

Александр Тимонин,
доктор биологических наук, профессор
Людмила Озерова,
кандидат биологических наук, доцент

РАСТЕНИЕ КАК ОРГАНИЗМ

Чтобы разобраться в главных особенностях устройства растительного организма, нам надо попытаться понять наиболее существенные проблемы, с которыми сталкиваются растения в своей жизни.

Все живые организмы существуют в мире, где господствуют физические законы, и самый страшный из них - так называемый второй закон термодинамики. Его сущность кратко и несколько вольно можно свести к тому, что любой предмет стремится самопроизвольно разрушиться в бесструктурный хаос (физики говорят, что энтропия системы стремится к максимуму). Поэтому любое живое существо живо лишь до тех пор, пока ему удастся получать из окружающей среды энергию и вещество для постоянного, ежесекундного ремонта своего разрушающегося организма. Вследствие этого именно *способ питания определяет главные особенности устройства всех живых существ.*

Поскольку человек зоологически относится к животным, то нам легче всего понять характерные черты организации животных; с нее мы и начнем наши рассуждения, чтобы нагляднее выявить специфику растительного существования.

Животные питаются живыми организмами или их останками - оформленными «сгустками» энергии и готового органического вещества, крайне неравномерно распределенными в пространстве. Для потребления такой пищи животные приобрели разнообразные органы чувств, передвижения и захвата добычи, а также нервную систему, которая организует и упорядочивает работу всех других систем организма по поиску и овладению добычей. Саму добычу животные заглатывают целиком или большими кусками, переработка которых происходит внутри тела животного. В связи с этим у животных имеются разнообразные и многочисленные внутренние, или эндосоматические органы.

Типовая «добыча» растений - энергия солнечного света и растворенные в воде и атмосфере простые неорганические вещества. Эти ресурсы, в особенности свет, не сконцентрированы в виде отдельных кусков пищи, а более или менее равномерно заполняют окружающую растение среду. Очень важно то, что свет, например, невозможно ни подманить, ни каким-либо способом подтянуть к себе; невозможно и догнать световое пятно, из-за вращения Земли перемещающееся по ее поверхности со скоростью порядка 700 км/ч. Поэтому нет никакого резона бродить по Земле в поисках световой энергии или охотиться на нее, а справиться с попавшимся фотоном можно и силами отдельных органических молекул.

Соответственно этим особенностям потребляемой растениями пищи, им не требуются эффективные приспособления для поиска, ловли, заглатывания и локального внутриорганизменного переваривания добычи, а следовательно - и специальной координирующей системы типа нервной системы животных. Единственное, что совершенно необходимо растению для полноценного питания, - это спокойное, без напрасной суеты соприкосновение, контакт поверхности его тела с залитой светом и наполненной растворами потребных веществ внешней средой. В противоположность животным, с их «внутренней» жизнью, растения устремлены вовне, на максимальный контакт со средой своего обитания, и если про кого и можно сказать «душа нараспашку», так это, несомненно, о растениях. Естественно, что и органы они занимали исключительно наружные, или *эктосоматические.*

Фотоны летят с фантастической скоростью и в колоссальном числе. Поэтому, сколько бы их ни поглощало растение из внешней среды, их число там всегда будет во много раз превышать самые большие запросы самого прожорливого растения. Иначе обстоит дело с растворами необходимых растению веществ. Скорость их диффузии в среде не столь уж и велика, и растению обычно без труда удается поглощать вещества из своего непосредственного окружения быстрее, чем их запас может восстановиться благодаря притоку из более отдаленных мест. Из-за этого вокруг растения создается микропространство, обедненное ресурсами. Значит, для хорошей жизни растение должно уметь *менять свое окружение*.

Многие водоросли для этой цели приобрели жгутики, с помощью которых активно плавают в воде, или научились ползать по субстрату, активно покидая «объединенные» участки (рис. 1). И в том, и в другом случаях для смены обстановки приходится тратить часть с таким трудом добываемой энергии. Однако среди растений нашлись и такие - то ли более ленивые, то ли более хитрые, - которые нашли способ менять свое окружение, не затрачивая никаких усилий. Дело в том, что вовсе неважно, бежать ли от опостылого окружения или стать неподвижно в подвижной среде (рис. 2). Но последнее не требует постоянных затрат энергии и потому неподвижность равносильна получению дополнительной энергии, которую можно потратить на достижение каких-то жизненно важных целей. *Неподвижность*, избранная в незапамятные времена некоторыми растениями, открыла перед их потомками возможности, о которых подвижные водоросли могли бы только мечтать, будь у них для этого мозги.

Прежде всего, неподвижность значительно способствовала интенсификации питания. Мы уже знаем, что растение, чтобы *жить*, должно поглощать из внешней среды свет и растворы неорганических веществ, а чтобы *жить хорошо*, надо поглощать всего этого много. Мы видели, что интенсивность поглощения пищи у растений напрямую зависит от контакта поверхности их тела с окружающей средой. Значит, для улучшения питания требуется увеличивать площадь соприкосновения со средой, т.е. расти. Вот почему одна из характернейших черт растений, отраженная в их названиях на некоторых языках, - рост в течение всей жизни (растение, т. е. растущее, по-русски, *Gewächs* - тоже растущее, но по-немецки, рослина - по-украински и т.д.).

Однако такой рост могут позволить себе лишь неподвижные, прикрепленные к субстрату растения. Это обусловлено тем, что из-за сопротивления среды движущемуся предмету (еще один неизбежный физический закон!) энергетические затраты на передвижение с увеличением размера предмета растут очень сильно и быстро превышают весь тот выигрыш в усвоении ресурсов, который может дать увеличение размера растения. Только среди животных, питающихся очень концентрированной, богатой энергией пищей, мы встречаем крупные активно подвижные организмы. Подвижные же растения обречены оставаться мелкими, по большей части микроскопическими существами.

Постоянный рост неподвижных растений *предопределяет*, в свою очередь, возможную форму их тела.

Тела живых существ имеют консистенцию вязкой жидкости, и потому физические силы поверхностного натяжения стремятся придать им форму сферы. Сферическая форма - простейшая форма тела живого организма. При увеличении размера сферы ее поверхность возрастает пропорционально второй степени радиуса, а объем - пропорционально третьей степени. Мы уже знаем, что усвоение ресурсов растениями зависит от площади контакта поверхности их тела с внешней средой и потому с ростом сферических организмов увеличивается пропорционально квадрату радиуса. Расходует же получаемые ресурсы весь объем тела. Следовательно, потребление ресурсов растущим сферическим растением будет увеличиваться пропорционально кубу радиуса, т. е. значительно быстрее, чем может

прирастать их усвоение из окружающей среды (рис.3). В силу этого *рост сферических растительных организмов не может быть значительным*, и на Земле не известно никаких сферических растений крупнее 8 см в диаметре.

Таким образом, растение стремится расти, но простейшая, самая физически естественная форма его тела не дает осуществить это стремление. Значит, надо превратить сферу во что-то иное. Во что же?

Можно предположить два возможных способа преобразовать исходную сферическую форму тела: «расплющить» ее в тонкий *диск* или «вытянуть» в *узкий цилиндр* (само собой разумеется, что эти преобразования происходят в процессе роста, а не путем некоего насилия извне). При увеличении размера диска и его поверхность, и объем возрастают пропорционально второй степени радиуса. При удлинении тонкого цилиндра оба эти показателя растут пропорционально длине в первой степени (рис. 4, 5). В обоих случаях усвоение ресурсов и их расходование на поддержание жизнедеятельности оказываются вполне согласованными и потому не ограничивают рост растения каким бы то ни было пределом. Правда, относительная прибавка в получении растением энергии не изменяется в ходе подобного роста, но ее абсолютная величина возрастает с увеличением размера организма. Значит, более крупное растение имеет возможность больше тратить и на ремонт своего тела, и на размножение, и на защиту от травоядных животных или конкуренцию с другими растениями. Не случайно, по-видимому, плоские и узко-цилиндрические формы широко представлены в растительном мире.

Рост сам по себе - процесс довольно сложный, и хорошо расти, занимаясь еще массой других неотложных дел, свойственных любому живому растению, не так-то просто (ведь и нам редко удается хорошо сделать несколько дел сразу). «И швец, и жнец, и на дуде игрец» - это вовсе не тот идеал, к которому надо стремиться. Значительно лучше делать что-то одно, зато хорошо. Поэтому и растения сосредотачивают рост в некоторых участках своего тела, которые больше ничем заниматься не умеют, но очень хорошо умеют расти. Понятно, что такие участки не могут быть обширными, иначе пострадали бы другие жизненные функции организма. И действительно, у растений *меристемы* - особые структуры роста - имеют ничтожные размеры сравнительно с размерами всего тела. У «вытянутых в струнку» растений меристема занимает один из кончиков «струнки» (рис.6). Если образующаяся в ходе роста «струнка» очень тонка, то ботаники называют тело растения *нитчатым талломом*, а если достаточно толста, то *теломом*. У «сплюснутых в лепешку» растений меристема находится с одного края, вследствие чего «лепешка» растет только в одну сторону и принимает вид более или менее широкой ленты. Такое тело ботаники привыкли называть *пластинчатым талломом* (рис.7). (К сожалению, никакой узкой локализации роста невозможно осуществить в случае сферического тела, и это, вероятно, еще одна причина незначительной популярности такой формы у растений.)

Талломная и теломная формы тела сняли ограничение на рост, но позволили растению осваивать среду только в одном направлении, а все пространство по бокам остается недоступным для использования. Чтобы не проходить мимо «лакомого куска», растения научились ветвиться, т. е. образовывать через определенные промежутки времени боковые пластинки, нити или теломы, которые и сами со временем начинают ветвиться (рис. 8). В результате постоянного роста и ветвления тело растения оказывается построенным, как из деталей простенького детского конструктора, из однородных частей, в строгом порядке прикрепленных друг к другу. Такие части-блоки, многократным повторением которых сложено все тело растения, ботаники называли *модулями*.

Модульные талломы и теломы, однако, не лишены недостатков. Пластинчатое тело очень удачно для улавливания солнечного света, но «привязывает» растение к субстрату,

ограничивая возможности освоения ресурсов среды над грунтом, поскольку невозможно обеспечить большую устойчивость и прочность крупных пластин, вздымающихся над грунтом. Крупные нитчатые или теломные формы достаточно легко разместить в трехмерном пространстве, но даже при обильном и густом ветвлении они ловят свет значительно менее эффективно, чем пластины (вспомним, что когда стали изготавливать солнечные батареи, то тоже пришлось делать их плоскими, а не цилиндрическими). Поэтому самым удачным было бы объединить достоинства пластин и цилиндров-осей, и растения сумели это сделать! (Рис. 9) Наиболее совершенные растения располагают улавливающие солнечную энергию пластины на трехмерном каркасе из осей. Такая конструкция получила название *побег*. Он состоит из оси - стебля, подразделенного на междоузлия и узлы, к которым крепятся по одной или по несколько пластин - листьев.

С появлением побега модульная конструкция тела растения усложнилась, стала иерархической, так как модулями здесь являются и участки побега, включающие узел с листом (или листьями, если их на узле несколько) и нижележащее междоузлие, и целые побеги, а у многих растений - и определенные упорядоченные сочетания побегов.

Побеговая структура оказалась настолько удачной, что некоторые растения, обладающие ей, превысили 100-метровый рубеж, как некоторые эвкалипты или водоросль макроцистис (впрочем, ботаники очень боятся употреблять слово побег, когда рассуждают о водорослях, но мы с вами, читатель, не будем подражать робким ботаникам), и ограничения на максимальный размер у них продиктованы уже, видимо, прочностными свойствами органических материалов, не зависящими от особенностей устройства растительного организма.

Мы много внимания уделили тем благам, которые стали доступны растению после того, как оно твердо избрало прикрепленно-неподвижный образ жизни. Теперь следует обратить взор на приспособления, закрепляющие растение на субстрате. В простейшем случае организм просто приклеивается слизью к субстрату подобно тому, как это делает водоросль плеврококк, из-за которой в сырую погоду зеленеют стволы деревьев и деревянные заборы. Конечно, поступать так незамысловато могут только очень маленькие существа. Для более крупных организмов требуются «якоря» покрепче, чем слизь. Ими являются особые выросты тела - *ризоиды*, ветвящиеся или неветвящиеся, которые плотно соединяются с субстратом и даже проникают вглубь него. Ризоиды свойственны преимущественно изначально водным растениям, где они выполняют только работу по закреплению растения на месте. Бывают ризоиды и у наземных растений, но здесь им приходится не только закреплять растение, но еще и поглощать вещества из растворов, заполняющих промежутки между частицами почвы или грунта; такие ризоиды почему-то не умеют ветвиться. Большинство же наземных растений для закрепления на субстрате и извлечения из него необходимых веществ использует корни - более сложно устроенные органы, чем ризоиды, к тому же умеющие ветвиться и, следовательно, более эффективно осваивающие объем субстрата.

Теперь мы уже готовы подвести итоги нашего экскурса в растительную жизнь и перечислить самые-самые характерные особенности устройства растительных организмов. Для растений в целом характерно:

- 1) существование за счет энергии солнечного света и простых неорганических веществ, которые растение поглощает из окружающей его среды;
- 2) неподвижность;
- 3) постоянный рост путем работы особых участков тела - меристем;
- 4) модульное строение;

5) наличие только эктосоматических органов. Ни одна из этих особенностей не свойственна всем без исключения растениям; часть исключений мы уже встретили по ходу нашего повествования, другие - заслуживают специального рассказа.

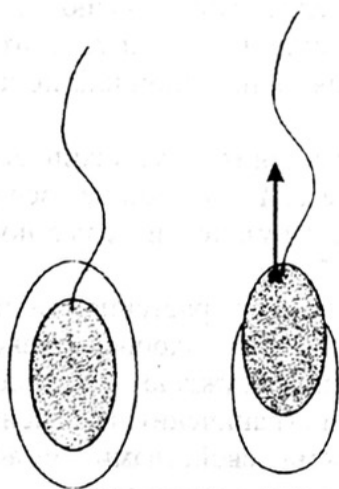


Рис. 1. Смена окружающего микропространства подвижным растением

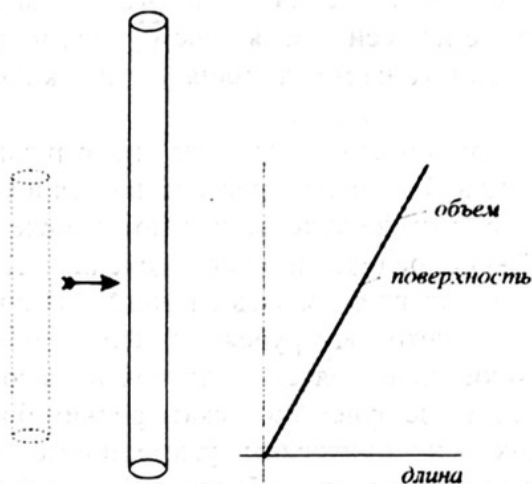


Рис. 5. Изменения объема и поверхности при росте узкоцилиндрического организма

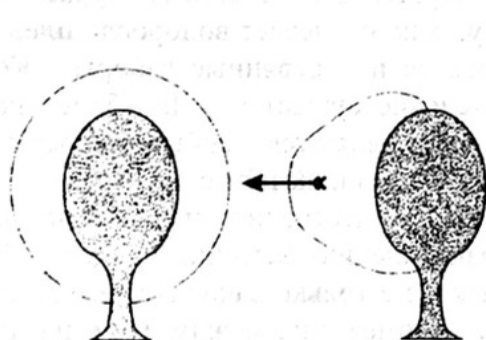


Рис. 2. Смена окружающего микропространства неподвижным растением

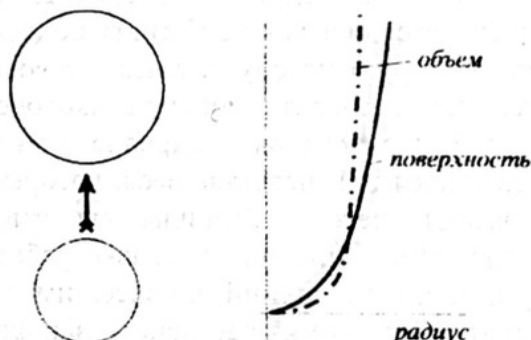


Рис. 3. Изменения объема и поверхности при росте шаровидного организма

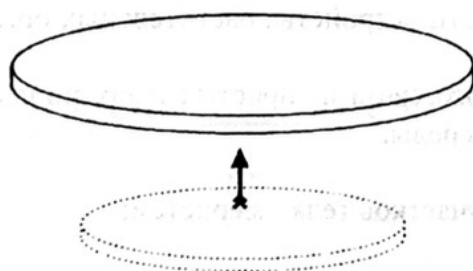


Рис. 4. Изменения объема и поверхности при росте дисковидного организма

меристема

Рис. 6. Телом

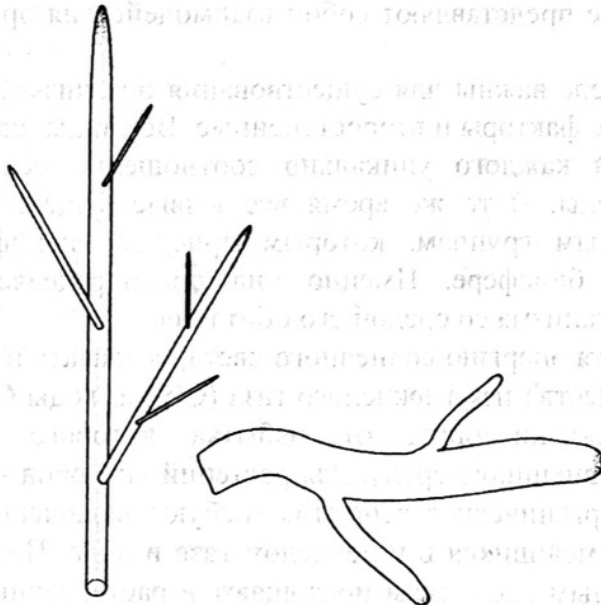


Рис. 8. Ветвистые теломные и талломные формы

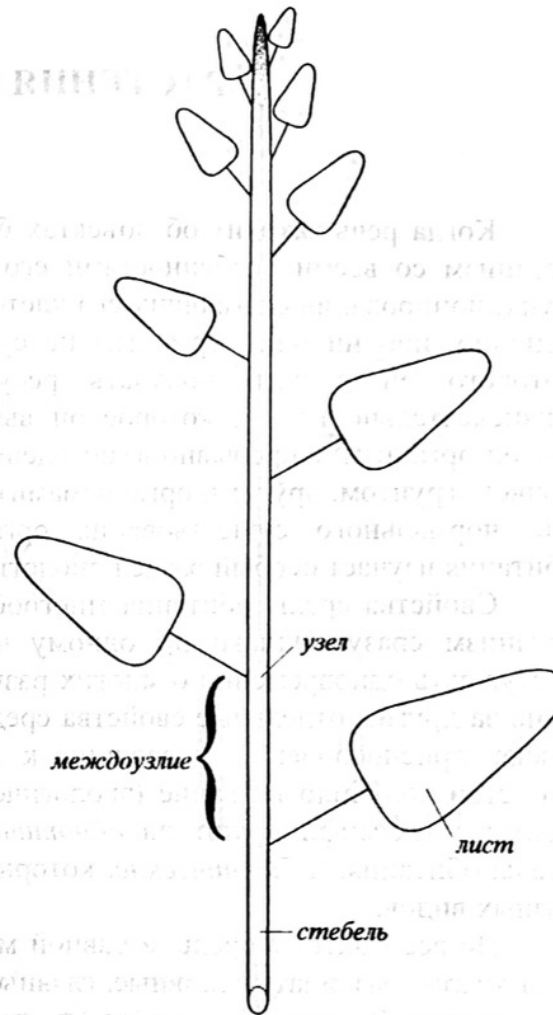


Рис. 9. Побег

меристема

Рис. 7. Пластинчатый таллом