

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра микробиологии и физиологии растений

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ЭПИКОТИЛЯ ПШЕНИЦЫ

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 241 группы

Направление подготовки магистратуры 06.04.01 Биология

Биологического факультета

Горькова Николая Олеговича

Научный руководитель:

доцент, канд. биол. наук

М. Ю. Касаткин

Зав. кафедрой:

профессор, док. биол. наук

С.А. Степанов

Саратов 2021

Актуальность темы. Роль эпикотилия в регуляции морфогенеза проростков пшеницы исключительно высока, т.к. он связывает зародышевую корневую систему с надземной частью побега. Корневая система пшеницы имеет большое значение, особенно в засушливые годы, когда от её общего развития, сложения и глубины проникновения в почву зависит не только уровень урожайности, но и возможность сохранения посева. Как известно, корневая система пшеницы складывается из нескольких ярусов корней: зародышевых, колеоптильных и узловых.

Общепризнанно, что зародышевые корни играют исключительно важную роль в засушливых условиях, причем не только в связи с плохим развитием узловых корней. Благодаря большей глубине проникновения зародышевых корней, они играют решающую роль в снабжении растений водой при пересыхании почвы на значительную глубину. Они лучше усваивают из глубоких слоев почвы и питательные вещества. На прямую связь между развитием зародышевой корневой системы и засухоустойчивость пшеницы указывают многие исследователи.

Отрастание узловых корней главного побега начинается обычно одновременно с появлением четвертого листа, а узловых корней первого побега кущения – ещё на 2-3 дня позднее, и, естественно, неблагоприятные условия для их роста у яровой пшеницы складываются гораздо чаще, чем для зародышевых и колеоптильных корней. Росту и развитию узловых корней предшествует вынос эпикотилем почки главного побега в поверхностный слой почвы, что зависит от глубины посева и, очевидно, плотности почвы.

Несмотря на исключительное значение эпикотилия, до сих пор сведения по его морфолого-анатомической организации в сортовом аспекте в доступной нам литературе отсутствуют.

Цели и задачи исследования. Целью работы является изучение онтогенетических изменений структуры эпикотилия пшеницы в полевых условиях.

Для реализации поставленной цели определены следующие задачи:

1. Исследовать изменение морфометрических параметров тканей эпикотилия в ходе онтогенеза.
2. Оценить направленность развития проводящей системы эпикотилия.
3. Выявить анатомо-морфологическую специфичность строения эпикотилия у сортов с различной степенью засухоустойчивости.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования служили проростки яровой мягкой (*Triticum aestivum* L.) и твёрдой (*Tr. Durum* L.) пшеницы.

Изучались сорта яровой пшеницы (Елизаветинская, Мелянопус 69, Саратовская Золотистая, НИК, Альбидум 28, Альбидум 29, Лютесценс 62, Полтавка, Прохоровка, Саррубра, Саратовская 29, Саратовская 36, Саратовская 42, Саратовская 55, Саратовская 66, Саратовская 68, Саратовская 70, Фаворит, ЮВ-2). Все сорта пшеницы были получены из лаборатории селекции пшеницы НИИСХ Юго-Востока (Саратов).

Для проведения анализов в условиях лаборатории и обновления семенного материала для экспериментов использовались растения, выращиваемые в полевых мелкоделяночных опытах на полях НИИСХ Юго–Восток с глубиной заделки семян 6 см, в трехкратной повторности. Посев производился ручным аппаратом конструкции Одесского селекционно-генетического института семенами, взятыми из средней части колоса. Норма высева 400 семян на 1 м², принятая в производственных посевах в Саратовской области. Обработка полей полностью соответствовала агротехническим требованиям, предъявляемым в зоне для возделывания яровой пшеницы. Отбор проб производился в период налива зерновок.

Для изучения анатомической структуры эпикотилия использовался метод срезов на ручном микротоме (от руки). Сходные по морфологическим признакам проростки отбирались и помещались на 24 часа в фиксатор Навашина:

1% хромовая кислота — 10 мл.;

16% формалин — 4 мл;

ледяная уксусная кислота — 1 мл.

Морфометрические параметры анатомических структур на постоянных препаратах (линейные размеры и площадь) оценивались по их оцифрованным изображениям в программном обеспечении с открытым исходным кодом LithoGraphX для Windows. Предварительно количество точек растра фотографии препарата, снятом при определённом разрешении, сопоставлялось с истинными размерами объект–микрометра. Целью обработки изображения при таком подходе является определение местоположения и формы клеток в ткани.

Оценивались следующие параметры: площадь эпикотилия, площадь проводящей системы, тип пучков, число коровых пучков и пучков центрального цилиндра.

Структура и объем работы. Диплом изложен на 66 страницах и содержит такие структурные элементы: Содержание, Введение, Основная часть, Заключение, Выводы, Список использованных источников и Приложение. В свою очередь основная часть содержит такие главы:

1. Анатомо-морфологическая характеристика развития проростка пшеницы, в которой рассматриваются строение и особенности развития проростка пшеницы, рост и развитие эпикотилия пшеницы и его значение в устойчивости пшеницы к неблагоприятным факторам.
2. Материалы и методы исследований, в которой рассматривались материалы исследований, методы исследований.
3. Результаты исследований, в которой рассматриваются особенности строения эпикотилия пшеницы в благоприятных условиях вегетации и в условиях засухи.

Научная новизна. Изучены сортовые различия строения эпикотилия пшеницы по их оцифрованным изображениям в программном обеспечении с открытым исходным кодом LithoGraphX в разные по влагообеспеченности годы.

Научная значимость. Применение современных методов построения и компьютерного анализа изображений биологических объектов для изучения динамических характеристик тканей позволит комплексно оценить гидродинамические и механические характеристики эпикотилия. Полученные

таким путем данные могут лечь в основу методик для выведения новых продуктивных сортов пшеницы с высокими показателями засухоустойчивости.

Положения, выносимые на защиту:

1. Мелкоклеточность проводящих пучков, которую выражает отношение площади проводящей системы к числу проводящих пучков эпикотилия, играет большую роль в общей засухоустойчивости пшеницы и является признаком ксероморфности сорта.

2. У засухоустойчивых сортов наблюдается тенденция к увеличению доли проводящей системы в общей площади тканей эпикотилия и числа проводящих пучков центрального цилиндра.

3. Степень засухоустойчивости является комплексным показателем, учитывающим многие физиологические характеристики сорта: особенности организации эпикотилия показывает потенциал засухоустойчивости, которая может лимитируется другими анатомо-физиологическими показателями в процессе онтогенеза.

4. Незасухоустойчивые сорта характеризуются значительным ингибированием роста и развития эпикотилия в стрессовых условиях засухи.

Основное содержание работы

Особенности строения эпикотилия пшеницы в условиях засухи.

Изучение анатомии эпикотилия позволило установить видовые и сортовые различия. Оценивались такие параметры, как площадь эпикотилия, площади коры, проводящей системы и паренхимы центрального цилиндра, число проводящих пучков центрального цилиндра.

Максимальную площадь эпикотилия среди сортов твёрдой пшеницы выявлена у Мелянопус 69. Елизаветинская и НИК показывают сходные результаты в пределах ошибки измерения. Минимальные значения данного показателя обнаружены у сорта Саратовская Золотистая. Диаметр центрального цилиндра и сердцевины, как правило, коррелирует с диаметром всего

эпикотилия. Исключение составляет лишь сорт Саратовская Золотистая, при минимальных значениях диаметра эпикотилия показывающая такие же величины диаметра центрального цилиндра и сердцевины, как и у сортов Елизаветинская и НИК.

У сортов мягкой пшеницы наибольший диаметр эпикотилия отмечен у сорта Юго-Восточная 2 (ЮВ-2). Диаметр центрального цилиндра и сердцевины, коррелирует с диаметром всего эпикотилия.

Отмечено, что поперечные размеры структур эпикотилия уменьшаются к его базальной части. Исключение составляет лишь сорта Саратовская 55 и Саратовская 66, у которых в базальной части установлено небольшое увеличение диаметра эпикотилия и его центрального цилиндра по сравнению с аналогичными показателями средней части.

Изучение организации проводящих пучков центрального цилиндра позволило выделить несколько их типов. Нами были выявлены проводящие пучки, расположенные в два кольца — обособленные от центрального цилиндра и пучки, составляющие плотное кольцо проводящей ткани эпикотилия. Среди этих типов проводящих пучков встречаются пучки с симметрично расположенными ярко выраженными крупными сосудами ксилемы, названные нами полными. В отличие от пучков данного типа встречаются также неполные пучки с отсутствующими сосудами ксилемы или с их неправильным расположением в пучке. Нами отмечено, что такой тип пучков, как правило, присутствует у сортов с показателем засухоустойчивости выше средней.

Проводящие пучки, расположенные в коровой части эпикотилия, отмечены нами только у сортов твёрдой пшеницы. Их количество варьирует по длине эпикотилия. Расположение указанных пучков наблюдается в местах эпикотилия, обнаруживающих максимальный радиус кривизны. Данный факт позволяет предположить роль коровых пучков как механических стабилизаторов тех участков ткани, испытывающих максимальное напряжение.

Число проводящих пучков центрального цилиндра сильно варьирует у сортов как мягкой, так и твёрдой пшеницы. У твёрдой пшеницы максимальное

количество отмечено у сортов Мелянопус 69 и НИК. Интересно отметить, что у этих же сортов проводящие пучки рассеяны в большом количестве в паренхиме сердцевины, занимая большую её часть. У сортов мягкой пшеницы количество проводящих пучков центрального цилиндра максимально у сортов Юго-Восточная 2 и Прохоровка.

Сопоставление особенностей организации проводящей системы эпикотилия с засухоустойчивостью сорта показало, что наблюдается тенденция к увеличению доли проводящей системы в общей площади тканей эпикотилия и числа проводящих пучков центрального цилиндра.

Так, самый засухоустойчивый сорт твёрдой пшеницы саратовской селекции Мелянопус 69 обладает и самой большой площадью проводящей системы ($0,458 \text{ мм}^2$), не только среди представленных сортов твёрдой, но и среди мягкой пшеницы. Как уже было отмечено, данный сорт характеризуется также и большим количеством рассеянных проводящих пучков в сердцевине.

Вместе с этим, ещё одним репрезентативным показателем, в дополнение к вышеизложенным, следует считать отношение площади проводящей системы к числу проводящих пучков. Действительно, сорт НИК имеет меньшую ($0,176 \text{ мм}^2$) площадь проводящей системы по сравнению с сортами Саратовская золотистая и Елизаветинская ($0,199 \text{ мм}^2$), хотя и обладает большей засухоустойчивостью, чем указанные сорта. Однако по отношению площади проводящей системы к числу проводящих пучков сорт НИК намного опережает указанные сорта.

Можно предположить, что мелкоклеточность проводящих пучков, которую выражает данный параметр, играет большую роль в общей засухоустойчивости пшеницы и является признаком ксероморфности сорта. Показатель отношения площади проводящей системы к числу проводящих пучков отражает также и степень развития клеток склеренхимы в центральном цилиндре. Не вызывает сомнения тот факт, что чем лучше развита склеренхимная обкладка центрального цилиндра и самих проводящих пучков, тем меньшая часть приходится на собственно проводящие ткани. Это не может не сказаться на способности

ксилемы интенсивно проводить воду от зародышевых корней к стеблевой части растения.

Исследование сортов мягкой пшеницы подтверждает данные выводы. В число сортов с максимальным значением площади проводящей системы эпикотилия вошли такие засухоустойчивые и жаростойкие сорта как ЮВ-2 и Прохоровка. Последняя несколько уступает по этому показателю сорту Саратовская 68, основным достоинством которого является способность формировать высококачественное зерно в самые засушливые годы.

Особо засухоустойчивые сорта яровой мягкой пшеницы Альбидум 28 и Альбидум 29 также показывают высокие результаты, однако, на основании характеристик этих сортов, нами были ожидаемые более высокие показатели. Возможно, причиной этому служит то, что данные сорта выведены на Краснокутской селекционно-опытной станции, отличающейся иными климатическими условиями, чем окрестности Саратова.

Менее засухоустойчивые сорта Саратовская 29, Саратовская 36 и Саратовская 55 по совокупности показателей площади проводящей системы и отношении площади проводящей системы к числу проводящих пучков занимают промежуточное положение, по сравнению с малоустойчивыми к засухе сортами. Большие значения площади проводящей системы у некоторых незасухоустойчивых сортов (Лютесценс 62, Саррубра и Саратовская 70) обесцениваются большими значениями отношения площади проводящей системы к числу проводящих пучков. Исключение составляет лишь сорт Полтавка, показавший более высокие результаты, чем у засухоустойчивых сортов Саратовская 36 и Альбидум 29. Этот факт может свидетельствовать о том, что степень засухоустойчивости является комплексным показателем, учитывающим многие физиологические характеристики сорта. Таким образом, уступающий большинству сортов саратовской селекции по степени засухоустойчивости, сорт Полтавка по степени развития эпикотилия имеет потенциально большую засухоустойчивость, которая лимитируется другими анатомо-физиологическими показателями в процессе онтогенеза.

Особенности строения эпикотилия пшеницы в благоприятных условиях вегетации

У сортов твёрдой пшеницы по-прежнему наибольшая площадь проводящей системы наблюдается у сорта Мелянопус 69 (0,372 мм²), что несколько меньше таковой в 2010 году, составлявшей 0,458 мм². Изменяется и структура проводящих пучков, что отражается в отношении площади проводящей системы к числу пучков. У сорта Мелянопус 69 этот показатель в 2011 году составлял 2,76 против 2,07 в 2010 году. Это свидетельствует об уменьшении ксероморфности проводящей системы. Менее засухоустойчивый сорт НИК, наоборот, увеличил площадь проводящей системы до 0,277 мм², обогнав по этому показателю сорт Елизаветинская. Наименее засухоустойчивые сорта твёрдой пшеницы Саратовская золотистая и Елизаветинская в 2011 году увеличили площадь проводящей системы эпикотилия на 30% по отношению к предыдущему году. Эти же сорта обнаружили и наибольшую степень ксероморфности проводящих пучков среди сортов твёрдой пшеницы.

Таким образом, у незасухоустойчивых сортов можно говорить о значительном ингибировании роста и развития эпикотилия в стрессовых условиях засухи.

Исследование сортов мягкой пшеницы имеет сходную тенденцию в изменении проводящей системы эпикотилия с обнаруженной у сортов твёрдой пшеницы. Максимальные значения продуктивности и наибольшие размеры площади проводящей системы отмечены у 6 сортов: Альбидум 28, Саратовская 68, Прохоровка, Саратовская 29, Саратовская 36 и Саратовская 70. Только 3 первых имеют засухоустойчивость выше средней, остальные не обладают высокой засухоустойчивостью. Интересно отметить, что незасухоустойчивые сорта не уступают по продуктивности засухоустойчивым сортам, при этом показывая большие значения площади проводящей системы эпикотилия. Говоря о незасухоустойчивых сортах, необходимо отметить также тот факт, что в благоприятный год у них было отмечено увеличение площади проводящей

системы эпикотилия по сравнению с засушливым годом. Наоборот, засухоустойчивые сорта обнаруживают либо некоторое снижение площади проводящей системы эпикотилия (Саратовская 42, Саратовская 68 и ЮВ-2), либо отсутствие изменений (Альбидум 28 и Прохоровка) в пределах ошибки измерения. Исключение составляет лишь сорт Альбидум 29, показавший повышение площади проводящей системы эпикотилия.

Это может служить доказательством значимости анатомической структуры эпикотилия в засушливые годы. Эпикотилии засухоустойчивых сортов практически не являются чувствительными к засухе, позволяя тем самым максимально использовать зародышевую корневую систему. Незасухоустойчивые сорта, наоборот, обнаруживают значительное ингибирование роста и развития эпикотилия, тем самым не реализуя свой потенциал продуктивности. В благоприятных условиях структура эпикотилия не является лимитирующей, вследствие этого, незасухоустойчивые сорта могут даже опережать по продуктивности засухоустойчивые сорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ литературы и собственные данные свидетельствуют о важной роли эпикотилия в биологии пшеницы. Анатомически являясь структурой, объединяющей побеговую и корневую части растения, эпикотиль несомненно участвует в регуляции целого ряда общесистемных физиологических процессов.

Одним из путей такой регуляции можно считать участие эпикотилия в формировании потоков растворов минеральных элементов и органических веществ различной направленности. Косвенно количественные характеристики проведения можно оценить по анатомо-морфологической структуре проводящих тканей эпикотилия. Обоснованием для такого вывода служит доказанный факт о том, что алгоритм выбора будущего типа формируемой клетки основан на максимизации вклада проводящей ткани в суммарную проводимость или прочность органа.

Применение современных методов построения и компьютерного анализа изображений биологических объектов для изучения динамических характеристик тканей позволит комплексно оценить гидродинамические и механические характеристики эпикотилия. Полученные таким путем данные могут лечь в основу методик для выведения новых продуктивных сортов пшеницы с высокими показателями засухоустойчивости.

ВЫВОДЫ

1. В строении эпикотилия установлены видовые и сортовые различия.
2. Проводящие пучки коровой части эпикотилия присутствуют у сортов твёрдой пшеницы и отмечены лишь у некоторых сортов мягкой пшеницы. Их количество изменяется по зонам эпикотилия и несёт механическую функцию.
3. Засухоустойчивые сорта характеризуются максимальными значениями площади проводящей системы эпикотилия.
4. Незасухоустойчивые сорта обнаруживают значительное уменьшение площади проводящей системы эпикотилия в острозасушливые годы.
5. Анатомическое строение эпикотилия является лабильной и несёт адаптационную функцию к климатическим условиям года.