

АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

В. Г. АЛЕКСАНДРОВ и О. Г. АЛЕКСАНДРОВА

**О СОСТОЯНИИ КЛЕТОЧНЫХ ЯДЕР В ПЕРИКАРПИИ И ЭНДОСПЕРМЕ ПШЕНИЦЫ ВО ВРЕМЯ НАЛИВА И СОЗРЕВАНИЯ ЗЕРНОВКИ**

(Представлено академиком А. А. Сапегиным 7 XII 1938)

При исследовании процессов налива и созревания зерновок различных пшениц мы обратили внимание на изменения, происходящие с клеточными ядрами перикарпия и эндосперма, которые теснейшим образом связаны с самой сущностью налива и созревания. Так как эти изменения интересны с точки зрения понимания некоторых сторон биологии растительной клетки вообще, то мы решили опубликовать некоторые из результатов наших наблюдений.

Известно, что у пшениц, как и у всех злаков, при созревании зерновки клетки перикарпия, расположенные между наружным и внутренним эпидермисом (так наз. мезокарпия), облитерируются и растворяются. Особенно резко выражено растворение клеток мезокарпия у пленчатых пшениц, например *Tr. spelta*. Мезокарпий растворяется полностью, плодовая оболочка (перикарпий) зрелой зерновки пленчатой пшеницы состоит лишь из наружного и внутреннего эпидермиса (1). Растворение клеток мезокарпия начинается очень рано, в состоянии молочной спелости оно уже значительно выражено, а ко времени наступления восковой спелости бывает полностью законченным. Следовательно в период налива и первых стадий созревания зерновки пшеницы в перикарпии происходят энергичнейшие биохимические процессы, проявляющиеся в растворении (и перемещении в эндосперм) не только отложенных в клетках перикарпия различных веществ, но и целиком всего тела клеток тканей мезокарпия. Параллельно с растворением клеток перикарпия, заключающих в себе до начала налива и созревания зерновки весьма обильное содержимое, идет столь же энергичное отложение запасных веществ в клетках эндосперма, главным образом в виде крахмала и белка. Процессы растворения, перемещения и отложения питательных и пластических веществ в системе перикарпий—эндосперм совершаются при значительнейших морфологических изменениях клеточных ядер в тканях того и другого компонента зерновки, заканчивающихся разрушением ядер.

На фрагменте 4-м наших рисунков изображен участок поперечного разреза мезокарпия развивающейся зерновки озимой позднеспелой пшеницы сорта Московская 2411. Зерновка еще очень молодая, образование эндосперма только начинается, возникло лишь два-три периферически расположенных слоя. Разрез произведен через базальную часть зерновки, т. е. в месте наиболее интенсивного деления и разрастания клеток перикарпия, обуславливающего в основном самый рост зерновки. В этом районе развивающейся зерновки во многих клетках паренхимы мезокарпия крахмала еще нет, видно лишь ядро и большая, заполняющая всю клетку вакуоля, повидимому содержащая преимущественно раствор сахаров. Фиксация материала производилась 70% алкоголем. При такой фиксации

ядра в клетках, лишенных еще отложений крахмала, имеют вид плотных эллипсоидальных тел, состоящих из густой зернистой без ядрышек массы. Красками такие ядра, как и все ядра клеток перикарпия, в отличие от клеточных ядер эндосперма, окрашиваются сравнительно трудно. Ядра эндосперма при таких же условиях фиксации окрашиваются значительно скорее и интенсивнее.

Рядом с клетками без крахмала в несколько меньшем количестве, местами, в базальной зоне развивающейся зерновки встречаются клетки мезокарпия, в которых крахмал уже начал накапливаться. Ядра в таких клетках резко меняют свою морфологию: становятся больше размерами, более округлой формы, содержимое не столь густым, появляются ядрышки. Создается впечатление, что с образованием крахмала в клетке ядра начинают разбухать, в неокрашенных препаратах они выглядят заметно бледнее ядер клеток, не содержащих крахмала. По мере накопления крахмала в клетке ядрышек в ядрах сначала бывает одно, а затем иногда два. Размеры ядрышек остаются во все время существования клетки более или менее одинаковыми. Никогда в ядрах клеток перикарпия пшеничных зерновок не бывает больше двух ядрышек, чаще даже — по одному.

На фрагменте 2-м изображен участок ткани мезокарпия из верхней половины той же зерновки, что и на фрагменте 1-м. В более верхних районах зерновки, где разрастание клеток перикарпия значительно слабее, нежели в базальной части зерновки, а деление клеток совсем прекратилось, отложения крахмала более обильные. Клетки паренхимы мезокарпия вырастают в три-четыре раза больше по сравнению с клетками такой же ткани внизу зерновки. Но ядра в таких клетках кажутся еще бледнее, содержащими еще менее густое содержимое, еще более разбухшими. Вместе с тем они перемещаются на середину клетки и становятся вполне шаровидными. Итак, по мере накопления крахмала в клетках паренхимы мезокарпия развивающейся зерновки пшеницы ядра увеличиваются в размерах, вещество их становится менее густым и слабее окрашиваемым. Эти признаки указывают на то, что повидимому происходит как бы разбухание ядер, сопряженное однако с какими-то изменениями в составе самого вещества их. Находятся ли в непосредственной связи изменения в морфологии и составе ядер клеток мезокарпия с накоплением крахмала в клетках или оба процесса развиваются в параллельной независимости, решить с полной определенностью трудно. С точки зрения общепринятого представления, что ядро управляет деятельностью клетки, отмечаемый нами параллелизм между изменениями в состоянии ядра и накоплением крахмала должен быть рассматриваем, как два координационно связанных явления в жизни клетки, хотя сущность этой координации еще неясна.

Следует отметить, что крахмал в клетках перикарпия зерновки пшеницы очень мелкий, у некоторых форм (например эндемичные пшеницы Афганистана и др.) довольно много встречается сложных крахмальных зерен. По своей морфологии крахмал паренхимы мезокарпия напоминает так наз. хондриосомный крахмал клеток эндосперма] (ср. фрагмент 2 и в особенности фрагмент 6).

На фрагменте 3-м изображен участок поперечного разреза мезокарпия середины развивающейся зерновки северной скороспелки (*ferrugineum sibiricum*). Зерновка еще очень молодая, образование эндосперма только начинается. Состояние зерновки почти такое же, какое было отмечено для позднеспелого сорта Московская 2411. Образование крахмала происходит во всех клетках мезокарпия исследуемой зоны, а в ядрах становятся различимыми ядрышки. Еще больше крахмала возникает в верхней части зерновки (фрагмент 4-й). В последнем случае происходят резкие изменения в состоянии ядер: они сильно уменьшаются в объеме, ядрышки в них исче-

зают, ядра деформируются, теряя шаровидную форму, и несомненно отмирают. Создается впечатление, что как будто бы накопившиеся крахмальные зерна сдавливают погруженные среди них ядра. Но на самом деле это



не так <sup>(2)</sup>. Деформация ядер начинается значительно раньше достижения максимума накопления крахмала в клетке.

Отмечаемый нами факт деформации и уменьшения объема клеточных ядер мезокарпия, происходящий при накоплении в клетках крахмала, с еще большей убедительностью подчеркивает существование тесных взаимоотношений между изменениями в ядре и образованием крахмала. Биологически отмирание ядер в клетках перикарпия наливающейся зерновки может быть рассматриваемо, как вполне рациональное явление. С отмира-

нием ядер изменяются и осмотические свойства протоплазмы, следовательно облегчается эвакуация в эндосперм таких осмотически деятельных веществ, как сахара, возникающие в результате гидролиза крахмала, накопившиеся в клетках мезокарпия.

Наши сравнительные исследования над скороспелыми и позднеспелыми формами пшеницы обнаружили, что у скороспелок изменения ядер в клетках перикарпия, заканчивающиеся их деформацией и отмиранием, происходят в более короткий срок и более отчетливо выражены, чем у позднеспелок. Вообще скороспелкам свойственно более быстрое завершение процессов, ведущих к облитерации и растворению анатомических элементов перикарпия во время созревания зерновки, по сравнению с позднеспелыми сортами.

На фрагменте 5-м изображен участок эндосперма из нижней половины зерновки северной скороспелки. Так как материал собран через восемь дней после сбора материала, послужившего нам для демонстрации состояния клеток мезокарпия (фрагменты 3 и 4), то развитие эндосперма в новой зерновке значительно продвинулось. На фрагменте 5-м изображены две клетки из глубоких слоев эндоспермальной ткани.

Ядра в клетках эндосперма достигают значительно больших размеров по сравнению с ядрами клеток мезокарпия. Ядрышки, в числе от 2 до 7, в эндоспермальных ядрах появляются очень рано, как только произойдет деление ядер. Столь же быстро происходит и образование крахмала в этих клетках, в особенности в более глубоких слоях эндосперма. Нам никогда не удавалось видеть клеток из центральных участков ткани эндосперма без крахмала. В таких клетках образование крахмала начинается еще до окончания полного формирования клетки. Разрастание крахмальных зерен также совершается исключительно быстрыми темпами. Это — пластидный крахмал, в среднем достигающий крупных размеров.

Еще через четыре дня в эндосперме северной скороспелки можно наблюдать дальнейшие изменения клеточных ядер (фрагмент 6-й, материал собран 27 июля 1938 г., фрагмент 5-й изображен с материала, собранного 24 июля). Клетки эндосперма сильно разрослись, поэтому мы изображаем только части двух клеток с их ядрами. Признаки деформации и отмирания ядер выражены вполне отчетливо: ядрышки исчезли, ядра потеряли шарообразную форму, очертания их стали неправильными, объем сильно уменьшился. Еще дальше во времени ядра совсем разрушаются. Параллельно с отмиранием и разрушением ядер происходит все увеличивающееся накопление хондриосомного крахмала, с окончанием процесса налива зерновки заполняющего все промежутки между пластидными крахмальными зернами.

Итак, наблюдения над состоянием клеточных ядер в мезокарпии и эндосперме в различные моменты развития зерновки пшеницы обнаруживают существование теснейшей связи между изменениями, происходящими с ядром, и образованием крахмала в клетках. И в мезокарпии, и в эндосперме, в особенности в глубоких слоях его, ядра сначала сильно разрастаются и повидимому разбухают, а затем в дальнейшие моменты жизни клеток этих тканей деформируются, сильно сморщиваясь, отмирают и наконец разрушаются. Образование и накопление крахмала продолжается и во время процессов деформации, отмирания и разрушения ядра, но крахмал в этот период образуется всегда мелкий.

Анатомическая лаборатория  
Всесоюзного института растениеводства,  
Пушкин.

Получено  
20 X 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Александров, Ботан. журн. СССР, 22, 364—393 (1937). <sup>2</sup> Александров и Александрова, ДАН, XX, № 7 (1938).