

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. Г. КАРМАНОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ ЗА СЧЕТ ТЕПЛА ЛЬДООБРАЗОВАНИЯ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 4 III 1952)

Исследователи давно уже стремились применить явление скрытой теплоты льдообразования к решению биологических задач. Н. А. Максимов (1) еще в 1913 г. указывал на возможность следить за процессом льдообразования в растении по изменению температуры его за счет выделения теплоты при замерзании воды.

К сожалению, до самого последнего времени техника измерения температуры в объектах, подобных листу растения, была мало разработана. Наиболее подходящими из всех температурных приемников были термоэлектрические термометры, оформленные обычно в виде термоигл, которые вводились в ткань растений (2).

Хотя температурная чувствительность термоэлектрических термометров достаточна для регистрации температурных изменений в растении, они мало пригодны для измерений в тонких листьях растений. Причина этого лежит в недостаточной энергетической чувствительности их в силу высокой теплопроводности материалов, из которых изготавливаются термоиглы: соотношение значений теплопроводности тонких листьев растений и термоиглы таково, что температура в месте контакта последних с листом ниже, чем в других участках листа в силу отвода части тепла по телу измерительного прибора.

В настоящее время разработан новый тип измерительного приемника, в основе которого лежит использование определенных полупроводниковых материалов с температурной чувствительностью, характеризуемой изменением сопротивления на градус при температуре 20° равным 3% (3). Значительно меньшая теплопроводность полупроводниковых материалов по сравнению с металлами делает их особенно пригодными для изготовления температурных приемников высокой энергетической чувствительности (4).

В 1950—1951 гг. нами были осуществлены конструкции полупроводниковых микротермометров сопротивления, специально предназначенных для определения температуры растения и пригодных для измерения ее в самых тонких листьях. Чувствительность такого полупроводникового микротермометра сопротивления оказалась достаточной, чтобы зарегистрировать температурные изменения за счет выделения теплоты льдообразования в листьях растения и подобных им объектах.

Измерение проводилось следующим образом. Полупроводниковый микротермометр сопротивления помещался в камеру с желаемой температурой воздуха, затем на него накладывался лист растения, и с этого момента производилась непрерывная регистрация температурных изменений при помощи зеркального короткопериодного гальванометра

и фотозаписи. Одновременно на той же фотозаписи оптическим способом регистрировалась скорость развертки.

В результате измерений оказалось возможным: 1) фиксировать начало льдообразования и время течения его по повышению температуры листа; 2) производить определение абсолютного значения температуры листа в каждый отдельный момент времени; 3) сравнивать характер льдообразования в листьях разных растений.

Все определения проводились на листьях растений, выращенных полностью на искусственном освещении. Возможно, характер процесса льдообразования у таких листьев несколько отличен по сравнению с протеканием этого процесса в листьях растений, выращенных в естественных условиях.

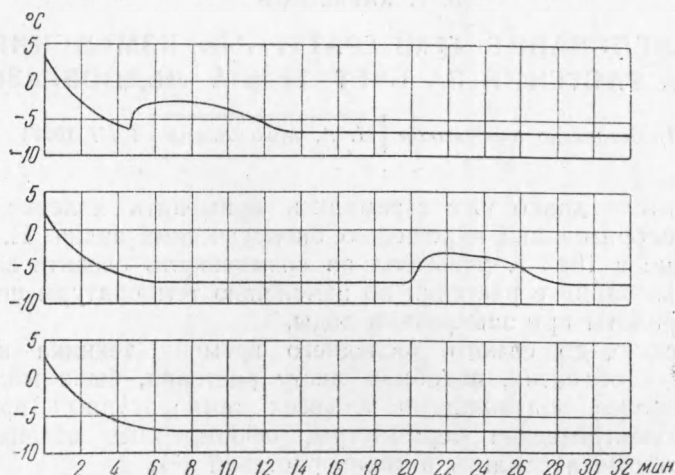


Рис. 1. Температурное изменение в листьях трех различных растений лимона при температуре $-8,5^{\circ}$

На рис. 1 представлены кривые температурных изменений в листьях лимона, взятых с различных растений. Определение во всех случаях велось при температуре воздуха $-8,5 \pm 0,2^{\circ}$.

Как видно, метод позволяет наметить три типа растений по их отношению к указанной температуре воздуха. Верхняя кривая характерна для листа, процесс льдообразования в котором начинается немедленно по охлаждению.

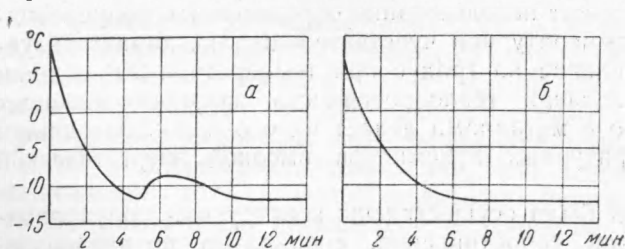


Рис. 2. Сравнительная устойчивость листьев яровой (а) и озимой (б) пшеницы к процессу льдообразования при температуре -13°

Нижняя кривая указывает, что при этой температуре возможно длительное состояние переохлаждения, около 20 мин., после чего начинается процесс льдообразования. Нижняя кривая характерна для листа, в котором за время измерения при температуре $-8,5^{\circ}$ не происходит льдообразования.

На рис. 2 представлены кривые, полученные при охлаждении листьев яровой пшеницы Лютеценс 062 и озимой пшеницы Дюрабль. Пшеницы выращены полностью в условиях искусственного освещения без яровизации. Сравнение кривых указывает на наличие большей устойчивости

листа озимого сорта пшеницы к процессу льдообразования по сравнению с яровым сортом.

Таким образом, метод измерения с помощью полупроводниковых микротермометров сопротивления позволяет судить о характере образования льда в листьях растений и может оказаться полезным как дополнение к уже существующим способам оценки морозоустойчивости растений (1, 5).

Разработанный нами метод имеет ряд преимуществ по сравнению с другими: а) он очень прост в применении; б) время, необходимое для одного измерения, исчисляется минутами; в) растение сохраняется для дальнейших воздействий.

В дополнение считаем необходимым отметить, что метод позволяет получить данные о ходе льдообразования и в мертвых объектах, например во влажном листе бумаги и т. п., что может представить интерес для решения технических задач.

На рис. 3 приведена кривая температурных изменений в смоченном листе фильтровальной бумаги. Интересно, что в характере замерзания воды в живом листе растения и в листе бумаги наблюдается много сходства.

Исследование энергетической стороны процесса льдообразования дает возможность подойти к решению такой задачи, как определение процента замерзающей в листе растения воды при различных температурах воздуха.

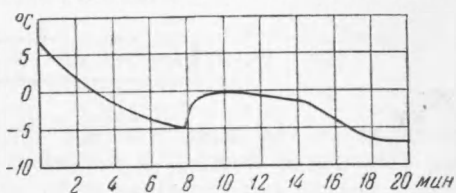


Рис. 3. Кривая, характеризующая процесс замерзания влаги в листе фильтровальной бумаги, смоченной дистиллированной водой

Агрофизический институт
Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук
им. В. И. Ленина
Ленинград

Поступило
4 III 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. А. Максимов, Изв. Лесн. ин-та, 25 (1943). ² В. П. Кислов, Докл. ВАСХНИЛ, № 4 (1940). ³ Б. Т. Коломиец, Электричество, № 3 (1947). ⁴ И. Д. Козленко, ЖТФ, 20, в. 6 (1950). ⁵ И. И. Туманов, Физиологические основы зимостойкости культурных растений, 1940.