

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. И. ЯКУШКИНА, Б. Е. КРАВЦОВА и Г. А. НОВОСЕЛОВА

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РОСТ И ПЕРЕДВИЖЕНИЕ  
ВЕЩЕСТВ У ТОМАТОВ**

(Представлено академиком А. И. Опариным 8 VI 1953)

Изменение температуры по-разному меняет скорость различных биохимических процессов, нарушает их согласованность и оказывает глубокое влияние на рост, развитие и урожай растений. Создание лаборатории искусственного климата при Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева позволило нам начать изучение этих вопросов. В качестве опытного растения были выбраны томаты, сорт «Лучший из всех».

Еще в 1940 г. были получены данные (1), говорящие о положительном влиянии пониженных ночных температур на урожай томатов. Сходные результаты были получены в Калифорнии (2). Однако в последнем случае урожай плодов измерялся ничтожными величинами и о преимуществах того или другого варианта судили по величине прироста стебля, что, конечно, нельзя считать правильным.

Опыт был поставлен нами по следующей схеме: 1) 23° круглосуточно, 2) 23° днем, 15° ночью, 3) 23° днем, 8° ночью. Томаты выращивались в глиняных вазонах, повторность опыта 10-кратная.

Надо отметить, что температурные режимы хорошо выдерживались в течение всей зимы. Отклонения от заданных температур не превышали  $\pm 2^\circ$ . Опыт проводился в зимних условиях при освещенности около 5000 люксов, из которых около 4000 люксов обеспечивалось светом ламп накаливания. Опыт лаборатории искусственного климата еще раз показал полную возможность получать нормальные растения томатов и зрелые плоды нормального качества в зимний период (конец декабря — январь) при освещенности, составляющей около 10% от нормальной весенней.

Переходя к рассмотрению полученных нами данных, необходимо прежде всего отметить, что снижение ночной температуры до 15° не оказало влияния на темп роста растения в высоту. Однако рост боковых побегов (пасынков) увеличился почти в 3 раза (см. табл. 1).

Таблица 1

Т-ра в °		Сроки пасынкования		
днем	ночью	13 XI	30 XI	14 XI I
		вес пасынков в г		
23	23	21,3	70,9	8,9
23	15	130,1	119,1	35,1
23	8	105,3	109,8	21,4

Таблица 2

Т-ра в °		Объем корневой системы в см <sup>3</sup>
днем	ночью	
23	23	22,6 $\pm$ 0,9
23	15	28,8 $\pm$ 1,2
23	8	31,5 $\pm$ 1,1

Снижение ночной температуры оказало также благоприятное влияние на рост корневой системы (см. табл. 2).

Данные по урожаю плодов томатов (табл. 3) показывают, что при снижении ночной температуры с 23 до 15° урожай плодов возрастает на 56%. Вариант, в котором температура была снижена до 8°, занимает по величине урожая плодов среднее положение.

В сроках созревания наблюдалось значительное отставание третьего варианта (ночная температура 8°). Если у варианта с круглосуточной температурой 23° начало созревания плодов отмечено 29 XII, т. е. через 90 дней после всходов, у варианта с ночной температурой 15° — 2 I, т. е. через 94 дня, то у варианта с ночной температурой 8° созревание началось только 15 I, т. е. через 107 дней.

Таблица 3

Т-ра в °		Урожай			
		Контроль		2,4-ДУ	
днем	ночью	в г на 1 растение	в %	в г на 1 растение	в %
23	23	254 ± 17,3	100	423 ± 42,5	100
23	15	397 ± 26,2	156	461 ± 40,9	109
23	8	368 ± 36,8	145	471 ± 24,0	111

наиболее благоприятной ночную температуру 15°, которая, наряду с сильным увеличением урожая, не ухудшает качества плодов и почти не затягивает созревания.

Чтобы разобраться в причинах благоприятного действия снижения ночных температур на урожай плодов, рассмотрим источники повышения урожая. Из данных табл. 4 видно, что снижение температуры значительно снизило опадение завязей. Снижение ночных температур привело к лучшему росту всех органов, развитие которых во многом определяется притоком пластических веществ из листьев.

Можно было предположить, что высокие ночные температуры задерживают приток пластических веществ из листьев к точкам роста, плодам и корневой системе и тем самым задерживают их рост. Если это предположение правильно, то вредное влияние высоких ночных температур может быть смягчено применением стимуляторов роста, которые, как нам приходилось указывать (3), усиливают приток углеводов к завязям томатов. Проведенные нами опыты подтвердили наши предположения. Как видно из табл. 3, опрыскивание стимуляторами дало наибольшую прибавку как раз при высоких ночных температурах (23° круглосуточно). Таким образом, на фоне стимуляторов роста вредное действие повышения ночной температуры не проявилось.

По вопросу о влиянии температуры на скорость передвижения пластических веществ в иностранной литературе имеется два противоположных мнения. Вент (4), работая с томатами и учитывая приток пластических веществ к корневой системе, получил сходные с нами результаты — уменьшение притока пластических веществ к корневой системе с повышением температуры. На основании этого он сделал вывод

Снижение ночной температуры с 23 до 15° не изменило качества плодов. Так, если в варианте 23° днем и 23° ночью содержание сахара в плодах равнялось 2,21%, а кислотность 0,61%, то при температуре 23° днем и 15° ночью содержание сахара было 2,25%, а кислотность 0,55%.

Таким образом, на основании приведенных данных, надо признать

Таблица 4

Т-ра в °		Число опавших завязей в средн. на 1 растение		Число созревш. плодов в средн. на 1 растение		Средн. вес плодов в г	
		контр.	2,4-ДУ	контр.	2,4-ДУ	контр.	2,4-ДУ
днем	ночью						
23	23	10,8	0	5,1	7,4	45	57
23	15	2,9	0	8,8	7,8	44	59
23	8	0,5	0	6,8	6,4	50	72

о независимости передвижения веществ от дыхания и о правильности чисто механистической гипотезы Мюнха. Кертис (5), охлаждая только проводящие пути, а не все растение, пришел к прямо противоположному выводу об увеличении скорости передвижения веществ с повышением температуры.

С нашей точки зрения разгадка этого противоречия лежит в том, что повышенные температуры тормозят передвижение веществ у томатов не за счет непосредственного влияния на скорость передвижения, а за счет влияния на распад сложных углеводов. Нам казалось наиболее вероятным, что высокие ночные температуры задерживают распад крахмала на сахара и тем самым тормозят отток углеводов из листьев. Приведенные выше данные подтверждают это предположение.

Для более ясного представления о балансе углеводов в листьях томатов, выращенных при разных температурах, мы провели определения интенсивности фотосинтеза и дыхания. Определение интенсивности фотосинтеза проводилось в колбах Иванова. Интенсивность дыхания определялась по выделению  $\text{CO}_2$  на срезанных листьях в ночной период. Определения проводились при тех температурах, при которых выдерживались ночью растения данного варианта (см. табл. 5).

Как видно из табл. 5, снижение ночных температур не оказало влияния на энергию фотосинтеза. Энергия дыхания, определяемая ночью, естественно была выше при более высокой температуре. Казалось бы, что при одинаковом приходе (фотосинтез) и увеличенном расходе на дыхание листья растений, выращенных при высокой температуре, должны содержать ночью значительно меньше углеводов и в первую очередь крахмала, как основной формы углеводов в листе томата. В действительности мы имеем как раз обратную картину (см. табл. 6).

Таблица 5

Т-ра в °		Фотосинтез	Дыхание ночью
днем	ночью	в мг $\text{CO}_2$ на 10 г сыр. веса в час	
23	23	8,6	5,23
23	15	8,0	4,00
23	8	7,7	2,52

Таблица 6

Влияние ночных температур на содержание крахмала в листьях томатов (в % на сух. вещество)

Т-ра в °		Часы суток				
днем	ночью	10 ч.	17 ч.	2 ч.	3 ч.	7 ч.
23	23	12,09	18,84 ± 0,33	5,11 ± 0,02	4,10 ± 0,21	1,52 ± 0,04
23	15	11,37	12,50 ± 0,02	3,78 ± 0,05	2,57 ± 0,07	1,03 ± 0,03
23	8	—	7,61 ± 0,88	2,95 ± 0,35	1,47 ± 0,41	0,59 ± 0,03

Мы видим, что если в 10 час. утра содержание крахмала в листьях было примерно одинаковым, то уже в 5 час. вечера содержание крахмала значительно выше в листьях, выращенных при повышенных температурах. Особенно ярко эти различия проявляются в часы наиболее сильного оттока — в 2 и 3 часа ночи, когда содержание крахмала при высоких ночных температурах было в 2 и более раза выше, чем при пониженных.

Такое повышение содержания крахмала в листьях при одновременной усиленной трате углеводов на дыхание, несомненно, указывает на значительное замедление его распада, что в первую очередь приводит к ослаблению оттока углеводов из листьев. К этому же выводу можно

придти, рассматривая данные по содержанию моносахаров в черешках в листьях томатов в ночной период (см. табл. 7).

Мы видим, что содержание моносахаров изменяется как раз в обратном направлении по сравнению с содержанием крахмала. При понижении температуры количество моносахаров в пластинке и в черешках листьев растет, причем опрыскивание стимуляторами сглаживает эти различия. Тот факт, что крахмал накапливается при повышенных температурах, нельзя считать неожиданным. Хорошо известны факты усиленного распада крахмала при выдерживании растений на холоду, например при закатке растений. Всем известно приобретение сладкого вкуса картофелем при пониженных температурах.

Эти данные сейчас получают свое теоретическое обоснование, так как появились указания, что фермент фосфорилаза, осуществляющий распад крахмала, обладает большей активностью при пониженных температурах (6).

Таблица 7  
Влияние опрыскивания 2,4-ДУ и различных ночных температур на содержание моносахаров в листьях и черешках томатов (в % на сух. вещество)

Т-ра в °		В листьях		В черешках	
днем	ночью	контр.	2,4-ДУ	контр.	2,4-ДУ
23	23	0,59	1,46	2,56	5,74
23	15	1,93	1,54	4,95	5,11
23	8	1,35	4,39	—	—

Наряду с этим надо иметь в виду, что работами Б. А. Рубина и В. Е. Соколовой (7, 8) показано смещение температурных оптимумов действия ферментов в результате приспособления растений к окружающей среде. Низкий температурный оптимум распада крахмала у томатов должен рассматриваться как результат приспособления растений к пониженным ночным температурам.

Поступило  
30 XII 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Я. И. Потапенко, Е. И. Захарова, ДАН, 26, № 3 (1940). <sup>2</sup> F. W. Went, Am. J. of Bot., 32, No. 8 (1945). <sup>3</sup> Н. И. Якушкина, ДАН, 61, № 5 (1948). <sup>4</sup> F. W. Went, H. M. Hull, Plant Physiology, 24, No. 3 (1949). <sup>5</sup> O. F. Curtis, S. D. Herty, Am. J. of Bot., 23, № 8, 528 (1946). <sup>6</sup> Barbarin Arreguin Lozano, J. Bonner, Plant Physiology, 24, № 4 (1948). <sup>7</sup> Б. А. Рубин, В. Е. Соколова, ДАН, 64, № 3 (1949). <sup>8</sup> Б. А. Рубин, В. Е. Соколова, О. Н. Савельева, ДАН, 67, № 5 (1949).