

На правах рукописи

Половинкина Светлана Викторовна

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ
Triticum vulgare L. НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА В
УСЛОВИЯХ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ**

03.02.01 – ботаника

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Улан-Удэ – 2010

Работа выполнена на кафедре физиологии растений, микробиологии и агрохимии
ФГОУ ВПО Иркутская государственная сельскохозяйственная академия

Научный руководитель:

Илли Иван Экидиусович
доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Попова Ольга Александровна
доктор биологических наук, профессор

Бухарова Евгения Васильевна
кандидат биологических наук

Ведущая организация:

**Сибирский институт физиологии
и биохимии растений СО РАН**

Защита состоится «18» ноября 2010 года в 13⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета Д 212. 022. 03 при Бурятском государственном университете по адресу 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24 а, конференц-зал.

Факс (301-2) 21-05-88, e-mail: d_21202203@mail.ru, po1ovinka@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского государственного университета

Автореферат разослан «16» октября 2010 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
кандидат биологических наук



Н.А. Шорноева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. *Triticum vulgare* L. имеет большое народно-хозяйственное значение. В Предбайкалье данная культура является ведущей среди зерновых культур, в общей площади посевов этого региона среди зерновых и зернобобовых она занимает около 50% (Полномочнов и др., 2009). Пшеница – одна из древнейших культур в земледелии. Точное время ее окультуривания не установлено, однако известно, что ее возделывали в Европе и Азии примерно за 4-6 в. до н.э. В научной литературе известно, что имеется четыре центра происхождения диких видов и экотипов пшеницы. Это Среднеазиатский, Переднеазиатский, Средиземноморский и Абиссинский (Вавилов, 1966; Гуляев, Дубинин, 1980), из них по разнообразию форм особенно выделяется Переднеазиатский, который охватывает обширную территорию, включая Малую Азию, все Закавказье, Иран и горную часть Туркмении. Здесь сосредоточен почти весь потенциал дикорастущих видов пшеницы (Гуляев, Дубинин, 1980).

Условия формирования пшеницы существенно отличаются от экологических условий Сибири, отсюда ее интродукция как культурного растения была возможна только благодаря изменениям, происходящим в геноме этого вида. Такие изменения были возможны только при создании сортов искусственным путем и введения их в культуру.

В генетическом плане мягкая пшеница является гексаплоидом, то есть ее геном состоит из трех субгеномов (AABBDD), донором (AABB) были дикорастущие виды тетраплоидных пшениц. Полагают (Вавилов, 1987), что благодаря субгеному DD, донором которого стала диплоидная дикорастущая пшеница таушия (*Tauschii* L.), появилась возможность распространения этого вида как культурного растения по всему миру. Генетический потенциал вида оказался наиболее пластичным к среде обитания.

В Сибири вышеуказанным способом адаптированы сорта 42-хромосомного вида пшеницы, процесс адаптации которых занял очень длительное время, в частности, в Восточной Сибири он проходил в течение последних 200 – 250 лет, и, вероятно, так до конца и не завершён (Дубинин, 1976). *Triticum vulgare* L. – однолетнее растение, в климатических условиях Предбайкалья в период онтогенеза оно должно обладать одновременно тремя генетическими программами устойчивости. В частности, генетической программой устойчивости к весенней засухе, которая совпадает с ювенильным периодом онтогенеза данного растения; устойчивости к обильным осадкам в июле и августе, что приводит к полеганию растений в период формирования генеративных органов; устойчивости к дефициту тепла, наблюдаемого во второй половине августа и далее в сентябре, что совпадает с начальными этапами онтогенеза *Triticum vulgare* L. Таким образом, все три генетические программы устойчивости растений данного вида в условиях Предбайкалья разобщены во времени и в пространстве.

Основным направлением наших исследований было изучение эколого-биологических механизмов адаптации растений *Triticum vulgare* L. к дефициту тепла на начальных этапах онтогенеза. Для более детального изучения аспектов этой проблемы нами был использован метод получения экотипов (МПЭ), позволяющий оп-

ределить устойчивость растений на уровне отдельных особей. Такой подход нам представляется перспективным, так как введение данного вида в культуру за экологическими пределами упомянутых центров происхождения, в том числе в условиях Предбайкалья происходит исключительно на основе микроэволюции. В частности, злаки относятся к наиболее продвинутой линии в эволюции царства растений, отсюда их зародыш дифференцирован. Это позволяет четко проследить уровень адаптации отдельных тканей и органов зародыша к низкотемпературному воздействию.

Цель и задачи исследований. Целью работы является изучение эколого-биологических механизмов процессов адаптации *T. vulgare* к низкотемпературному воздействию на начальных этапах онтогенеза и реализации этих возможностей в последующих этапах индивидуального развития растений.

Для достижения поставленной цели предусматривались следующие задачи:

1. Разработать универсальный метод получения экотипов из любых сортов *Triticum vulgare* L. с целью изучения механизмов адаптации особей к среде обитания.

2. Установить степень анатомо-морфологической сформированности отдельных эмбриональных структур зародышей у экотипов *Triticum vulgare* L., и определить у них диапазон тканеспецифической адаптации к низкой температуре.

3. Изучить особенности ростовых процессов у проростков различных экотипов сортов Тулунская 12 и Ангара 86, и установить влияние низкотемпературной адаптации зерновки на устойчивость растений к дефициту почвенной влаги на последующих этапах онтогенеза.

4. У различных экотипов сортов *Triticum vulgare* L. определить семенную продуктивность и рассчитать параметры эколого-биологического статуса (ЭБС). На основе разработанных критериев провести сравнительный анализ ЭБС экотипов у исследованных сортов.

Научная новизна. Впервые разработан метод разделения сортов *Triticum vulgare* L. на экотипы, позволяющий на уровне особей изучать биологические механизмы (по признакам развития колеоптиля, первого эмбрионального листа, щитка, эпибласта, колеоризы, центрального зародышевого корня, количества корней), адаптации растений к среде обитания. Впервые показано, что высокой засухоустойчивостью и семенной продуктивностью обладают особи лишь тех экотипов, у которых на начальных этапах онтогенеза происходят микроэволюционные процессы, способствующие адаптации их в дальнейшем к низкотемпературным условиям Предбайкалья.

Использование метода получения экотипов позволяет существенно расширить границы методологических возможностей изучения механизмов адаптации растений *Triticum vulgare* L на уровне особей к экстремальным факторам среды обитания, чего нельзя установить при сравнении биологических признаков на уровне сортов. Оригинальность метода подтверждена двумя патентами.

Практическая значимость исследования. Предложенный нами метод получения экотипов раскрывает не только механизмы адаптации растений *Triticum vulgare* L. к среде обитания, но и позволяет выявить перспективные экотипы, при-

годные для селекционной практики. Обычно оригинаторы используют в качестве исходных родительских пар сорта. Использование наиболее адаптированных экотипов в качестве родительских пар позволяет избавиться от нежелательных признаков, наследуемых в гибридном материале.

В научной литературе эти данные получены впервые, и они свидетельствуют о необходимости использования вышеупомянутых экотипов при создании засухоустойчивых сортов.

Метод получения экотипов может быть также использован не только в научно-исследовательской практике при изучении механизмов адаптации культурных растений к низкотемпературным условиям, но и при изучении дикорастущих видов в процессе освоения ими новых экологических ниш.

Результаты исследований могут быть включены в программу обучения студентов биологических факультетов ВУЗов страны при чтении курса лекций по дисциплине "Основы популяционной биологии."

Защищаемые положения:

1. Метод разделения сортов *Triticum vulgare* L. на экотипы позволяет на основе анализа микроэволюционных процессов начальных этапов онтогенеза раскрыть механизмы их адаптации. Так, у адаптированных к низкотемпературным условиям Предбайкалья особей органы и ткани формирующейся зерновки обладали высокой засухоустойчивостью и семенной продуктивностью.
2. В практике создания новых форм культурных растений оригинаторы в качестве исходных родительских пар используют сорта. Использование экотипов в данном процессе позволяет избавиться от нежелательных признаков, наследуемых в гибридном материале.

Апробация диссертации. Материалы диссертации представлены и обсуждены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава: (Иркутск, 2002, 2006), (Чита, 2003); на международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях: «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур» (Пенза, 2004), «Физиологические аспекты продуктивности растений» (Орел, 2004), «Актуальные проблемы АПК» (Иркутск, 2005), «Плодородие почв, эффективность средств химизации и методы оптимизации питания растений» (Иркутск, 2005), «Севообороты, ресурсосберегающие технологии и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Приангарья» (Иркутск, 2005), «Проблемы устойчивого развития регионального АПК» (Иркутск, 2006), «Сельскохозяйственные и прикладные науки в развитии сельского и лесного хозяйства: актуальные вопросы, практика и обмен опытом» (Иркутск, 2006), «Совместная деятельность сельскохозяйственных товаропроизводителей и научных организаций в развитии АПК центральной Азии» (Иркутск, 2008), «Теория и практика прогнозирования продуктивности сортов и гибридов различного посадочного материала» (Симферополь, 2009).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 17 работ, в том числе 1 статья в издании, рекомендованном ВАК.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 129 страницах. Состоит из списка терминов, введения, обзора литературы, описания условий, материала и методов исследования, 3 глав собственных исследований и их обсуждения, заключения, выводов, библиографического списка, в котором 120 отечественных и 32 зарубежных источников. Текст диссертации иллюстрирован 17 рисунками и 22 таблицами.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю доктору биологических наук, профессору И.Э. Илли, кандидату биологических наук Г.Д. Назаровой за консультации, поддержку и обсуждение результатов работы, а также преподавателям кафедры физиологии растений ИрГСХА и кафедры ботаники БГУ за участие и помощь в работе.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Анатомо-морфологические особенности формирования зерновки *Triticum vulgare* L. (обзор литературы)

В главе подробно рассмотрена последовательность дифференциации и развития отдельных элементов структуры зародыша *Triticum vulgare* L., их морфологическая природа и физиологическая роль. Обсуждается влияние экологических условий Предбайкалья на отдельные структуры зародыша и прорастание семян. Также рассмотрены факторы и условия генетической устойчивости и микроэволюции популяций. Показано, что условия, в которых поддерживаются популяции культурных растений, отличны от среды обитания природных популяций.

Глава 2. Условия, материал и методы исследований

Климатические условия Предбайкалья. Экологические условия региона изложены в виде агроклиматических зон, которые более объективно отражают особенности потенциала климатических ресурсов Предбайкалья. По этой градации территория Предбайкалья делится на шесть климатических зон: Северо-западную, Центральную, Присяянскую, Южную, Прибайкальскую и Приленскую. По гидротермическим показателям лишь две из шести зон (первую и вторую) можно отнести к теплым зонам с удовлетворительными показателями влагообеспеченности, в которых сумма эффективности температур составляет 1400-1650°C. Остальные четыре зоны либо чрезмерно засушливы, либо чрезмерно прохладны (Полномочнов, Илли, 2009). В частности, четвертая зона, расположенная на территории с регулярными весенними засухами, которая была выбрана нами для создания условий дефицита почвенной влаги с целью выявления наиболее адаптированных к данным условиям экотипов исследуемых сортов *T. vulgare*.

В ходе выполнения данной работы были исследованы экотипы современных 12 сортов мягкой пшеницы, возделываемые в Предбайкалье. Из раннеспелых нами были выбраны сорта Ангара 86, Тулун 15, Ирень, Новосибирская 15; среднеспелых – Скала, Тулунская 12, Бурятская 79, Селенга, Бурятская остистая, Омская 32, Студенческая, Новосибирская 29.

Для получения семенного материала растения пшеницы выращивали на опытном поле УНПУ «Молодежное» ИрГСХА в течение пяти лет (2005-2009 гг.). Делянки размещали рендомизированным способом для того, чтобы устранить корреляцию между сравниваемыми сортами (Гуляев, Дубинин, 1980). Размеры делянок в селекционном питомнике составляли от 30 до 500 см² в зависимости от количества семенного материала в трехкратной повторности. В качестве контроля использовали сорта, из которых были получены экотипы.

Посев образцов проводили в оптимальные сроки вручную с нормой высева из расчета 6,5 млн. всхожих зерен на 1 га. Фенологические наблюдения проводили для оценки наступления и длительности различных фаз, а так же общую продолжительность периода онтогенеза – от полных всходов до полной спелости. Отмечали начало и конец каждой фазы: начало, когда 10%, а конец 75% общего числа растений на делянке вступало в данную фазу. Для учета густоты стояния растений на делянках после появления полных всходов выделяли и закрепляли пробные площадки. Число растений на пробных площадках подсчитывали дважды – в фазе полных всходов и перед уборкой, определяя степень изреживаемости за период вегетации.

Учет семенной продуктивности проводили по методике Т.А. Работного (1969) с некоторыми модификациями И.В. Вайнагий (1974). Элементы семенной продуктивности растений в опытах подвергали статистической обработке (Доспехов, 1985). Для определения всхожести зерновок и энергии прорастания использовали ГОСТ 12038-84.

Для разделения сортов мягкой пшеницы на экотипы использовали модифицированный метод определения содержания белка в интактных зерновках злаков (Илли и др., 2006). Всего было получено по семь экотипов у каждого исследуемого сорта. Общее содержание белка у зерновок пшеницы определяли по методике, разработанной В.И. Сичкарем и соавторами (Сичкарь и др, 1973).

При изучении морфологии формирования зародыша использовали метод микроскопического анализа. Анатомические особенности сформированности зародышей у экотипов сортов пшеницы определяли на временных препаратах, выполненных по методике, изложенной Фурстом (1979). Срезы выполняли в трех плоскостях сечения: дорсовентральной, трансверсальной и латеральной по отношению к оси зародыша (Батыгина, 1987). Измерение длины и ширины различных элементов морфологической структуры зародыша проводили методом микроскопии с окулярным микрометром. На продольных срединных срезах определяли размеры тканей колеоптиля, первого эмбрионального листа, первичного корня, колеоризы, щитка и эпибласта. На тангентальных срезах подсчитывали количество эмбриональных корней и степень их дифференциации. На поперечных срезах изучали степень развития эмбриональной проводящей сосудистой системы. Площадь элементов структурной организации зародыша в дорсовентральной плоскости срединного среза вычисляли, экстраполируя аналогию формул и коэффициентов, предложенных Н.Ф. Коняевым (1970) для нахождения площади листьев различной конфигурации. Определение засухоустойчивости растений проводили путем проращивания семян на растворах сахарозы. Данный метод основан на определении количества проросших семян на растворах сахаров с высоким осмотическим давлением, имитирующем условия физиологической сухости на ранних этапах онтогенеза (Назарова, 2005).

Обработку массивов данных всех экспериментов проводили на IBM PC Pentium IV с использованием статистического пакета программного обеспечения Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Глава 3. Внутрисортовой полиморфизм *Triticum vulgare* L. в условиях Предбайкалья и метод его изучения

3.1. Влияние степени увлажнения среды на всхожесть семян *Triticum vulgare* L.

По методике С. Петерсона и П. Маттерна (Ермаков, 1987) для предварительного набухания семян пшеницы необходимо десять суток. Наши предварительные исследования показали, что в этом случае большая часть семян теряет жизнеспособность. Это обусловлено тем, что зерновки, находясь длительное время в условиях избыточного увлажнения, испытывают недостаток кислорода и гибнут. В этой связи мы предприняли попытку сократить до минимума период набухания семян.

Известно, что семенам пшеницы для нормального прорастания необходимо поглотить 52-54% влаги от собственного веса. Исследования показали, что семена пшеницы поглощали необходимое для полного насыщения количество воды в течение 4 суток, что позволило нам существенно увеличить и сохранить практически на уровне контроля всхожесть семян пшеницы (табл. 1). При этом зерновки оказались уже полностью насыщены водой.

Таблица 1. Всхожесть семян *Triticum vulgare* L. в зависимости от степени увлажнения среды

Продолжительность увлажнения, сутки	Сорт	Всхожесть семян, %
0(контроль)	Сибирка 1818	96
	Скала	93
3	Сибирка 1818	85
	Скала	93
4	Сибирка 1818	93
	Скала	95
10	Сибирка 1818	38
	Скала	40

3.2. Плотность экотипов у сортов Сибирских популяций *Triticum vulgare* L.

При разделении сортов на экотипы нами было избрано одно основное условие: если сопредельные по спектру экотипы отличаются друг от друга по общему содержанию белков в семенах примерно на 2% и более, то их можно считать экотипами сорта. Результаты серий предварительных исследований показали, что для получения вышеупомянутых экотипов необходимы разделительные растворы сахарозы, отличные по показателю плотности с шагом в 10 единиц, то есть 1.300, 1.290, 1.280 1.270, 1.260,

1.250, 1.240 г/см³. Для их приготовления использовали исходный раствор с плотностью равной 1.300 г/см³ (определяли плотность раствора ареометром), концентрация которого составляла 4,064 М при температуре 20-22°C. Последующие растворы получали путем добавления дистиллированной воды в исходный концентрированный раствор, плотность каждой вновь полученной концентрации раствора проверяли по ареометру.

Семена после четырехсуточного увлажнения опускали сначала в самый насыщенный раствор с плотностью 1.300 г/см³. При этом семена делились на две группы: одна из них всплывала на поверхность, а другая опускалась на дно (рис. 1). Группа утонувших семян считалась разделенной.

В тексте диссертации представлены данные о содержании белка в зерновках различных экотипов. Показано, что каждый экотип четко отличался от соседних по содержанию белка в зерновках. Следовательно, нам удалось достигнуть основной цели, ради которой разрабатывался предлагаемый метод получения экотипов (МПЭ).



Рис. 1. Количественный спектр особей экотипов у сортов *T. Vulgare* L. На примере сорта Тулунская 12

Эти же данные дополнительно подтверждают, что установленный нами шаг концентраций позволяет достоверно четко разделить сорта пшеницы на составляющие их экотипы.

Известно, что при равных благоприятных, либо неблагоприятных условиях среды содержание запасных белков в семенах всегда больше у высокобелковых, чем у низкобелковых сортов *T. Vulgare* (Вигоров, 1960; Строна, 1966). Это означает, что количество запасных белков в зерновке пшеницы – признак наследуемый. Более того, по электрофоретическому спектру индивидуальных белков глиадинов (проламинов), извлеченных из зерновки пшеницы можно генетически достоверно идентифицировать сорта у культурных растений *T. vulgare* (Конарев, 1980). Это означает, что не только суммарное, но и индивидуальное количество запасных белков находится под генетическим контролем. Отсюда следует, что признак (показатель), используемый в МПЭ генетически наследуется.

В работе представлены 12 сортов, относящихся к трем популяциям: Предбайкальской, Забайкальской и Западносибирской предварительно выращенные в одних и тех же экологических условиях – в Предбайкалье. Результаты исследования показали, что у всех сортов применение МПЭ позволило получить по семь экотипов (рис. 2). В течение трех поколений у исследованных сортов количество особей в ка-

ждом экотипе было относительно ста- бильно. Отклонения по годам по этому показателю не превышали 3%. Этот эффект, по-видимому, был обусловлен тем, что у растений пшеницы процесс оплодотворения осуществляется преимущественно по типу самоопыления, сохраняя количественную стабильность особей в экотипах.

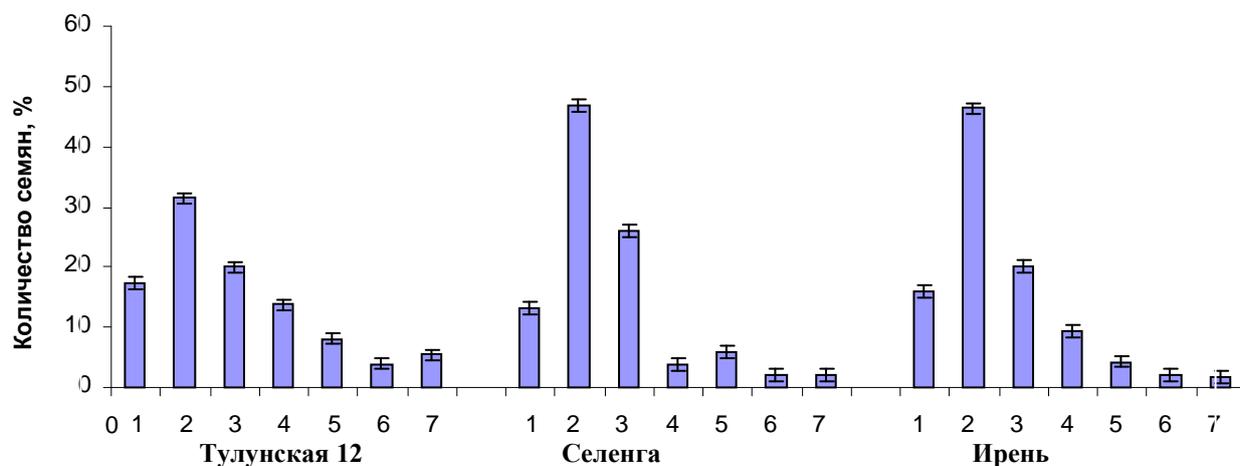


Рис. 2. Плотность экотипов у сортов Сибирских популяций *Triticum vulgare* L.: 1...-7 – номера экотипов; сорт Тулунская 12 представитель Предбайкальской, Селенга – Забайкальской, Ирень - Западносибирской популяций

Одновременно с упомянутыми сходными признаками нами были обнаружены и индивидуальные различия между сортами. В частности, каждый сорт обладал индивидуально своим спектром численности особей в экотипах (рис. 2). По всей вероятности, это связано с генетической индивидуальностью созданных оригинаторами сортов, которая и обнаруживается у них в предлагаемом нами методе получения экотипов (Илли и др., 2006).

Таким образом, в научной практике на примере культурных растений *T. vulgare* нами впервые разработан и экспериментально обоснован метод разделения сортов мягкой пшеницы на составляющие их семь экотипов. Оригинальность метода подтверждена двумя патентами (Илли и др., 2006; Илли и др., 2007).

Глава 4. Рост и развитие морфологических структур зародыша *Triticum vulgare* L. в Предбайкалье на начальных этапах онтогенеза

Неблагоприятные природно-климатические условия в период формирования зерновки *Triticum vulgare* L. оказывают существенное влияние на степень развития морфологических структур зародыша, поэтому процесс формирования экотипов у сортов мягкой пшеницы в Предбайкалье зачастую сопряжен с нарушением роста и развития зародышей зерновок (Илли, 1989). Изучение степени сформированности зародыша зерновки позволяет судить об ее способности прорасти на ранних этапах онтогенеза.

В работе представлены данные по двум сортам Тулунская 12 и Ангара 86, адаптированных оригинаторами для условий Предбайкалья. Показано, что степень развития различных органов зародыша у особей экотипов сортов различна (рис. 3), то есть морфологические показатели у отдельных особей могут существенно меняться

в пределах одного сорта.

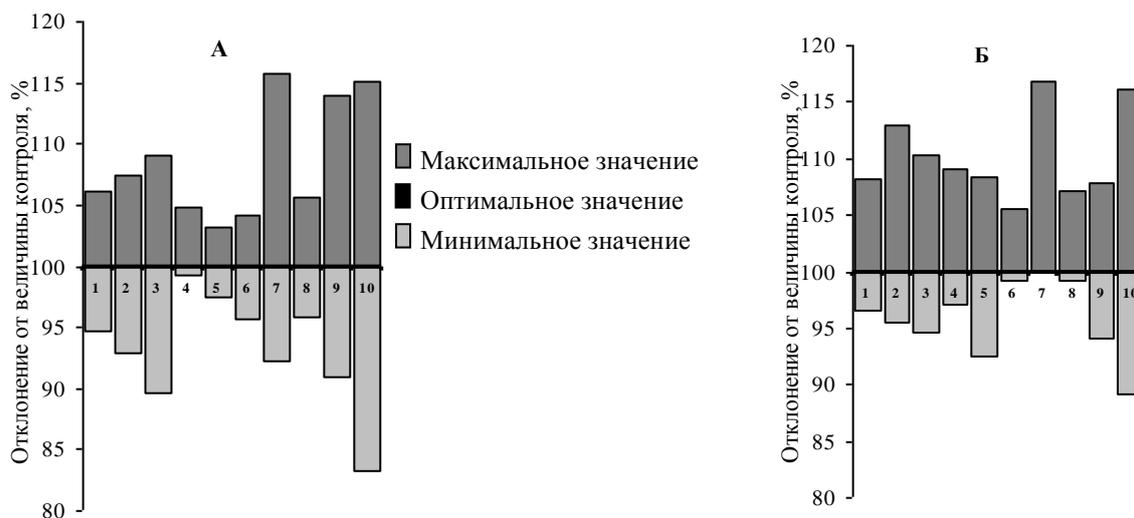


Рис. 3. Параметры варьирования морфологических структур зародыша у экотипов сортов *Triticum vulgare* L. (%): А – Сорт Тулунская 12, Б – сорт Ангара 86; 1 – площадь coleoptilya, 2 – площадь первого эмбрионального листа, 3 – площадь центрального зародышевого корня, 4 – площадь эпибласта, 5 – длина coleorizy, 6 – площадь щитка, 7 – длина эмбриональной оси, 8 – количество корней, 9 – диаметр сосудистого проводящего пучка щитка, 10 – диаметр сосудистого проводящего пучка coleoptilya

Уровень сформированности coleoptilya у экотипов сорта Тулунская 12 (табл. 2) у более чем 80% исследованных особей был выше установленной величины контроля (сорта), и лишь у 2% особей (экотип 7) coleoptilya был развит слабо. Это указывает на то, что у данного сорта coleoptilya относительно хорошо адаптирован к Предбайкальской среде обитания. При этом 42% особей у экотипов данного сорта не соответствовали уровню контроля по показателю развития первого эмбрионального листа. У сорта Ангара 86 (табл. 2) также 6 из 7 экотипов как по степени сформированности coleoptilya, так и по площади первого зародышевого листа соответствовали уровню сорта или превышали его.

Первый зародышевый корень сорта Тулунская 12 (табл.2) был наиболее развит у 5 из 7 экотипов. Это преимущество в развитии было особенно выражено у особей первого экотипа, у которого данный показатель был на 16% выше, чем у контроля. Что касается размеров coleorizy и щитка, то у 70% особей исследованных экотипов степень ее развития была выше контроля от 3,2 – 13,9%.

У сорта Ангара 86 (табл. 2) все экотипы превосходили контроль (сорт) по развитию первого зародышевого корня, начиная от 1,28 до 16,7%. Наибольшая разница по данному показателю относительно контроля была у особей первого и четвертого экотипов 16 и 10%. По длине coleorizy (табл. 2) лишь 40% особей изученных нами экотипов превышали параметры сорта. По площади щитка 5 из 7 экотипов соответствовали контролю.

Таблица 2. Площадь элементов за-

родыша у экотипов
сортов, % от показателей контроля (сорта)

Сорт, экотип	Площадь колеоптиля	Площадь первого листа	Площадь первого корня	Длина колеоризы	Площадь щитка	Площадь эпибласта
Сорт Тулунская 12						
Сорт	100	100	100	100	100	100
1	106,06	100,75	115,72	98,05	109,01	110,16
2	107,93	107,45	104,61	91,02	103,42	112,78
3	103,67	102,48	92,28	103,23	98,94	115,08
4	101,05	97,71	105,72	104,34	101,12	97,70
5	100,29	94,66	99,24	110,26	104,22	84,91
6	100,51	100,58	106,89	113,96	102,11	83,27
7	94,70	92,93	93,33	113,22	89,68	85,57
Сорт Ангара 86						
Сорт	100	100	100	100	100	100
1	108,16	112,89	116,79	94,91	110,37	113,68
2	105,41	109,77	105,93	106,86	107,87	103,85
3	105,52	108,01	108,73	107,82	106,32	109,47
4	107,14	102,21	110,75	101,37	106,68	116,14
5	102,48	99,11	105,15	94,11	107,55	101,05
6	100,09	98,21	104,87	99,55	98,12	99,64
7	96,49	95,53	101,28	97,90	94,57	89,12

С точки зрения экологической пластичности экотипы, обладающие более развитым эпибластом, являются более засухоустойчивыми. Так как эпибласт расположен рядом с проводящей сосудистой системой зародыша, его водопоглощающая способность при прорастании семян влияет на интенсивность роста проростка (Илли, 1989). В целом, у 70% особей исследованных экотипов сортов Тулунская 12 и Ангара 86 размеры эпибласта и колеоризы были выше показателей сортов. Следовательно, эти экотипы можно отнести к засухоустойчивым, поскольку степень развития основных элементов структуры зародыша, участвующих в поглощении воды при прорастании (эпибласт и колеориза), превышала у них эталонный показатель сорта.

В работе показано, что длина эмбриональной оси является важным показателем степени сформированности зародыша. Размеры эмбриональной оси у семян экотипов исследуемых сортов практически соответствовали контролю. Превышали контроль 85% особей всех семи экотипов.

Темпы роста проростка во многом зависят от степени развития проводящей системы, ибо последняя в значительной степени обеспечивает скорость поступления запасных питательных веществ к активно растущим тканям оси прорастающего зародыша (Илли, 1989). У экотипов сорта Тулунская 12 размеры проводящей сосудистой системы практически соответствовали величине показателя сорта. Размеры сосудистой ткани щитка и колеоптиля у зародышей экотипов были в среднем на 3% меньше контроля, в то время как у экотипов сорта Ангара 86 среднее значение этого показателя соответствовало параметрам контроля.

Таким образом, выявлен ряд общих и отличительных показателей в адаптации сортов к условиям среды обитания. В частности, первый экотип у обоих сортов был характерен тем, что размеры всех эмбриональных структур превышали параметры контроля за исключением величины колеоризы. Исходя из того, что колеориза – это одна из тканей, ответственная за водопоглощение зародыша в период набухания, можно предположить, что данный экотип у обоих сортов недостаточно устойчив к засухе. У последующих экотипов сорта Тулунская 12 наблюдалось постепенное увеличение размеров колеоризы, но при этом угнетался эпибласт, также отвечающий за водопоглощение зародыша. У сорта Ангара 86 также наблюдалось постепенное снижение уровня развития эмбриональных структур.

В целом, результаты наших исследований показали, что ростовые показатели адаптации органов и сервисных тканей зародыша мягкой пшеницы к прохладной осенней среде обитания тканеспецифичны. Можно предложить, что тканеспецифическая адаптация обусловлена тем, что рост органов зародыша находится под контролем разных генов (Илли, Вершинина, 1993). Результаты исследований этих авторов показали, что активность роста стеблевой части зародыша мягкой пшеницы контролируется генами, сосредоточенными в коротком плече хромосом 6А, 6В, 2Д. Гены, сосредоточенные в длинных плечах хромосом 3А, 3В, 4В и 4Д контролируют активность роста как стеблевой, так и корневой части зародыша. Отсюда можно предположить, что генетическая адаптация зерновки мягкой пшеницы к низкотемпературной среде обитания реализуется на уровне микроэволюции материнских особей, что и приводит к различию экотипов по морфометрическим показателям формирующегося зародыша.

Глава 5. Особенности онтогенеза экотипов у растений *Triticum vulgare L.* в Предбайкалье

5.1. Прораствание семян и темпы роста проростков у экотипов, полученных из сортов *Triticum vulgare L.*

В данной серии исследований мы предприняли попытку определить у экотипов сортов Тулунская 12 и Ангара 86 биологическое качество семян по их ростовым процессам в лабораторных и природных условиях. Результаты исследований показали, что в «идеальных» условиях среды наблюдались существенные различия между отдельными экотипами. У сорта Тулунская 12 наивысшее качество семян прослеживалось у шестого экотипа. В таблице 3 представлены данные в динамике, показывающей, что у этого экотипа уже в первые дни проросла большая часть семян.

Следует отметить, что на седьмой день после начала эксперимента практически все семена проросли, что составило от 95 до 100% от всех высеянных. Исходя из этого, можно утверждать, что в значительной части начальные этапы онтогенеза у них адаптированы к условиям среды. Однако если обратить внимание на динамику прораствания семян остальных экотипов, то она оказалась существенно ниже, чем у шестого экотипа. Таким образом, большая часть экотипов сорта Тулунская 12 недостаточно адаптирована к среде обитания, в частности второй, третий, и особенно седьмой экотипы. Аналогичные данные нами были получены у экотипов сорта Ангара 86 (табл.3). У этого сорта наиболее адаптированным оказался четвертый эко-

тип, что можно объяснить генетическими особенностями сорта. Самые низкие показатели прорастания у сорта Ангара 86 имели пятый, шестой и седьмой экотипы.

Таблица 3. Динамика прорастания семян у экотипов сортов в лабораторных условиях, % зерновок от числа высеванных

Экотип	Время проращивания, дни		
	первый	третий	седьмой
Сорт Тулунская 12			
1	50±0,01	95±0,02	100±0,00
2	49±0,03	90±0,03	100±0,00
3	50±0,02	85±0,06	98±0,01
4	50±0,04	83±0,01	98±0,02
5	49±0,05	69±0,03	95±0,03
6	55±0,01	92±0,05	100±0,01
7	35±0,06	56±0,06	95±0,03
Сорт Ангара 86			
1	45±0,06	85±0,01	100±0,00
2	47±0,03	82±0,02	98±0,00
3	51±0,07	90±0,06	100±0,00
4	53±0,08	93±0,01	100±0,01
5	40±0,09	80±0,03	95±0,03
6	38±0,06	75±0,09	86±0,06
7	35±0,06	70±0,06	85±0,05

При получении семидневных проростков нами были определены показатели роста и развития стеблевой и корневой части растений. Результаты исследований показали, что у экотипов наиболее адаптированных к прохладной температуре на начальных этапах онтогенеза, рост проростков был существенно выше, чем у мало адаптированных. У сорта Тулунская 12 семена прорастали наиболее дружно, и темпы роста проростков были самыми высокими. Они были особенно значимы в отношении роста и развития корневой системы. Следует отметить, что корневая система у проростков была также достаточно хорошо развита у первого и пятого экотипов.

Аналогичные данные нами получены у экотипов сорта Ангара 86, как уже упоминалось, у этого сорта наиболее адаптированным к низким температурам на начальных этапах онтогенеза оказался четвертый экотип. У этого экотипа темпы роста проростков были существенно выше, чем у остальных, это особенно касается корневой части проростка. Наряду с четвертым экотипом весьма удовлетворительный рост и развитие корневой системы мы наблюдали у первого и третьего экотипов, однако у первого экотипа количество корней соответствовало наиболее развитому четвертому экотипу, но темпы их роста значительно отставали. В противоположность этому, у третьего экотипа темпы роста корней соответствовали темпам роста проростков четвертого экотипа, но количество корней было значительно меньше.

Отсюда можно заключить, что даже в «идеальных» условиях среды семена отдельных экотипов четко отличаются по способности семян прорасти и формировать мощный проросток. Вероятнее всего, в естественных условиях Сибири эти различия между семенами разных экотипов окажутся еще более существенными.

В этой связи, в следующей серии исследований мы изучили потенциальную возможность прорастания семян в природных условиях. При этом всхожесть семян

у экотипов исследуемых сортов была существенно ниже, чем в лабораторных условиях, что было, вероятно, обусловлено комплексным действием внешних факторов среды.

Так, если у экотипов сорта Тулунская 12 в лабораторных условиях прорастало от 95 до 100% семян, то в естественных условиях от 48 до 64% (рис. 4). Это весьма существенная разница, которая свидетельствует о том, что растения пшеницы в культуре далеко не полностью адаптированы к условиям Предбайкалья. Оказалось, что у каждого экотипа около 40-50% семян, способных прорасти в идеальных условиях, в природе региона лишены этой возможности. Разумеется, что между экотипами нами обнаружены существенные различия по этому показателю, в частности, особи шестого экотипа у сорта Тулунская 12 оказались наиболее адаптированными. Это свидетельствует о том, что при поиске в гибридной практике данной культуры следует придать особое значение адаптации растений на начальных этапах онтогенеза к прохладным условиям осени. Здесь следует обратить внимание на то обстоятельство, что нами не было найдено экотипов, неадаптированных к условиям Предбайкалья, разница заключалась лишь в уровне адаптации.

Аналогичные данные нами были получены и у экотипов сорта Ангара 86 (рис. 4), с той лишь разницей, что у сорта Тулунская 12 наиболее адаптированным оказался шестой экотип, а у сорта Ангара 86 четвертый экотип.

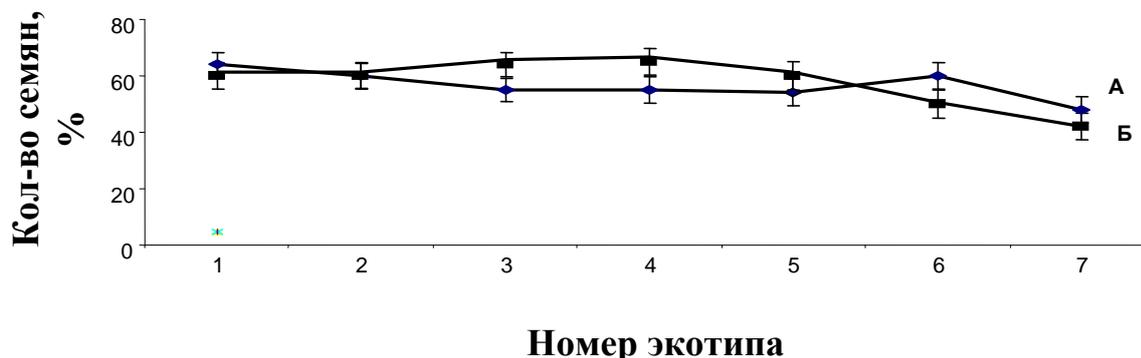


Рис. 4. Динамика прорастания семян экотипов в природных условиях, где А – сорт Тулунская 12, Б – сорт Ангара 86

В природных условиях Предбайкалья неблагоприятными факторами, угнетающими рост и развитие растений, могут быть как температура, так влагообеспеченность. Однако известно, что в весенний период, когда у зерновок пшеницы происходит прорастание, наиболее неблагоприятным фактором является засуха. Отсюда можно предположить, что резкое угнетение прорастания семян и появления всходов, сообщенное в данном разделе, было обусловлено дефицитом почвенной влаги. Для того чтобы экспериментально показать действие стресса влагообеспеченности была выполнена серия исследований в лабораторных условиях, имитирующих водный дефицит при прорастании семян.

5.2. Устойчивость прорастающих семян *Triticum vulgare* L. к дефициту почвенной влаги

С целью имитации условий физиологической сухости для прорастающих семян, нами был использован метод проращивания семян на растворах с различной концентрацией сахарозы. Такие растворы являются хорошими осмотиками, ограничивающими доступ воды к набухающим семенам.

Серия предварительных исследований показала, что оптимальной концентрацией обладал раствор с плотностью 5 атмосфер. При трехкратном повторении опыта оказалось, что особи некоторых экотипов сорта Тулунская 12 были относительно засухоустойчивыми (рис. 5), в частности, семена второго, третьего и шестого экотипов прорастали при высоком дефиците влаги, что свидетельствует об их адаптации к условиям среды обитания. Другая часть особей первого, пятого и седьмого экотипов была существенно угнетена, то есть она оказалась менее устойчива к засухе. Величина отклонения между показателями контроля и показателями экотипов сорта Тулунская 12 составляла от 6 до 12%, однако разница между отдельными экотипами доходила до 20%. Это уже весьма существенная разница, которая и объясняет причину столь высокой гибели прорастающих семян в природных условиях.

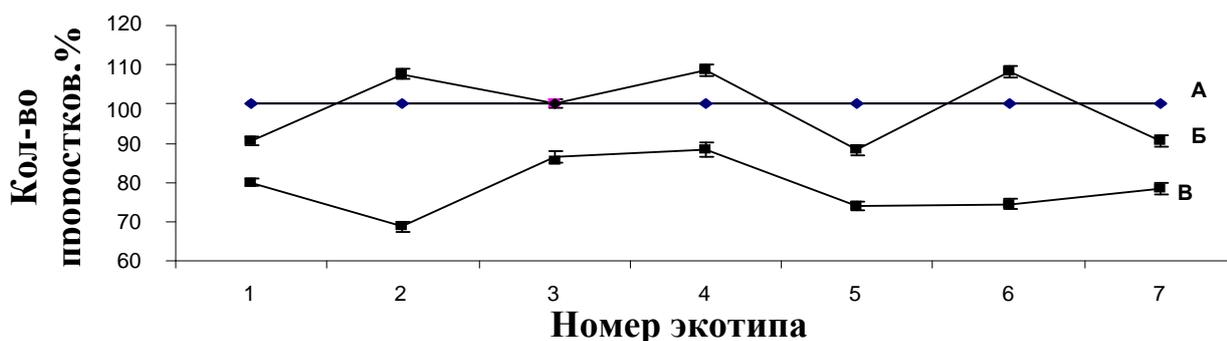


Рис. 5. Влияние раствора сахарозы на прорастание семян экотипов: А – семена сортов Тулунская 12 и Ангара 86, пророщенные на фильтровальной бумаге, увлажненной водой (контроль), Б – семена сорта Тулунская 12 и В – семена сорта Ангара 86, пророщенные на фильтровальной бумаге, увлажненной раствором сахарозы

Результаты, полученные нами в экспериментах с использованием растворов сахарозы у экотипов сорта Ангара 86, значительно отличались от результатов вышеупомянутого сорта Тулунская 12. Выяснилось (рис 5), что семена ни одного экотипа не смогли по количественным показателям достичь уровня контроля. Разумеется, что среди экотипов были также обнаружены менее и более устойчивые к «засухе». Наиболее устойчивыми оказались первый, третий и четвертый экотипы, а между этими тремя самым устойчивым оказался четвертый экотип.

Таким образом, если сопоставить данные, о степени развития корневой системы зародыша и сопровождающих его тканей, сформированных в условиях дефицита температуры, то можно заключить, что низкотемпературная адаптация зерновки *Triticum vulgare* на начальных этапах онтогенеза обеспечивает устойчивость к дефициту почвенной влаги растений в ювенильный период развития. Можно предположить, что относительно хорошая адаптация растений к почвенной засухе в данный

период обеспечивает более высокий ростовой потенциал при формировании генеративных органов. В этой связи мы сочли целесообразным определить количественные показатели формирования вышеупомянутых морфологических структур.

5.3. Особенности формирования генеративных органов и зерновок у экотипов сортов *Triticum vulgare L.*

У однолетних растений семенное развитие является единственным способом сохранения вида. В этой связи при изучении устойчивости данных растений к среде обитания одним из важнейших биологических показателей является способность их к семенному размножению. Последнее сопряжено с развитием генеративных органов как эколого-биологического потенциала семенной продуктивности.

Взятие образцов осуществляли в количестве 550 растений с 1 м² с малых делянок. Результаты исследования у экотипов сорта Тулунская 12 показали, что органы генеративного размножения были наиболее развитыми у шестого экотипа, у которого наблюдалось не только наибольшее количество зерновок в колосе, но и большая масса. В результате этого суммарная масса зерновок в колосе у данного экотипа оказалась наибольшей, и превосходила контроль на 45%. Следовательно, наивысшей биологической семенной продуктивностью обладали особи шестого экотипа, важно отметить, что в ценозе сорта таких особей встречалось около 34%. Это свидетельствует о том, что вышеупомянутый сорт имеет хороший потенциал адаптации растений к среде обитания.

Аналогичные закономерности нами были получены при анализе экотипов сорта Ангара 86, разница лишь заключалась в нумерации экотипов. Наиболее продвинутыми оказались растения четвертого экотипа, превосходящего контроль по развитию генеративных органов, в частности, по формированию количества зерновок в колосе на 35%. По семенной продуктивности в расчете на единицу площади четвертый экотип превосходил контроль на 39%. Следует отметить, что количество особей этого экотипа в общем ценозе сорта составило всего лишь 11%. Это указывает на то, что наиболее прогрессирующий экотип по своей численности находится на начальном этапе микроэволюции.

Таким образом, можно утверждать, что у изучаемых сортов процессы адаптации к среде обитания интенсивно развиваются, на что указывает тот факт, что в каждом из этих двух сортов имеются по три – четыре экотипа из семи, которые по своим показателям адаптации существенно превосходят показатели контроля. Среди них следует особенно отметить шестой экотип у сорта Тулунская 12 и четвертый экотип у сорта Ангара 86.

5.4. Определение эколого-биологического статуса семян у экотипов сортов *Triticum vulgare L.*

Для выявления наиболее адаптированных экотипов в различные периоды онтогенеза на основе 14 ключевых показателей нами был определен эколого-биологический статус особей у экотипов, выделенных из сортов Тулунская 12 и Ангара 86. Для реализации этой части исследований они были приняты за 100%, а соответствующие показатели различных экотипов сравнивали с этой величиной.

Различия в уровне адаптации растений *Triticum vulgare* были наиболее существенными при сравнении внутри каждого сорта двух экотипов: наиболее- и наименее адаптированного. Так при сравнении упомянутых экотипов у сорта Тулунская 12 оказалось, что особи шестого экотипа превосходили контроль по всем показателям, кроме развития эпибласта, что компенсировалось увеличенной на 14% колеоризой (рис. 6). Также были хорошо развиты площадь центрального зародышевого корня и количество корней. Засухоустойчивость у особей данного экотипа была на 7% больше контроля, и как следствие, по показателю семенной продуктивности шестой экотип превышал контроль на 45%. Низкий уровень развития был присущ зерновкам седьмого экотипа (рис. 6), отстававшего от контроля по показателям степени сформированности щитка на 10%, органов листовой и корневой части на 7%, и эпибласта на 14%. Засухоустойчивость была ниже контроля на 7%, а семенная продуктивность на 33%. Стало быть, особи седьмого экотипа были менее адаптированы к среде обитания по данным признакам по сравнению с особями шестого экотипа. Основная причина данных различий в реализации потенциала семенной продуктивности непосредственно связана с уровнем адаптации органов и тканей корневой части зародыша.

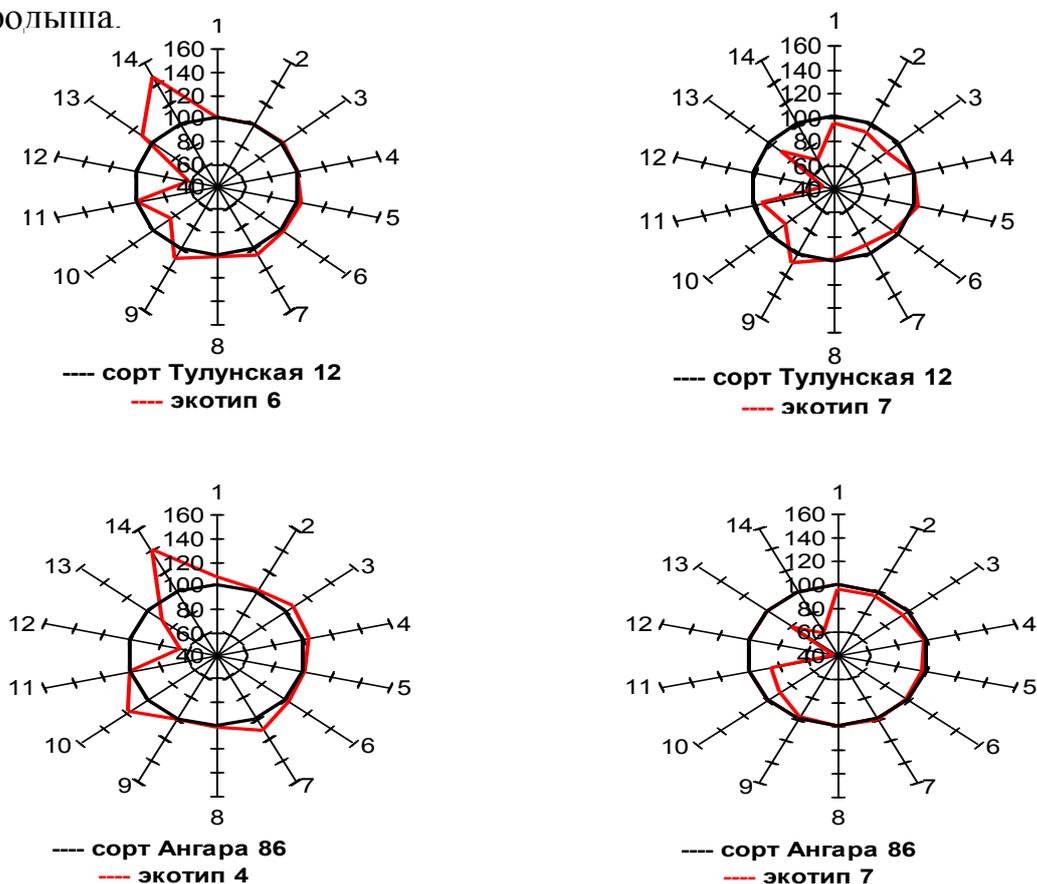


Рис. 6. Эколого-биологический статус семян у экотипов сортов Тулунская 12 и Ангара 86 *Triticum vulgare*. 1 – площадь колеоптиля, 2 – площадь первого эмбрионального листа, 3 – площадь щитка, 4 – диаметр сосудистого проводящего пучка щитка, 5 – диаметр сосудистого проводящего пучка колеоптиля, 6 – длина эмбриональной оси, 7 – площадь центрального зародышевого корня, 8 – количество корней, 9 – длина колеоризы, 10 – площадь эпибласта, 11 – лабораторная всхожесть семян, 12 – природная всхожесть семян, 13 – засухоустойчивость растений, 14 – общая биологическая продуктивность растений

Аналогичные данные нами были получены у экотипов сорта Ангара 86 (рис. 6), где прослеживалась та же закономерность между уровнем адаптации к низкой температуре корневой системы на начальных этапах онтогенеза, засухоустойчивостью растений в ювенильном этапе и семенной продуктивностью на этапе репродуктивного размножения. Наиболее адаптированным был четвертый экотип, который превосходил контроль по развитию корневой системы на 11%, площади эпибласта на 16% и по семенной продуктивности на 39%. Наименее адаптированным был седьмой экотип, который отставал от показателей сорта по таким параметрам как площадь щитка на 5%, сосудистая система на 3%, особенно сильно здесь был угнетен эпибласт и семенная продуктивность на 11% и 39% соответственно.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что развитие генеративных органов и семенная продуктивность у растений пшеницы во многом обусловлены уровнем адаптации особей к низкой температуре на начальных этапах онтогенеза. Эти же результаты исследований также показали, что использование метода получения экотипов позволяет значительно глубже изучить механизмы адаптации растений, реализующиеся на уровне микроэволюции, чего нельзя установить при обычном способе сравнения показателей на уровне сортов.

Метод получения экотипов из различных сортов *Triticum vulgare* L. позволяет не только расширить границы механизмов адаптации к среде обитания, но и выявить перспективные экотипы, пригодные для селекционной практики. Обычно оригинаторы в селекционной работе используют в качестве исходных родительских пар сорта, при этом в гибридный материал невольно включаются экотипы, недостаточно адаптированные к условиям среды. Использование наиболее адаптированных экотипов в качестве родительских пар позволяет избавиться от нежелательных признаков, наследуемых в гибридном материале. В частности, для оригинаторов можно предложить использовать в селекционной практике шестой экотип, выделенный из сорта Тулунская 12 и четвертый экотип, выделенный из сорта Ангара 86.

ВЫВОДЫ

1. Метод получения экотипов из любых сортов *Triticum vulgare* L. позволяет на основе анализа микроэволюционных процессов на начальных этапах онтогенеза существенно расширить подходы к изучению механизмов адаптации органов и тканей формирующейся зерновки.

2. Действие осеннего дефицита тепла в Предбайкалье приводит к существенному различию в уровне адаптации среди экотипов на начальных этапах онтогенеза у сортов *Triticum vulgare* L. Между экотипами диапазон тканеспецифических различий зародыша по показателям площади корня, эпибласта и длины колеоризы составил соответственно 20, 28 и 20%. Продолжительное сохранение данных различий позволяет предполагать возможность наследственного их закрепления.

3. На основе данных о прорастании семян и роста проростков в естественных условиях и в модельных условиях лаборатории, имитирующих «засуху», было показано, что наибольшей засухоустойчивостью обладали те растения *Triticum vulgare* L., у которых начальные этапы онтогенеза были адаптированы к низкотемпературным условиям Предбайкалья.

4. Биологическая связь между уровнем тканеспецифической адаптации, засухоустойчивостью и семенной продуктивностью растений *Triticum vulgare* L. может быть использована как один из ключевых показателей сохранения вида в среде обитания. Сравнительный анализ эколого-биологического статуса экотипов изучаемых сортов позволил выявить наиболее адаптированные на различных этапах онтогенеза экотипы: у сорта Тулунская 12 – шестой экотип, у сорта Ангара 86 – четвертый экотип.

Таким образом, метод получения экотипов может быть применен не только в научно-исследовательской работе изучения адаптации растений, но и в практике подбора родительских пар при создании засухоустойчивых сортов *Triticum vulgare* L.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рекомендованных ВАК изданиях:

1. **Половинкина С.В.** Сохранение физиологических признаков в потомстве у популяций сортов яровой пшеницы / С.В. Половинкина, В.В. Парыгин, И.Э. Илли // Вестник Бурятского государственного университета. Химия, биология, география.– Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2007. Вып. 3. – С. 179-181.

В других изданиях:

2. **Парыгин В.В.** Электрофоретические показатели белков глиадины зерна Сибирских сортов яровой пшеницы / В.В. Парыгин, **С.В. Половинкина**, И.Э. Илли // сборник по материалам научн.-студенческой конф. 25 – 29 марта 2002 г. – Иркутск, 2002. – С. 30.

3. Илли И.Э. Содержание белка у зерновок яровой пшеницы при разделении сорта на составляющие его популяции / И.Э. Илли, **С.В. Половинкина**, В.В. Парыгин // материалы научн. – практ. конф. – Чита, 2003. – С. 119-122.

4. **Половинкина С.В.** Внутрисортная гетерогенность в пространственной организации роста и развития морфологических структур зародыша яровой пшеницы / С.В. Половинкина, В.В. Парыгин, И.Э. Илли // Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур: сборник материалов VIII Всеросс. научн.-практ. конф. – Пенза, 2004. – С. 22-24.

5. **Илли И.Э.** Содержание белков глиадинов в зерновках яровой пшеницы при разделении сорта на составляющие его популяции / И.Э. Илли, В.В. Парыгин **С.В. Половинкина** // Физиологические аспекты продуктивности растений: материалы научн.-метод. конф., Часть.2. – Орел, 2004. – С. 109-114.

6. **Половинкина С.В.** Физиологический статус семян яровой пшеницы, выращенных в Приангарье / С.В. Половинкина, В.В. Парыгин, И.Э. Илли // Плодородие почв, эффективность средств химизации и методы оптимизации питания растений: материалы междунар. научн. конф., посвященной 100-летию со дня рождения основателя кафедры агрохимии ИрГСХА проф. Угарова А.Н. и 70-летию кафедры 8 – 9 июня 2005 г. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2005. – С144-147.

7. **Половинкина С.В.** Популяционная особенность продуктивности растений у сортов яровой пшеницы Приангарья / С.В. Половинкина, В.В. Парыгин, И.Э. Илли //

Севообороты, ресурсосберегающие технологии и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Приангарья: материалы международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения проф., заслуженного деятеля науки РФ А.И. Кузнецовой 19 – 21 октября 2005 г. – Иркутск, Изд-во ИрГСХА, 2005. – С. 241-243.

8. **Илли И.Э.** Изучение физиологических особенностей формирования семян пшеницы в условиях Приангарья / И.Э. Илли, В.В. Парыгин, **С.В. Половинкина** // Актуальные проблемы АПК: материалы регион. научн.-практ. конф. 24-28 января 2005 г., Иркутск, 2005. – С. 17-19.

9. **Назарова Г.Д.** Методическое пособие для лабораторных занятий студентов агрономического факультета по специальностям 310200 «Агрономия» и 320400 «Агроэкология» / И.Э. Илли, **С.В. Половинкина**, В.В. Парыгин / – Иркутск, ИрГСХА, 2005. – 110 С.

10. **Половинкина С.В.** Влияние погодных условий на популяционную продуктивность растений у сортов яровой пшеницы в условиях Приангарья / С.В. Половинкина, В.В. Парыгин, И.Э. Илли // Проблемы устойчивого развития регионального АПК: материалы научн. – практ. конф. 6 – 9 февраля 2006 г., Иркутск, 2006. – С. 73-74.

11. **Илли И.Э.** Биотехнологическая система целенаправленного ускорения селекционного процесса / И.Э. Илли, **С.В. Половинкина**, В.В. Парыгин // Сельскохозяйственные и прикладные науки в развитии сельского и лесного хозяйства: актуальные вопросы, практика и обмен опытом: материалы междунаро. научн.-практ. конф. 6 – 11 июня 2006 г. – Иркутск, 2006. – С. 104-106.

12. **Илли И.Э.** Способ подготовки фракций семян из сортов мягкой пшеницы, обладающих свойством сильной пшеницы: пат. 2279794 Рос. Федерация: МПК А01Н 1/04 / И.Э. Илли, Г.Д. Назарова, **С.В. Половинкина**, В.В. Парыгин. Заявитель и патентообладатель Иркутск. ФГОУ ВПО ИрГСХА. - №2004116637; заявл. 31.05.04; опубл. 20.07.06, Бюл. №20

13. **Илли И.Э.**, Способ определения статуса зерна пшеницы по показателю качества его клейковины: пат. 2295236 Рос. Федерация: МПК А01Н 1/04 / И.Э. Илли, Г.Д. Назарова, В.В. Парыгин, **С.В. Половинкина**. Заявитель и патентообладатель Иркутск. ФГОУ ВПО ИрГСХА. - №2005113436; заявл. 03.05.05; опубл. 20.03.07, Бюл. №8

14. **Илли И.Э.** Продуктивность в потомстве у популяций сортов яровой пшеницы / И.Э. Илли, **С.В. Половинкина**, В.В. Парыгин // Совместная деятельность сельскохозяйственных товаропроизводителей и научных организаций в развитии АПК центральной Азии: сборник материалов междунар. научн.-практ. конф. 25-27 марта 2008 г. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2008. - С. 107-117.

15. **Клименко Н.Н.** Продуктивность растений у популяций сибирских сортов яровой пшеницы при выращивании их в условиях Приангарья / Н.Н. Клименко, **С.В. Половинкина**, В.В. Парыгин, И.Э. Илли // Вестник ИрГСХА. Вып. 32 сентябрь. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2008. – С 18-26.

16. **Клименко Н.Н.** Полевая всхожесть и засухоустойчивость у популяций сибирских сортов яровой пшеницы при выращивании их в Предбайкалье / Н.Н. Клименко, **С.В. Половинкина**, В.В. Парыгин, И.Э. Илли // Вестник ИрГСХА. Вып. 33 декабрь. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2008. – С 22-28.

17. **Илли И.Э.** Семенная продуктивность растений у популяций сибирских сортов яровой пшеницы в условиях Предбайкалья / И.Э. Илли, **С.В. Половинкина**, В.В. Парыгин // Вестник Крымского агротехнологического университета. «Теория и практика прогнозирования продуктивности сортов и гибридов различного посадочного материала» Сельскохозяйственные науки. – Выпуск 127. /, - Симферополь, 2009. – С. 171-172.

Лицензия ЛР №07444 от 11.03.98 г.

Подписано к печати 08.10.10 г.
Формат 60×84. Тираж 120 экз.

664038, Иркутская обл., Иркутский район,
п. Молодежный