

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Академик Н. А. МАКСИМОВ и Н. С. ПЕТИНОВ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСУЩЕЙ СИЛЫ ЛИСТЬЕВ  
МЕТОДОМ КОМПЕНСАЦИИ С ПОМОЩЬЮ РЕФРАКТОМЕТРА**

Отыскание наиболее чутких и в то же время объективных и надежных физиологических показателей, характеризующих потребность растений в воде, было издавна предметом многочисленных исследований. В настоящее время можно считать вполне установленным, что одним из таких показателей является величина сосущей силы листьев.

После опубликования сравнительно трудоемких и не всегда достаточно надежных методов Уршпрунга и Блюма (1-3), В. М. Арциховским (4) был предложен более простой и быстрый «метод струек» для определения сосущей силы тканей растений. Поднятие вверх струек, возникающих при соприкосновении ткани растения с растворами сахарозы, указывает на то, что взятый для опыта раствор обладает большей сосущей силой, чем ткань растения; опускание их книзу является показателем обратного соотношения. Поднятие или опускание струек легко наблюдать благодаря известному свойству сахарных растворов резко менять коэффициент преломления при незначительных изменениях концентрации.

Однако, как справедливо указывает В. С. Шардаков (5), этот метод не получил сколько-нибудь широкого распространения благодаря тому, что оказался применимым далеко не для всех объектов. Струйки, как и направление их движения, легко наблюдаются только у растений с высокой сосущей силой, таких, например, как саксаул (6), хондрилла, тамариск, песчаная полынь (7). При испытании метода для ряда других растений (хлопчатника, люцерны, злаков) струйки оказались недостаточно ясно видимы. Учитывая все же достоинства метода струек: его простоту, скорость определения и правильность принципиального обоснования, В. С. Шардаков (8-11) конструктивно улучшил и расширил возможность его применения и тем обеспечил методу струек более широкое и успешное применение, особенно в полевых условиях.

Встретившись с необходимостью при наших исследованиях водного режима плодовых деревьев и овощных культур в орошаемых садах Киргизии определять сосущую силу наших объектов (12-14), мы решили воспользоваться тем же принципом компенсации, который был положен В. М. Арциховским в основу его метода струек. Принцип этот аналогичен принципу плазмолитического метода определения осмотического давления в клетках растений. Сущность его состоит в том, что подбирается раствор сахарозы с таким осмотическим давлением, которое в точности соответствует сосущей силе листа. При погружении в такой раствор лист не будет ни брать из него воду, ни отдавать ее ему, а потому концентрация этого раствора будет оставаться такой же, какой она была до погружения в него листа. Если раствор имеет более высокое осмотическое давление, он будет оттягивать воду из листа и в

силу этого становится более разбавленным. Напротив, если раствор имел осмотическое давление более низкое, чем сосущая сила листа, то он будет становиться более концентрированным.

Изменения концентрации сахарного раствора после пребывания в нем листьев исследуемых растений удобно учитывать при помощи чувствительного рефрактометра системы Аббе — прибора, получившего у нас достаточно широкое распространение в физиологических лабораториях. С помощью этого прибора можно быстро и удобно определять и суммарную концентрацию клеточного сока, и его осмотическое давление (хотя и приближенно, но зато очень быстро и всего в одной капле сока), а следовательно, и количество физиологически-активной воды. Необходим он и для определения количества связанной воды в соке (16). В наших исследованиях мы избрали именно этот метод для учета тех изменений в концентрации растворов, которые являются результатом пребывания в них исследуемых объектов.

Имея ряд растворов сахарозы последовательно убывающей концентрации, различающихся друг от друга вполне определенной величиной, например одной десятой моля, и погружая в них одинаковые кусочки листьев, а затем определяя, в каких растворах концентрация в результате пребывания в них листьев уменьшилась, а в каких увеличилась, можно с довольно большой степенью точности установить, между какими из взятых нами концентраций приходится сосущая сила листьев. При этом величина этого изменения не имеет значения, нужно только установить самый факт смещения концентрации в сторону увеличения или уменьшения.

Компенсационный метод определения сосущей силы листьев весьма чувствителен и позволяет легко учитывать различия в сосущей силе в 0,2 атм., что соответствует изменению концентрации в 0,008 моля. Но для практических целей вполне достаточно учитывать изменения концентрации в 0,05 моля, т. е. около 1,5—2,0 атм., и соответственно приготавливать шкалу растворов, ступени которой различаются друг от друга на эту величину. Компенсационный метод В. М. Арциховского в сочетании с применением рефрактометра для установления изменений в концентрации сахарных растворов дает при некотором навыке очень точные результаты, как показали нам и проведенные позднее исследования над овощными культурами в одном из пригородных совхозов Москвы. Ввиду многочисленных запросов со стороны посещавших наш институт работников физиологических лабораторий, желавших применить этот метод для своих исследований, нами была разработана подробная инструкция. В дальнейшем приводим важнейшие практические указания, необходимые для пользования методом компенсации.

I. Приготовление сахарных растворов. Сперва следует приготовить исходный раствор сахарозы концентрацией в одну грамм-молекулу (342 ч.) на литр объема раствора. Для этого точно отвешенное (на аналитических или хороших технических весах) количество сахарозы (можно взять рафинад) высыпает в мерную литровую колбу, наливают туда же дистиллированной воды примерно на  $\frac{3}{4}$  колбы, дают раствориться, а затем, постепенно взбалтывая, доливают водой до черты.

Из этого исходного раствора путем разведения приготавливают растворы нужных концентраций. Для приготовления раствора с концентрацией 0,9 моля (по объему) берут 90 мл молярного раствора и в мерной колбе доводят до 100 мл; для приготовления 0,8 моля берут 80 мл и доводят до 100 мл и т. д. Так как при доливании воды объем раствора несколько изменяется (особенно при высоких концентрациях), доливание нужно вести в два приема: сперва недолить до черты 2—3 мл, затем хорошо встряхнуть, дать отстояться, а уже после этого долить точно до черты. При вычислении сосущей силы в атмосферах следует

помнить, что теоретическая величина осмотического давления для одномолярного раствора в 22,4 атм. относится только к идеальным растворам или очень сильным разведениям, и что для реальных растворов сахарозы уже давно, на основании точных экспериментальных данных Морзе и Беркли, составлена специальная таблица, которой и следует пользоваться. Приводим краткое извлечение из этой таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Осмотическое давление (при 20° С) растворов сахарозы в атмосферах

Молей в 1 л раствора	Осмотическое давление	Молей в 1 л раствора	Осмотическое давление
0,1	2,6	1,1	39,8
0,2	5,3	1,2	45,4
0,3	8,1	1,3	51,6
0,4	11,1	1,4	58,4
0,5	14,3	1,5	65,8
0,6	17,8	1,6	73,9
0,7	21,5	1,7	83,0
0,8	25,5	1,8	93,2
0,9	29,7	1,9	104,5
1,0	34,6	2,0	116,6

Так как у различных растений и при различных условиях вегетации величина сосущей силы листьев очень сильно колеблется, то в начале работы приходится брать более широкую шкалу концентрации (примерно 9 растворов при градациях в 0,05 моля), а позднее можно довольствоваться более узкой (5 растворов).

Как известно, разведенные растворы сахара не могут долго сохраняться и уже на другой день могут оказаться непригодными к употреблению вследствие появления в них микроорганизмов. Поэтому их каждый раз надо готовить заново. Хранить растворы надо в плотно закрытых склянках, лучше всего с притертыми пробками. Антисептиков в растворы прибавлять нельзя, так как они будут отравлять погружаемые в растворы ткани растений. Дольше всего хранятся растворы, приготовленные на свежeproкипяченной дистиллированной воде в предварительно прогретой сухим жаром посуде. Запасный молярный раствор следует хранить в темноте и прохладном месте. Однако и его следует время от времени, не реже, чем раз в неделю, готовить заново.

II. Определение сосущей силы. Перед выходом в поле для взятия проб растворы разливают по 1,0—2,0 мл в пробирки, которые устанавливаются в строгом порядке убывающих концентраций. Удобно пользоваться пробирками диаметром в 1—1,5 см и длиной около 3 см, установленными в специально изготовленных фанерных ящиках с гнездами. Пробирки плотно (во избежание испарения) закрываются корковыми или лучше резиновыми пробками. Пробы для определения сосущей силы берут с листьев одного возраста и размера всегда вполне определенных ярусов. Из средней части листовой пластинки недалеко от главной жилки пробочным сверлом диаметром 0,5—0,7 см высекают диски по 6—8 шт. для каждой концентрации и быстро выталкивают их из сверла в пробирки при помощи стеклянной палочки с хорошо оплавленными концами. Диски выбиваются из листьев, не отделенных от растения, подкладывая под лист резиновую или корковую пробку большого диаметра. При высокой температуре (около 30° С и выше) диски оставляют в пробирках в течение 30—40 мин., время от времени встряхивая их. При более низкой температуре это время удлиняется до 2 и даже 4 час.

Ящики с пробирками переносят в лабораторное помещение и там при помощи рефрактометра Аббе определяют, в каких пробирках изменилась концентрация раствора и в какую сторону. Для этого перед самым выходом в поле или по возвращении определяют обычным способом, нанося несколько капель (3—4) на призму рефрактометра, индекс преломления света в каждой градации раствора сахара без дисков (контроль) и записывают его. Затем точно таким же путем определяют индекс преломления света в каждой градации раствора с дисками (опытные). Сравнивая первую запись со второй, т. е. с индексом преломления в пробирке после пребывания в ней дисков, определяют, увеличилась или уменьшилась концентрация раствора, а следовательно, является ли соответствующее этой концентрации осмотическое давление выше или ниже сосущей силы листьев. Если в какой-либо пробирке концентрация не изменилась, значит, ее осмотическое давление равно сосущей силе, которая таким образом и оказывается найденной. Часто оказывается, что величина сосущей силы приходится между двумя градациями концентраций, и тогда она условно принимается равной половине их суммы.

Капли растворов переносят на призму рефрактометра при помощи стеклянной палочки, которую после каждой пробы необходимо тщательно обмывать водой и насухо вытирать. Так же тщательно после каждой пробы вытирают призму рефрактометра кусочками фильтровальной бумаги, сначала 2—3 раза смоченными в дистиллированной воде, а затем 3—4 раза сухими. Пробирки перед наливанием растворов должны быть хорошо вымыты, сполоснуты дистиллированной водой и высушены. При большом числе наблюдений за сосущей силой необходимо всегда иметь большой запас совершенно сухих и чистых пробирок с плотно пригнан-ными к ним, также совершенно сухими и чистыми пробками.

Одновременно с определением сосущей силы листьев, пользуясь тем же рефрактометром, можно определять и общую концентрацию клеточного сока, выжимая 2—3 капли его из листьев при помощи ручных тисков или плоскогубцев. Изменения этой величины в зависимости от внешних воздействий могут и сами по себе служить для характеристики степени оводненности растения, а следовательно, и его потребности в воде (15), а также для некоторого, хотя и весьма ориентировочного, определения величины осмотического давления, если принять, что средний молекулярный вес растворенных в воде веществ клеточного сока приблизительно соответствует молекулярному весу сахарозы. Определяя эти величины, мы можем получить более полное представление о степени обеспеченности водой наших растений, чем на основании одного только определения сосущей силы.

Институт физиологии растений  
им. К. А. Тимирязева  
Академии Наук СССР

Поступило  
2 VIII 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> A. Ursprung u. G. Blum, Ber. Bot. Gesellsch., 34, (1916) <sup>2</sup> A. Ursprung u. G. Blum, J. hrb. wiss. Bot., 67, 2 (1928). <sup>3</sup> A. Ursprung u. G. Blum, *ibid.*, 7, 2 (1930). <sup>4</sup> В. М. Арциховский, Сборн. Сосущая сила древесины. 1932; *Planta*, 14, № 3—4 (1931). <sup>5</sup> В. С. Шардаков, Изв. АН СССР сер. бисл, № 5—6 (1938). <sup>6</sup> В. М. Арциховский и А. П. Осипов, Сов. бот., № 2 (1933). <sup>7</sup> Н. Н. Киселев и А. П. Осипов, Изв. АН СССР, сер. биол., № 7 (1934). <sup>8</sup> В. С. Шардаков, Тезисы докладов Совещ. по физиол. растений, М., 1940. <sup>9</sup> В. С. Шардаков, Зал. Таджикск. с.-х. ин-та. I. Сталинабад (1946). <sup>10</sup> В. С. Шардаков, ДАН, 60, № 1 (1948). <sup>11</sup> В. С. Шардаков, Изд. Бот. ин-т Таджикск. филиала АН СССР, Сталинабад, 1948. <sup>12</sup> Н. С. Петин, Рефераты работ Отд. биол. наук АН СССР за 1941—1943 гг., М., 1943. <sup>13</sup> Н. С. Петин и Н. И. Дубровицкая, там же. <sup>14</sup> Н. С. Петин и Т. Н. Бельская, там же. <sup>15</sup> М. Ф. Лобов, ДАН, 62, № 1 (1948). <sup>16</sup> А. В. Думанский, Учение о коллоидах, изд. 2-е, М., 1948.