

УДК 580,37

БОТАНИКА

А. Г. Араратян

Электрическая анизотропия стебля

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. О. Гудлявьяном 5/V 1970)

Ранее проведенные работы показали, что измерение сопротивления электрическому току является эффективным методом исследования некоторых жизненных явлений у растений (1-3). В настоящей статье описывается выявленная нами этим же методом электрическая анизотропия стебля покрытосеменных растений.

Измерялось электросопротивление стеблей шести видов растений. Для исследования взяты три вида травянистых растений со сравнительно толстыми стеблями (с диаметром не менее 12 мм); стебли кукурузы

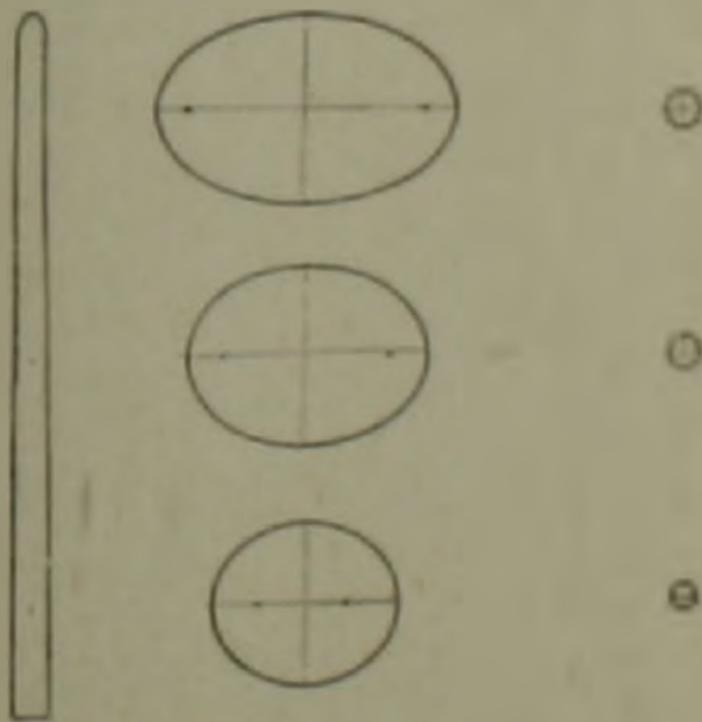


Рис. 1. Сопротивление стебля конского щавеля электрическому току: *слева*—схема стебля, точками отмечены участки для ввода электродов; *средний ряд* сверху вниз—геометрическое выражение сопротивлений живого стебля в виде эллипсов; *правый ряд*—геометрическое выражение сопротивлений, полученных при измерении после умерщвления стебля

длиной 140 см и больше—в конце лета, конского щавеля и коровьяка длиной 60—70 см—в конце июня. Растущие побеги древесных растений—винограда, черного ореха, катальпы, длиной 30—40 см взяты в начале июня

Для определения сопротивления использован переменный ток частотой в 100 герц. Была составлена цепь из генератора переменного тока ЗГ 11, электронного вольтметра Ф 505 и магазина сопротивлений Р 314. Сопротивление электрическому току определялось по падению напряжения в пределах 0,75 вольт. В качестве электродов использовались две серебряные пластинки, укрепленные параллельно на расстоянии 5 мм друг от друга.

В каждом стебле было выбрано по три пункта, отмеченные цифрами сверху вниз по стеблю (табл. 1). Для измерения выбирались точки в середине междоузлий.

Измерение сопротивления стеблей производилось как в живом состоянии, так и после их умерщвления в парах воды. Сопротивление умерщвленных частей измерялось после того, как их температура падала до комнатной, а вес доходил до первоначального.

Таблица 1

Сопротивление стеблей шести видов покрытосеменных растений электрическому току

№ по порядку	Виды растений	№ точек по стеблю сверху вниз	Сопротивление в килоомах					
			в живом состоянии			после умерщвления		
			поперек стебля	вдоль стебля	отношение	поперек стебля	вдоль стебля	отношение
1	Кукуруза <i>Zea mays</i> L.	1	12,0	6,2	6,8	2,0	1,5	1,3
		2	13,0	3,7	3,5	0,9	0,7	1,3
		3	3,4	2,1	1,6	0,6	0,5	1,2
2	Конский шавель <i>Rumex crispus</i> L.	1	32,0	19,0	1,7	3,5	3,4	1,0
		2	25,8	18,4	1,4	3,3	3,2	1,0
		3	19,6	16,3	1,2	2,6	2,5	1,0
3	Коровяк <i>Verbascum orientale</i> MB.	1	18,0	8,2	2,2	4,1	4,1	1,0
		2	14,5	7,6	1,9	4,0	4,0	1,0
		3	12,4	7,3	1,7	4,0	4,0	1,0
4	Виноград <i>Vitis vulpfera</i> L.	1	9,5	7,5	1,3	1,9	1,8	1,0
		2	8,4	7,0	1,2	1,5	1,4	1,1
		3	7,5	6,0	1,2	1,2	1,2	1,0
5	Орех черный <i>Juglans nigra</i> L.	1	11,2	8,4	1,3	3,1	2,6	1,2
		2	9,9	7,1	1,2	3,3	3,0	1,1
		3	12,3	10,1	1,2	3,3	3,0	1,1
6	Катальпа <i>Catalpa bignonioides</i> Valt.	1	12,4	8,3	1,5	3,2	2,9	1,1
		2	8,4	6,5	1,3	3,5	3,6	1,0
		3	10,7	9,0	1,2	4,1	4,0	1,0

Электроды, через которые пропускался ток, располагались в четырех направлениях по отношению к стеблю: поперек, вдоль, в двух перпендикулярных друг к другу направлениях под углом 45°.

На табл. 1 приведены данные только первых двух измерений — по-

перек и вдоль стебля. Сопротивления, полученные при пропускании тока под углом 45° , являлись промежуточными величинами между поперечными и продольными сопротивлениями. При вычерчивании эллипсов сопротивлений были использованы лишь данные для конского щавеля (рис. 1).

Табл. 1 состоит из двух частей, по три столбца в каждой. В первых двух столбцах обеих частей приводятся числовые величины сопротивлений в килоомах при пропускании электрического тока поперек и вдоль соответственно живого стебля и стебля после его умерщвления. В третьих столбцах таблицы даны отношения соответствующих величин сопротивлений.

Из данных таблицы видно, что имеется тенденция понижения сопротивления по стеблю сверху вниз в живом и умерщвленном состоянии, при пропускании тока как в поперечном направлении, так и в продольном. Этот эффект открыт нами ранее (⁴). Такая же тенденция наблюдается в третьем столбце первой части таблицы, где приведены отношения соответствующих величин сопротивлений, в то время как этот же показатель для умерщвленного стебля во всех точках примерно одинаков.

Иногда в некоторых пунктах стебля, чаще всего в нижних его частях, сопротивление книзу не понижается, наоборот, даже несколько повышается. Это повышение по всей вероятности связано с наличием более высокой жизнеспособности находящихся в основании побега запасных зачаточных тканей (⁵). Такие случаи были наблюдаемы у черного ореха и у катальпы (табл. 1).

Измерения, проведенные на живых стеблях, показывают, что сопротивление стебля в поперечном направлении всегда больше, чем в продольном. То же самое наблюдается также в тех случаях, когда тенденция падения величины сопротивления нарушается и в нижней части стебля происходит повышение. Свойство стебля проявлять разную сопротивляемость в различных (в данном случае в поперечном и продольном) направлениях и является его электрической анизотропией. Числовая величина отношения между соответствующими (поперечным и продольным) сопротивлениями может быть названа коэффициентом анизотропии.

Для неживых анизотропных тел—многих кристаллов—характерно наличие одинаковых свойств по параллельным направлениям и неодинаковых по непараллельным, почему и коэффициент анизотропии по всей грани кристалла является постоянной величиной (^{4,5}). Как видно из данных табл. 1, на стеблях величины сопротивлений, как правило, не бывают равными даже по параллельным направлениям. Тем не менее из вышесказанного вытекает, что явление «одинаковости» по параллельным направлениям в какой-то мере присуще также стеблям покрытосеменных растений.

Геометрическая форма анизотропии кристаллов—эллипсоид, про-

дольная и поперечная проекция которого в виде равных эллипсов или кругов может быть выявлена на их гранях (4). В отличие от кристаллов, для стеблей растений из-за направленной изменчивости их электрических показателей эллипсы получаются неравными.

На рис. 1 видно, что эллипсы, вычерченные на основании данных четырех измерений сопротивления конского щавеля, не только уменьшаются сверху вниз, но и меняют свою конфигурацию. Причина заключается в том, что длинная ось укорачивается сильнее, чем короткая. Вследствие этого оба фокуса эллипса, расположенные на длинной оси на равных расстояниях от центра, постепенно сближаются, стремясь слиться друг с другом и с центром. В пределе эллипс может превратиться в круг, и анизотропия исчезнет. Однако в живом состоянии стебля такого слияния не происходит, и стебель по всей длине остается анизотропным.

При умерщвлении стебля его реактивное сопротивление почти полностью исчезает, остается преимущественно активное сопротивление (2). В связи с этим резко падают не только величины сопротивлений, но и их отношения. Таким образом, стебель, анизотропный в живом состоянии, после умерщвления становится изотропным или почти изотропным. Даже в том случае, когда умерщвленный стебель нельзя с уверенностью считать электрически изотропным, например, у винограда, все же отношение величин сопротивлений значительно ниже, чем у того же объекта в живом состоянии. На рисунке изотропия представлена в виде кругов (рис. 1). Это говорит о том, что электрическая анизотропия стебля является одним из показателей его жизнеспособности, а его переход в изотропное или в почти изотропное состояние есть признак смерти.

Анизотропия кристаллов объясняется наличием пространственной решетки, на узлах которой равные частицы ориентированы одинаково (4,5). В отличие от кристаллов, стебель, как и другие части растения, имеет неоднородное строение и состоит из разнообразных анатомических элементов, живых и неживых, притом в разной степени электропроводных. В нем прозенхимные элементы расположены по длине стебля, параллельны друг к другу, почему и электрический ток в продольном направлении встречает меньшее сопротивление, чем в поперечном.

Электрическая анизотропия стебля представляет сложную функцию его строения и наличия жизнеспособности.

Лаборатория мутагенеза растений
Академии наук Армянской ССР

Ա. Կ. ԱՐԱՐԱՅՅԱՆ

Յողովի էլեկտրական անիզոտրոպիա

Անիզոտրոպիա է կոչվում արտաքին գործոններին (լույսին, ջերմությանը և այլն) մարմնի տարրեր ուղղաթվյունների ոչ միատեսակ դեակցիա տալու հատկությունը: Այն հայտնաբերված է ուսումնասիրված է բյուրեղների վրա:

Անիզոտրոպիան հատուկ է նաև բույսի ցողունին: Էլեկտրական հոսանքին ցույց տված դիմադրությունը ցողունի լայնությամբ ավելի մեծ է, քան երկարությամբ: Դիմադրության երկու մեծությունների հարաբերությունը մեծ է ցողունի վերին մասում, իսկ դեպի ցած հետզհետե փոքրանում է՝ մոտենալով 1-ին:

Դիմադրողականության հակառակ երևույթը՝ էլեկտրական հաղորդականությունը, ընդհակառակը ցողունի երկարությամբ ավելի մեծ է, քան լայնությամբ: Էլեկտրահաղորդականության երկու մեծությունների (երկայնակի և լայնակի ուղղություններով) հարաբերությունը նույնն է, ինչ որ դիմադրություններին:

Ցողունի անիզոտրոպիան բացատրվում է օրգանի վեկտորային կազմությամբ (հիմնականում պրոզենթիմային տարրերի դասավորությամբ), որա հետևանքով էլեկտրական հոսանքը ցողունի երկարությամբ անցնում է զլխավորապես ջրային լուծույթներով և մեծ դիմադրության շի հանդիպում, իսկ լայնությամբ հարկադրված է հաղթահարելու մի շարք տարրերի և մանավանդ կենդանի պրոտոպլազմայի զգալի մեծ դիմադրությունը:

Հենց որ պրոտոպլազման մեղցվում է, նրա դիմադրությունը միանգամից ընկնում է, ուստի անիզոտրոպիան խիստ թուլանում և ցողունը դառնում է համարյա իզոտրոպ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- 1 А. Г. Араратян, В. С. Бадалян, «Известия АН АрмССР» (биол. науки), т. XI. 4 (1958). 2 Արարատյան Ա. Գ. Բույս և էլեկտրականություն. Հայպետհրատ, Երևան, 1966. 3 А. Г. Араратян, «Биологический журнал Арменин», т. XXII, 12, (1969). 4 А. В. Шубников, Е. Е. Флинт и Г. Б. Бокий, Основы кристаллографии, 1940. 5 Г. М. Попов и И. И. Шафрановский, Кристаллография, 1964.