

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

П. А. ГЕНКЕЛЬ и К. П. МАРГОЛИНА

**О ВЯЗКОСТИ ПРОТОПЛАЗМЫ И ЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ  
ВЕГЕТАТИВНЫХ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ У РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 6 XII 1950)

В работе П. А. Генкеля и К. П. Марголиной <sup>(5)</sup> была показана связь между жаростойкостью суккулентов и высокой вязкостью их протоплазмы, а также и количеством связанной воды. Работа П. А. Генкеля и И. В. Цветковой <sup>(1)</sup> установила, что искусственное повышение и понижение вязкости протоплазмы сдвигает и температуру порога коагуляции протоплазмы. В этой же работе была отмечена и роль осмотического давления в смещении температуры порога коагуляции белков протоплазмы. Как известно из работы П. А. Генкеля и К. П. Марголиной <sup>(5)</sup>, вязкость протоплазмы не остается постоянной, а изменяется, возрастая в листьях от момента появления всходов, затем падает в период бутонизации и цветения, а затем вновь повышается.

Можно было предположить, что вязкость протоплазмы должна претерпевать существенные изменения не только в листьях, но и в корнях и цветке. В настоящем исследовании мы и приводим результаты работ в этом направлении.

Вязкость протоплазмы определялась по измененному нами плазмолитическому методу. В предыдущих наших работах вязкость протоплазмы измерялась по времени плазмолиза в молярном растворе сахарозы; в ряде последующих работ метод этот подвергся некоторым изменениям. Для того чтобы увеличить сравнимость метода, мы в настоящей работе брали не произвольную концентрацию раствора сахарозы, а на 0,1 или 0,2 молярности превышающую изоосмотическую концентрацию.

Таким образом, применение метода характеризуется следующими существенными моментами:

1) вязкость определяется по времени перехода вогнутого плазмолиза в выпуклый, т. е. по времени плазмолиза;

2) определение ведется в растворе сахарозы на 0,1 или 0,2 мол. выше изоосмотической концентрации клеточного сока взятой для исследования ткани;

3) определение считается оконченным, если выпуклый плазмолиз обнаружен у 90—95% клеток; единичные клетки не принимаются во внимание;

4) прижизненная окраска нейтральным красным производится только в том случае, если без этого не удастся хорошо рассмотреть содержимое клеток.

Большим преимуществом плазмолитического метода перед центрифужным является то, что он позволяет производить наблюдения в таких органах и тканях, в которых не имеется хлоропластов. Последнее обстоятельство очень важно. В нашей лаборатории мы широко применяли

данный метод. Сравнение его с центрофужным показало, что в большинстве случаев оба метода давали совпадающие результаты.

О влиянии вязкости на жаростойкость мы судили по температуре коагуляции белков разработанным нами ранее методом (1). Помимо вязкости, нами изучалась и эластичность протоплазмы по нашему методу (3).

В опытах со злаками мы получили следующие результаты (см. табл. 1). У яровой пшеницы и ржи вязкость протоплазмы резко возрастает в генеративных органах. В то время как вязкость в листьях резко падает в момент цветения, в самих цветках и их покровах вязкость протоплазмы достигает очень больших величин. У злаков в колосковой чешуе мы имеем наибольшую вязкость протоплазмы. Так, в листьях ржи в это время переход вогнутого плазмолита в выпуклый происходит в течение 10 мин., в колосковой же чешуе он продолжается 3 ч. 15 мин. Внутренняя поверхность той же чешуи дает величину 2 ч. 50 мин., цветочная чешуя — еще меньшую величину и, наконец, стенки завязи — 40 мин.

Таблица 1

Осмотическое давление, вязкость, эластичность и жаростойкость клеток вегетативных и генеративных органов у злаков

Растение	Орган	Осмотич. давление клеточного сока в атм.	Вязкость протоплазмы	Эластичность	Жаростойкость
			переход вогнутого плазмолита в выпуклый	обрыв плазмы от стенок клетки в мин.	порог коагуляции в °С
Пшеница Горденф. рме 10	1-й лист сверху .	17,77	16 м.	19	59
	Чешуя колосковая, наружн. сторона . . .	29,70	2 ч. 45 м.	16	64
	Чешуя колосковая, внутренн. сторона . . .	21,49	1 ч. 33 м.	—	—
	Завязь . . . . .	17,77	42 м.	—	—
	1-й лист сверху .	21,49	13 м.	15	58
Пшеница Лю-тесценс 62	Чешуя колосковая наружн. сторона . . .	21,49	4 ч. 53 м.	10	61
	Чешуя колосковая внутр. стор.	21,49	3 ч. 20 м.	—	—
	2-й лист сверху .	17,77	10 м.	9	52
Рожь (фаза цветения)	Чешуя колосковая, наружн. сторона . . .	29,70	3 ч. 50 м.	—	71
	Чешуя колосковая, внутренн. сторона . . .	25,54	2 ч. 50 м.	—	63
	Завязь . . . . .	19,61	40 м.	—	57

Обращает на себя внимание факт весьма тесной зависимости между вязкостью и порогом коагуляции белков протоплазмы. Все же следует подчеркнуть, что эту связь надо искать в пределах вида. Так например, колосковая чешуйка у ржи имеет меньшую вязкость плазмы, чем аналогичная чешуйка у пшеницы Лютесценс 62, но порог коагуляции белков у ржи на 10 градусов превышает таковой у пшеницы Лютесценс. То же самое можно отметить в отношении твердой пшеницы и мягкой. Твердая пшеница Горденформе 10 имеет меньшую вязкость плазмы, но большую жароустойчивость. Иными словами, не только вязкость плазмы, но и качество самих белков протоплазмы играет огромную роль в устойчивости растения к высоким температурам. Лишь в пределах вида,

очевидно, можно найти более строгую зависимость между вязкостью протоплазмы и жароустойчивостью растения.

Высокая вязкость протоплазмы в колосьях злаков имеет огромное биологическое значение. Как известно, колос является органом сравнительно слабо транспирирующим, что, естественно, должно чем-то компенсироваться. Не будучи в состоянии значительно снизить температуру своего тела путем транспирации, колос способен ее лучше переносить за счет повышенной вязкости своей протоплазмы. Тем не менее, при сильной атмосферной засухе колос легко подвергается запалу или дает явление череззерницы.

Последнему способствует и малая эластичность протоплазмы в клетках колоса. Эластичность протоплазмы, как известно <sup>(2)</sup>, обуславливает способность растения выносить обезвоживание. В отношении осмотического давления клетки различных частей колоса не выделяются по сравнению с листьями и лишь завязь отличается несколько меньшим осмотическим давлением по сравнению с чешуйками. Двудольные растения также имеют бóльшую вязкость протоплазмы в генеративных органах, как и представители однодольных — злаки. Как видно из приведенных в табл. 2 данных, величины эти все же несколько ниже, чем у однодольных.

Таблица 2

Вязкость протоплазмы в вегетативных и генеративных органах у картофеля и чины

Растение	Орган	Осмотич. давление клеточного сока в атм.	Вязкость протоплазмы
Картофель (сорта Лорх)	Листья 5-го яруса . . . . .	8,13	11 м.
	Чашечка . . . . .	15,99	1 ч. 22 м.
	Лепестки . . . . .	14,31	1 ч. 48 м.
Чина	2-й лист сверху . . . . .	14,31	20 м.
	Стенка пыльников . . . . .	14,31	1 ч. 28 м.
	Чашечка . . . . .	14,31	1 ч. 30 м.
	Лепестки . . . . .	17,77	1 ч. 10 м.
	Завязь . . . . .	17,77	57 м.

Некоторое исключение составляют цветки огурца. Происходя из тропических лесов, растения огурца не способны переносить действие положительных низких температур. Как видно из табл. 3, вязкость протоплазмы в венчике цветка огурца значительно ниже, чем у других двудольных растений.

Таблица 3

Вязкость протоплазмы листьев и генеративных органов огурцов

Растение	Орган	Осмотич. давление клеточного сока в атм.	Вязкость протоплазмы в мин.
Огурцы Нежинские (женские цветы)	2-й лист сверху . . . . .	8,13	9
	Чашечка . . . . .	11,11	32
	Лепестки . . . . .	11,11	23
	Завязь . . . . .	11,11	18
То же (мужские цветы)	2-й лист сверху . . . . .	8,13	10
	Чашечка . . . . .	8,13	27
	Лепестки . . . . .	8,13	20
	Пыльца . . . . .	14,31	39

Как мы уже отмечали в своей предыдущей работе <sup>(4)</sup>, основной причиной гибели этих растений при низких положительных температурах является сильное повышение вязкости протоплазмы и связанное с ним

падение обмена веществ. Как видно из нашего примера, подобные растения имеют сравнительно невысокую вязкость протоплазмы даже в генеративных органах.

Большой интерес представляет вопрос о вязкости протоплазмы в корнях у растений. В этом направлении нами получен пока лишь некоторый материал с подсолнечником сорт 8281 (Ждановский).

Таблица 4

Вязкость протоплазмы и содержание связанной воды у листьев и корней подсолнечника (Ждановский 8281) (Каменная Степь, 1950 г.)

Исследованные органы	Осмотич. давление клеточного сока в атм.	Эластичность протоплазмы в мин.	Вязкость протоплазмы в мин.	Содержание связанной воды в %
Листья 1-го яруса . . . . .	8,13	10	19	14,4
Корни . . . . .	5,29	15	28	25,4

Как видно из табл. 4, корни отличаются несколько повышенной, по сравнению с листьями, вязкостью протоплазмы, что может иметь очень большое значение, так как близкие к поверхности почвы корни могут сильно нагреваться. Значительно выше в корнях и содержание связанной воды, а также и эластичность протоплазмы. Все это приводит к тому, что в корнях ход физиологических процессов должен идти несколько менее интенсивно, чем в листьях, но, несомненно, это же обстоятельство способствует большей устойчивости корней к обезвоживанию и перегреву.

При обезвоживании растения воду теряют не только листья, но и корни. Завядание (6, 7) не проходит для корней бесследно, оно резко отражается на их поглотительной способности. Поэтому не удивительно, что корни отличаются более высокой эластичностью своей протоплазмы, чем листья.

Следует отметить, что в литературе, посвященной изучению вязкости протоплазмы, ничего не говорится о генеративных органах. Известно только, что клеточный сок в венчике у бурачниковых при обезвоживании застывает в виде геля и может быть выделен из клеток (8).

Мы считаем необходимым обратить внимание на большую биологическую роль вязкости и эластичности протоплазмы в устойчивости растений к перегреву и обезвоживанию.

Институт физиологии растений  
им. К. А. Тимирязева  
Академии наук СССР

Поступило  
6 XII 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> П. А. Генкель и И. В. Цветкова, ДАН, 74, № 5 (1950). <sup>2</sup> П. А. Генкель, Бот. журн. СССР, 34, № 5 (1949). <sup>3</sup> П. А. Генкель и К. П. Марголина, ДАН, 66, № 5 (1949). <sup>4</sup> П. А. Генкель и К. П. Марголина, Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 6, в. 2 (1949). <sup>5</sup> П. А. Генкель и К. П. Марголина, Бот. журн. СССР, 32, № 1 (1948). <sup>6</sup> Е. И. Ратнер, ДАН, 44, № 1 (1944). <sup>7</sup> Е. И. Ратнер, Почвоведение, № 10 (1948). <sup>8</sup> Э. Штрюггер, Практикум по физиологии растительных клеток и тканей, изд. АН СССР, 1939.