

Г. А. САМЫГИН, З. Г. РАКИТИНА, А. З. ЛИВШИН

**ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ГАЗОВОГО РЕЖИМА  
И ЛЕДЯНОЙ КОРКИ НА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ  
ЛИСТЬЕВ И УЗЛОВ КУЩЕНИЯ ЗАКАЛЕННОЙ ОЗИМОЙ  
ПШЕНИЦЫ**

*(Представлено академиком М. Х. Чайлахяном 10 VIII 1972)*

Нами было показано (1-3), что в условиях неблагоприятных газовых режимов гибель целых растений и отдельно листьев и узлов кущения закаленных растений озимой пшеницы при медленном замораживании происходит при значительно более высокой температуре, чем в воздухе; к таким же последствиям приводит и пребывание растений под ледяной коркой (4). Из нашей работы (5) следует, что узлы кущения и листья закаленной озимой пшеницы погибают при медленном замораживании от обезвоживания протопластов при отнятии воды от клеток внеклеточным льдом. Отрицательная температура, при которой достигается гибельная степень обезвоживания, зависит от водоудерживающей способности клеток и их устойчивости к обезвоживанию. Поэтому мы решили выяснить, как влияют условия неблагоприятного газового режима и ледяная корка на водоудерживающую способность и устойчивость к обезвоживанию листьев и узлов кущения закаленной озимой пшеницы.

Мы определяли устойчивость к медленному замораживанию и количество незамерзшей воды отдельно в листьях и в узлах кущения (вместе с влагалищной частью листьев длиной 15 мм) закаленной озимой пшеницы «Мироновская-808», находившихся перед этим в течение 5 суток при  $-5^{\circ}$  в воздухе, в условиях неблагоприятного газового режима, во льду. Во втором варианте соотношение  $O_2$  и  $CO_2$  в атмосфере было выбрано близким к тому, которое создается в естественных условиях при пребывании растений под ледяной коркой (2). В первом варианте листья или узлы кущения ставили на  $-5^{\circ}$  в колбочках с воздухом; во втором варианте листья или узлы кущения помещали в закрытые колбочки, в которых создавали определенный газовый режим (3), и ставили в камеру на  $-5^{\circ}$ ; в третьем — замораживали в сосудах с водой, при замерзании которой листья или узлы оказывались вмороженными в лед. Примененная нами методика (3) позволяла избегать переохлаждения тканей во всех трех вариантах. Через 5 суток растения всех вариантов помещали на  $2^{\circ}$  для оттаивания. После оттаивания листья или узлы кущения вновь замораживали в воздухе со скоростью  $1^{\circ}$  в 15 мин. и при этом определяли морозоустойчивость их и количество воды, не замерзающей в них при различных температурах. Эта работа проводилась по методике, которая описана в наших предыдущих работах (6, 7). Данные представлены в табл. 1, 2.

Из этих таблиц видно, что условия неблагоприятного газового режима и вмораживание в лед снижали морозоустойчивость и листьев и узлов кущения, а также их водоудерживающую способность (количество воды, остающейся в клетках при данной отрицательной температуре). Снижалась также устойчивость протопластов клеток и листьев и узлов кущения к обезвоживанию: гибель наступала при большем количестве воды, остающейся в клетках (табл. 2). Особенно неблагоприятно влияло в этом отношении вмораживание растений в лед.

Об изменении водоудерживающей способности клеток листовых пластинок и влагалищной части листьев можно судить также по изменению скорости замораживания, необходимой для образования льда внутри клеток. Из оттаявших после замораживания в течение 5 суток при  $-5^{\circ}$  на воздухе, в газовой смеси и во льду листовых пластинок и влагалищ брали вырезки, которые замораживались на охлаждаемом столике микроскопа (8, 9) с разными скоростями до  $-20^{\circ}$ . Затравку вносили при  $-1^{\circ}$ . Путем визуальных наблюдений определяли число клеток (эпидермиса), в которых образовывался лед. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 1

Морозоустойчивость листьев и узлов кущения закаленной озимой пшеницы Мироновская-808 при медленном ( $1^{\circ}$  в 15 мин.) замораживании

Варианты	$-3^{\circ}$	$-6^{\circ}$	$-9^{\circ}$	$-12^{\circ}$	$-15^{\circ}$	$-18^{\circ}$	$-20^{\circ}$
Растения в воздухе при $-5^{\circ}$ , 5 суток	б.ж б.ж	б.ж б.ж	б.ж б.ж	б.ж б.ж	б.ж б.ж	б.ж б.у	б.у б.у
То же в газовой смеси $\text{CO}_2 26\%$ , $\text{O}_2 5\%$ , $\text{N}_2 69\%$	б.ж б.ж	б.ж б.ж	б.ж б.ж	б.ж б.у	б.у б.у	б.у б.у	б.у б.у
То же во льду	б.ж б.ж	б.ж б.у	б.у б.у	б.у б.у	б.у б.у	б.у б.у	б.у б.у

П р и м е ч а н и е. б.ж — большинство клеток живых, б.у — большинство убитых. Над чертой — узлы кущения, под чертой — листья.

Таблица 2

Количество незамерзшей воды в клетках листьев и узлов кущения закаленной озимой пшеницы Мироновская-808 (в % от исходного ее содержания при полном насыщении)

Варианты	$-3^{\circ}$	$-6^{\circ}$	$-9^{\circ}$	$-12^{\circ}$	$-15^{\circ}$	$-18^{\circ}$	$-20^{\circ}$
Растения 5 суток при $-5^{\circ}$ в воздухе	85,3 61,5	64,3 34,9	51,1 25,1	40,2 19,6	27,0 16,4	21,5 14,4	16,1 12,6
То же в газовой смеси: $\text{CO}_2 26\%$ , $\text{O}_2 5\%$ , $\text{N}_2 69\%$	71,8 53,7	48,6 30,3	37,2 21,7	27,1 17,2	19,4 14,5	16,3 12,5	13,7 10,8
То же во льду	56,5 43,8	33,8 29,9	24,3 17,9	19,1 14,3	16,6 11,8	13,4 10,2	12,0 9,4

П р и м е ч а н и е. Средние квадратичные отклонения приведенных в таблице величин колебались в пределах 0,8—1,1%. Над чертой — узлы кущения, под чертой — листья. Выделенные цифры — границы полной гибели.

Из табл. 3 видно, что при повторном замораживании в воздухе значительно облегчается образование льда внутри клеток эпидермиса листовых пластинок и влагалищ, предварительно находившихся в течение 5 суток при  $-5^{\circ}$  в условиях неблагоприятного газового режима и особенно во льду. Это можно объяснить тем, что вследствие снижения водоудерживающей способности клеток увеличивается количество воды, которое должно выйти из них при определенной температуре замораживания, и поэтому растет степень ее переохлаждения и вероятность замерзания внутри клеток при определенной скорости замораживания. Возможно также, что после пребывания в условиях неблагоприятного газового режима изменяется проницаемость протопластов клеток для воды, что также должно влиять на ее отток в межклетники и на вероятность образования льда внутри клеток.

Нами было показано (6), что большую роль в удержании воды узлами кущения закаленной озимой пшеницы играют особые водоудерживающие силы, связанные с живым состоянием протопластов клеток. В связи с уменьшением водоудерживающей способности узлов кущения, находившихся перед замораживанием в условиях неблагоприятного газового режима или во льду, мы решили выяснить, как влияют эти неблагоприятные условия на величину таких водоудерживающих сил. Мы определяли ее по методике, описанной в наших работах (6, 7), и выражали в градусах отрицательной температуры. Простое соотношение  $P = 12,06 \Delta t$  дает возможность легко делать приблизительный пересчет величин этих сил в атмосфере. Результаты определения особых водоудерживающих сил представлены в табл. 4.

Таблица 3

Минимальные скорости замораживания (в  $^{\circ}\text{C}$  в 1 мин.), необходимые для образования льда внутри клеток листовых пластинок и влагалищ закаленной озимой пшеницы Мироновская-808

Варианты	Число клеток со льдом, %		
	0—20	40—60	80—100
Растения 5 суток в воздухе при $-5^{\circ}$	7,0 2,0	10,0 2,5	14,0 3,0
То же в газовой смеси: $\text{CO}_2$ 26%, $\text{O}_2$ 5%, $\text{N}_2$ 69%	3,0 1,0	5,0 1,5	10,0 2,0
То же во льду	1,0 0,3	3,0 0,5	5,0 1,0

П р и м е ч а н и е. Цифры над чертой — данные для листовых пластинок, под чертой — листовых влагалищ.

Таблица 4

Величины особых водоудерживающих сил в узлах кущения закаленной озимой пшеницы Мироновская-808 ( $^{\circ}\text{C}$ ) при замораживании до разных температур

Варианты	$-3^{\circ}$	$-6^{\circ}$	$-9^{\circ}$	$-12^{\circ}$	$-15^{\circ}$	$-18^{\circ}$
Растения 5 суток при $-5^{\circ}$ в воздухе	0,8	2,0	3,6	4,5	4,0	3,0
То же в газовой смеси: $\text{CO}_2$ 26%, $\text{O}_2$ 5%, $\text{N}_2$ 69%	0,5	1,1	1,8	1,2	0,0	0,0
То же во льду	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Из нее видно, что пребывание во льду приводит к утрате узлами кущения способности развивать особые водоудерживающие силы. Последействие неблагоприятного газового режима проявляется в сильном ограничении этой способности.

Мы определяли также изменение особых водоудерживающих сил в узлах кущения непосредственно во время замораживания их в условиях неблагоприятного газового режима, т. е. при прямом действии повышенного содержания  $\text{CO}_2$  и пониженного  $\text{O}_2$  в атмосфере. Для этого пучки узлов кущения взвешивали и помещали в колбочки, в которых создавался определенный газовый режим (1). Колбочки помещали в камеру на  $-5^{\circ}$  на 5 суток, а затем без оттаивания и без изменения газового режима охлаждали со скоростью  $1^{\circ}$  в 15 мин. до различных отрицательных температур (от  $-6$  до  $-12^{\circ}$ ). Через 16 час. после достижения конечной температуры замораживания в узлах кущения определялось количество льда с помощью адиабатического калориметра (6, 7); колбочки вскрывали только

перед самым помещением замороженных узлов кущения в калориметр. Величины особых водоудерживающих сил определяли как было описано ранее (6, 7). Эти опыты показали, что при замораживании узлов кущения в условиях неблагоприятного газового режима они полностью теряют способность развивать особые водоудерживающие силы.

Полученные нами данные показывают, что снижение морозоустойчивости листьев и узлов кущения закаленной озимой пшеницы после пребывания во льду или в газовой смеси, значительно отличающейся от воздуха по содержанию  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ , а также при замораживании в этой газовой смеси связано со снижением водоудерживающей способности клеток и их устойчивости к обезвоживанию. У узлов кущения (вместе с влагалищной частью листьев длиной 15 мм) сильно снижается или совсем утрачивается способность развивать особые водоудерживающие силы, вероятно в связи с нарушением нормального процесса дыхания и получения необходимой для жизнедеятельности энергии. Нарушение нормального процесса дыхания в условиях неблагоприятного газового режима связано не только с недостатком кислорода, но и с отравлением растений углекислотой (10). Последнее, помимо влияния на дыхание, оказывает, вероятно, и непосредственное воздействие на способность узлов кущения развивать особые водоудерживающие силы.

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

Поступило  
4 VIII 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> З. Г. Ракитина, Физиол. раст., **14**, 97 (1967). <sup>2</sup> З. Г. Ракитина, Физиол. раст., **14**, 328 (1967). <sup>3</sup> Г. А. Самыгин, З. Г. Ракитина, А. З. Лившин, ДАН, **198**, 224 (1971). <sup>4</sup> З. Г. Ракитина, Физиол. раст., **12**, 909 (1965). <sup>5</sup> Г. А. Самыгин, А. З. Лившин, Журн. Сельскохоз. биол., **6**, 521 (1971). <sup>6</sup> Г. А. Самыгин, А. З. Лившин, Физиол. раст., **17**, 439 (1970). <sup>7</sup> Г. А. Самыгин, А. З. Лившин, Физиол. раст., **17**, 800 (1970). <sup>8</sup> Г. А. Самыгин, Физиол. раст., **7**, 371 (1960). <sup>9</sup> Г. А. Самыгин, О. А. Красавцев, Физиол. раст., **9**, 257 (1962).  
<sup>10</sup> З. Г. Ракитина, Физиол. раст., **17**, 907 (1970).