

А. Г. АРАРАТЯН

ЭФФЕКТ ХИРУРГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СИММЕТРИЧНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПАРЫ СУПРОТИВНЫХ ЛИСТЬЕВ ФАСОЛИ

Изучался результат хирургического воздействия на симметричное положение пары простых супротивных листьев фасоли. На подушечках, находящихся на обоих концах черешка, сверху или снизу производился клинообразный вырез, вследствие чего листья опускались или поднимались. Благодаря репарационным процессам измененные углы постепенно восстанавливались, и листья за несколько дней принимали почти прежнее симметричное положение.

Симметрия в мире растений обычно изучается путем их исследования в естественном состоянии. Однако для той же цели пока очень редко используются экспериментальные методы, глубже выявляющие биологические отношения [1].

Эксперименты по симметрии ставятся начиная со второй четверти нашего века. Объектом для опытов обычно являлось листорасположение, методом—хирургическое воздействие. В опытах Луазо срез верхушки конуса нарастания у бальзамина в некоторых случаях приводил к изменению числа листовых спиралей [2]. Р. и М. Сноу [3] путем расщепления верхушки конуса нарастания у кипрея вместо нормального для взятого объекта супротивного листорасположения получили две спирали. В дальнейшем те же и другие авторы ставили новые хирургические опыты над листорасположением, но с переменным успехом [1].

В предыдущей нашей статье описываются эксперименты по положению пары простых листьев обыкновенной фасоли. Методом служило изменение положения растения по отношению к земному притяжению и одностороннему освещению [4].

В данной статье кратко излагаются результаты опытов, проведенных на той же единственной паре первых двух простых и в условиях равномерного освещения симметрично расположенных листьев обыкновенной фасоли. Нас интересовало не преобразование типа листорасположения, а изменение положения листьев к вертикально расположенному стеблю, конкретнее—изменение углов между ними, вызываемое хирургическим вмешательством. Подготовка и отбор материала, условия опытов описаны в вышеупомянутой нашей статье.

Уже поверхностное наблюдение показывает, что большая средняя часть черешка и вся пластинка листа сами по себе почти не меняют своей формы и положения в пространстве. В условиях опыта их положение может изменяться только благодаря поведению подушечек, находящихся на обоих концах черешка и соединяющих черешок со стеблем (нижняя подушечка) и с пластинкой листа (верхняя подушечка). Кстати

заметим, что подушечки дольше других частей листа остаются темно-зелеными, молодыми и способными к росту и движениям. В течение многих дней углы черешок-стебель и черешок-пластинка ритмически спонтанно изменяются (рис. 1).

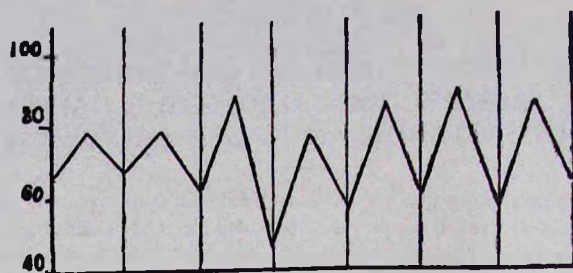


Рис. 1. Изменения угла между парой листьев с интактными подушечками. Числа на оси ординат—величина углов в градусах. Точки на вертикальных линиях указывают величины углов ночью, между линиями—днем.

С целью проверки мысли о связи подушечек с изменениями положения листьев мы провели эксперимент с односторонним снятием напряжения в той или другой части основной кольцевой ткани подушечки. Для этого острым скальпелем вырезался клиновидный сектор приблизительно из средней части нижней подушечки (рис. 2). При выре-



Рис. 2. Схема строения нижней подушечки. Темные тяжи—продольные проекции кольца сосудисто-волокнистых пучков: 1—место клиновидного выреза.

зании с нижней стороны подушечки лист под влиянием напряжения, остающегося на верхней стороне, опускается. При вырезании клиновидной части сверху лист под напряжением снизу поднимается. Подобным же образом удаляя клиновидную часть с боков под углами 90° и 45° , можно заставить черешок уклоняться вправо, влево или наискось. От-

сюда ясно, что положение черешка в пространстве как при интактной подушечке, так и после хирургического вмешательства определяется совместным напряжением всех ее действующих частей. Такие же опыты с односторонним снятием напряжения можно провести над верхней подушечкой, вследствие чего пластинка листа переместится по отношению к черешку вниз, вверх, в стороны под прямым углом, наискось. Можно сказать, что положение листа и перемена его места в пространстве есть функция суммарного напряжения обеих подушечек.

Комбинируя различные положения черешков и пластинок, можно получить большое разнообразие фигур дневного положения пары листьев (рис. 3). Если срезы производить только на верхней или нижней

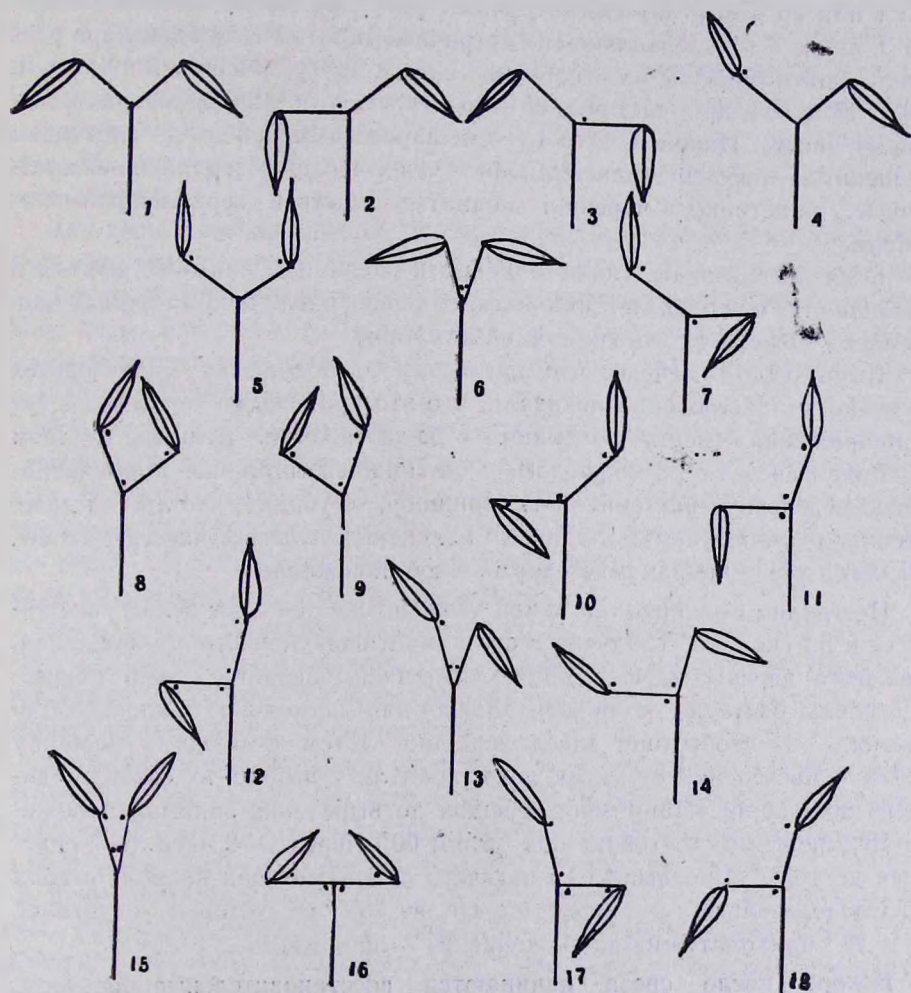


Рис. 3. Некоторые варианты экспериментального изменения листьев фасоли: 1—интактное растение с дневным симметричным расположением пары листьев; 2—4—по одному вырезу на каждом растении; 5—7—по два выреза; 8—11 и 13—14—по три выреза; 12, 15—18—по четыре выреза. Точки указывают места вырезов.

стороне каждой подушечки (иначе и невозможно), притом на каждом растении делать всего 1—4 выреза, то получится приблизительно 80 комбинаций (или фигур) и некоторые из них симметричные.

На рис. 3 показаны лишь 17 опытных растений (2—18) и для сравнения одно интактное растение в дневном положении (1). Из числа опытных растений четыре после изменения первоначального положения листьев также являются симметричными (5, 6, 15, 16): симметричные растения могут быть, во-первых, только в тех группах, в которых на каждом растении сделано по два или по четыре выреза; кроме того, если одинаковые вырезы расположены зеркально-симметрично. В группах растений с нечетным количеством вырезов на каждом растении (по 1 или по 3 выреза) симметричных фигур не может быть. Растения 2 и 3, как и 8 и 9, зеркально-симметричные, притом в каждой паре растения энантиоморфны по отношению друг к другу. Фигуры 2 и 4, 3 и 4, 5 и 7, 15 и 17 и др., частично симметричные, т. е. они симметричны по одному листу. Наконец, 17 и 18—смешанно-симметричные: пластинки опущенных листьев трансляционно-, а их черешки зеркально-симметричные, пластинки и черешки поднятых листьев зеркально-симметричные.

Если использовать также боковые и сделанные наискось вырезы в комбинациях с верхними и нижними, то общее число искусственных биоизомеров может достичь громадной величины.

Выше было отмечено, что при вырезе на подушечках снизу листья опускаются. Наблюдения показали, что это происходит не только в силу напряжения сверху, но отчасти и из-за тяжести. Если мы сделаем такой же вырез, т. е. с морфологически нижней стороны, но предварительно перевернув растение вниз вершиной, то увидим, что листья даже несколько поднимаются, причем изменение угла получается меньше, чем когда растение занимает нормальное положение.

Не трудно выяснить, на какой угол опускается лист вследствие тяжести и на сколько градусов в силу противоположного напряжения. Для этого через 1—2 часа после указанной операции нужно привести стебель растения в горизонтальное или несколько наклонное положение, так чтобы лист висел свободно. Затем необходимо вершину растения постепенно опускать вниз, пока лист выйдет из свободно-висячего положения. Например, черешок до вырезания занимал положение по отношению к стеблю под углом 60° . Через 1—2 часа лист опустился до 105° . Лист вышел из висячего положения при наклоне стебля 81° . Следовательно, в нашем случае из 45° , на которые опустился лист, 21° приходится на напряжение, 24° —на тяжесть.

Вскоре после среза начинаются восстановительные процессы, вследствие чего напряжение репарационной ткани постепенно возрастает, и углы между черешками и стеблем изменяются: если подушечка срезана снизу, то угол вследствие репарации уменьшается, и лист начинает подниматься, если же вырез сделан сверху, то угол начинает

увеличиваться, и лист опускается. Таким образом, листья постепенно приближаются к исходному положению.

Сравнительные наблюдения показывают, что если вырезы делают в очень молодом возрасте растения, когда длина пластинок листьев не превышает 5—6 см, то углы за несколько дней почти полностью восстанавливаются. На более старых растениях в тех же условиях углы восстанавливаются не полностью.

Выше было сказано, что если вырез сделан на подушечке сверху, листья слегка поднимаются. Здесь также действует не только напряжение противоположной стороны, т. е. снизу, но и тяжесть. Однако обе эти силы действуют в противоположных направлениях, и равнодействующая представляет не сумму сил, как при вырезе снизу, а их разность, с преобладанием напряжения над тяжестью. Это объясняется тем, что при опускании листа как бы «рычаг удлиняется», и тяжесть возрастает, а при поднятии листа, наоборот, «рычаг укорачивается», и, естественно, тяжесть уменьшается. Следовательно, поверхности среза, сделанного снизу, придавливаются друг к другу теснее, чем при срезе сверху.

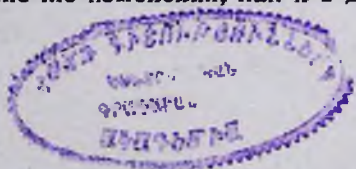
Для выявления изменений, происходящих с подопытными листьями после хирургического воздействия на подушечки, был поставлен следующий опыт. Из большого количества возможных вариантов было выбрано пять. Все они касаются нижней подушечки, находящейся в месте прикрепления черешка к стеблю. Срезы сделаны на нижней или верхней стороне подушечки.

В двух вариантах вырезы сделаны снизу: в первом варианте—на подушечках обоих листьев, во втором варианте—на подушечке одного листа. В двух других вариантах вырезы сделаны сверху: в третьем варианте—на подушечках обоих листьев, в четвертом—на подушечке одного листа. В пятом варианте на подушечке одного листа вырез сделан снизу, на подушечке другого листа—сверху.

По каждому варианту исследовалось приблизительно 20 растений. Углы измерялись транспортиром с допустимой ошибкой 2—3°. На рис. 4 приводятся графики, составленные на основании самого типичного, среднего растения каждого варианта.

При сравнении данных по первому и третьему симметричным вариантам опыта мы видим, что, хотя вырезы на подушечках снизу и сверху почти одинаковы, однако углы увеличиваются или уменьшаются неравно. В первом варианте листья могут опуститься почти до 120° (140°), т. е. приблизительно на 60° (80°), между тем как при вырезе сверху углы уменьшаются не более чем на 20—30°. Эта большая разница, о причинах которой сказано выше, обуславливается еще и тем, что наружу листьям есть куда опуститься, а внутрь им мешают остатки вершин и пазушных почек между двумя листьями.

Во втором и четвертом вариантах с вырезом сверху или снизу лишь на одном листе из пары мы видим такие же изменения, как и в двух



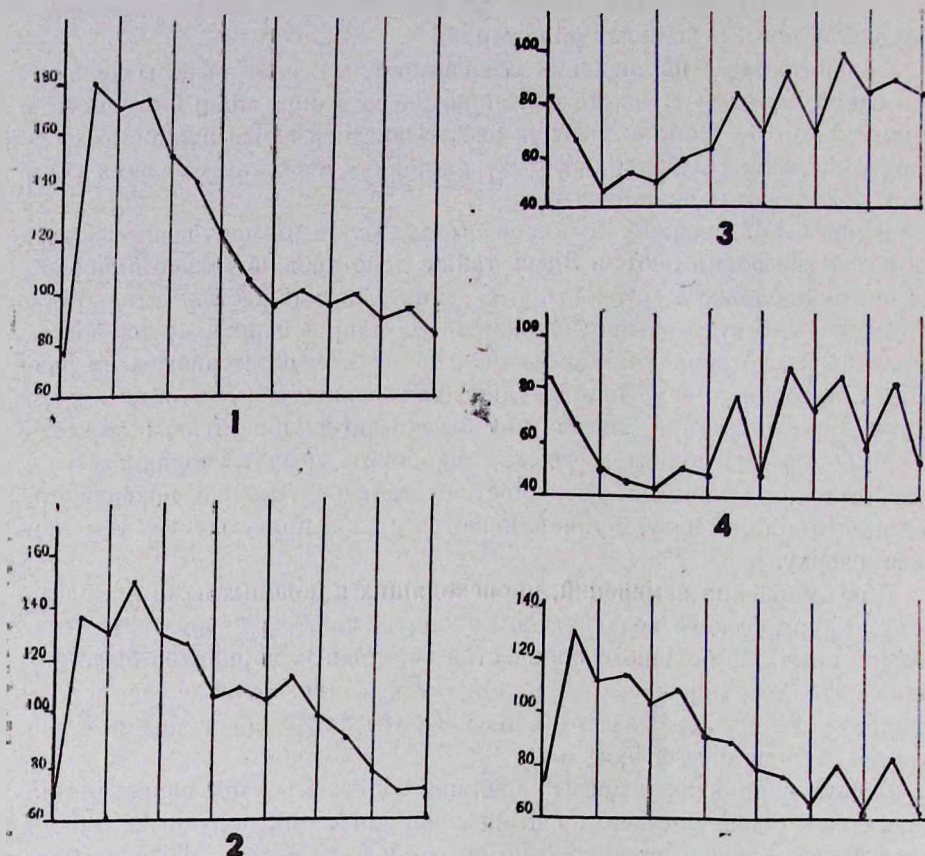


Рис. 4. Графики изменения угла между парой листьев после выреза на нижних подушечках: 1—вырезы на обеих нижних подушечках снизу; 2—вырез на одной нижней подушечке снизу; 3—вырезы на обеих нижних подушечках сверху; 4—вырез на подушечке одного листа сверху; 5—вырез на нижней подушечке одного листа снизу, другого—сверху. Экспликация как на рис. 1.

рассмотренных выше, но естественно, что увеличение или уменьшение общего угла между обоими листьями происходит в меньшем размере.

Пятый вариант, в котором вырезы сверху и снизу сделаны на подушечках разных листьев, представляет нечто среднее между первым и третьим вариантами. Здесь на разных подушечках происходят противоположные изменения, вследствие чего углы меняются в разных направлениях. Сначала, вследствие сделанного выреза, один из углов увеличивается, а другой уменьшается. Затем в результате репарационных процессов происходят обратные изменения: первый угол начинает постепенно уменьшаться, а второй—увеличиваться.

Нам редко удавалось вырезать из соответствующих подушечек точно одинаковые клинья, так чтобы оба листа опускались или поднимались на один и тот же угол: против нашей воли даже при симметрич-

ных вырезах листья принимали несимметричное положение. Например, в одном случае при равных исходных углах— 28° и 28° —после выреза снизу они составляли 94° и 72° . Как обычно, через 4—6 дней симметрия восстановилась—углы составляли 36° и 36° . Оказалось, что в некоторых пределах чем сильнее нарушение, тем выше возбуждение (эквалитация) к росту ткани.

На основании вышеприведенных экспериментов можно прийти к следующим выводам. Органы растения имеют веками установившуюся способность приспосабливаться к конкретным условиям среды. Процесс приспособления осуществляется благодаря обратной связи. Описанные в данной статье определенные хирургические операции ведут к нарушению этой связи, и растения лишаются способности непосредственно приспособления: они как бы становятся «калеками». Благодаря репаративным процессам обратная связь восстанавливается. Признаком того, что растение вновь приобрело обычное закономерное состояние, является также восстановление присущей данным органам исходной симметрии.

Поступило 27.XII 1976 г.

Ա. Կ. ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ

ԼՈՐՈՒ ՀԱԿԱԴԻՐ ԶՈՒՅԳ ՏԵՐԵՎՆԵՐԻ ՍԻՄԵՏՐԻԿ ԴԻՐՔԻ ՎՐԱ՝
ՎԻՐԱՐՈՒԺԱԿԱՆ ԱԶԻԵՑՈՒԹՅԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Լորու առաջին զույգ տերևները լույսի հավասար պայմաններում համաշափ դիրք ունեն։ Այդ դիրքը փոփոխվում է, երբ նրանց փոթուների ծայրերին պտնվող բարձիկների վրա սեպածև մասեր ենք կտրում։ Ստացվում են տերևների ավելի քան ութսուն տեսակի նոր դիրքեր։ Կտրված տերևներում անհավասար սկսվում է ռեպարատիվ աճման՝ վերականգնման պրոցես, 5—7 օրում տերևները մոտենում են իրենց սկզբնական համաշափ դիրքին և, հաճախ, լիովին վերականգնում են այն։

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Синнот Э. Морфогенез растений. М., 1963.
2. Loiseau J. E. Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 238, 1954.
3. Snow M., Snow R. Phil. Trans. Roy. Soc., B, 225, London, 1935.
4. Араптян А. Г. Биологический журнал Армении, 29, 10, 1976.