

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. С. ШАРДАКОВ

**НОВЫЙ ПОЛЕВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСУЩЕЙ
СИЛЫ РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 5 II 1948)

Определение сосущей силы клеток растительных тканей получило довольно широкое распространение (^{2-4, 5-10, 12, 14-16}). Это объясняется тем, что, несмотря на некоторые недостатки этого метода, сосущая сила является довольно хорошим показателем степени насыщенности клеток водой. Кроме того, современные методы позволяют определять этот показатель у большинства объектов, тогда как методы Уршпрунга (¹⁸), Арциховского (¹), весовой (¹⁶) и др. применимы в немногих случаях.

При разработке предложенного мной в 1938 г. метода определения сосущей силы (¹²) я стремился избежать применения рефрактометра, стараясь сделать метод доступным даже для тех лабораторий, которые не имеют этого прибора. Тогда же путем непосредственного сопоставления было установлено, что метод струек по своей чувствительности не уступает лучшим моделям рефрактометров, позволяя подмечать разности в концентрациях сахарозы в тысячные доли молярности.

Крайняя простота необходимой для метода струек аппаратуры, а также его наглядность позволили ввести его в студенческие практикумы для фронтальных работ (¹⁵).

В сочетании с рефрактометром метод неоднократно применялся мной в работах 1940—1946 гг., а также во Всесоюзном институте хлопководства, Таджикском филиале Академии Наук СССР (^{5, 6}) и, кроме того, независимо от меня, в лаборатории акад. Н. А. Максимова (^{7-10, 16}).

Так как изменения показателя преломления растворов сахарозы, вызываемые погружением в них листьев, незначительны — порядка десятитысячных долей (^{12, 16}), необходим рефрактометр с высокой чувствительностью. Высокий коэффициент зависимости показателя преломления от температуры требует тщательного ее выравнивания при сравнении растворов (⁵). В методе струек температурное равновесие наступает быстро при соприкосновении незначительного объема испытуемой жидкости (струи) с большим объемом образцового раствора.

Некоторая громоздкость метода и необходимость чувствительного рефрактометра не позволяют применять его непосредственно в поле. Между тем, для широкого практического использования величины сосущей силы как показателя потребности растений в воде требуется именно полевой метод.

В связи с этим мной разработан упрощенный метод определения сосущей силы для полевой обстановки. Он основан на принципе ме-

туда струек (12), однако сравнение изменений концентрации раствора, вызванное погружением в него листьев, производится в пробирке, там же, где осуществляется обмен водой.

Для этой цели применяются короткие пробирки со вздутием или отростком в боковых стенках (рис. 1, б). Образцовые растворы готовятся в градуированных на 10 мл пробирках с постоянными пипетками в пробках с изогнутым концом (рис. 1, а). Кроме того, необходимо пробочное, или лучше специальное сверло для высекания кружочков из листьев и плоскодонная пробирка для сухой органической краски с провололочкой в пробке для взятия небольшого количества краски. Конец проволоочки расплюснен и отогнут (рис. 1, в).

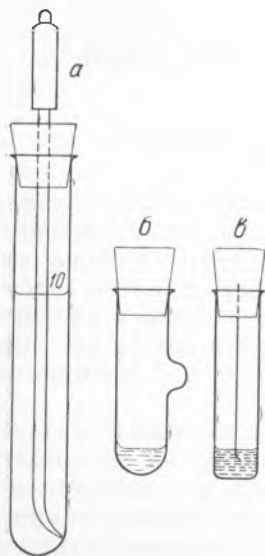


Рис. 1

Определение сосущей силы этим методом производится следующим образом: в пробирки со вздутием, на дно их, пипетками из больших пробирок вводятся образцовые растворы сахарозы в количестве около 0,5 мл. Сюда же помещаются высеченные из листьев кружочки.

Через полчаса, после нескольких встряхиваний, в эти пробирки, приведенные в наклонное положение, вздутием вверх, вводится для подкрашивания раствора несколько крупинок сухой органической краски. Лучшей краской является спирто-растворимый нигрозин, но вполне возможно применение метиленовой сини, метилоранжа и др. Подкрашивание должно быть слабым, окраска равномерной.

Указанный срок (1/2 часа), по нашим данным, вполне достаточен. В некоторых случаях (5) его необходимо удлинить. Однако надо помнить, что достижение полного равновесия между растворами и растительным материалом вовсе не обязательно. Важно установить направленность

обмена. Длительное пребывание листьев в растворах ведет, кроме того, к ошибкам за счет поступления веществ из клеток в раствор и сахарозы в клетки.

Пробирки с подкрашенным раствором приводятся в наклонное положение, вздутием вниз, и в него изогнутым концом пипетки вводится тот же раствор сахарозы в таком объеме, чтобы углубление вздутия было заполнено почти полностью. В наклонном положении, не давая стекать раствору из вздутия, пробирки выдерживаются 2—3 мин. для выравнивания температуры. После этого, взяв пробирку за пробку, нужно осторожно наклонять ее так, чтобы подкрашенный раствор сахара медленно подтекал к прозрачному раствору во вздутии и, наконец, соприкоснулся с ним.

В зависимости от направления обмена водой между листьями и раствором струйки подкрашенного раствора разместятся или: 1) над прозрачным образцовым раствором ($S < P$, где S — сосущая сила листьев, а P — осмотическое давление раствора) (рис. 2, а), или 2) под образцовым раствором ($S > P$) (б), или же 3) будут более или менее равномерно распределяться во вздутии ($S = P$) (в).

Беря ряд растворов, всегда можно найти два из них, в одном из которых $S < P_1$, а в другом $S > P_2$; тогда

$$S = \frac{P_1 + P_2}{2} .$$

В полевых условиях удобно обходиться наименьшим числом образцовых растворов. Оно определяется: 1) заданной точностью определения величины сосущей силы; 2) знанием возможных границ ее колебаний и 3) необходимостью определения ее реальных значений или же возможностью ограничиться установлением некоторых критических величин. Последним часто можно ограничиться при определении потребности растения в воде.

Представления о возможных границах колебаний сосущей силы устанавливаются предварительными опытами и приобретаются практикой.

Так как очень часто при биологических исследованиях точность применяемых методов находится в явном несоответствии с ошибками, возникающими при взятии средних проб, то очень важно установить необходимую и достаточную точность.

В нашем случае точность метода зависит от градации изменения осмотических давлений образцовых растворов. Уменьшение разности между соседними растворами повышает точность, но, благодаря увеличению их числа, приводит к большому затратам времени и труда и часто может оказаться излишним.

Если иметь ряд образцовых растворов с сосущей силой (осмотическим давлением)

$$S_1 > S_2 > S_3 > \dots > S_{n-1} > S_n, \quad (1)$$

причем $S_1 - S_2 = S_2 - S_3 = \dots = S_{n-1} - S_n = \Delta S$, то наиболее вероятное значение S_x испытуемого раствора, т. е.

$$P(S_i > S_x > S_{i+1}),$$

будет среднее арифметическое ⁽¹¹⁾ из S_i и S_{i+1}

$$S \approx \frac{S_i + S_{i+1}}{2}.$$

При высокой чувствительности, что мы имеем при данном методе, точность его будет определяться

$$\frac{\Delta S}{2} - \vartheta, \quad (2)$$

где ϑ — чувствительность метода, т. е. точность метода будет несколько меньше половинного значения разности в сосущих силах двух смежных растворов ряда.

Если в ряду (1) находится член $S_i = S_x$, то точность будет равна 2ϑ , т. е. удвоенной чувствительности.

Установив границы точности метода в зависимости от градации сосущих сил образцовых растворов, несходимо уяснить зависимость ошибки или точности средней пробы от степени изменчивости отдельных образцов исследуемых объектов.

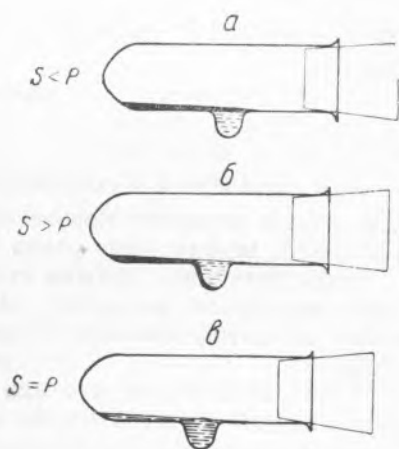


Рис. 2

Задача, следовательно, сводится к установлению зависимости точности ϵ определения средней величины \bar{x} в выборке объемом n , характеризующейся стандартом s (ошибкой среднего арифметического).

Зададимся некоторой вероятностью (надежностью) измерения α . Тогда

$$\epsilon = t_{\alpha} s / \sqrt{n}, \quad (3)$$

где t_{α} — величина распределения Стюдента, определяемая по таблицам⁽¹¹⁾.

Из (3) вытекает, что точность ϵ находится в прямой зависимости от стандарта s , зависящего в свою очередь от степени изменчивости испытываемых объектов.

При точности ϵ и надежности α отклонения \bar{x} от генеральной средней a (она остается неизвестной) лежат в пределах $\bar{x} + \epsilon$ и $\bar{x} - \epsilon$, а разность между ними равна 2ϵ .

Этой величине должна соответствовать точность метода; лучше ее брать несколько меньшей. Можно, пользуясь (3) и экспериментальными данными, вычислить необходимую и достаточную точность метода.

Опыт показывает, что при определении сосущей силы листьев точность взятия средней пробы обычно не превышает одной атмосферы. Как установил Л. Голодковский, при этой точности градиция в изменении сосущей силы образцовых растворов определяется в 2 атмосферы. Эту величину мы находим и у других авторов⁽¹⁶⁾.

Для практических целей часто бывает важно установить только отклонения сосущей силы от некоторых предельных ее значений. В этом случае количество образцовых растворов может быть сильно сокращено. Достаточно, например, трех, из которых сосущая сила одного равна предельному значению, а два другие разнятся от него в меньшую сторону, соответственно, на 2 и 4 атмосферы.

При применении описанного выше метода в полевых условиях навески сахара для образцовых растворов могут быть отвешены заранее и помещены в пакеты из глянцевой бумаги. Необходимые расчеты делаются по таблицам⁽¹⁷⁾.

Приготовление растворов производится на месте исследования в пробирках (рис. 1, а) на обыкновенной воде.

Подробная инструкция по применению предлагаемого метода публикуется в другом месте.

Ботанический институт Таджикского филиала
Академии Наук СССР

Поступило
24 I 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. М. Арциховский и А. Н. Осипов, Сов. бот., № 2 (1943). ² А. Т. Крапивина, ДАН, 47, № 9 (1945). ³ Н. А. Максимов, Сборн. Успехи биологических наук в СССР за 25 лет 1917—1942, 1945. ⁴ Н. А. Максимов, Усп. exper. биол., 16, 5 (1942). ⁵ М. И. Матвеев, Диссертация, Таджикский филиал АН СССР, 1947. ⁶ А. В. Николаев, Диссертация, Таджикский филиал АН СССР, 1947. ⁷ Н. С. Петин, Рефераты работ Отд. биол. наук АН СССР за 1941—1943 гг., М., 1943. ⁸ Н. С. Петин и Т. П. Бельская, там же. ⁹ Н. С. Петин и Н. Н. Дубровицкая, там же. ¹⁰ Н. С. Петин, Рефераты работ Отд. биол. наук АН СССР за 1945 г., М., 1947. ¹¹ В. И. Романовский, Основные задачи теории ошибок, 1947. ¹² В. С. Шардаков, Изв. АН СССР, сер. биол., № 5—6 (1938). ¹³ В. С. Шардаков, Тезисы докладов совещания по физиологии растений, М., 1940. ¹⁴ В. С. Шардаков, Записки Таджикского с.-х. ин-та, № 1, Сталинабад (1946). ¹⁵ Кафедра физиологии растений МГУ. Малый практикум по физиологии растений, М., 1946. ¹⁶ E. Ashby and K. Wolf, Ann. Bot., 11, No. 4 (1947). ¹⁷ H. Walter, Die Hydratur der Pflanzen, Jena, 1931. ¹⁸ S. Ursprung, Ver. deutsch. bot. Ges., 41 (1923).