

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. Г. КОНАРЕВ

**ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КЛЕТКАХ РАСТЕНИЯ  
И ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТОЧКА ПРОТОПЛАЗМЫ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 20 XI 1947)

Старение клетки сопровождается изменением ряда физико-химических свойств протоплазмы, как то: гидрофильности, вязкости, проницаемости протоплазматических оболочек и др. Согласно имеющимся в литературе данным, с возрастом клетки изменяются и электроколлоидные свойства протоплазмы, что определяется обычно по способности протоплазмы адсорбировать и удерживать в себе основные и кислые краски. Одним из характерных показателей электроколлоидного свойства является изоэлектрический пункт (ИЭП), определяемый обычно цитологическим методом А. Пишингера (1). Этот метод уже дал возможность гистологам вскрыть ряд новых закономерностей, характеризующих возрастные изменения в клетке. Более обстоятельно изменение ИЭП было исследовано на клетках животных тканей и бактерий и значительно слабее на растениях. Для последних имеются лишь одиночные сведения. Особый интерес представляет работа А. А. Рихтера (2), показавшего, что ИЭП клеток зародыша семени при яровизации смещается в кислую сторону. Смещение ИЭП в кислую сторону наблюдалось и при предпосевном закаливании зародышевой пшеницы в опытах К. А. Поповой (3). Положение ИЭП, по данным ряда авторов, зависит от возраста клеток (4, 5).

В этой работе мы поставили целью изучить поведение ИЭП протоплазмы клеток различных тканей в связи с их возрастом и физиологическим состоянием. Опыты проводились зимой 1946—1947 г. и летом 1947 г.

**Методика.** Изучая различные краски основного и кислого ряда, мы остановились на основном и кислом фуксине. Эти краски довольно отчетливо реагируют на изменение рН и имеют одинаковые тона, что в значительной мере облегчает сопоставление интенсивности адсорбции их элементами клетки на различных препаратах. Растворы красок готовились на буферных смесях Мак-Ильвейна со значениями рН от 1,80 до 7,40 и интервалами 0,2 рН. Более отчетливые результаты получаются при работе с красками низкой концентрации, причем наиболее подходящим является 0,05% раствор. Истинное значение рН каждого раствора устанавливалось потенциометрически.

Срезы со свежего объекта фиксировались смесью спирта и хлороформа (в отношении 96:4) в течение 10 мин., после чего раскладывались в соответствующие растворы красок. После окрашивания каждый срез в течение 15 мин. промывался в чистой буферной смеси соответствующего рН и в капле этого же раствора изучался под микроскопом. Вычисление ИЭП производилось графически, исходя из кривых интенсивности окраски в кислом и основном фуксине. Повторность

определений — не менее трехкратной. Возможная ошибка, вычисленная нами в серийных определениях, равна для меристем  $\pm 0,15$  рН, для клеток паренхимы  $\pm 0,10$  рН.

Как и следовало ожидать, протоплазма клеток образовательных тканей, по сравнению с постоянными тканями, обладает наибольшей цианофильностью. При этом наряду со смещением ИЭП в кислую сторону для протоплазмы молодых клеток характерно также расширение зоны одновременного окрашивания кислой и основной красками.

Таблица 1

Адсорбция кислого (–) и основного (+) фуксина протоплазмой клеток стебля картофеля

Объекты	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8
Меристема точки роста (плерома)	–	±	±	±	±	±	±	±	+	+	+
Паренхима сердцевин в основании точки роста . . . . .	–	–	–	±	±	±	±	+	+	+	+
Паренхима сердцевин в средних междоузлиях . . . . .	–	–	–	–	–	±	±	+	+	+	+

Как видно из табл. 1, зона одновременного окрашивания протоплазмы кислым и основным фуксином ( $\pm$ ) для меристемы равна 3,0, для паренхимы в основании конуса нарастания стебля 1,6, а для более старых клеток паренхимы у основания стебля всего лишь 0,8 рН. Подобные данные мы получили также на растениях подсолнечника, проса и пшеницы. Такое закономерное сужение зоны одновременного окрашивания протоплазмы по мере старения клетки следует рассматривать, по видимому, как результат падения буферности протоплазмы, хотя не исключена возможность, что это сужение обусловлено также обеднением протоплазмы теми функциональными химическими группировками, которые независимо от общего электростатического заряда протоплазмы могут оказывать влияние на адсорбцию краско.

**Дифференциация точки роста.** При определении ИЭП протоплазмы клеток меристемы довольно отчетливо выступает неравнозначность ИЭП для отдельных участков конуса роста стебля и корня. Наиболее кислый ИЭП свойственен группе инициальных клеток. ИЭП поверхностного слоя клеток (дерматоген) заметно смещен к нейтральной среде. Особенно сильно смещен к нейтральной среде ИЭП протоплазмы клеток в области прокамбия, где впоследствии закладываются сосудистоволокнистые пучки. ИЭП протоплазмы клеток дерматогена, будущей коровой паренхимы и сердцевин постепенно смещается к нейтральной стороне по мере удаления клеток от верхушки к основанию конуса роста. Вследствие этого на продольном срезе через точку роста при рН, близком к значению ИЭП, можно наблюдать мозаичное распределение окраски. Например, при рН=4,4 в точке роста молодого цветоносного побега свеклы в кислом фуксине сильно окрашены прокамбиальные клетки в области образования сосудистоволокнистых пучков, слабее окрашен дерматоген и совершенно не окрашены группы инициальных клеток. Негативное распределение окраски в основном фуксине для этого объекта наблюдается при рН = 2,8–3,2. В точке роста корня особенно резко смещается в нейтральную сторону ИЭП протоплазмы клеток чехлика (табл. 2).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что дифференциация точки роста еще до появления внешних признаков обнаруживается в

изменении электроколлоидных свойств протоплазмы отдельных участков меристемы.

Сопоставляя ИЭП протоплазмы клеток различных меристем, мы обнаружили также заметные различия между инициальными клетками точки роста побега и корня, а также камбияльными клетками стебля.

Таблица 2

ИЭП протоплазмы клеток различных меристем

Объекты	Точка роста побега			Точка роста корня		Камбий
	иниц. клетки	дерматоген	в области форми-ров. сос.-вол. пучка	иниц. клетки	чехлик	
Ростки с клубня картофе- ля . . . . .	3,0	3,8	—	3,7	5,0	—
Картофель в фазе цвете- ния . . . . .	3,0	—	—	—	—	3,5
Цветоносный побег свек- лы . . . . .	2,7	3,6	3,8	—	—	3,2
Головка лука в начале прорастания . . . . .	2,9	3,8	4,4	3,4	—	—
Ветка сирени . . . . .	3,2	—	4,4	—	—	3,8—4,0
Пеларгония . . . . .	2,8	3,2	3,4	—	—	3,0—3,2

Как видно из данных, приведенных в табл. 2, в более кислую сторону смещен ИЭП протоплазмы клеток точки роста побега. Если принять во внимание, что ИЭП в той или иной мере может служить показателем жизненной активности, то приведенные здесь данные характеризуют точку роста побега как наиболее активную, обладающую наибольшей формообразовательной способностью.

Активность меристемы и ИЭП. Изучая меристемы различных растений, мы обнаружили заметные сдвиги ИЭП протоплазмы в связи с изменением физиологического состояния растения. Например, ИЭП меристемы почки в головке лука в состоянии покоя равен 4,4; в почке, тронувшейся в росте, около 3. Соответственно для меристемы почек сирени в состоянии покоя 3,8, при распускании 3,0—3,2. Подробное изучение ИЭП эмбриональных тканей в семенах гороха на разных фазах развития подтвердило эти данные. Как видно из табл. 3, ИЭП инициальных клеток при созревании семян смещается к нейтральной стороне, при прорастании вновь оказывается в кислой.

Таблица 3

ИЭП протоплазмы клеток зародыша семян гороха «Виктория розовая» на разных фазах развития

Объекты	Начало на- лива	Конец нали- ва	Зрелое семя	После суток, намазывания	3-дневный проросток	6-дневный проросток	10-дневный проросток
Точка роста побега(почеч- ка) . . . . .	2,5	2,9	3,8	2,7	2,4	2,6	2,6
Точка роста корня . . . . .	—	—	4,0	3,4	—	—	3,4
Дерматоген корня . . . . .	—	—	4,4	4,4	—	4,5	4,5
Корневой чехлик . . . . .	—	—	—	—	4,4	5,0	5,2

Подобного рода колебания ИЭП свидетельствуют о несомненной обратимости электроколлоидных свойств протоплазмы клеток на ранних этапах онтогенеза.

На фоне изложенных здесь данных представляют интерес проведенные нами опыты о влиянии декапитирования и одностороннего азотного удобрения на развитие пучкового камбия в стебле подсолнечника (лето 1947 г.). В первом случае с растений удалялись только что образовавшиеся бутоны. Во втором — подсолнечник выращивался в глиняных вазонах в различных условиях азотного режима. Анатомическое изучение стеблей на фазе цветения показало, что наиболее мощный камбий сохранился у растений декапитированных и несколько слабее у растений, росших в условиях одностороннего азотного удобрения. У растений контрольных в полевых условиях, и особенно у растений, выросших в условиях азотного дефицита, камбий к этому времени заметно деградирован (особенно к основанию стебля). Измерение ИЭП показало, что декапитирование и усиленное питание, стимулирующие деятельность камбия, смещают ИЭП протоплазмы камбиальных клеток в кислую сторону. Так, например, для камбия у контроля на уровне 13-го листа снизу ИЭП равен 3,0, у декапитированного и удобренного азотом 2,6—2,8 и у растений, росших в условиях азотного дефицита, 3,1—3,3.

В этой работе мы привели данные только для протоплазмы. ИЭП ядра в общем следует за изменениями ИЭП протоплазмы. Следует, однако, заметить, что среди ядер однородной ткани меристемы можно наблюдать различную окрашиваемость при рН, близком к значению ИЭП. Для клеток постоянных тканей мы этого не наблюдали. По-видимому, различная окрашиваемость ядер меристемы находится в связи с теми изменениями в составе ядра, которые сопутствуют прохождению отдельных фаз от состояния покоя до деления.

О характере адсорбции кислого и основного фуксина клеточными оболочками будет изложено в следующей работе.

Полученные нами данные позволяют сделать следующие выводы.

1. Среди образовательных тканей в более кислой стороне находится изоэлектрическая точка протоплазмы инициальных клеток побега.

2. Смещение ИЭП протоплазмы к нейтральной стороне при старении клетки сопровождается сужением зоны одновременного окрашивания кислым и основным фуксином.

3. Положение ИЭП для протоплазмы клеток меристемы может изменяться в зависимости от физиологического состояния организма.

4. Смещение ИЭП протоплазмы клеток отдельных участков меристемы наступает до появления внешних признаков дифференциации. Это дает возможность использовать красочный цитологический метод для изучения ранних фаз дифференциации тканей.

Поступило  
22 X 1947

Государственный педагогический  
институт им. В. П. Чкалова  
г. Чкалов

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> A. Pischinger, Z. Zellforsch., 3, 169 (1926). <sup>2</sup> А. А. Рихтер, В. А. Рандан и М. З. Пеккер, ДАН, 2, 72 (1933). <sup>3</sup> К. А. Попова, Уч. зап. Пермского ун-та, 2, 4 (1936). <sup>4</sup> H. Drawert, Flora, N. F., 32, 91 (1937). <sup>5</sup> Г. И. Роскиц, Усп. совр. биол., 22, 2 (5) (1946).