

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. Г. ЭЛЬГОРТ и З. Н. ЛАДАРИЯ

**ИЗМЕНЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРОТОПЛАЗМЫ ТКАНЕЙ
ЦИТРУСОВЫХ ПРИ МОРОЗАХ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 17 XII 1949)

В проблеме морозостойкости растений значительное место отводится вопросу о внутренних причинах, обуславливающих устойчивость растений к низким температурам. Рядом исследований (1-5) обнаружено, что как морозостойкость растений, так и повышение ее к зимнему периоду стоит в тесной связи с внутриклеточными изменениями, которые происходят в растениях при наступлении холодов.

Изучение водного баланса растения, содержания сахаров, величины осмотического давления, гидрофильных коллоидов и др. показало, что количественные изменения этих показателей к зимнему периоду в значительной мере обуславливают устойчивость растений к низким температурам. Менее исследован вопрос об изменениях физико-химического характера, происходящих в клетках растений при отрицательных температурах и, в частности, вопрос об изменениях проницаемости протоплазмы тканей цитрусовых.

Н. А. Максимов (3) в своей работе о вымерзании и холодостойкости растений уже давно пришел к выводу, что одним из первых проявлений вредного действия мороза на клетки растений является нарушение их осмотических свойств и повышение их проницаемости. Позднее, в совместной с Г. С. Сойкиной (6) работе он показал, что повышение проницаемости протоплазмы является весьма чувствительным показателем повреждения тканей растений и при засухе. В этой работе для определения проницаемости был применен метод учета экзосмоса электролитов из погруженных в воду тканей по изменению электропроводности этой воды после пребывания в ней исследуемых частей растений в течение определенного времени (1—2 часа). Этот метод мы применили и в нашей работе.

В настоящем сообщении мы кратко излагаем результаты проведенных нами исследований по изменению относительной проницаемости протоплазмы тканей цитрусовых при морозах и по выяснению связи между этими изменениями и повреждением растения. Подвергая цитрусовые растения действию отрицательных температур в лаборатории искусственного климата, мы каждый раз до и после испытания определяли и относительную проницаемость протоплазмы, измеряя ее по величине электропроводности воды, в которую погружался подопытный растительный материал. Кроме того, при каждом значительном понижении температуры зимой мы исследовали также цитрусовые растения в открытом грунту. Объектами исследования были растения лимона, мандарина и апельсина.

Уже в первой серии опытов ясно выявилась связь между повреждениями растения и величиной электросопротивления водных вытяжек из их листьев. В табл. 1 приводится часть полученных результатов.

Таблица 1

Объект исследования	Т-ра замораживания в °С	Сопротивление в омах			Относит. проницаемость протоплазмы			Состояние растений
		до замораживания	на след. день после замор.	на 5-12-й день после замор.	до замораживания	на след. день после замор.	на 5-12-й день после замор.	
Двухлетние саженцы лимона . . .	-4	4350	4230	4270	1,0	1,0	1,0	Поврежд. нет 100 % поврежд. листьев и побегов
То же	-7	4953	2329	1550	1,0	2,1	3,2	
Пятилетние лимоны	-9,5	4840	1570	754	1,0	3,1	6,4	Опыт. раст. к весне полностью потеряли крону
Двухлетние саженцы мандарина .	-8	3966	3164	3587	1,0	1,2	1,1	Поврежд. нет 100% поврежд. листьев и побегов послед. года и частич. предыд.
То же	-9	4976	1075	—	1,0	4,6	—	
» »	-9	5300	1350	—	1,0	3,9	—	То же 50 % гибели листьев и побегов послед. года
» »	-9	5250	3200	—	1,0	1,6	—	
Ветви взрослых плодоносящих апельсинов . .	-8	3282	2688	3128	1,0	1,2	1,0	Незначит. поврежд.
То же	-10	4069	1721	—	1,0	2,4	—	100% поврежд. листьев и побегов послед. года

В подавляющем большинстве случаев на следующий день после мороза, когда еще нельзя было говорить ни о каких видимых признаках повреждения, величина сопротивления водной вытяжки из листьев уже указывала на глубину повреждения их морозом. Если относительная проницаемость протоплазмы увеличивалась до 1,3—1,5, то это говорило о неглубоком повреждении, и тогда она почти во всех случаях на 5—6-й день после действия мороза возвращалась к первоначальной величине. Увеличение относительной проницаемости до 2 и более указывало на более глубокие повреждения морозом. Если на 5—8-й день после мороза происходило дальнейшее повышение относительной проницаемости, это было связано уже с полным отмиранием тканей листа, в результате необратимых изменений осмотических свойств протоплазмы.

Вторым этапом наших работ были исследования по установлению изменений относительной проницаемости протоплазмы в тканях побегов, которая измерялась также по электропроводности воды, в которую погружался опытный растительный материал. Возможность устанавливать повреждения побегов по изменению относительной проницаемости протоплазмы сразу после мороза представляла значительный интерес, так как последующий урожай цитрусовых насаждений определяется не столько повреждением листьев, сколько повреждением побегов.

Обычно повреждение citrusовых морозом устанавливается весной, когда начинается первая весенняя вегетация и ясно выявляется граница поврежденных частей. Но при такой оценке можно говорить о повреждении растений лишь от всей перенесенной ими зимы. Определяя же изменение относительной проницаемости протоплазмы после каждого мороза, можно отметить влияние на растение каждого мороза в отдельности.

В табл. 2 приведены некоторые цифровые данные по определению изменений относительной проницаемости тканей побегов у взрослых плодоносящих лимонов после замораживания их до температуры -10° . Опыт проведен в 1948 г.

Таблица 2

Объект исследования	Сопротивление в омах			Относит. проницаемость протоплазмы			Повреждение побегов в %
	до замораживания	после замораживания	на 10—14-й день после замор.	до замораживания	после замораживания	на 10—14-й день после замор.	
Лимон № 1							
Осенний прирост 1947 г.	1680	370	260	1,0	4,5	6,5	97,5
Весенний прирост 1947 г.	1814	—	1100	1,0	—	1,7	22,5
Побеги 1946 г.	1700	1100	1450	1,0	1,5	1,2	0
Лимон № 2							
Осенний прирост 1947 г.	1800	596	226	1,0	3,0	8,0	95,5
Весенний прирост 1947 г.	1650	1050	1003	1,0	1,6	1,6	25,0
Побеги 1946 г.	1700	1750	1800	1,0	1,0	1,0	0

При неглубоком повреждении морозом относительная проницаемость протоплазмы тканей побегов увеличивается от 1 до 1,3—1,5. При повышении последней до 2 повреждение очень сильно возрастает.

Существенное значение в изменении относительной проницаемости протоплазмы имеет продолжительность действия одного и того же мороза, а также темпы снижения и поднятия температуры.

В табл. 3 приведены данные об изменениях относительной проницаемости протоплазмы тканей побегов и повреждений их в связи с различной продолжительностью замораживания. Температура замораживания была -6° .

Таблица 3

Объект исследования	Продолжит. действия т-ры в час.	Темпы снижения и поднятия т-ры в $^{\circ}\text{C}/\text{час}$	Относит. проницаемость протоплазмы		Повреждение побегов в %	Темпы снижения и поднятия т-ры $^{\circ}\text{C}/\text{час}$	Относит. проницаемость протоплазмы		Повреждение побегов в %
			до замор.	после замор.			до замор.	после замор.	
Двухлетние саженцы лимона	3	1	1,0	1,2	16,9	2	1,0	1,7	41,8
	5	1	1,0	1,2	16,2	2	1,0	—	—
	7	1	1,0	1,8	40,8	2	1,0	2,5	93,1
	10	1	1,0	2,6	91,7	2	1,0	2,6	96,5

Как видно из табл. 3, при одной и той же продолжительности воздействия минимальной температуры, но при различных темпах снижения

и поднятия температуры, повреждение растений сильнее при более быстрых темпах.

Соответственно проценту повреждения возрастает и относительная проницаемость протоплазмы тканей побегов. При повреждении побегов 16,9% она, по отношению к исходной, принятой за 1,0, возрастает до 1,2, при 40,8% до 1,8, при 93,1% до 2,5.

При испытании относительной морозостойкости различных сортов лимонов при температурах -8 и -10° , не наблюдалось отличий в величине относительной проницаемости тканей побегов последнего года, но эти отличия становились заметны при определении относительной проницаемости протоплазмы тканей побегов предшествующего года.

Для 4 сортов лимона, отличающихся по степени своей морозостойкости, при температуре испытания -10° возрастание относительной проницаемости протоплазмы тканей побегов предшествующего 1947 г. выразилось от 1,2 до 2,0, повреждение побегов — от 0 до 61,2%.

Приведенные нами опыты показали, что изменения проницаемости протоплазмы тканей у citrusовых растений наступают значительно раньше, чем происходят видимые на-глаз повреждения клеток. Вместе с тем нам удалось установить тесную связь между повышением проницаемости протоплазмы как тканей листьев, так и побегов и степенью их повреждения низкими температурами.

При слабых повреждениях морозом изменения проницаемости протоплазмы незначительны и обратимы. При глубоком повреждении морозом отмечается значительное повышение проницаемости протоплазмы, возрастание которой в последующем ведет к полному отмиранию растительных тканей.

Результаты опытов показывают, таким образом, что по изменению проницаемости протоплазмы в тканях листьев и побегов citrusовых можно с большой степенью точности и очень быстро определять степень повреждения их морозом, и что этот признак с успехом может быть использован при изучении зимостойкости этих субтропических культур.

Всесоюзный институт чая и
субтропических культур
Сухумский филиал

Поступило
16 XII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. М. Иванов, Тр. ИФР АН СССР, 4, в. 2 (1945). ² И. В. Красовская, там же, 4, в. 1 (1946). ³ Н. А. Максимов, Изв. Лесн. ин-та, в 25 (1913).
⁴ Н. А. Максимов, Тр. по прикл. бот., ген. и сел., 22, в. 1 (1929). ⁵ И. И. Туманов, Физиологические основы зимостойкости citrusовых растений, 1940.
⁶ Н. А. Максимов и Г. С. Сойкина, Сборн. Академия Наук СССР В. Л. Комарову, 1939.