

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. М. АЛЕКСЕЕВ и Н. А. ГУСЕВ

**ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ В ЛИСТЬЯХ НА ПРОЦЕСС  
ТРАНСПИРАЦИИ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 25 I 1950)

В предыдущей работе одного из нас <sup>(1)</sup> было высказано положение, что транспирация растений есть процесс выравнивания парциального химического потенциала (или активности) воды, находящейся в отдельных частях растения (в клетках мезофилла, в сосудах, в клетках коры корня), с химическим потенциалом чистой воды, находящейся в атмосферном воздухе в виде пара, с одной стороны, и с парциальным химическим потенциалом воды почвенного раствора, с другой. Так как обычно наименьшую величину химического потенциала воды имеет атмосферный воздух (малая относительная влажность воздуха), то во всей системе: атмосфера — растение — почва устанавливается градиент (падение) химического потенциала воды, направленный снизу вверх, который и вызывает передвижение воды в растении в этом направлении и ее испарение клетками мезофилла листьев. Из сказанного следует вывод, что все факторы, уменьшающие этот градиент, сглаживающие разницу химических потенциалов воды в разных частях и тканях растения, должны уменьшать интенсивность транспирации, причем все эти факторы должны действовать в сторону уменьшения величины химического потенциала воды, находящейся в растении, так как они должны выравнивать химические потенциалы (активность) воды в растении по наименьшему, каковым является химический потенциал (активность) воды в обычно далекой от насыщения атмосфере, окружающей растение. Каковы же эти факторы, могущие снижать активность воды в растении?

Все почвенные условия, уменьшающие парциальный химический потенциал (рассеиваемость) воды в почве, должны затруднять переход воды из почвы в растение и увеличивать тем самым натяжение воды в проводящих путях растения. Увеличение натяжения воды в капиллярах клеточных стенок и в проводящих воду элементах, уменьшая химический потенциал (рассеиваемость) воды, должно снижать транспирацию. Н. А. Максимов <sup>(5)</sup> придает этому обстоятельству большую роль в регулировке транспирации. Уменьшение зияния устьиц и полное их закрытие, задерживая или полностью прекращая выход пара из межклетников, ведет к повышению давления пара в межклетниках, увеличивает величину химического потенциала воды в воздухе межклетников и тем самым уменьшает величину того градиента химического потенциала воды в растении, о котором говорилось выше и который определяет скорость (интенсивность) транспирации. Относительно влияния устьиц на процесс транспирации имеются многочисленные литературные данные.

Понижение тургорного давления уменьшает активность находящейся в клетке воды. Отсюда понятно, почему начинающееся подсыхание, связанное с уменьшением тургорного давления, должно уменьшать интенсивность транспирации, что и удавалось действительно наблюдать (6). Изменения концентрации и химического состава клеточного сока и протоплазмы, ведущие к усилению осмотического связывания воды в клетках, должны уменьшать испарение. Примеров, показывающих влияние величины осмотического давления на транспирацию, известно немало.

Наиболее легко и потому в первую очередь из растения должна испаряться свободная вода, находящаяся в клеточном соке, в протоплазме и в капиллярах клеточных оболочек. Вода, связанная путем гидратации молекул и мицелл, вообще должна испаряться труднее, но все же испарение ее возможно за счет разрушения диффузных слоев, которое будет идти тем более далеко (и соответственно тем больше будет испарено воды), чем меньше давление пара над поверхностью раздела. Дело в том, что испарение должно вести к уменьшению парциального химического потенциала свободной воды, так как, по данным Льюиса (4), активность растворителя пропорциональна его молярной доле. Парциальный химический потенциал воды, связанной коллоидами протоплазмы, должен вследствие этого также снижаться, так как должно происходить выравнивание потенциалов в прилегающих фазах. В конце концов, при достаточном снижении химического потенциала свободной воды должно произойти отщепление (освобождение) части связанной коллоидами протоплазмы воды, должно произойти перераспределение воды в клетке, ведущее к обезвоживанию протоплазмы и к усилению транспирации.

Из сказанного следует, что все факторы, увеличивающие набухание клеточных коллоидов — состав электролитов, рН, накопление гидрофильных коллоидов и т. д., — повышая количество коллоидно-связанной воды в растении, должны снижать транспирацию. Из сказанного также следует, что процесс транспирации, который до сего времени трактовался лишь с физической или физико-химической точки зрения, подлечит изучению и с коллоидно-химической точки зрения. До сего времени этого почти не делалось, и те представления относительно влияния на транспирацию состояния воды в растении, которые приведены выше, основывались исключительно на теоретических соображениях. Попытка дать экспериментальное подтверждение этим представлениям и составляет содержание настоящего сообщения.

Из факторов, могущих оказать влияние на набухание коллоидов тела растения, нами было избрано влияние электролитов, так как в предыдущих наших исследованиях (2, 3) было показано, что электролитный состав протоплазмы оказывает большее влияние на состояние воды в растении, и что этот электролитный состав может быть изменен путем соответствующей организации минерального питания растений через подкормки.

Опыт проводился нами с твердой пшеницей *Hordeiforme* 496 в полевых условиях. Интенсивность транспирации определялась в поле методом Арланда. Для определений интенсивности транспирации брались растения, выращенные при различных условиях минерального питания:

1-й вариант	— контроль	(NPK 60 перед посевом)
2-й	то же + подкормка	P 60 по всходам
3-й	„	P 60 перед кущением
4-й	„	P 60 перед колошением
5-й	„	N 60 по всходам
6-й	„	N 60 перед кущением
7-й	„	N 60 перед колошением
8-й	„	P 60 перед кущением
		N 60 перед колошением

Определения состояния водного режима листьев и интенсивности транспирации производились в фазе колошения.

Метеорологические данные и данные влажности почвы во время определений интенсивности транспирации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Метеорологические данные и влажность почвы

Глубина в см				Коллич. недоступ. воды в почве в %	Относит. влажность воздуха в %	Т-ра воздуха в °С
0-5	5-15	15-25	25-35			
Влажность почвы в %						
2,59	3,25	3,42	5,73	5,80	34	27

Как видно из табл. 1, исследования проходили на фоне очень низкой влажности почвы и воздуха.

Данные интенсивности транспирации и состояния воды в листьях даны на рис. 1. Для определений водного режима брались одинаковые навески листьев (5 г), что позволяет сравнивать абсолютные величины показателей водного режима.

Как видно из рис. 1, внесение подкормок сильно отразилось на состоянии воды в растениях. Резко возросла степень гидратации коллоидов у растений, получавших ранние фосфорные, позднюю азотную и комбинированную подкормки.

Интенсивность транспирации по вариантам также сильно изменялась. Поскольку общее количество воды в листьях растений разных вариантов почти не изменялось, то изменения интенсивности транспирации можно объяснить лишь изменениями состояния воды в клетках.

Ход кривой интенсивности транспирации по вариантам в основном повторяет ход кривой количества свободной воды и противоположен ходу кривых количества коллоидно-связанной воды и степени гидратации коллоидов протоплазмы.

Зависимость интенсивности транспирации от состояния воды в клетках подтверждается знаками и значительной величиной коэффициентов корреляции, приведенных в табл. 2.

Таким образом, результаты наших исследований вполне подтверждают сделанные в начале настоящего сообщения теоретические предположения и позволяют сделать следующие выводы:

1. Интенсивность транспирации находится в обратной зависимости от степени гидратации коллоидов протоплазмы, от общего количества

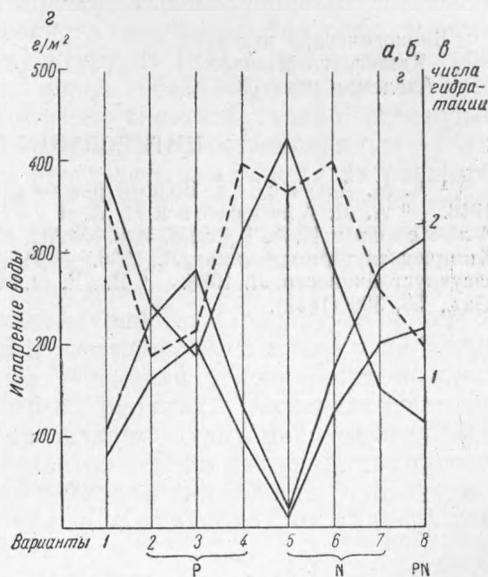


Рис. 1. а — свободная вода, б — коллоидно-связанная вода, в — степень гидратации коллоидов, 2 — интенсивность транспирации

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между интенсивностью транспирации и некоторыми показателями водного режима

Сопряженные величины	Коэффициент корреляции $r$
Интенсивность транспирации и количество свободной воды в листьях	+0,76
Интенсивность транспирации и количество коллоидно-связанной воды в листьях . . . . .	-0,78
Интенсивность транспирации и степень гидратации коллоидов протоплазмы . . . . .	-0,75

коллоидно-связанной воды и в прямой зависимости от количества свободной воды в листьях.

2. Указанная зависимость находит свое объяснение в изменении степени активности воды в клетках растений.

3. Является целесообразным изучение процесса транспирации с коллоидно-химической точки зрения.

Биологический институт  
Казанского филиала  
Академии наук СССР

Поступило  
25 I 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. М. Алексеев, Водный режим растений и влияние на него засухи, Казань, 1948. <sup>2</sup> А. М. Алексеев и Н. А. Гусев, ДАН, 65, № 5, № 6 (1949). <sup>3</sup> А. М. Алексеев и Н. А. Гусев, Изв. КФАН, № 1 (1949). <sup>4</sup> Г. Льюис и М. Рендалл, Химическая термодинамика, Л., 1936. <sup>5</sup> Н. А. Максимов, Физиологические основы засухоустойчивости, Л., 1926. <sup>6</sup> В. Е. Livingston and W. H. Brown, Botan. Gaz., 53, 309 (1912).