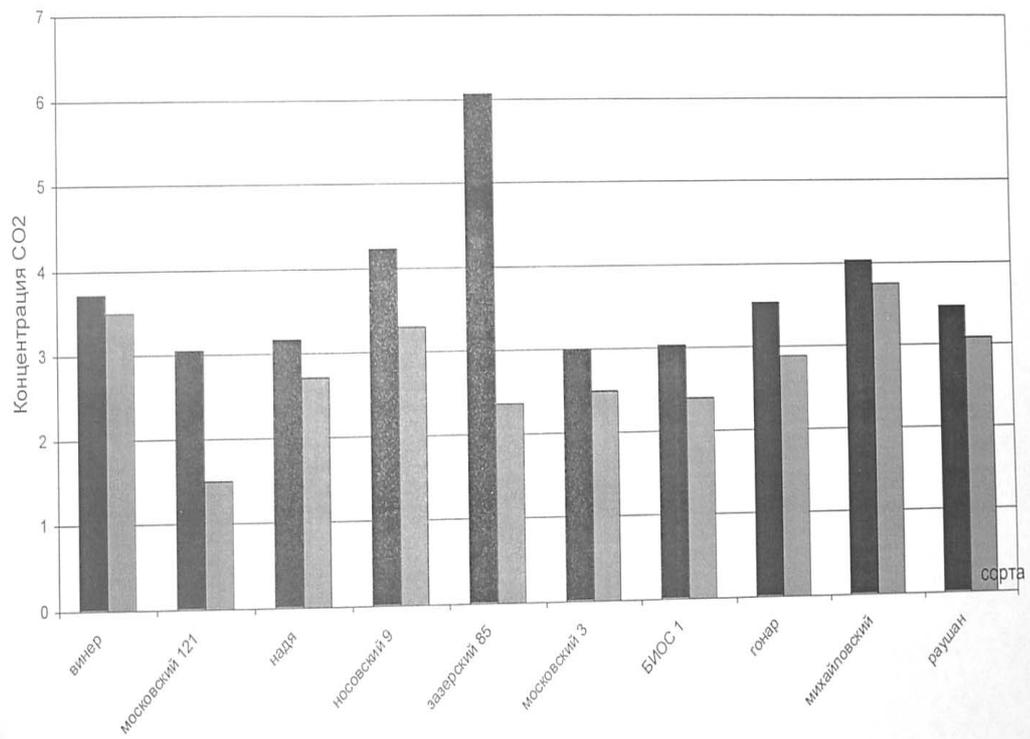


Рис. 2. Интенсивность фотосинтеза мг/час\*дм<sup>2</sup>

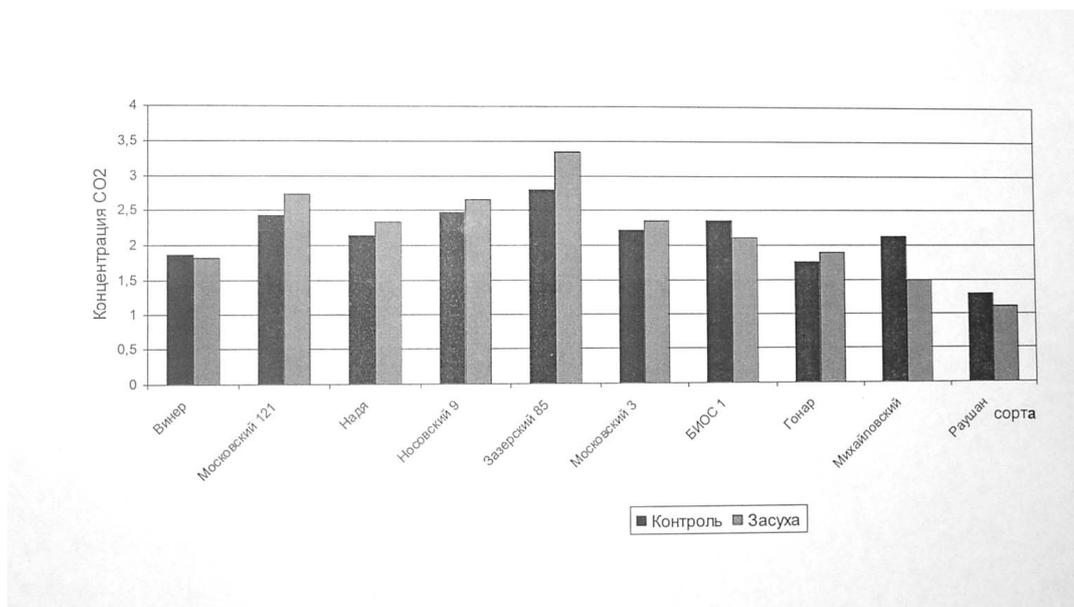


Рис. 3. Интенсивность дыхания мг/час на 1 гр. сухой массы

■ Контроль ■ Засуха

Значительное снижение интенсивности фотосинтеза при водном дефиците, по мнению ряда авторов (Turner, 1976 и др.), обусловлено уменьшением устьичной проводимости вследствие закрытия устьиц. По мнению авторов, активная адаптация имеет целый ряд преимуществ, поскольку при этом поддерживается тургор клеток, устьица остаются открытыми и тем самым обеспечиваются условия для фотосинтеза и других процессов обмена.

По-видимому, с точки зрения способности растений противостоять корневой засухе испытываемые сорта можно ранжировать следующим образом: наиболее устойчивыми к засухе являются сорта Винер и Михайловский. Сорт Раушан имеет степень устойчивости выше среднего уровня. Среднюю устойчивость к засухе имеют сорта Надя, Носовский 9, Московский 3, БИОС 1, Гонар. И сорта, слабоустойчивые к засухе, - Московский 121 и Зазерский 85. Полученные данные приведены в таблице 2.

Данный вывод может быть справедлив при кратковременной засухе. Результаты испытания показывают, что данная методика может быть использована для предварительной оценки устойчивости сортов.

Проведенный нами эксперимент позволяет сделать вывод, что селекция на повышение зерновой продуктивности сопровождалась некоторым снижением устойчивости сортов к дефициту почвенной влаги. Однако из этой тенденции есть исключение - сорт Михайловский.

Таблица 2

Показатели интенсивности дыхания и интенсивности фотосинтеза разных сортов ярового ячменя

Сорт	Число растений, шт.	Сухой вес, г	Фотосинтетическая поверхность, дм <sup>2</sup>	Газообмен на свету общий, мл/ч	Фотосинтез общий, мл/ч	Дыхание общее, мл/ч	Удельный фотосинтез, мл/ч*дм <sup>2</sup>	Удельное дыхание, мл/ч*
Контроль								
Винер	97	4,07	3,28	4,57	12,22	7,65	3,72	1,87
Московский 121	97	3,34	3,52	2,32	10,75	8,43	3,05	2,42
Надя	97	3,59	3,49	3,4	11,07	7,67	3,17	2,13
Носовский 9	97	3,30	2,58	2,70	10,89	8,19	4,22	2,48
Зазерский 85	98	3,23	2,38	4,99	14,44	9,45	6,06	2,80
Московский 3	99	3,47	3,27	2,16	9,86	7,70	3,01	2,21
Биос 1	97	3,28	3,15	1,83	9,56	7,73	3,03	2,35
Гонар	99	4,01	2,67	2,42	9,44	7,02	3,53	1,75
Михайловский	97	4,14	3,05	3,51	12,31	8,80	4,03	2,12
Раушан	97	4,11	2,78	4,32	9,67	5,35	3,47	1,30
Засушливые условия								
Винер	97	4,00	3,20	4,06	11,35	7,29	3,50	1,82
Московский 121	96	2,72	3,40	3,03	4,38	7,41	1,50	2,73
Надя	97	3,09	3,37	2,95	10,16	7,21	2,70	2,33
Носовский 9	99	2,80	2,26	2,48	7,45	7,45	3,30	2,66
Зазерский 85	98	3,12	2,36	2,09	5,33	3,24	2,36	3,35
Московский 3	97	3,28	3,58	3,24	8,96	5,72	2,50	3,35
Биос 1	97	2,50	3,10	2,37	7,63	5,26	2,46	2,11

Гонар	96	2,86	2,88	2,97	8,32	5,35	2,89	1,89
Михайловский	96	4,90	2,76	2,97	10,38	7,41	3,74	1,49
Раушан	97	4,09	2,71	3,84	8,38	4,54	3,09	1,11

## Выводы

1. При использовании газо-метрической системы выявлена сортовая специфичность фотосинтетической реакции растений ярового ячменя на ухудшение условий водоснабжения. Наиболее устойчивыми к засухе являются сорта Винер и Михайловский. Сорт Раушан имеет степень устойчивости выше среднего уровня. Среднюю устойчивость к засухе имеют сорта Надя, Носовский 9, Московский 3, БИОС 1, Гонар. Сорта Московский 121 и Зазерский 85 - слабоустойчивы к засухе.

2. При сравнении общепринятой методики и методики газо-метрического анализа, последняя дает более подробную информацию: эта методика позволяет проследить изменения фотосинтетической реакции растений при засухе.

## Список литературы

1. Метеорологические условия и продуктивность сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР/Под ред. Е.С. Улановой 1978.

2. Алексеев А.М. Водный режим растений и влияние на него засухи. Казань 1948.

3. Антоненко В.С., Гойса Н.И. О влиянии водного дефицита озимой пшеницы на её фотосинтетическую продуктивность//Тр. Регион.НИИ Госкомгидромета. 1985 №20.

4. Березина О.В. Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата сортов твердой и мягкой пшеницы в связи с их продуктивностью: Авториф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 1989.

5. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы засухоустойчивых сортов: Всесоюзн. конф. по борьбе с засухой. М, 1931. Бюл. 2.

6. Васильчук Н.С., Кумаков В.А. Дневной ход транспирации яровой пшеницы в усло-

виях Саратова//Некоторые вопросы биологии и физиологии растений: Сб. научн. работ/ Саратовский с.-х. ин-т, 1973.

7.Ведров Н.Г. Селекция и семеноводство яровой пшеницы в экстремальных условиях. Красноярск, 1984.

8.Вотчал Е.Ф. Полевая физиология (нормальная и патологическая) и физиологическое сорта изучение в селекции//Труды НИИ селекции. Киев, 1928. Вып. 2.

9.Гужов Ю.Л. короткостебельные мексиканские сорта яровой пшеницы и их роль в увеличении производства зерна//Изв. АН СССР. Сер. биол.1973. № 6.

10.Ю.Добрынин Г.М. Рост и формирование хлебных кормовых злаков. Л., 1969.

11.Игошин А.П., Игошина Г.Ф. Роль вторичных источников поступления веществ в зерно и реализация продуктивности сформировавшегося колоса//Физиология сельскохозяйственных растений: Сб. науч. работ/Саратовский с.-х. ин-т. 1987. Вып. 37.

12.П.Игошин А.П., Игошина Г.Ф. Роль текущего фотосинтезу и реутилизации в формировании зерновой продуктивности колоса после цветения/Продукционный процесс его моделирование и полевой контроль: Сб. науч. трудов/НИИСХ Юго-востока. Саратов. 1990.

13..Коваль С.Ф., Киселева А.Н. Ростовая реакция надземных органов пшеницы в условиях нарастающей почвенной засухи//Физиология приспособления растений к почвенным условиям. Новосибирск. 1973.

14.Котляр Л.Е., Кумаков В.А. Источники поступления азота в зерно яровой пшеницы//Физиология растений, 1989. Т. 30, вып. 4.

15.Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М., 1985.

16.Кумаков В.А. Физиологические подходы к селекции растений на продуктивность и засухоустойчивость//С.-х. биология. 1986. № 6.

17.Кумаков В.А., Березина О.В., Игошин А.П., Кулапова Е.А., Синяк В.М., Чернов В.К. Биологические особенности короткостебельных сортов пшеницы//Изв. АН СССР. Сер. биолог. 1990 № 2.

18.Кумаков В.А., Игошина А.П., Игошина Г.Ф., Мазманиди А.Г., Трофическое обеспече-

ние наливающегося зерна яровой пшеницы. С.-х. биология. 1991, №5.

19. Кумаков В.А., Кузьмина К.М., Алешин А.Ф., Андреева А.Ф. Роль кущения в формировании урожая яровой пшеницы в степном Поволжье/С.-х. биология. 1982. Т. 17, № 2.

20. Курьянович А.А. Физиолого-биохимические особенности сортов яровой пшеницы Северного Казахстана в связи с их засухоустойчивостью: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб. 1993.

21. Максимов Н.А. Подавление ростовых процессов как основная причина снижения урожаев при засухе//Успехи современной биологии. 1939. Т. XI, № 1.

22. Максимов Н.А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. Т. 1. Водный режим и засухоустойчивость растений. 1952.

23. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза М.. 1981.

24. Мокроносов А.Т., Борзенкова Р.А. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов//Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л., 1978. Т. 61. Вып. 3.

25. Петин Н.С. Физиология орошаемой пшеницы. М.. 1959.

26. Прусакова Л.Д. Рост листьев в связи с содержанием аминокислот и ДНК при различном водном режиме//Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М., 1963.

27. Ремесло В.Н., Василенко И.И., Куперман Ф.М., Мурашов В.В. Особенности реализации потенциальной продуктивности мироновских сортов пшеницы//Вестн. с.-х. науки. 1979. №10.

28. Слейчер Р. водный режим растений. М.. 1970.

29. Тарчевский И.А. Фотосинтез и засуха. Казань. 1980.

30. Устименко А.С., Данильчук П.В., Гвоздикова А.Т. Корневые системы и продуктивность сельскохозяйственных растений. Киев, 1975.

31. Федоров П.И. Продуктивность пшеницы. Саратов, 1980.

32. Чернов В.К. Использование пасочного метода в исследованиях полевого опы-

та//Некоторые вопросы биологии и физиологии растений: Сб. науч. работ/Саратовский с.-х. ин-т. 1973. Вып.. 26.

33.Чернышова С.В. Изменение фотосинтетической активности хлоропластов пшеницы и содержание пигментов при действии засухи и высоких температур//Тр. по прикл. бот. ген. и сел. ВНИИ растениеводства.. 1979. Т. 64, № 3.

34.Шматько И.Г., Григорюк И.А., Шведова О.Е. Устойчивость растений к водному и температурному стрессам. Киев, 1989.