

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

П. А. ГЕНКЕЛЬ и К. П. МАРГОЛИНА

**О ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ, ПОВЫШАЮЩИХ
УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРОТИВ ЗАМОРОЗКОВ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 30 XI 1951)

Весенние заморозки являются частым явлением в условиях Западной Сибири и севера Европейской части СССР. Значительно реже заморозки наблюдаются в центрально-черноземной полосе. Особенно редки здесь заморозки в начале лета. Однако изредка они все же бывают. Так, в ночь со второго на третье июня 1950 г. заморозок до -2° наблюдался на территории Института земледелия центрально-черноземной полосы им. В. В. Докучаева в Каменной степи.

Этот заморозок был вторым по счету в 1950 г.; значительно более сильный заморозок, до -6° , наблюдался 8 V. Интересно, что первый заморозок сильно сказался на яблонях, которые в это время цвели, и прошел почти бесследно для полевых культур, очень слабо повредив местами подсолнечник. Второй заморозок оставил очень глубокий след, уничтожив значительную часть подсолнечника, вики, цветущей ржи, пшеницы, ячменя, а также поморозив ботву картофеля.

Интересно отметить, что заморозок почти не затронул посевов в открытой степи, повредив в основном поля, расположенные среди лесных полос. Здесь также наблюдалась очень пестрая картина. Ряд полей среди лесных полос совершенно не пострадал от заморозка, а ряд других обнаружил сильное повреждение. Не повреждался посев только в районе 20—50 м от самой лесной полосы, а затем следовало очень сильное повреждение. Более значительное повреждение на посевах ржи, ячменя и овса наблюдалось в пониженных частях рельефа. Степень повреждения во всех отмеченных нами случаях объясняется, очевидно, чисто физическими причинами.

Весьма вероятно, что понижение температуры в разных частях поля у лесных полос и в отдалении от них, а также на понижениях было неодинаковым. Метеорологические данные говорят о том, что у лесных полос температура падала до $-1,7^{\circ}$, в то время как среди поля до -2° . Возможно, что колебания температуры и различия в продолжительности действия низкой температуры были еще более значительными.

В нашем исследовании нас интересовали не столько физические, сколько физиологические причины неодинакового отношения растений к заморозку. Внимательное наблюдение показало, что растения на одном и том же небольшом участке, совершенно однородном по рельефу, обнаруживали неодинаковое повреждение. В то время как одни были повреждены почти полностью, другие были повреждены очень слабо. Через несколько дней после заморозка все поврежденные растения имели желтые листья, как у пшеницы и ячменя, или побуревшие, как у подсолнечника и картофеля.

При внимательном рассматривании поврежденных растений (ячменя и яровой пшеницы) нам бросилось в глаза значительно более серьезное повреждение растений, находившихся в фазе кущения или начала фазы трубки, по сравнению с растениями, находившимися в фазе середины и конца фазы трубки. Очевидно, во время заморозка первые кустились, а вторые были в фазе выхода в трубку. Наше наблюдение мы подкрепили рядом подсчетов. Подсчеты производились на площадках, совершенно одинаковых по рельефу. Подсчитанные растения разбивались нами на четыре класса по степени повреждения.

Из табл. 1 видно, что растения яровой пшеницы и ячменя, находившиеся в фазе кущения, имели значительно большую степень повреждения, чем вышедшие в трубку, т. е. сделанное нами предположение о значении фазы развития в отношении повреждения заморозком полностью подтвердилось.

Таблица 1

Повреждения пшеницы Лютесценс 62 и ячменя Нутаис заморозком с 2-го на 3-е июня 1950 г.

Культура	Дата подсчета	Фаза развития	Число поврежденных растений				Степень повреждения в %			
			слабое	среднее	сильное	оч. сильное	слабое	среднее	сильное	оч. сильное
Пшеница Лютесценс 62	11 VI	Конец кущения	2	37	36	0	2,6	50	47	
		Трубка	19	78	2	0	19,1	78,8	2	
		Конец трубки	48	9	0	0	82,7	17,3	0	
Пшеница Лютесценс 62	14 VI	Конец кущения	0	3	15	129		2	10,2	87,8
		Трубка	6	29	38	5	7,0	37,9	48,7	6,4
		Конец трубки	4	24	4	1	12,1	72,8	12,1	3,0
Ячмень	12 VI	Конец кущения	2	11	83	70	1,2	6,6	50,1	42,1
		Трубка	12	95	43	3	7,8	62,2	28,1	1,9
		Конец трубки	30	13	0	0	69,8	30,2	0	0

Таким образом, вполне ясно намечается связь степени повреждения яровой пшеницы и ячменя с развитием растений. Нам, однако, казалось интересным несколько глубже расшифровать данную зависимость.

Отправной точкой к анализу влияния заморозка на протоплазму клетки нам послужила наша работа (2) о влиянии низких положительных температур на растение. В данной работе нами было показано, что южные растения, например огурец, арбуз и др., повреждаемые положительной температурой $+3^{\circ}$, гибнут в результате значительного повышения вязкости своей протоплазмы и связанного с этим резкого снижения обмена веществ. В этой же работе было установлено, что в фазу цветения, когда вязкость протоплазмы сильно снижается, растения становятся менее чувствительными к действию низкой температуры.

Из приведенных нами данных по подсчету повреждений хорошо видно, что в более позднюю фазу, т. е. в момент трубкования, растение менее чувствительно к заморозку, чем в фазу кущения. В то же время нами было установлено раньше (3), что в фазу цветения вязкость протоплазмы ниже, чем в фазу кущения.

В резком противоречии со сказанным как будто находилось наблюдение, сделанное над рожью, которая была повреждена заморозком на площади в 40 га. Здесь растения в фазу цветения пострадали значительно сильнее, чем пшеница и ячмень в фазе выхода в трубку. Однако более внимательный анализ показал, что у ржи были повреждены ко-

досья и совершенно неповрежденными оказались листья. Ранее нами (4) было показано, что в генеративных органах, особенно у злаков, наблюдается очень высокая вязкость протоплазмы.

Вязкость протоплазмы определялась плазмолитическим методом (4) — по времени плазмолиза, т. е. по скорости перехода вогнутого плазмолиза в выпуклый. Измерения вязкости протоплазмы показали, что в листьях ржи она равнялась всего 10 мин., в колосковых чешуйках 3 ч. 50 мин., а в завязи 40 мин. Интересно отметить, что с этим распределением вязкости по органам хорошо коррелировали и повреждения. В большинстве случаев всего сильнее пострадали колосковые и внутренние чешуйки, а завязь оставалась менее поврежденной. Листья, как мы уже отмечали, совершенно не были повреждены. Таким образом, можно считать доказанным, что только в листьях во время цветения падает значительно вязкость плазмы, а в генеративных органах она, наоборот, сохраняется на очень высоком уровне.

Первый заморозок очень мало повлиял на растения, хотя он был и много сильнее второго. Как мы уже отмечали, от первого заморозка пострадали цветы плодовых. Зерновые находились в это время еще в начальных фазах своего развития, и вязкость их плазмы была не особенно велика, так как она возрастает от прорастания до кущения и падает в фазу трубки. Повидимому, часть кустившихся растений была повреждена и первым заморозком.

У подсолнечника пострадали более сильно растения, дальше ушедшие в своем развитии. До бутонизации подсолнечник в то время еще не дошел. Интересно, что растения подсолнечника с направленно повышенной засухоустойчивостью, по нашему методу (1), пострадали сильнее, чем контроль, что лишний раз подтверждает нашу точку зрения, так как вязкость протоплазмы этих растений более высокая. Если на контрольной делянке было повреждено 53 растения, то на делянке с опытными растениями 145, т. е. почти в 3 раза больше.

По вариантам у растений с направленно повышенной засухоустойчивостью также наблюдался полный параллелизм. Так, вариант с трехкратным намачиванием и подсушиванием семян имел меньшую вязкость и соответственно был менее поврежден морозом, чем вариант с однократным намачиванием и подсушиванием (см. табл. 2).

Таблица 2
Вязкость протоплазмы и степень повреждения подсолнечника заморозком (листья 5-го яруса)

Вариант	Вязкость протоплазмы в мин.	Среднее число растений на делянке до заморозка	Число погибших растений от заморозка	Процент погибших растений
Контроль	27	283	53	18,8
1-кратная предпосевная обработка	36	251	145	57,6
3-кратная предпосевная обработка	30	217	82	37,8

Картофель с направленно повышенной засухоустойчивостью, имевший более высокую вязкость протоплазмы, чем контроль, был сильно поврежден морозом и даже отдельные экземпляры его вымерзли полностью, в то время как у контроля этого не наблюдалось.

Все вышеприведенные факты с полной очевидностью говорят о том, что повышенная вязкость протоплазмы у растений, не подготовленных

к перезимовке, а вегетирующих, способствует их большому повреждению пониженными температурами. Этот факт еще лишний раз подчеркивает разнообразие путей борьбы растений с неблагоприятными условиями окружающей среды. Высокая вязкость протоплазмы, как показала наша работа (3), способствует повышению жароустойчивости, но в то же время снижает устойчивость к заморозкам.

Очевидно, все мероприятия, способствующие снижению вязкости протоплазмы, будут способствовать и большей устойчивости к заморозкам, что может иметь значение для земледелия нашего севера, где летние заморозки являются обычным явлением.

Для селекционера, выводящего сорта для северных районов, это может иметь большое значение, так как из группы скороспелых форм он сможет отдать предпочтение тем формам, которые имеют наименьшую вязкость своей протоплазмы.

Неясным остается вопрос, почему высокая вязкость протоплазмы у вегетирующих растений снижает их способность переносить механическое давление льда. Всего вероятнее, что ориентировка коллоидных мицелл протоплазмы при высокой вязкости является более правильной и легче нарушается механическим давлением льда. Предположение это нуждается в экспериментальной проверке.

Таким образом, наши наблюдения проливают известный свет на причины большей или меньшей устойчивости вегетирующих растений к действию летних заморозков.

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

Поступило
30 XI 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. А. Генкель, Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 5, в. 1 (1946). ² П. А. Генкель и К. П. Марголина, там же, 6, в. 2 (1949).
³ П. А. Генкель и К. П. Марголина, Бот. журн., 33, № 1 (1948).
⁴ П. А. Генкель и К. П. Марголина, ДАН, 76, № 4 (1951).