

В. А. ЯБЛОКОВА

## КЛЕТОЧНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ pH<sub>i</sub> И ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ПЕСТРОЛИСТНОГО РАСТЕНИЯ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 7 VI 1954)

Новейшими работами советских ученых освещена структурная и функциональная неравноценность хлоропласта в онтогенезе растения в различных тканях и органах (1, 4). Однако до настоящего времени в литературе ничего не известно о взаимосвязи между физико-химическим состоянием живой клетки и, в частности, внутриклеточного pH с состоянием заключенного в ней хлоропласта и хлорофилла. Между тем самым разительным примером преобладающего влияния внутренних факторов на новообразование хлорофилла могут служить листья пестролистного растения, у которых хлорофилл нередко отсутствует также и в мезофилле.

В связи с этим мы провели прижизненное исследование внутриклеточного pH на поперечных срезах пестролистного растения *Hosta coerulescens* Tratt. (*Funkia ovata* Spreng.) v. *latifolia* Voss. f. *aureivariegata* Voss., имеющего темнозеленые края и альбиносную среднюю часть пластинки. Исследование проводилось при помощи индикатора нейтральной красной в концентрации 0,002—0,005% раствора на дистиллированной воде. Были изучены срезы из разных участков как взрослых, так и молодых листьев на растениях из Ботанического сада АН СССР в Ленинграде, в середине августа 1948 г. Параллельно этому исследуемые участки подвергались просмотру под флуоресцентным микроскопом.

Мезофилл листа изученной функии состоит из семи рядов клеток, из которых первый является нерезко выраженной палисадной паренхимой, а остальные относятся к губчатой паренхиме.

В связи с характером и интенсивностью окраски разных участков пластинки листа клетки его мезофилла можно разбить на три основных группы, а с учетом более тонких переходов — до пяти: 1) нормальные зеленые клетки — содержат хлоропласты с гранулярным строением (рис. 1, I—III, A<sub>0</sub>); 2) клетки, содержащие дегенерирующие хлоропласты на начальной стадии набухания с несколько увеличенными в размере хлоропластами (рис. 1 — II, III, A<sub>1</sub>); 3) клетки, заключающие хлоропласты с более сильно выраженной степенью дегенерации — светлозеленые клетки с сильно набухшими хлоропластами и нечеткими контурами последних вследствие их агглютинации (рис. 1 — I, II, A<sub>2</sub>); 4) клетки с бледно-зеленым студнеобразным содержимым — крайняя степень дегенерации зеленой пластиды в результате ее желатинизации (рис. 1 — I, II, B) и, наконец, 5) клетки бесцветные (рис. 1 — III, IV, B).

Клетки первой группы — темнозеленые благодаря присутствию в них нормальных гранулярных хлоропластов — тянутся несколькими прерывающимися другими категориями клеток рядами параллельно верхнему эпидермису. Они и определяют темнозеленый цвет краев верхней поверхности листа, являющийся характерным признаком изучаемой формы функии. Отдельные зеленые клетки (рис. 1) и их слои наблюдаются и в нижних зонах мезофилла. Вблизи альбиносного участка листа они тянутся

или в виде одиночного верхнего прерывающегося (рис. 1 — III, A<sub>0</sub>) или нижнего слоя клеток.

Хлоропласты первого типа клеток, клеток нормальных, интенсивно зеленых, обычно флуоресцируют в ультрафиолетовых лучах интенсивно красным цветом. Вакуоли таких клеток окрашиваются нейтральной красной в оранжево-охристые тона. Внутриклеточная кислотность их выражается  $pH_n$  7,5—8,0.

На срезах с нижней поверхности пластинки листа, окрашенного в бледнозеленый цвет, иногда можно наблюдать те клетки, которые мы отнесли к четвертой группе. Они характеризуются студнеобразными бледно-зелеными хлоропластами (рис. 1 — I, II, Б).

Отметим характеризующие эти клетки физико-химические особенности. Вакуоли их оказываются неспособными окрашиваться нейтральной красной: такие клетки могут быть охарактеризованы очень резким снижением окислительно-восстановительной реакции их вакуолей по сравнению с вакуолями зеленых клеток. Очевидно, что  $gH_2$  их меньше 2,5. Можно думать, что отрицательный заряд их больше отрицательного заряда нормальных клеток. Сравнивая эти клетки с клетками первой группы, мы должны признать, что их  $gH_2$  по сравнению с только что описанными клетками оказывается более окислительными — оно, несомненно, больше 2,5. Застуднение хлоропластов, слипание их, повидимому, связано с тем, что в клетках происходит снижение окислительно-восстановительного уровня.

В слипшихся хлоропластах наблюдается угасание флуоресценции их хлорофилла. Следовательно, возрастание отрицательного заряда вакуолей и снижение их окислительной реакции приводит к тому, что хлоропласты слипаются, перестают нормально флуоресцировать.

Клетки с первоначальной стадией набухания хлоропластов (вторая группа, рис. 1 — II, A<sub>1</sub>) с несколько увеличенным их объемом обладают  $pH_n$  клеточного сока около 8, окрашиваются нейтральной красной в цвет светлой охры и по значению  $pH$  тесно примыкают к нормальным клеткам (первой группы). Клетки с нечеткими контурами агглютинированных хлоропластов не окрашиваются нейтральной красной: очевидно, значение  $pH_n$  их клеточного сока было больше 8.

Представляет интерес, что может возникнуть на грани вакуоля — плазма при ошелочении клеточного сока. Ошелочение клеточного сока по термодинамическим соображениям должно привести к тому, что цитоплазма станет окисляться и отрицательный заряд ее должен снизиться.

В клетках альбиносного участка листа, характерного для средней части пластинки (пятая группа), вообще нет хлоропластов. Вакуоли таких клеток окрашиваются нейтральной красной в бледнорозовый цвет. Реакция клеточного сока в этом случае достигает  $pH_n$  6,5—7,0 (рис. 1 — III). При такой кислотности клеточного сока в цитоплазме едва ли может быть нормальный отрицательный заряд. Реакция вакуоли для этого слишком кисла. Такие клетки, как уже сказано, не содержат хлоропластов. Очевидно, при такой величине заряда цитоплазмы образование хлоропластов невозможно. Эти клетки в ультрафиолетовых лучах флуоресцируют голубым цветом.

Итак, генезис клеток таков: из нормальных зеленых клеток (первая группа) образуются клетки с разбухшими хлоропластами в виде студня (четвертая группа) с постепенными между ними переходами от клеток с слегка увеличенными хлоропластами (вторая группа) к сильно набухшим. Сильное набухание хлоропластов сопровождается их слипанием между собою (третья группа). Пятая группа клеток — бесцветная. Возможно, что ее плазма является донором водорода, тогда она ошелачивается, и в этих условиях возникновение хлоропластов невозможно.

Таким образом, описанные группы клеток мезофилла листа изученной нами пестролистной формы функии отличаются между собой как по вели-

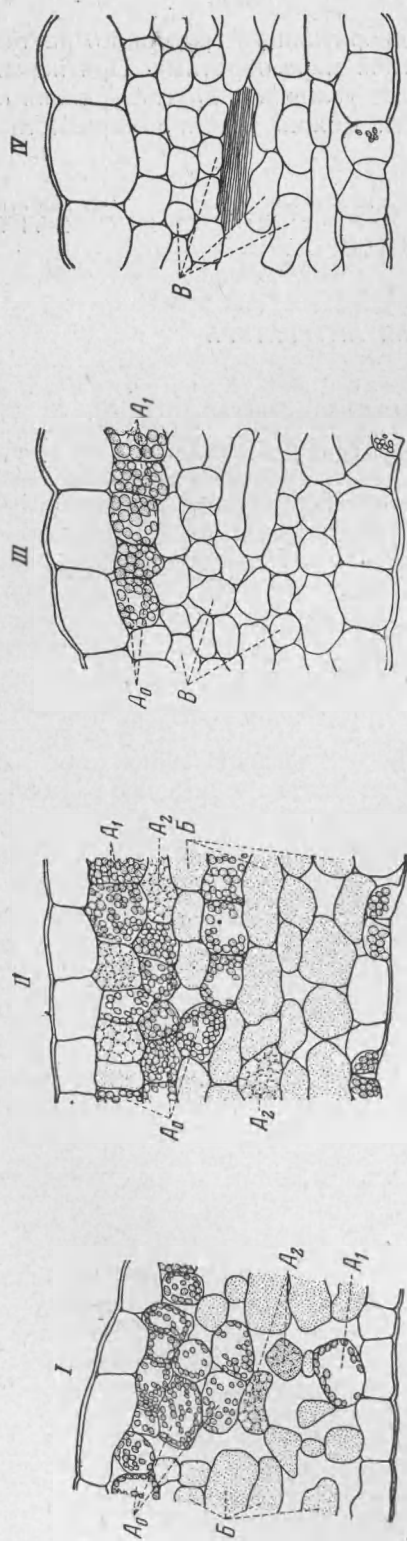


Рис. 1. I — Схематическое изображение поперечного среза листа функии с белым пятном в средней части пластинки листа. Диск был взят из центральной части молодого (из 2-го сверху яруса из 5 сохранившихся) листа зеленого с верхней поверхности и светлого снизу;  $A_0$  — клетки темнозеленые, содержащие нормальные хлоропласты ( $pH_n$  клеточного сока  $\approx 7,5-8,0$ );  $A_1$  —  $pH_n$  клеточного сока  $\approx 8$ ;  $A_2$  — клетки светлые, содержат хлоропласты с резко выраженной степенью желатинизации, слабо контурированы, агглютинированы; хлорофилл диффузно распределен в этих разбухших хлоропластах ( $pH_n$  клеточного сока  $> 8$ );  $B$  — клетки светлые с крайней степенью желатинизации хлоропластов; пигмент диффузно пропитывает всю клетку. За отсутствием контурированности разбухших хлоропластов содержание этих клеток условно помечено точками. II — Поперечный срез из краевого темнозеленого канта с верхней поверхности и светлого снизу ( $pH_n$  клеточного сока  $\approx 8$ ). III — Поперечный срез центральной части того же листа, что и на рис. II, из участка светлого с верхней поверхности и белого снизу. Обозначения те же, что на рис. I.  $A_1$  — клетки, содержащие хлоропласты на начальной стадии набухания, хотя и резко выраженной, чем на рис. II  $A_1$ ).  $pH_n$  клеточного сока  $\approx 8$ ;  $B$  — клетки бесцветные ( $pH_n$  клеточного сока  $\approx 7,0$ ,  $pH_n$  вакуолей их верхнего эпидермиса в основном  $6,5-7,0$  и нижнего  $7,0-7,5$ ); есть клетки неокрашивающиеся ( $pH_n$  клеточного сока  $> 8,0$ ). IV — Поперечный срез центральной части того же листа, что на рис. II и III из участка белого с обеих поверхностей. Зарисовки производились при помощи рисовального окуляра. Из содержимого клеток на рисунках изображены лишь пластины

чине рН, так и по способности их к флуоресценции, что указывает на физико-химическую разнохарактерность этих клеток, связанную с нарушением ионного баланса в них, которое и обуславливает явление пестролистности данного растения.

Наблюдающаяся у изученного декоративного грунтового растения дегенерация зеленых пластид в известной мере обратима. При перенесении этих растений в другие температурные условия и другие условия освещения при искусственном выращивании можно свести пестролистность до минимума или даже совсем на-нет.

Государственный естественно-научный институт  
им. П. Ф. Лесгафта  
Академии педагогических наук РСФСР  
Ленинград

Поступило  
2 VI 1954

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.

- <sup>1</sup> В. Г. Александров, М. С. Яковлев, Л. В. Климовичкина, Бот. журн. СССР, 32, № 4 (1947). <sup>2</sup> Б. Н. Любименко, Записки АН, 33, № 12 (1916).  
<sup>3</sup> В. Н. Любименко, В. А. Бриллиант, Совр. пробл. естествозн., 1924.  
<sup>4</sup> А. А. Табенцкий, Изв. АН СССР, сер. биол., № 5 (1947). <sup>5</sup> А. А. Табенцкий, там же, № 1, 71 (1953). <sup>6</sup> В. Ю. Чаговец, Очерк электрических явлений на животных и растительных тканях с точки зрения новейших физико-химических теорий, Докт. дисс. ВМА в 1902—1903 г. № 94, в. 1.