

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

И. Е. РОГАЛЕВ

**ДЕЙСТВИЕ КАЛИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ СВЯЗАННОЙ И СВОБОДНОЙ
ВОДЫ И ВОДОУДЕРЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 9 IV 1949)

Физико-химическое состояние биокolloидов плазмы во многом зависит от воздействия различных элементов минерального питания. Антагонизм калия и кальция в воздействии на протоплазму замечательно показан результатами наблюдений Холодного и Занкевича (1), Гефлера (2) и других, обнаруживших разжижающее действие на протоплазму калия и уплотняющее действие кальция.

Таким образом, положительное действие калия на гидратацию плазмы становится очевидным. Однако качественная сторона гидратации почти не изучалась. В частности, оставалось неясным, возрастает ли водная сфера, непосредственно связанная с мицеллами биокolloидов, становясь трудно испаряемой и приобретая другие свойства, отличающие ее от свободной воды. Или же в связи с влиянием калия увеличивается водная сфера, удаленная от поверхности мицелл биокolloидов и не связанная с ними прочно?

Между тем качественная сторона гидратации плазмы, повидимому, имеет существеннейшее значение как в создании устойчивости системы биокolloидов, так и в ходе физиологических процессов и биохимической направленности в обмене веществ.

Бёнинг и Бёнинг-Зауберт (3) определяли связанную воду в листьях табака прессовкой гидравлическим прессом после предварительного нагревания при температуре 100°. Известно, что высокая температура изменяет свойства биокolloидов и приводит к коагуляции плазмы. По данным С. Липатова (4) и других, под влиянием высокой температуры наблюдается сильное падение устойчивости коллоидной системы и уменьшение прочности связей жидкой фазы с твердыми частицами системы гидрофильных коллоидов.

Следовательно, в работах, связанных с изучением состояния биокolloидов и форм гидратационной воды в растительных и животных тканях, применение высокой температуры не позволяет получить достоверных результатов.

Нами проводилось определение связанной и свободной воды в листьях озимой пшеницы 02411 и кукурузы, сорт Безенчукский, calorиметрическим методом в более усовершенствованной модификации по Робинсону (5). Растения выращивались в водной и песчаной культурах на питательной смеси по Кнопу с разной дозировкой калия и заменой последнего натрием. Схема опытов была следующей:

- I — без калия — с заменой натрием (0,0 К),
- II — сокращенная доза калия (0,1 К от нормы),
- III — нормальная доза калия (1,0 К),
- IV — увеличенная доза калия (5,0 К).

Принцип применявшегося метода для определения связанной и свободной воды заключается в том, что находящаяся в системе растительных тканей вода при данной низкой температуре — 20° переходит в лед; вода же, удерживаемая системой при данной упругости пара, которую принято называть связанной, остается незамерзающей. Количество образовавшегося льда определяется по снижению температуры воды в калориметре, исходя из того, что на таяние 1 г льда расходуется 80 кал. тепла. При всех определениях соблюдалась одинаковая температура. Расчет свободной воды в пробах производился по следующей формуле:

$$X = \frac{fn(t_2 - t_1) - (wsr + w_1s_1r)}{80 - (t_1/2)},$$

где f — теплоемкость калориметра; n — объем воды, использованной в калориметре, в см³; t_2, t_1 — начальная и конечная температура воды в калориметре; w — сырой вес пробы в г; s — теплоемкость материала;

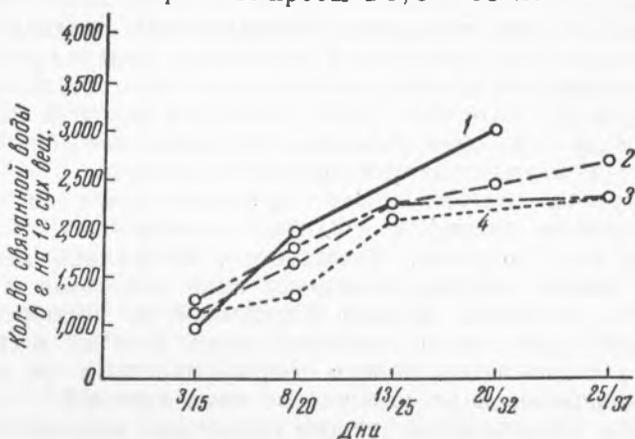


Рис. 1. Изменение содержания связанной воды в листьях озимой пшеницы в связи с калийным питанием. 1—0,0 К, 2—0,1 К, 3—1,0 К, 4—5,0 К. По оси абсцисс отложены в числителе дни произрастания на соответствующей смеси, в знаменателе — возраст растения

r — разница в температуре между t_1 и t_2 ; w_1 — вес фольги, в которой была завернута проба; s_1 — теплоемкость фольги; t_1 — начальная температура материала в холодильнике.

Устанавливалось общее содержание воды в пробах; по разнице в количестве свободной воды, определяемой по формуле, выводится количество связанной воды. Результаты определения изображены графически на рис. 1 и 2, из которых видно, что при полном исключении и недостатке калия в питательной среде содержание связанной воды возрастает по мере возрастающей потребности растений в этом элементе; свободная вода, наоборот, уменьшается. Казалось бы, что если содержание связанной воды увеличивается, то должна возрастать и водоудерживающая способность листьев. Приводимые ниже результаты определения водоудерживающей способности листьев в условиях сухого воздуха (над серной кислотой, уд. в. 1,84) показывают, что водоудерживающие свойства вследствие калийного голодания сильно падают (табл. 1).

Значительная потеря воды листьями растений группы без калия наблюдается в течение первых часов. За 24 часа в пробах остается незначительная часть воды, причем из данных табл. 1 видно, что за 6 час. теряется почти вся свободная вода, тогда как в листьях

Таблица 1

Группы	% воды в сырых листьях	В том числе свободной воды	Потеря воды листьями кукурузы в % от начальн. сырого веса			
			1 час	3 часа	6 час.	24 часа
0,0 К	87	58,9	37,5	46,8	55,4	80,7
0,1 К	88	63,9	23,3	36,3	51,0	79,2
1,0 К	89	67,0	19,8	28,8	39,3	65,8
5,0 К	90	61,1	19,6	28,8	40,2	68,5

растений, получавших калий, 1/3 свободной воды сохраняется. Табл. 2 показывает интенсивность потери связанной воды.

К исходу суток остается связанной воды в листьях всего 6,3% у растений без калия, тогда как у группы растений, обеспеченных калием, связанная вода в продолжение суток не испаряется. Следовательно, при условиях калийного голодания сильно падает вододерживающая способность ассимилирующих органов — листьев.

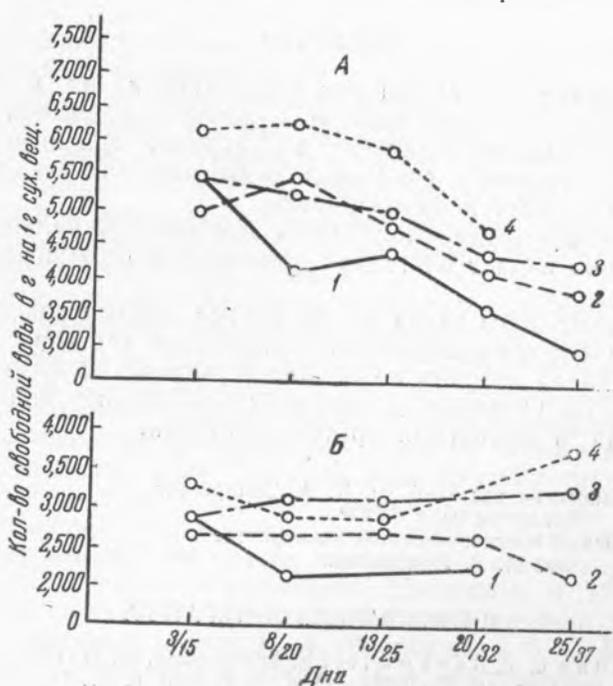


Рис. 2. Изменение содержания свободной воды в листьях кукурузы (А) и озимой пшеницы (Б). Обозначения те же, что на рис. 1

Особенно быстро испаряется свободная вода — наименее удерживаемая. Это — вода диффузной водной оболочки.

Надо полагать, что увеличение содержания связанной воды при падении вододерживающей способности обусловлено в основном наличием в тканях растений осмотически связанной воды, вследствие накопления осмотически активных веществ в виде воднорастворимых углеводов и азотистых соединений. Накопление в растениях при калийном голодании воднорастворимых соединений показано результатами многих исследований (6-10).

Известно, что коллоидно-связанная вода удерживается со значительно большей силой, чем осмотически связанная вода, вследствие

Таблица 2

Группы	% связанной воды в сырых листьях	Потеряно за 24 часа в сухом воздухе в %	Осталось связанной воды в %
0,0 К	28,1	21,8	6,3
0,1 К	24,1	15,3	8,8
1,0 К	22,0	—	22,0
5,0 К	28,9	7,4	21,5

того, что силы притяжения между молекулами воды и поверхностью частиц твердой фазы коллоида достигают тысяч атмосфер⁽¹¹⁾, тогда как вода, связанная осмотически, удерживается сравнительно слабее.

Увеличение водоудерживающей способности при нормальном калийном питании обусловлено устойчивостью биокolloидов плазмы, сопротивляющейся отдаче воды.

Выводы

1. При условиях отсутствия или недостатка калия в питательной среде происходит последовательное падение содержания свободной воды в листьях озимой пшеницы и кукурузы; при этом возрастает содержание осмотически связанной воды, не оказывающей влияния на увеличение стойкости биокolloидов.

2. Водоудерживающая способность листьев при калийном голодании значительно падает благодаря пониженной устойчивости системы биокolloидов.

3. Избыточные дозы калия не оказывают положительного влияния на повышение водоудерживающей способности листьев.

4. Замена калия натрием не вызывает увеличения водоудерживающей способности. Отмечается при этом накопление большого количества кальция в подземных органах растений.

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева
Академии наук СССР
Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
9 IV 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ N. Chododny u. E. Sankewitsch, *Protoplasma*, 20, 57 (1933). ² K. Häfler, *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 46, 73 (1928). ³ K. Böning u. E. Böning-Saubert, *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.*, 16, 260 (1940). ⁴ С. Липатов, Учение о коллоидах, М., 1935. ⁵ W. Robinson, *J. of biol. Chem.*, 92, 699 (1931). ⁶ C. Harth, *Bot. Gaz.*, 88, 229 (1929). ⁷ G. Laussen and R. P. Bartholomew, *J. Agr. Res.*, 38, 447 (1929); 40, 243 (1930). *J. Am. Soc. Agric.*, 24, 667 (1932). ⁸ F. Richards and W. Templeman, *Ann. of Bot.*, 50, 367 (1936). ⁹ Ф. В. Турчин, Докл. майской сессии АН СССР, 1936. ¹⁰ А. П. Щербakov, Изв. АН СССР, сер. биол., № 2 356 (1938); *Биохимия*, 3, в. 4, 417 (1938). ¹¹ А. В. Думанский, Учение о коллоидах, 345, 1935.