

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. В. МОЖАЕВА

**ДЕЙСТВИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
НА ПОСТУПЛЕНИЕ ВОДЫ В РАСТИТЕЛЬНУЮ КЛЕТКУ***(Представлено академиком Н. А. Максимовым 1 III 1947)*

Согласно обычным представлениям о растительной клетке, поступление воды в нее рассматривается как процесс физико-химический, и его принято выражать уравнением $S = P - T$ (1) или $SP = OP - WP$ (2), где S или SP есть величина сосущей силы клетки, представляющая разность между осмотическим давлением клеточного сока и эластическим противодействием растянутой клеточной оболочки.

Эти представления об осмотическом поступлении воды в клетки в последнее время подвергаются критике со стороны ряда исследователей (3-5), которые считают, что, помимо осмотического поступления, существует еще активное выдавливание воды из протоплазмы в вакуолю.

В соответствии с новыми воззрениями на процесс поступления воды в клетку, уравнение $SP = OP - WP$ заменяется уравнением $SP = (OP + AP) - WP$, где вводится новая величина AP , означающая активное давление протоплазмы, которое вызывает секрецию воды в вакуолю и связано с метаболизмом клетки (6).

Наши опыты были поставлены с целью выявить участие протоплазмы в процессе поступления воды в клетку. Мы предполагали, что если этот процесс связан с деятельностью протоплазмы, то на него должны оказывать влияние поверхностно-активные вещества, способные, по Варбургу (7), блокировать активную поверхность и подавлять связанные с ней такие важные физиологические процессы, как дыхание и фотосинтез. В недавнее время Федоровым (8) установлена высокая чувствительность к этим веществам также процесса фиксации молекулярного азота атмосферы азотобактером. По наблюдениям Стайлса и Йоргенсена (9), наркотические алкоголи могут вызвать потерю воды кусочками картофеля или утрату ими способности поглощать воду.

Мы взяли в качестве поверхностно-активных веществ спирты изопропиловый, изобутиловый и изоамиловый. Согласно правилу Траубе (10), капиллярная активность у последовательных членов гомологического ряда увеличивается приблизительно в отношении 1:3:3²:3³. Физиологическая активность должна изменяться параллельно капиллярной активности. Первой нашей задачей было проследить, будет ли наблюдаться подобная закономерность для поступления воды. Объектами для наших опытов были этиолированные проростки подсолнечника сорта „Саратовский 169“, выращивавшиеся в песке в термостате при 25°С. В опытах брались 3-дневные проростки, из которых вырезался верхушечный участок, непосредственно под семядолями, длиной в 3 см. По 6 таких отрезков предварительно взвешивались и помещались в пробирки с соответствующими растворами

спиртов, приготовленными на водопроводной воде. Контрольные отрезки помещались в водопроводную воду. Пробирки с отрезками проростков ставились на 8 час. в термостат при $+25^{\circ}\text{C}$, затем отрезки вынимались из жидкости, обсушивались фильтровальной бумагой и снова взвешивались. При разнице в весе до и после опыта вычислялся процент накопленной воды по отношению к исходному сырому весу отрезков. Определения велись в 2 повторностях (табл. 1).

Таблица 1

Действие спиртов на поступление воды в отрезки проростков подсолнечника

	Концентрация спирта в молях	Прибавка проростков в весе в %	Разница с контролем, %	Концентрации, вызывающие подавление на 15—20%	Отношение концентраций (по отношению к изоамиловому спирту)
I. Вода	0,0	7,55	—	—	—
II. Изопропиловый спирт . .	0,40	10,74	+42,2	0,60	II : III = 4,6
	0,60	6,13	-18,8		
	0,75	3,55	-52,7		
III. Изобутиловый спирт . .	0,05	8,04	+ 6,5	0,13	III : IV = 4,3
	0,13	5,98	-20,8		
	0,15	5,22	-30,9		
	0,20	1,28	-83,0		
IV. Изоамиловый спирт . . .	0,01	7,86	+ 4,1	0,03	—
	0,03	6,40	-15,3		
	0,06	1,66	-78,0		

Как видно из табл. 1, все спирты при низких концентрациях несколько стимулировали поступление воды в отрезки проростков. Более высокие концентрации спиртов уже подавляли поступление воды, причем это подавление усиливалось с увеличением концентрации спирта. Сопоставление концентрации спиртов, вызывающих примерно одинаковое снижение поступления воды на 15—20%, показывает, что они убывают при переходе от низшего члена гомологического ряда к следующему высшему в 4 с лишним раза. Таким образом, отношения концентраций дают ряд, приближающийся к ряду Траубе.

Факты влияния спиртов на поступление воды и усиления этого влияния при переходе от низшего члена гомологического ряда к высшему весьма знаменательны. Они подтверждают, что, помимо осмотического поступления воды, имеется еще иной вид поступления, так или иначе связанный с активной деятельностью протоплазмы.

Известный факт значительного усиления поступления воды в клетки под влиянием ростовых веществ в настоящее время объясняется рядом исследователей именно с точки зрения действия этих веществ на свойства протоплазмы. В частности, высказывается предположение⁽²⁾, что эти вещества усиливают активное выдавливание воды из протоплазмы в вакуолю.

В связи с этим нами были поставлены опыты по выявлению действия спирта на отрезки проростков, обработанных ростовым веществом. При постановке опытов мы исходили из предположения, что если ростовое вещество действительно усиливает поступление воды путем воздействия на протоплазму, то под влиянием спирта выванное им усиление поступления воды должно уменьшаться.

В качестве ростового вещества нами был взят гетероауксин. Проростки для этих опытов выращивались в термостате при 28°C . Отрезки делились на 4 группы. I группа помещалась в водопроводную

воду, II—в раствор изобутилового спирта в концентрации 0,15 М, III—в раствор гетероауксина (брались концентрации 1 и 10 мг/л), IV—в раствор гетероауксина со спиртом на 8 час. при 25°С. Все растворы готовились на водопроводной воде. Привес отрезков проростков в процентах к исходному весу вычислялся как среднее из 4 параллельных определений. В остальном определения производились аналогично предыдущим. Результаты представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что относительное снижение накопления воды в растворе спирта и в растворе гетероауксина со спиртом (по сравнению с контролем) было одинаковым. Однако абсолютное снижение было более сильным на фоне гетероауксина, причем во втором опыте эффект от гетероауксина оказался более значительным.

Следовательно, спирт действительно частично подавлял стимулирующее действие гетероауксина на поступление воды. Это, в свою очередь, указывает, что влияние гетероауксина осуществлялось через воздействие его на активную деятельность протоплазмы.

Следующий опыт был проведен с разновозрастными проростками. Интенсивность роста этиолированных проростков подсолнечника является максимальной в самом начале их появления над поверхностью песка и затем непрерывно уменьшается. По длине проростков рост раньше прекращается в нижней их части. Чтобы захватить самый ранний период роста, в пробу брались только взошедшие проростки в возрасте примерно 1/2 суток, в значительной части находившиеся еще в песке. Длина отрезков у них составляла 1,5 см. У более

Таблица 2

Действие спирта на поступление воды в проростки на фоне гетероауксина (в процентах сырого веса)

	Опыт 1		Опыт 2	
	к собственному весу	к контролю	к собственному весу	к контролю
Снижение под влиянием спирта в воде	2,51	32	3,91	48
Повышение под влиянием гетероауксина	3,28	41	5,66	70
Снижение под влиянием спирта в растворе гетероауксина	3,43	31	6,67	49

Таблица 3

Действие спирта на отрезки проростков разного возраста

Возраст проростков в днях	Участок проростка	Прибавка в весе в %		Снижение под влиянием спирта в %	
		в воде	в спирте	к собственному весу	к контролю
1/2	Верхний	23,00	8,00	15,0	65,2
5	Верхний	5,82	2,96	2,86	49,2
	Нижний	1,77	-0,22	1,99	112,4
10	Верхний	5,92	2,99	0,93	23,8
	Нижний	15,82	15,80	0,00	0,00

взрослых проростков брались отрезки длиной в 3 см как верхушечного участка, так и участка у самого основания. Опытные отрезки проростков подвергались воздействию изобутилового спирта в концентрации 0,15 М, в течение 8 час. при 25°С; контрольные, соответ-

ственно, находились в воде. В остальном опыт ставился аналогично предыдущему. Результаты приведены в табл. 3.

Табл. 3 показывает, что у растущих отрезков проростков наблюдалось в той или иной мере подавление поступления воды в результате действия спирта. Особенно обращает на себя внимание сильное абсолютное (15%) и относительное (65,2%) подавление накопления воды у 1/2-дневных проростков, где оно наблюдалось на фоне очень интенсивного накопления воды у контроля (23%). Этот факт, по нашему мнению, указывает на то, что весьма интенсивное поступление воды в период наиболее быстрого роста клеток происходит преимущественно не осмотическим путем и связано с активной деятельностью протоплазмы.

Несколько меньшее подавление поступления воды наблюдалось у верхушечного участка 5-дневных проростков и еще меньшее — у 10-дневных. Это в известной мере указывает на снижение интенсивности активного поступления воды с возрастом. Очень резкое действие спирта, вызвавшее убыль воды, наблюдалось в отрезках из основания у 5-дневных проростков. В этой зоне проростков клетки заканчивали стадию роста растяжением.

Иные результаты получены для отрезков из нижней части 10-дневных проростков. Как видно из табл. 3, они накапливали значительное количество воды. Накопление это не являлось результатом роста, так как рост их почти прекратился еще за 5 дней. Оно явилось, вероятно, результатом недостаточного насыщения этого участка проростков водой, а частично — результатом их голодания. Здесь задержки поглощения воды от спирта не происходило, так как оно не было связано с активной деятельностью протоплазмы.

Подобное же явление наблюдалось нами у отрезков 3-дневных проростков, предварительно подвергавшихся в течение 3 час. завяданию (табл. 4).

Таблица 4

Как видно, спирт в данном случае не оказал никакого подавляющего действия, и следовательно поступление воды шло исключительно осмотическим путем.

Из наших опытов можно заключить, что активное поглощение воды особенно сильно выражено в период максимального роста клеток, а также при стимуляции роста гетероауксина. Повидимому, при росте клеток оно является основным механизмом поступления воды. Наоборот, в случаях отсутствия роста и наличия недостаточного насыщения клеток водой поступление в основном идет осмотическим путем.

В заключение выражаю глубокую благодарность руководителю настоящей работы акад. Н. А. Максимова, а также искреннюю признательность проф. М. В. Федорову за ценные советы и указания.

Сельскохозяйственная академия
им. К. А. Тимирязева
Москва

Поступило
1 III 1947

	Потеря воды при завядании в %	Прибавка в % к весу при завядании	Прибавка в % к исходному весу
Вода . .	21,8	31,3	2,2
Спирт . .	22,2	32,3	3,9

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. А. Максимов, Краткий курс физиологии растений. 1941. ² Н. А. Максимов, Усп. современ. биол., 22, № 2—5, 161 (1946). ³ T. A. Bennet-Clark, A. D. Greenwood and I. W. Barker, New Phytologist, 35, 277 (1936). ⁴ T. Bennet-Clark and D. Vexon, New Phytologist, 39, 337 (1940). ⁵ T. G. Mason and E. Phillis, Ann. Bot., N. S., 3, 331 (1939). ⁶ I. Overbeek, Am. J. Bot., 31, No. 5, 265 (1944). ⁷ O. Warburg und E. Negelein, Biochem. Z., 113, 57 (1921). ⁸ М. В. Федоров, Микробиология, 14, 3, 146 (1945). ⁹ V. Stiles and J. Jorgensen, Ann. Bot., 31, 415 (1917). ¹⁰ I. Traube, Lieb. Ann., 265, 27 (1891). ¹¹ Д. Н. Насонов и В. Я. Александров, Реакция живого вещества на внешние воздействия, 1940.