

АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

В. Г. АЛЕКСАНДРОВ и О. Г. АЛЕКСАНДРОВА

О СТРОЕНИИ БОРОЗДКИ В ЗЕРНОВКЕ ПШЕНИЦЫ

(Представлено академиком А. А. Рихтером 5 VIII 1938)

Можно было бы полагать, что строение и морфология зерновки злака изучены достаточно хорошо. Однако это не так. Еще до сих пор не решено с окончательной определенностью, трехкарпеллярен или монокарпеллярен пестик злаков при его заложении и формировании (1). В этом отношении даже для зерновок общеизвестных культурных злаков отсутствует какая-либо дифференциация. Совершенно недостаточны еще сведения о строении бороздки, хотя ряд фактов указывает на то, что повидимому через бороздку происходит поступление веществ, заполняющих клетки эндосперма. Следовательно бороздка, являясь аппаратом, участвующим в осуществлении налива зерновки, имеет существенное значение. В настоящем сообщении мы излагаем часть результатов исследований над строением бороздки пшеницы.

Если произвести поперечные разрезы зерновки пшеницы (лучше, когда она еще не окончательно созрела и высохла—в стадии восковой спелости) на различных уровнях ее, от основания по направлению к верхушке, то в районе бороздки можно наблюдать проводящие элементы, выделяющиеся среди паренхимы толщиной и особым блеском оболочек, а также содержимым. В базальном и среднем районах зерновки (фиг., 1, левый фрагмент) проводящая система состоит из ксилемы и отличающейся от нее присутствием более или менее густого содержимого флоэмы, разделенных друг от друга прослойками паренхимы. В верхних районах зерновки (фиг., 1, правый фрагмент) ксилемные элементы исчезают, да и флоэма часто редуцируется до одного лишь тяжа. Специальные проводящие анатомические элементы во вполне выросшей зерновке пшеницы находятся только в бороздке. Нельзя не признать, что по отношению к размерам зерновки система этих элементов развита весьма незначительно. При этом к самой верхушке зерновки типичные элементы флоэмы и ксилемы исчезают.

Так как поперечные срезы через зерновку в районе бороздки не дают возможности с отчетливостью представить себе степень развития проводящей системы и характер ее залегания, то лучше всего обратиться к исследованию бороздки с плоскости на просветленном в хлоралгидрате материале (все следующие фигуры).

На фиг., 2 изображен фрагмент базальной части района бороздки очень молодой зерновки *Tr. sphegococcum*, выросшей не больше, чем на половину своего окончательного размера. У основания зерновки сеть про-

водящих элементов в бороздке довольно густая, в большинстве состоит из относительно коротких, хорошо друг от друга обособленных, трахеидоподобных клеток (гидроцитов). Определенно намечается четыре ветки этих элементов: две из них направляются к верхушечному району зерновки, две идут по бокам, к тому месту, где расположен развивающийся зародыш. С развитием зерновки анатомические элементы проводящей системы бороздки заметно удлиняются, в особенности в средней части зерновки; при этом элементы ксилемы принимают вид типичных сосудов со спиральными или сетчатыми утолщениями (примитивными). На фиг., 3



изображена часть ткани бороздки из верхней половины молодой зерновки пшеницы сорта Лютесценс 062 (*Tr. vulgare* v. *lutescens* Al.). Скопление проводящих элементов в верхней части зерновки заметно менее густое, нежели при основании зерновки. Чем ближе к верхушке, тем элементов ксилемы (с одревесневшими оболочками) становится меньше и тем отчетливее выявляются элементы флоэмы. На фиг., 3 элементы флоэмы расположены по обеим сторонам тяжа, состоящего из сосудов; рисунок утолщений стенок их мало отличается от утолщений элементов ксилемы, только одревеснение оболочек отсутствует. На сходство рисунка утолщений элементов ксилемы и флоэмы было указано Александровым и Абесадзе (2).

Паренхима, окружающая элементы проводящей системы в верхней половине зерновки, снабжена хорошо развитой системой межклетников (фиг., 3). В районе верхушки молодой зерновки система

межклетников становится еще богаче (фиг., 4—Лютесценс 062), тяжи проводящих элементов постепенно исчезают; начиная с элементов ксилемы, паренхима приобретает более округлые очертания и снабжена отчетливо выделяющимися щелевидными порами. Сначала поры довольно обильны, но к самой верхушке, с увеличением округлости клеток и уменьшением размеров их, исчезают. На верхушке создается весьма рыхлая ткань, состоящая из тонкостенных округлых клеток, пронизанная густой сетью межклетных ходов. Эта ткань покрыта эпидермисом с многочисленными волосками, среди которых рассеяны устьица. На присутствие многочисленных устьиц на стенках завязи пшеницы указал еще Новацкий (3). На фиг., 5 изображена часть эпидермиса верхушки зерновки *Tr. polonicum* в начале восковой спелости. Обращает на себя внимание, что устьица на зерновке

не злакового типа, а обычного для всех прочих растений. При более детальном исследовании строения эпидермиса верхушки молодой зерновки можно убедиться, что эпидермальные клетки имеют такие же щелевидные поры, какие свойственны паренхиме верхушечной ткани, и сильно напоминают в этом отношении так называемые поперечные клетки зерновки, т. е. клетки внутреннего эпидермиса (фиг., 6—Лютесценс 062). Каждый волосок в базальной части своей, погруженной среди эпидермальных клеток, имеет хорошо развитые поровые каналы (правый фрагмент, фиг., 6), оканчивающиеся порами, сопряженными с порами окружающих клеток эпидермиса (левый фрагмент, фиг., 6). Волоски на молодых зерновках мягкие, хотя и с достаточно толстыми, но нежными оболочками, заполнены живым содержимым, с большой вакуолью и повидимому лишены кутикулы или она очень тонка, а поэтому трудно различима.

Прежде чем перейти к обсуждению значения описанного нами строения внутренней ткани бороздки и ткани верхушки зерновки пшеницы, следует отметить, что структура эта с возрастом зерновки, по мере созревания ее меняется. Наибольшего развития система проводящих элементов бороздки достигает в молодой зерновке, находящейся в стадиях роста, а затем налива. К концу восковой спелости многие анатомические элементы ксилемы и флоэмы уже облитерированы и исчезли в связи с общей облитерацией ткани мезокарпия созревающей зерновки. В зрелой зерновке некоторых пшениц проводящая система бороздки нередко бывает так сильно редуцирована, что вообще с трудом различима. Изменяется и структура волосков, расположенных на верхушке зерновки пшеницы: волоски теряют живое содержимое, становятся жесткими, грубыми, поровые каналы в базальной части их повидимому затягиваются, почти совсем незаметны. Вещество оболочки волосков, сначала нежное, целлюлозное, начинает одревесневать. У зрелой зерновки пшеницы волоски верхушки зерновки образуют так называемый хохолок или бороздку, сильно одревесневшие. Например у твердой пшеницы часто из всех тканей перикарпия зерновки волоски хохолка являются единственными одревесневшими элементами.

Сопоставляя степень развития проводящей системы бороздки и связанного с этой системой, описанного нами, аппарата верхушки зерновки у различных пшениц, можно убедиться, что у тех форм пшеницы, которые отличаются или быстрым или сильным наливом, и проводящая система бороздки и верхушечный хохолок особенно сильно развиты. Так, проводящая система бороздки у *Tr. sphaerococcum* весьма обильна, у мягкой пшеницы она, как общее правило, развита лучше, нежели у твердой. Помимо проводящей системы в бороздке, в своем заложении состоящей по Шустеру (4) из трех пучков (два латеральных и один между ними—плацентарный), в стенке завязи залагается еще очень слабо развитый пучок на спинной стороне (дорсальный). Но последний быстро облитерируется вскоре после образования. Поэтому фактически во время развития и налива зерновки пшеницы функционирует лишь группа пучков брюшной стороны, залегающая там, где формируется бороздка. Проводящая система бороздки является единственной проводящей системой завязи злака и формирующегося из нее плода. Несомненно, что функции этой системы и всего описанного нами аппарата теснейшим образом связаны с наливом зерновки.

Согласно ряду исследований (5, 6, 7) кутинизация и опробкование интегумента и плацентарно-халазального района в развивающейся зерновке пшеницы начинаются очень рано, когда зерновка выросла еще незначительно, заканчиваясь почти полностью к началу восковой спелости. Свободными от кутино-суберинового метаморфоза остаются лишь районы микропиле и верхушки зерновки. Ранняя кутинизация интегумента (обле-

нающего со всех сторон эндосперм), превращающегося ко времени начала восковой спелости в семенную кожуру, несомненно сильно затрудняет доступ веществ, заполняющих эндосперм, в клетки этого образования. Следует иметь в виду, что и в начале восковой спелости еще продолжается заполнение клеток эндосперма мелким (хондриосомным) крахмалом. Повидимому немалая доля отлагающихся в эндосперме зерновки веществ поступает через верхушечный район ее. Вполне возможно, что описанные нами особенности структуры верхушки зерновки, т. е. сеть паренхимы со щелевидными порами и нежные волоски с устьицами, представляют собой аппарат, способствующий наливу. Нежные волоски и устьица своей транспирирующей деятельностью затягивают растворы по направлению к верхушке. Конечно путь через верхушку не единственный, но верхушечный аппарат значительно ускоряет процесс налива и способствует полноте его. Следовательно хохолок зрелой зерновки есть остаток части аппарата, участвовавшего в наливе зерновки.

Анатомическая лаборатория.
Всесоюзный институт растениеводства.
Пушкин.

Поступило
4 VIII 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G o e b e l, Organographie der Pflanzen, III (1933). ² Александров и Абесадзе, ЖРБО, II, 297—308 (1926). ³ Nowacki, Untersuchungen über das Reifen des Getreides nebst Bemerkungen über den zweckmässigsten Zeitpunkt zur Ernte (1870). ⁴ Schuster, Flora, 100 (1909). ⁵ Krauss, Jahrb. wiss. Bot., 77, 733—808 (1933). ⁶ Pugh, J o h a n n a. Dickson, Journ. of Agric. Research., 45, 609—626 (1932). ⁷ Александров, Бот. журн. СССР, 22, 364—393 (1937).