

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

П. А. ГЕНКЕЛЬ и И. В. ЦВЕТКОВА

**ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ НА ВЯЗКОСТЬ ПРОТОПЛАЗМЫ
И ЖАРОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 29 VII 1950)

В работе (1) была показана зависимость между вязкостью протоплазмы и способностью растений переносить высокую температуру. Группа суккулентов, и среди них особенно кактусы, которые, как известно, отличаются своей большой устойчивостью к высоким температурам, характеризуется значительной вязкостью своей протоплазмы и очень высоким содержанием связанной воды. Таким образом, в указанной работе была выяснена причина способности суккулентов выносить перегрев, несмотря на малую интенсивность транспирации и большое содержание воды. В той же работе было установлено, что вязкость протоплазмы меняется в процессе развития растения, сильно понижаясь в листьях во время бутонизации и особенно цветения, т. е. в критический период развития растения. Там же было показано, что эта закономерность характерна не только для суккулентов, но и для других ксерофитов и мезофитов. Другая особенность суккулентов — наличие больших запасов воды и их медленное расходование — по данным одного из авторов настоящей работы (2), связана с низкой эластичностью протоплазмы, которая, по его мнению, является одной из важнейших причин, определяющих способность растения переносить обезвоживание.

Однако в упомянутой работе (1) не дано прямых доказательств непосредственной связи между вязкостью протоплазмы и способностью переносить перегрев. В настоящем сообщении и приводятся доказательства этой тесной зависимости между вязкостью протоплазмы и

Таблица 1

Влияние хлористого кальция на вязкость и температуру коагуляции протоплазмы

Растение	Концентрация CaCl_2	Время плазмолиза	Изосмотич. концен. р. по сахарозе	Т-ра коагуляции в $^{\circ}\text{C}$
Aloe arborescens	Контроль	2 ч.	0,4	70
	1/60	3 ч.	0,4	74
	1/50	3 ч. 20 м.	0,45	78
	1/40	3 ч. 05 м.	0,4	76
Epiphyllum sp.	Контроль	2 ч. 40 м.	0,4	73
	1/60	4 ч. 30 м.	0,45	80
	1/50	4 ч.	0,4	77
	1/40	3 ч. 50 м.	0,4	76
Mammillaria sp.	Контроль	3 ч.	0,35	75
	1/60	4 ч. 40 м.	0,35	79
	1/50	4 ч. 40 м.	0,35	79
	1/40	5 ч. 10 м.	0,4	81
Echinopsis sp.	Контроль	3 ч. 10 м.	0,3	76
	1/60	4 ч. 40 м.	0,3	79
	1/50	5 ч.	0,3	81
	1/40	5 ч. 30 м.	0,35	83
Phyllocactus sp.	Контроль	2 ч. 20 м.	0,35	73
	1/60	3 ч.	0,35	76
	1/50	3 ч. 50 м.	0,35	78
	1/40	4 ч.	0,4	79

жароустойчивостью растений. Для указанной цели мы решили, искусственно повышая и понижая вязкость протоплазмы, выяснить, как это отражается на устойчивости растения к перегреву.

Для повышения и понижения вязкости было использовано установленное Н. Г. Холодным изменение свойств протоплазмы под влиянием одновалентных и двувалентных катионов^(3, 4). Н. Г. Холодный⁽⁴⁾, в частности, описывает влияние последействия гипотонических растворов хлористого калия и кальция на вязкость протоплазмы. Гипотонические растворы одновалентных металлов понижают, а растворы двувалентных металлов повышают вязкость протоплазмы. В качестве объектов нами был взят ряд суккулентов. Срезы эпидермиса этих

Таблица 2

Влияние хлористого калия на вязкость и температуру коагуляции протоплазмы

Растение	Концентрация КС1	Время плазмолиза	Взаимодействие концентраций по сахарозе	Т-ра коагуляции в °C
Aloe arborescens	Контроль	2 ч.	0,4	70
	1/60	1 ч. 30 м.	0,45	68
	1/50	1 ч. 30 м.	0,5	69
	1/40	2 ч.	0,55	70
Epiphyllum sp.	Контроль	2 ч. 40 м.	0,4	73
	1/60	1 ч. 05 м.	0,4	72
	1/50	1 ч. 10 м.	0,45	71
	1/40	1 ч. 20 м.	0,45	70
Mammillaria sp.	Контроль	3 ч.	0,35	75
	1/60	1 ч. 10 м.	0,45	72
	1/50	1 ч. 05 м.	0,4	72
	1/40	1 ч.	0,35	73
Echinopsis sp.	Контроль	3 ч. 10 м.	0,3	76
	1/60	50 м.	0,3	72
	1/50	1 ч. 05 м.	0,4	72
	1/40	1 ч. 05 м.	0,35	73
Phyllocactus sp.	Контроль	2 ч. 20 м.	0,35	73
	1/60	1 ч. 20 м.	0,4	72
	1/50	1 ч. 20 м.	0,4	72
	1/40	1 ч. 30 м.	0,45	71

ное влиянием солей кальция, резко повысило температуру, при которой происходит коагуляция плазмы у ряда суккулентов.

Температура коагуляции повышается в различных концентрациях хлористого кальция неодинаково, но она почти везде закономерно увеличивается с увеличением вязкости протоплазмы. Срезы выдерживались в растворе хлористого кальция в течение 16 час. Установив возможность повышения жароустойчивости растений путем искусственного повышения вязкости, мы понизили вязкость протоплазмы, выдерживая срезы в гипотонических растворах хлористого калия в течение 2 час. Как видно из табл. 2, во всех случаях наблюдается снижение вязкости протоплазмы с одновременным понижением температуры ее коагуляции. Однако это снижение температуры коагуляции проявляется в значительно меньшей степени, чем ее повышение от действия хлористого кальция.

Такой результат навел нас на мысль, что благодаря легкому проникновению хлористого калия в протоплазму он сильно повышает осмотическое давление и тем самым увеличивает количество связанный воды, влияя положительным образом на повышение жароустойчи-

объектов погружались на несколько часов в гипотонические растворы. До пребывания в растворе и после него в срезах определялась вязкость плазмолитическим методом по времени плазмолиза, т. е. до перехода вогнутого плазмолиза в выпуклый в сахарозе, и устойчивость клеток к высокой температуре. При определении вязкости брался раствор сахара, превышающий на 0,1 или 0,2 изотоническую концентрацию, чтобы получить сравнимые данные для различных объектов.

Для определения устойчивости клеток к перегреву срезы погружались в горячую воду и выдерживались до их полной гибели, причем устанавливалось время, в течение которого происходит гибель клеток при данной температуре. Как видно из табл. 1, повышение вязкости протоплазмы, вызванное

вости. Для подтверждения данного предположения мы выдерживали срезы в течение более продолжительного времени (14 час.) в гипотоническом растворе хлористого калия. Из табл. 3 видно, что это предположение полностью подтвердилось.

Таблица 3

Влияние длительного (14 час.) выдерживания срезов в растворе хлористого калия на коагуляцию протоплазмы

Растение	Концентрация KCl	Время плазмолиза	Изосмотич. концентр. по сахарозе	Т-ра коагуляции в °C
Aloe arborescens	Контроль 1/50	2 ч. 1 ч. 30 м.	0,4 0,65	70 72
Epiphyllum sp.	Контроль 1/50	2 ч. 40 м. 1 ч. 30 м.	0,4 0,65	73 74
Mammillaria sp.	Контроль 1/50	3 ч. 1 ч. 05 м.	0,35 0,6	75 77
Echinopsis sp.	Контроль 1/50	3 ч. 10 м. 1 ч. 05 м.	0,3 0,65	76 78
Phyllocactus sp.	Контроль 1/50	2 ч. 20 м. 1 ч. 20 м.	0,35 0,6	73 74

Таблица 4

Влияние роданистого калия на вязкость и температуру коагуляции протоплазмы

Растение	Концентрация KCNS	Время плазмолиза	Т-ра коагуляции в °C
Aloe arborescens	Контроль 1/100 1/50	2 ч. 15 м. 12 м.	70 66 64
Epiphyllum sp.	Контроль 1/100 1/50	2 ч. 40 м. 19 м. 16 м.	73 68 67
Mammillaria sp.	Контроль 1/100 1/50	3 ч. 14 м. 12 м.	75 68 67
Echinopsis sp.	Контроль 1/100 1/50	3 ч. 10 м. 15 м. 9 м.	76 69 67
Phyllocactus sp.	Контроль 1/100 1/50	2 ч. 20 м. 19 м. 21 м.	73 66 68

При подобной, более длительной обработке срезов хлористым калием температура коагуляции протоплазмы действительно повысилась.

Резкое снижение вязкости и температуры коагуляции протоплазмы наблюдалось нами в растворах роданистого калия, как это видно из табл. 4.

Дальнейшее подтверждение положения о роли осмотического давления как фактора, повышающего жароустойчивость растения, дали нам опыты с мочевиной, которая, как известно, быстро проникает внутрь клеток и значительно увеличивает осмотическое давление. В растворе мочевины срезы выдерживались в течение 1 часа. Из табл. 5

Таблица 5

Влияние мочевины на вязкость и температуру коагуляции протоплазмы клеток

Растение	Концентрация мочевины CO(NH ₂) ₂	Время плазмолиза	Изосмотич. концентр. по сахарозе	Т-ра коагуляции в °C
Aloe arborescens	Контроль 1/50	2 ч. 2 ч. 20 м.	0,4 0,65	70 82
Epiphyllum sp.	Контроль 1/50	2 ч. 40 м. 2 ч. 45 м.	0,4 0,7	73 79
Mammillaria sp.	Контроль 1/50	3 ч. 3 ч. 15 м.	0,35 0,75	75 86
Echinopsis sp.	Контроль 1/50	3 ч. 10 м. 3 ч. 15 м.	0,3 0,8	76 85
Phyllocactus sp.	Контроль 1/50	2 ч. 20 м. 2 ч. 30 м.	0,35 0,65	73 79

видно, что мочевина почти не вызывает сдвига вязкости протоплазмы, но сильно повышает осмотическое давление и жаростойкость.

Интересно отметить, что повышение температуры само по себе резко снижает вязкость протоплазмы, как это видно из табл. 6.

Таблица 6

Влияние температуры на изменение вязкости
протоплазмы
(время выдерживания 10 мин.)

Температура в °С	20	40	50	60	70	75
Время плазмолиза	2 ч.	1 ч. 30 м.	50 м.	20 м.	12 м.	0

Очевидно, резкое снижение вязкости при повышении температуры является одной из причин повреждения и гибели растений от перегрева.

Из всего приведенного материала видно, что между вязкостью протоплазмы и жаростойкостью растения существует тесная зависимость. Однако большое значение в повышении жаростойкости растения имеет и связывание воды осмотическим путем.

Московский областной
педагогический институт

Поступило
27 VII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. А. Генкель и К. П. Марголина, Бот. журн., 33, № 1 (1949).
² П. А. Генкель, Бот. журн., 34, № 5 (1949). ³ Н. Г. Холодный, Biochem. Zs., 147, Н. 1/2 (1924). ⁴ Н. Г. Холодный и Е. Занкевич, Protoplasma, 20, Н. 1 (1933).