

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. М. ИВАНОВ

**ЗНАЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ В ПРОЦЕССЕ ЗАКАЛИВАНИЯ ЦИТРУСОВЫХ РАСТЕНИЙ К МОРОЗУ**

(Представлено академиком А. А. Рихтером 27 VIII 1939)

Установлено, что цитрусовые, так же как и все другие растения, способны значительно повышать морозоустойчивость в процессе закаливания<sup>(2,5)</sup>, но явление закаливания их еще не достаточно изучено. В настоящем сообщении приводятся основные результаты исследования, проведенного в 1937—1938 гг., по выяснению роли температурных условий в явлении закаливания цитрусовых растений.

В качестве объектов исследования были взяты единичные растения лимона, апельсина и мандарина, привитые на *Poncirus trifoliata*. Растения выращивались в горшках; закаливание их проводилось в охлаждаемых камерах. В период закаливания на ночь растения помещались в камеры, а днем находились в естественных условиях температуры и освещения.

В целях выяснения характера изменений, происходящих в растениях при закаливании, определялось содержание в листьях сахаров, воды и количества восстановленного глутатиона; в одном же из опытов учитывалась активность каталазы и величина ее температурного коэффициента ( $Q_{10}$ ). Проводилось это в связи с имеющимися указаниями на зависимость морозоустойчивости растений от этих показателей<sup>(8,8,6,3,1,4)</sup>.

В первом проведенном опыте ставилась задача выявить характер закаливания изучаемых видов растений при положительных температурах. Закаливание растений проводилось при  $+6^{\circ}$  и при  $+2^{\circ}$  в течение 8 ночей. Естественные температурные условия за время опыта имели следующий характер: дневной максимум изменялся в пределах  $14.2-24.4^{\circ}$ , а минимальные температуры колебались в пределах  $8.5-11.6^{\circ}$ .

Определение морозоустойчивости растений после закаливания показало, что чем ниже положительная температура в ночное время, тем лучше проходит закаливание. При этом выяснилось, что сравниваемые виды растений по степени закаливания сильно различаются. Наибольшее повышение морозоустойчивости отмечено у лимона, значительно меньше у апельсина и затем у мандарина (табл. 1).

Из результатов определения содержания восстановленного глутатиона (табл. 1) следует, что повышение морозоустойчивости в процессе закаливания растений связано с уменьшением его количества.

У всех сравниваемых видов растений закаливание вызвало некоторое увеличение содержания сахаров, но наблюдалось это не во всех случаях. Зависимость морозоустойчивости растений от количества содержащихся

Таблица 1

Название вида и сорта	Вариант	Темпе- ратура замора- живания в °С	% поврежде- ния		Количество восстановлен- ного глюта- мина		Количество сахаров в листьях (в % на абс.- сух. вес)			% воды в ли- стьях	Актив- ность ката- лазы	Темпе- ратура, коэффи- циент ката- лазы (Q <sub>10</sub> )
			ли- стья	вет- ки	мг в 100 г листьев	%	моно- сахара	саха- роза	сумма сахаров			
Лимон Ново- Афонский	Контроль . . . . .	-6.5	100	86	123.46	100	2.87	6.4	9.30	63.2	12.1	2.14
	+ 6°, 8 ночей . . . . .	-6.5	98	32	119.84	96	3.06	4.89	8.21	62.1	13.7	2.21
	+ 2°, 8 ночей . . . . .	-6.5	70	6	84.02	68	5.82	5.90	12.03	63.4	7.5	2.36
Апельсин Вашингтон- Навель	Контроль . . . . .	-8.5	100	90	108.86	100	3.05	5.57	8.91	66.5	12.3	2.04
	+ 6°, 8 ночей . . . . .	-8.5	100	81	101.20	92	3.86	3.67	7.72	66.1	16.2	4.90
	+ 2°, 8 ночей . . . . .	-8.5	100	68	78.79	72	4.92	5.57	10.78	65.5	—	—
Мандарин Унши	Контроль . . . . .	-9.5	100	99	76.66	100	2.91	5.53	8.73	62.5	17.0	2.03
	+ 6°, 8 ночей . . . . .	-9.5	100	94	75.05	98	4.47	4.62	9.33	—	20.5	1.93
	+ 2°, 8 ночей . . . . .	-9.5	100	89	74.12	97	4.10	5.00	9.36	64.9	9.7	2.24

в них сахаров была обнаружена с значительными отклонениями. Общее количество воды, содержащейся в листьях, при закаливании несколько изменилось, но установить связь этих изменений с морозоустойчивостью не представляется возможным. Проведенные определения активности каталазы и ее температурного коэффициента указали на отсутствие связи этих показателей с морозоустойчивостью растений.

Рассмотренные условия закаливания соответствуют условиям прохождения 1-й фазы закаливания. В целях выяснения характера закаливания при действии отрицательных температур, обуславливающих 2-ю фазу закаливания, был проведен второй опыт с теми же объектами. Растения, закаленные при  $+2^{\circ}$  в течение 8 ночей, подвергались дальнейшему закаливанию при  $-2^{\circ}$  также в течение 8 ночей. Днем растения находились в естественных условиях, при этом средняя максимальная температура за время опыта равнялась  $15.3^{\circ}$ ; закаливание контрольных растений проходило в условиях минимальных температур, изменяющихся в пределах от  $7.8^{\circ}$  до  $14.6^{\circ}$ .

Результаты определения морозоустойчивости растений, содержания сахаров, воды и восстановленного глутатиона в листьях сведены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что отрицательные, не вызывающие повреждения температуры также способствуют значительному закаливанию цитрусовых растений. При этом по повышению морозоустойчивости сравниваемые виды резко различаются, но порядок расположения их по степени повышения устойчивости имеет обратный характер тому, который отмечен в случае закаливания при положительных температурах. В результате закаливания у растений наблюдается уменьшение количества восстановленного глутатиона и значительное накопление сахаров.

Таблица 2

Название вида и сорта	Вариант	Температура закаливания в $^{\circ}\text{C}$	% повреждения		Количество восстановленного глутатиона в мг на 100 г листьев	Количество сахаров в листьях (в % на абс.-сухой вес)			% воды в листьях
			листья	ветки		моно-сахара	сахара роза	сумма сахаров	
Лимон Ново-Афонский	Контроль $-2^{\circ}$ , 8 ночей	$-6.5$	26	7	117.73	2.93	3.15	6.25	63.1
		$-6.5$	23	3	99.17	8.44	6.71	15.50	63.9
Апельсин Вашингтон-Навель	Контроль $-2^{\circ}$ , 8 ночей	$-9.0$	100	89	109.35	3.62	4.85	8.73	68.3
		$-9.0$	97	22	65.77	6.43	6.12	12.87	65.1
Мандарин Уншу	Контроль $-2^{\circ}$ , 8 ночей	$-10.0$	100	89	81.51	3.35	4.77	8.37	62.4
		$-10.0$	86	28	42.77	4.73	5.93	10.97	64.5

Степень уменьшения восстановленного глутатиона связана с повышением морозоустойчивости растений, но связь последней с увеличением количества сахаров, особенно резко выраженным в этом случае, не установлена. Чтобы яснее представить характер закаливания цитрусовых растений в условиях положительных и отрицательных температур, сравним результаты первого и второго опытов. Для большего удобства сравнения сопоставим цифры, характеризующие уменьшение повреждения растений, уменьшение количества восстановленного глутатиона и увеличение процента содержания сахаров у сравниваемых видов в результате закаливания при  $+2^{\circ}$  и при  $-2^{\circ}$  (табл. 3).

Таблица 3

Название вида и сорта	Закаливание при $+2^{\circ}$ , 8 ночей			Закаливание при $-2^{\circ}$ , 8 ночей		
	уменьше- ние % повреж- дения веток	уменьшение количества восстановл. глутатиона в листьях (в % к кон- тролю)	увеличе- ние со- держа- ния сум- мы са- харов	уменьше- ние % повреж- дения веток	уменьшение количества восстановл. глутатиона в листьях (в % к кон- тролю)	увеличе- ние со- держа- ния сум- мы са- харов
Лимон Ново-Афон- ский . . . . .	80	32	2.73	4	17	9.25
Апельсин Вашингтон- Навель . . . . .	22	28	1.87	67	40	4.14
Мандарин Уншиу .	10	3	0.63	61	49	2.50

Из рассмотрения данных табл. 3 следует, что хотя закаливание цитрусовых растений происходит как при положительных, так и при отрицательных температурах, но характер реакции на температурные воздействия у различных видов растений резко различается. У лимона наибольшее повышение морозоустойчивости вызывается закаливанием при положительных температурах ( $+2^{\circ}$ ) и очень слабое при отрицательных ( $-2^{\circ}$ ); у мандарина и апельсина, наоборот, при положительных температурах процесс закаливания проходит слабее, чем при отрицательных. Этим и вызвано изменение порядка расположения сравниваемых видов по степени повышения морозоустойчивости в результате закаливания при  $-2^{\circ}$  по сравнению с закаленными при  $+2^{\circ}$ .

Сравниваемые виды также различаются и по способности к закаливанию. При равных условиях закаливания (8 ночей при  $+2^{\circ}$  и столько же при  $-2^{\circ}$ ) лимоны повысили морозоустойчивость по сравнению с контролем несколько больше, чем мандарины, имеющие значительно более высокую относительную морозоустойчивость. Это указывает на то, что различная морозоустойчивость растений определяется не только способностью их к закаливанию, но в значительной степени зависит от способностей растений данного вида, сложившихся в процессе его исторического развития.

Основной внутренней причиной, обуславливающей повышение морозоустойчивости в процессе закаливания, является уменьшение активности ростовых процессов и функциональной деятельности клеток, связанной с ростом. На это указывает уменьшение в растениях количества восстановленного глутатиона в процессе закаливания, в соответствии с повышением морозоустойчивости растений. С уменьшением энергии ростовых процессов, как установлено ранее (3), связано изменение свойств плазмы, ведущее к повышению ее устойчивости к деформирующему действию низкой температуры.

Увеличение содержания сахаров, а также других осмотически

активных веществ, защитная роль которых установлена рядом исследований<sup>(9, 8, 4)</sup>, способствует повышению морозоустойчивости цитрусовых растений, но не является основной причиной морозоустойчивости и не всегда совпадает по своей направленности с изменением состояния плазмы, определяющим устойчивость ее к вредному действию низкой температуры. Отсутствует также связь морозоустойчивости растений с активностью каталазы и величиной ее температурного коэффициента.

Закаливание растений при положительных и отрицательных температурах рассматривается как два качественно различных, последовательно проходящих процесса—1-я и 2-я фазы закаливания<sup>(7)</sup>. Проведенное исследование процесса закаливания цитрусовых растений указывает, что внутренние изменения, происходящие в растениях под влиянием положительных и отрицательных температур, различаются количественно, а не качественно. Это позволяет считать, что у цитрусовых растений процесс закаливания по характеру внутренних изменений является единым. Не исключена также возможность того, что вообще деление процесса закаливания на две фазы является условным и не соответствующим действительности, так как оно проведено на основе различия внешних условий закаливания, а не внутренних изменений, определяющих повышение морозоустойчивости растений.

Выяснение характера закаливания и внутренних причин, обуславливающих повышение морозоустойчивости, позволяет наметить пути разработки новых методов активного управления морозоустойчивостью цитрусовых растений.

Филиал Всесоюзного научно-исследовательского института чая и субтропических культур

Поступило  
22 VII 1939

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Благовещенский, Сов. субтропики, № 1 (1938). <sup>2</sup> М. Гочолашвили, Изв. Батумского бот. сада, № 3 (1937). <sup>3</sup> С. Иванов, ДАН, XXII, № 5 (1939). <sup>4</sup> Н. Максимов и Т. Красносельская-Максимова, Труды Тифл. бот. сада, № 19 (1917). <sup>5</sup> Е. Мороз, Сов. субтропики, № 1 (1939). <sup>6</sup> И. Туманов, Тр. по прикл. бот., ген. и сел., XXV, в. 3 (1931), <sup>7</sup> И. Туманов, Теоретические основы селекции, № 1 (1935). <sup>8</sup> B. Lidforss, Lundus Universit. Arskrift, № F-2—Aja 2, № 13 (1907). <sup>9</sup> H. Müller-Thurgau, Landw. Jahrb., 11 (1882).