

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

М. Ф. БУГАЕВСКИЙ

**ЗАМЕРЗАНИЕ ПАРЕНХИМНЫХ ТКАНЕЙ РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 16 VI 1947)

Наши знания о процессе гибели растений от низкой температуры еще недостаточны. Имеется ряд в большей или меньшей степени обоснованных теорий (<sup>1-3</sup>), но для разрешения практических вопросов в этой области требуется еще углубленная доработка и проверка этих теорий. Нашими предварительными опытами над процессом замерзания клеток эпидермальных тканей у ряда растений (*Allium cepa*, *Brassica oleracea*, озимая пшеница и др.) установлено, что протоплазма остается живой, т. е. дает нормальные плазмолиз и деплазмолиз, пока в клетке не образуется лед. В наших опытах после глубокого промораживания клетки, когда почти вся полость ее заполнялась кристалликами льда, а между кристаллами была видна прослойка протоплазмы, при последующем медленном оттаивании сгустки протоплазмы висели по стенкам клетки, как это указывает и Лайет (<sup>7</sup>). Такую клетку мы считаем убитой, ее ничто не оживит. Если же льдообразование в клетке не было чрезмерным, то протопласт коагулирует в один или больше крупных сгустков, имеющих губчатый вид, не свойственный нормальной живой протоплазме; иногда протопласт бывает по краям разбит на различной величины правильные шарики. Едва ли можно спасти и такую клетку.

Перед началом льдообразования клетка находится в переохлажденном состоянии. Нам удавалось видеть всегда в эпидермальной ткани озимой пшеницы (раскутившейся) образование льда только после состояния переохлаждения, характеризующее мгновенным образованием в клетках мелких кристалликов льда, разрастающихся затем в относительно большие кристаллы. Такая ткань после оттаивания сравнительно быстро высыхала и погибала, в то время как эпидермальная ткань, доведенная только до состояния переохлаждения, без образования в клетках льда, сохраняла тургор и оставалась живой; клетки давали плазмолиз и деплазмолиз.

Уяснив процесс замерзания эпидермальной клетки и ткани, мы поставили целью изучить вымерзание паренхимных клеток, а отсюда и паренхимной ткани.

Для изучения процесса замерзания паренхимных клеток нами готовился препарат среза паренхимной ткани растения (узел кущения озимой пшеницы, капуста, морковь и др.). В одних случаях срезы клялись нами в раствор нейтральной красной (1 : 10 000) на 8 минут (<sup>9</sup>), после чего промывались в воде, слегка просушивались фильтровальной бумагой, чтобы снаружи препарата не было воды. Если частично вода оставалась на срезе, то при низкой температуре она давала отдельные редкие мелкие кристаллики. Затем мы помещали срезы в маленький сосуд

с жидким парафиновым маслом, поворачивали их осторожно несколько раз, чтобы удалить со срезов пузырьки воздуха. После этого срезы переносились на предметное стекло в каплю парафинового масла, покрывались покровным стеклышком, и препарат подвергался замораживанию под микроскопом. В других случаях окрашивания срезов не производилось.

При постепенном охлаждении препарата паренхимной ткани под микроскопом наблюдалось (особенно у срезов капусты) образование ледяных кристалликов на стенках межклетников, причем клетки оставались живыми — давали с NaCl плазмолиз и деплазмолиз при прекращении охлаждения.

Дальнейшее пребывание препарата при низкой температуре (срезы капусты доводились до  $-10^{\circ}\text{C}$ , срезы узла кущения озимой пшеницы до  $-16,1^{\circ}\text{C}$ ) давало возможность видеть, как в поле зрения микроскопа идет замерзание клеток. В некоторых клетках мгновенно образовывались мелкие кристаллики льда так же, как это наблюдалось в эпидермальных клетках, и сейчас же на поверхности среза ткани образовывались зернистые кристаллические пленки льда как над клетками со льдом в середине, так и над рядом расположенными клетками без льда. На других участках ткани в поле зрения микроскопа мгновенно появлялись такие же кристаллические зернистые «ледяные пленки» без заметного льдообразования внутри клеток среза. Подобного явления образования «ледяной пленки» при замерзании эпидермальных клеток мы не наблюдали. Намерзание «ледяной пленки» охватывало все большую и большую поверхность среза и, наконец, почти над всеми клетками образовывался слой льда, который препятствовал дальнейшему наблюдению.

Мы предполагаем, что вода наверху среза выступала из клеток в силу того, что вода клеточного сока и протопласта, замерзая в клетке, расширяется, создавая давление, передаваемое к окружающим переохлажденным клеткам. Чем в большем числе клеток прошло льдообразование, тем большее возникает давление, и вода выдавливается через стенки клеток на плоскость среза и замерзает.

О таком активном выдавливании воды из клеток на поверхность среза ткани, создаваемом давлением от образования в клетках льда, указывает и следующее наблюдение: до образования льда в паренхимных клетках на поверхности среза «ледяной пленки» не появлялось; все клетки этого среза давали плазмолиз и деплазмолиз. В том случае, когда только местами образовывалась «ледяная пленка», мы находили отдельные клетки с поврежденным протопластом, а при глубоком промораживании почти во всех клетках протопласт срезов был поврежден, порван.

Интересное явление наблюдалось при оттаивании замороженных срезов. Сверху и внизу среза оставался слой воды, выдавленной из клеток в процессе замерзания. Вода эта обратно в клетку уже не поступала. Кроме воды, над и под срезом имелись пузырьки воздуха.

Выражаю искреннюю благодарность проф. И. И. Туманову за ценные советы и указания при выполнении настоящей работы.

Поступило 17  
15 VI 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> И. И. Туманов, Физиологические основы зимостойкости культурных растений, 1940. <sup>2</sup> H. Müller-Turgau, Landw. Jahrb., 9 (1880); 15 (1886). <sup>3</sup> H. Molisch, Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen, 1897. <sup>4</sup> Т. С. Сулакадзе, Тр. Ин-та физиологии растений им. К. А. Тимирязева, 4, в. 2 (1945). <sup>5</sup> Н. А. Максимов, Изв. Лесн. ин-та, 25 (1913). <sup>6</sup> R. Chambers and P. Hale, Proc. Roy. Soc., B, 110 (1932). <sup>7</sup> B. Luyet and P. Genepio, Biodynamica, 1940. <sup>8</sup> М. Ф. Бугаевский, ДАН, 22, № 3 (1939); 25, № 6 (1939). <sup>9</sup> М. И. Салтыковский, Журн. опытной агрономии Юго-востока, 9, в. 2 (1929).