

А. М. СИНЮХИН

КЛЕТОЧНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНУСА РОСТА ЯЧМЕНЯ

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 5 XI 1952)

Работы по изучению развития конусов роста относятся к морфологическому описанию их (3, 7). В настоящей работе были изучены клеточно-физиологические реакции тканей конуса роста шестирядного ячменя сорта Червонец на разных этапах его развития: от начала заложения генеративных валиков до начала формирования на них колосковых бугорков.

Конус препарировался и окрашивался прижизненно. При окраске нейтральной красной по тому тону, в который окрашивались клетки, можно было определить прижизненную кислотность клеток (pH_n). Клетки, обладающие кислой реакцией, окрашивались в малиново-розовые тона — pH_n около 5,5, при помидорно-красном окрашивании pH_n 6,0, а при буром оно достигает 7,0 и, наконец, в случае оранжево-желтого окрашивания равняется 8,0.

Для определения окислительно-восстановительного режима мы пользовались определением gH_2 — методом окраски оксиредукционными индикаторами. Для этой цели были использованы: метиленовая синяя, нильская голубая, янус зеленый и нейтральная красная. Судя по тому, какая из красок восстановилась до бесцветной лейкобазы, т. е. не окрашивала объект, делалось заключение о gH_2 ткани. Так например, если окрашивала метиленовая синяя, то gH_2 было более 14. Если она не окрашивала, а восстанавливалась, то gH_2 было меньше 14. Зная окислительно-восстановительную силу красок (нильская голубая имеет gH_2 9,0, янус зеленый gH_2 5,0, нейтральная красная gH_2 2,5), мы могли судить о gH_2 ткани по тому, как она окрашивалась той или иной краской. gH_2 больше 14 указывает на окислительный режим, а менее 14 на восстановительный (1, 2, 4, 6, 8, 9).

Рассмотрим конус роста стебля ячменя в тот период, когда на нем начинают залагаться генеративные валики. Позднее на валиках возникнут колосковые бугорки, из которых разовьются генеративные органы.

Окислительно-восстановительный потенциал конуса роста очень мал — реакция его восстановительная. Конус окрашивается нейтральной красной и не красится янусом зеленым. Значит, основная масса конуса роста имеет gH_2 меньше 5,0, но больше 2,5. Заложение валика знаменуется тем, что на конусе роста начинает появляться группа клеток, окислительно-восстановительная сила которых повышается. Они приобретают окислительный характер. Эти клетки интенсивно прокрашиваются метиленовой синей, нильской голубой и янусом зеленым. Следовательно, в местах развития валика gH_2 делается больше 14, тогда как в основной массе конуса оно немногим больше 2,5.

По окраске нейтральной красной можно видеть, что основная масса конуса имеет pH_n около 5,5—6,0. Конус прокрашивается в помидорно-красный цвет, за исключением клеток стержня конуса (осей первого порядка). Вакуом в них окрашен в желтый цвет, он имеет щелочную реакцию. Места усиленного окисления (центры заложения валиков) окрашиваются в бурый цвет. Основная масса конуса имеет кислую реакцию и в то же время восстановительный режим: pH_n 5,5—6,0, а rH_2 меньше 5,0, но больше 2,5. Центр заложения валиков имеет pH_n 7,0, а rH_2 больше 15,0. Центры формирования валика обладают аэробным режимом, в то время как основная масса конуса, очевидно, обладает анаэробным режимом. Сильный окислительный режим при щелочном или нейтральном pH возможен лишь тогда, когда вещества неполностью или вообще только незначительно диссоциированы. Следовательно, части валика, наиболее интенсивно растущие и развивающиеся, оказываются наименее ионизированными. Это можно показать, вычисляя E_n центра конуса и вершины хорошо развитого валика. Для вершины валика E_n приблизительно равно +30 мв, а для основной массы конуса приблизительно —240 мв.

В центрах окисления окраска сосредоточивается в вакуолях. Вакуоли эти, в отличие от других мест, разнокачественны: кислотность их колеблется от pH_n 6,5 до pH_n 8,0. Часто даже одна вакуоль имеет различные pH_n . Например, центр вакуолей может иметь реакцию около pH_n 7,0, а периферия около 6,0. Эта разнокачественность расценивается нами как результат секреторной деятельности вакуоли. Вакуоли эти обладают совершенно особыми характеристиками. Они пульсируют, клетки с пульсирующими вакуолями отличаются полярностью. Вакуоли в них лежат и развиваются у одного из полюсов клеток, противоположного наружному краю конуса.

Вакуоли в местах наибольшего окисления, сокращаясь и раздуваясь во время пульсации, при окраске в конце концов лопаются; тогда сплошь прокрашивается плазма клеток.

Хондриом при окраске янусом зеленым в этих клетках обнаружить не удается. В процессе онтогенеза раньше появляются вакуоли; вакуолярная система клетки — очевидна, органоид очень древний. Сперва, по преимуществу, они появляются в местах, где происходит дифференциация валиков, а затем и в других местах. Если вакуоль появляется на ранних этапах онтогенетического развития клеток органа (валика, бугорка), то вакуоль эта отличается от обычных вакуолей растительных клеток; ей присуща способность к пульсации.

Центр окисления и оформления валика окружен клетками, в которых начинают развиваться вакуоли; сначала они не окрашиваются и в них появляются гранулы в отличие от других мест конуса (pH_n их щелочное). На первых стадиях развития генеративных валиков вакуоли имеют щелочную реакцию, которая окисляется с развитием валиков. pH_n вакуоли и плазмы различно. Так например, в оформляющемся валике плазма имеет pH_n 5,5, а вакуоли pH_n 7,0. В дальнейшем, в процессе развития валика имеются более щелочные вакуоли, чем цитоплазма, затем более щелочной делается плазма. Эти изменения связаны с физиологической дифференцировкой генеративного валика на будущие колосковые бугорки. В очень молодом валике потенциал отрицательного заряда вакуолей должен быть выше, чем в плазме; с возрастом положение меняется и заряд плазмы делается более высокоотрицательного потенциала, чем заряд вакуолей. Физиологический смысл этого явления заключается в том, что, например, в очень молодом валике вакуоли будут насасывать воду из плазмы — они гидрофильнее плазмы. С возрастом, наоборот, вакуоль становится менее гидрофильной, чем плазма, и вода должна мигрировать из вакуоля в плазму.

Развитой генеративный валик по общей характеристике его внутриклеточных реакций имеет наиболее щелочное pH_n в верхних частях и более кислое в нижних частях (значения pH_n колеблются от 7,0 до 6,0). Обратные характеристики свойственны валику по окислительно-восстановительному режиму. Верхняя часть валика, обладающая наиболее щелочной реакцией, имеет наиболее окислительный потенциал (rH_2 от 15,0 до 5,0).

Возникновение валика начинается с того, что на конусе роста появляется ограниченный, резко очерченный участок окисления, в центре которого и возникает валик. В дальнейшем, на уже развитом валике образуется три колосковых бугорка на одном уступе. Первый бугорок, центральный, образуется как-раз по месту возникшего первичного центрального расположенного участка окисления на валике, возникшего на каком-то этапе его развития. Несколько позднее появляется еще два участка окисления. Они располагаются по обе стороны от центрального участка окисления. Таким путем на валике возникает три центра окисления. При окраске конусов прижизненно толуидиновой синей мы столкнулись с тем, что иногда в клетках интенсивного окисления (в тех, что являются центрами возникновения бугорков на валике) ядра очень легко окрашиваются прижизненно.

Последнее тем более удивительно, что режим клеток безусловно аэробный и, казалось бы, паранекроз ядер в них невозможен. Ядра в этих местах, очевидно, лишены той физиологической защиты против прижизненного окрашивания, которая свойственна полноценным ядрам.

В процессе развития бугорка можно наблюдать такой период, когда на каждом из колосковых бугорков возникает четыре центра окисления. Они располагаются таким образом, что центрально расположенный участок окружается тремя лежащими вокруг него. Наиболее вероятно предположить, что центрально расположенный участок с окислительным режимом соответствует месту, на котором разовьется пестик, а боковые дадут начало тычинкам.

Валики на конусе роста у ячменя закладываются только после прохождения стадии яровизации, а бугорки только тогда, когда растение пройдет световую стадию.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
14 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Р. Вюрмзер, Биологическое окисление и восстановление, М., 1935. ² С. И. Кузнецов, Усп. биол. хим., в. 10, 119 (1934). ³ Ф. М. Куперман, Селект. и семен., № 5 (1950). ⁴ А. Михаэлис, Окислительно-восстановительный потенциал, 1935. ⁵ Д. Н. Насонов, В. Я. Александров, Реакция живого вещества на внешнее воздействие, изд. АН СССР, 1940. ⁶ Н. Некрасов, Усп. биол. хим., в. 10 (1934). ⁷ И. Шмальгаузен, Тр. СПб об-ва естествоисп., 1 (1870). ⁸ Я. Е. Эллэнгорн, Изв. АН СССР, сер. биол., № 2 (1951). ⁹ Я. Е. Эллэнгорн, В. А. Яблокова, Бот. журн., 33, № 5 (1948).