

Эндосимбиоз



Союз двух миров

Два царства живой природы — мир растений и мир животных отличаются друг от друга очень многим. Одно из отличий — хлорофилл, особое зеленое вещество. Почти все растения имеют его, животные нет. С помощью хлорофилла растения питаются блеском солнца и воздухом: поглощая энергию солнечных лучей, превращают углекислый газ и воду в крахмал и сахар. Животные едят уже готовые, синтезированные растениями органические продукты.

Истина эта теперь твердо установлена наукой. Но было время, когда ученые в ней сомневались.

В середине прошлого века крупный зоолог Теодор Зибольд в первом томе основанного им научного журнала обратил внимание ученого мира на одно странное обстоятельство. В теле пресноводной гидры, некоторых червей и инфузорий он обнаружил... хлорофилл. Позднее нашли и других животных — носителей хлорофилла (губки, гидроидные полипы, медузы, кораллы, коловратки, моллюски). Они, как показали опыты, месяцами могли обходиться без пищи, а некоторые и вовсе, по-видимому, ничего не ели. Питались, очевидно, как растения, светом и воздухом!

Это обещало интереснейшие открытия. И они действительно были сделаны, но совсем не в том плане, как предполагал Зибольд.

Оказалось, что «животный хлорофилл» создан тоже растениями. Микроскопические водоросли, покинув родную стихию, переселились под кожу ко многим более или менее полупрозрачным морским и пресноводным существам. Здесь продолжали свою созидательную деятельность, питая и себя и гостеприимных хозяев созданными с помощью хлорофилла органическими веществами.

Эту форму межвидовой взаимопомощи ученые назвали эндосимбиозом.

Немецкий биолог Брандт в 1881 году предложил именовать зеленых симбиотических водорослей зоохлореллами, а желто-бурых — зооксантеллами. Зеленые водоросли «дружат», как правило, с пресноводными животными, а желто-бурые — с морскими^[3].

Позднее выяснилось, что зоохлореллы и зооксантеллы — сборные понятия: к ним принадлежат многие виды водорослей.

Под названием зоохлорелл чаще всего были описаны различные представители рода хлорелла. Род этот в последние годы прославится успешными полетами в космос, и ему предсказывается большое будущее в столовых межзвездных кораблей.

Симбиоз с животными доказывает во всяком случае, что водоросли-космонавты отличаются исключительной приспособляемостью.

Зооксантеллы набирают своих волонтеров преимущественно из жгутиконосцев рода хризиделла.

У этих водорослей, пока они свободно живут еще в море, спереди извиваются два тонких хвостика, или жгутика. Они ввинчиваются в воду и тянут за собой водоросль, словно лодочку, у которой мотор не сзади, а спереди. Поселяясь под кожей у своих друзей, хризиделлы отбрасывают жгутики и округляются. Окраску тоже меняют. В их распоряжении, очевидно, большой выбор нарядов. Хризиделлы, которые живут в радиоляриях и сифонофорах, окрашены в ярко-желтый цвет, в сцифоидных медузах они зеленоватые, а в кораллах и губках — коричневые и фиолетовые.

Необыкновенная диета «ловушки смерти»

Рассказывают, что лет пятнадцать назад в витрине одного нью-йоркского магазина была выставлена жемчужина невероятной величины — с человеческую голову! Весила она 6 килограммов 350 граммов, длиной была в 23, а шириной в 14 сантиметров.

Рассказывают далее, что добыли эту жемчужину при обстоятельствах в высшей степени необычных и трагических. Сын одного филиппинского вождя купался с товарищами в океане. Он нырнул и не вынырнул. Юношу нашли на дне моря: его руку сжимала створками чудовищная ракушка. С трудом вытащили ее на берег, открыли ломами и нашли внутри сверхжемчужину.

Коварную ракушку, погубившую несчастного юношу, ученые называют тридакной, а люди, настроенные более романтично, — «ловушкой смерти». Молва утверждает, что этот страшный моллюск был будто бы причиной гибели многих ныряльщиков, случайно попадавших рукой или ногой между створками его раковины. Створки тогда смыкались и часами держали в своих тисках попавшего в ловушку человека.

Тридакна — самая крупная на земле ракушка: весит она около полутонны и длиной бывает до полутора метров. (Путешественники минувших столетий сообщали даже о четырехметровых тридакнах!)

Обитает тридакна на коралловых рифах Индийского и Тихого океанов. Между створками раковины, словно капризные губы, всегда торчат волнистые складки мантии — полупрозрачной оболочки, которая окутывает моллюска. «Губы» бывают зеленые, лиловые, красные и крапчатые с пятнами разных цветов.

Если поранить «губу» ногтем, из нее потечет коричневая жидкость. Возьмем капельку и рассмотрим под микроскопом: мы увидим знакомые бурые шарики — зооксантеллы. Их великое множество. Они поселились в межклеточных пространствах мантии моллюска. Здесь, под полупрозрачными покровами, словно за матовым стеклом, водоросли отлично защищены от чрезмерной яркости тропического солнца: прямые его лучи убивают многие организмы.

Тридакна «позаботилась» даже о тех зооксантеллах, которые живут слишком глубоко в ее тканях и к которым поэтому проникает слишком мало света. Края ее мантии, постоянно выступающие из раковины, словно им тесно в домике, снабжены оптической системой. Это небольшие «кегли», сложенные из прозрачных клеток. Узким концом они глубоко погружены в мантию моллюска, образуя светопреломляющий конус. Его назначение собирать свет на поверхности животного и проводить в глубины тканей, чтобы водоросли-симбионты могли расселиться в теле тридакны на большем пространстве.

Для нее это очень важно. Ведь тридакна питается преимущественно (если не исключительно) теми веществами, которые вырабатывают зооксантеллы, переваривает и избыток водорослей, а они

размножаются быстрее, чем ракушка успевает их съесть. Но переваривает тридакна своих квартирантов не в кишечнике (он у нее недоразвит), а прямо в тканях.

Ученые полагают, что только благодаря «дружбе» с водорослями и обилию пищи, которую они создают прямо на месте потребления, эта ракушка и вырастает до гигантских размеров (и производит жемчужины сказочной величины).

Могут ли животные питаться воздухом?

Червя конволюту (он обитает в Средиземном море и у берегов Франции в Атлантике) тоже кормят водоросли, которые живут у него под кожей. С помощью солнечных лучей превращают они углекислый газ и воду в крахмал. Этим крахмалом червь и сыт. Не нужны конволюте ни желудок, ни кишечник. Они у него атрофировались. Зато должен теперь червь почаще бывать на солнышке. Как начнется отлив, миллионы конволют выползают из нор и принимают солнечные ванны: чтобы водоросли под их прозрачной кожей приготовили побольше крахмала. А когда волны прилива вновь зальют пляж, червь зарывается в песок. Этот друг водорослей, можно сказать, лучами солнца и воздухом питается.

Без водорослей червь и недели не протянет^[4]. Если молодой конволюта не успеет вовремя обзавестись зоохлореллами, он погибает от голода, так как самостоятельно может питаться лишь первые дни^[5].

И вот что интересно: ведь в яйцах и личинках червей нет водорослей! Но в оболочках яиц они есть. И так много, что те даже зеленеют. Когда личинка выползает из яйца, она вымазывается зеленой «пыльцой», покрывающей яйцевые скорлупки, и с поверхности яйца водоросли попадают сначала на кожу молодого червя, а потом и под нее.

Но самое поразительное — это ведь не те водоросли, что прятались под кожей у матери червя! Зоохлореллы, как только попадут под кожу к конволюте, сразу меняют свой облик и привычки и совсем делаются непригодными для новой инфекции. Они не могут уже больше самостоятельно существовать в воде, вне организма конволюты. «Заражение» личинки происходит свежими, не жившими в симбиозе с червями водорослями, которых безудержно влекут к себе какие-то особые выделения оболочек яиц. Как только самка отложит яйца на дне моря, зеленые шарики во множестве устремляются к ним. Инстинктивное влечение некоторых животных и растений к определенным химическим веществам ученые называют хемотаксисом.

Многие обитатели моря, не только тридакна с конволютой, но и губки, кораллы, гидроидные полипы, гидры, сифонофоры, медузы и похожие на них гребневики, а также актинии, ресничные и высшие черви (полихеты), и похожие на червей киноринхи, коловратки и, возможно, мшанки и иглокожие дают приют водорослям в своих полупрозрачных тканях.

Даже одноклеточные амёбы, инфузории и радиолярии порой буквально набиты зелеными и желто-бурыми «шариками». Один ученый насчитал, например, в корненожке пенероплис двадцать восемь тысяч водорослей, а в другой, которая была побольше, — даже сто тысяч! Крохотное тельце этой гостеприимной «зверюшки» могло комфортабельно поместиться на острие иголки!

Безусловно, и водоросли и приютившие их животные получают от этого добровольного объединения большую пользу.

Чтобы выяснить, какую именно, ученые проделали много опытов. И пришли к выводу: животные, «зараженные» водорослями, растут лучше и быстрее. Они нередко прекращают даже всякую охоту за пищей. Ни к чему им это: ведь водоросли приготавливают столько провианта, что его вполне хватает и хозяевам и квартирантам.

Выяснили также, что водоросли-симбионты не только снабжают животных пищей. Они и «чистят» их. Изнутри чистят, избавляя от отработанных продуктов — «шлака» обмена веществ: поглощают углекислый газ и фосфорные соединения, которые в процессе жизнедеятельности выделяют ткани животного. А кислород, который водоросли производят, как и всякое зеленое растение, тоже зря не пропадает. Его жадно впитывают клетки животного.

Поэтому некоторые обладатели зеленых симбионтов могут сутками жить в запаянных стеклянных трубках, из которых выкачан воздух. В безвоздушном пространстве кислородом их снабжают тоже водоросли. Стоит эти трубки перенести в темноту, как животные сейчас же умирают от удушья: ведь кислород растения выделяют только на свету.

Эндосимбиоз, следовательно, представляет собой уменьшенное издание той высшей формы взаимоотношений животного и растительного миров, которую называют круговоротом веществ в природе.

Симбиоз у нас в животе

Водоросли не могут жить без света. Поэтому и поселяются лишь в животных, в полупрозрачные ткани которых легко проникает свет и которые обитают в местах, хорошо освещенных солнцем.

В растительном царстве, однако, есть организмы, процветание которых не зависит от того, светит солнце или нет. Они даже избегают его лучей. Это бактерии. Во многих биологических процессах, совершающихся на земле, принимают участие эти невидимые, но чрезвычайно деятельные живые палочки и шарики. Мы привыкли считать их врагами. Но среди бактерий много и полезных видов. Немало их живут с животными в тесном и чрезвычайно выгодном для обеих сторон симбиозе. И поскольку бактерии нуждаются не в свете, а только в питательном бульоне определенного сорта, естественно, что поселяются они не под кожей, а в животе у своих хозяев, в кишечнике.

Все питающиеся деревом жуки-древосеки и жуки-сверлильщики, моль, поедающая шерсть, и насекомые, сосущие соки растений, и сосущие нашу кровь комары, без помощи бактерий просто не могли бы существовать на своей однообразной диете.

Даже в крохотном тельце микроскопической амебы пеломиксы живут бактерии. Амеба поедает полуразложившиеся остатки растений, «глотает», если предложить ей, кусочки ваты или бумагу. Бактерии сейчас же их окружают и всем «обществом» перерабатывают вату и бумагу в продукты вполне съедобные. Во всяком случае, амебы после этого неплохо их усваивают.

У личинок сверчков, мух, мошек и у многих жуков (майского, навозного и жука-олени) бактерии наполняют слепые выросты кишечника — своего рода «бродильные чаны»: пища в них действительно бродит, как пиво в пивоварне. Бактерии разлагают клетчатку — основное вещество, из которого состоит всякое растение. И то, что в «бродильном чане» после этого остается, всасывает кишечник насекомого.

Но даже и бактериям не без труда, по-видимому, удается расщепить клетчатку: процесс этот очень длительный. Через весь кишечник личинки майского жука пища обычно проходит за три-четыре дня, но, попадая в конце его в «бродильные чаны», задерживается здесь на два месяца. Только за это время бактерии успевают превратить клетчатку в сахар. По-видимому, поэтому — из-за медленного пищеварения — личинка майского жука так долго растет. Проходят годы, прежде чем она совершит свой метаморфоз и в образе бронзового хруща теплым майским вечером выберется из-под земли.

Как бактерии-кормильцы попадают в кишечники хозяев, ученые установили, наблюдая за развитием зеленой мухи, пренеприятнейшего существа. У нее обнаружена целая система эстафетной передачи бактерий от поколения к поколению.

Личинки зеленой мухи содержат бактерий в шарообразных ответвлениях кишечника. Но перед тем как превратиться в куколку, личинка изгоняет их из обжитых квартир. Часть бактерий попадает в специально приготовленное для них новое помещение (в особый «отсек» слюнной железы) и здесь сохраняется для потомства будущей мухи. Это своего рода семенной фонд.

Излишек бактерий выбрасывается вон из тела.

Бактерии, которым повезло, быстро размножаются в слюнных отсеках: железы мухи вырабатывают для их пропитания особый бульон.

А когда молодая муха выберется из оболочек куколки, бактерии совершают еще одно переселение: поближе к яйцекладу, в бактериальное депо у его основания. Каждое яичко, отложенное мухой, проходя мимо этих депо, заражается бактериями, и поэтому личинкам мухи, хотя едят они пищу, перед которой бессильны их собственные пищеварительные соки, не приходится голодать.

Ежегодно в клиниках всего мира хирурги, спасая заболевших аппендицитом, удаляют около двухсот тысяч человеческих аппендиксов. Наша подверженность этому заболеванию доказывает, что человек произошел от предков, которые поедали много всякой зелени. Ведь аппендиксы, червеобразные отростки слепых выростов кишечника, которые воспаляются, когда в них попадает что-нибудь труднопереваримое, подобны «бродильным чанам» зеленой мухи и майского жука. В них поселяются бактерии, разлагающие клетчатку. Поэтому все растительноядные животные наделены большими аппендиксами. У людей они сохранились как бесполезное атавистическое наследие, и их без вреда можно вырезать.

Но если вырезать аппендиксы, скажем, у петуха (у птиц их два, а не один, как у нас), он умрет от голода, сколько бы ни съедал зерен и ягод. Лишь пища мясная, которую он сам, без бактерий, переваривает, может спасти его от голодной смерти.

Вегетарианская диета противопоказана петухам после «аппендицитной» операции. У хищников — ястребов и орлов — «бродильные чаны» маленькие: они ведь мясом питаются. А у тетеревов, рябчиков, глухарей, которые едят зимой только древесные почки, сосновую хвою и клюкву, такие же длинные, как и весь остальной кишечник.

Бактерии оказывают нам еще одну важную услугу: обогащают проглоченную нами пищу белком и витаминами^[6]. За каждым обедом мы перевариваем вместе с пищей бесчисленные легионы «доморощенных» кишечных бактерий, которые размножаются, однако, быстрее, чем мы успеваем их съесть.

Какова численность этих легионов, населяющих наши кишки, с точностью неизвестно. Но подсчитано, что корова, например, съедает ежедневно 34 грамма бактерий, размножающихся в ее желудке, а это около трех процентов ее суточного белкового рациона.

Четырнадцать лет назад биолог Гардер сделал любопытное открытие. И до него еще животноводы замечали странные повадки у некоторых животных: стремление поедать свой помет. Это считалось врожденным пороком. Но, оказывается, дело тут не в дурных привычках, а в физиологии. Когда Гардер отучил от скверной привычки подопытных мышей и морских свинок, они все умерли через две-три недели. Он установил, что в помете этих животных содержатся витаминизированные «пилюли» — цекотрофы. Их приготавливают бактерии в слепых кишках морских свинок и мышей. Без цекотрофов, богатых, кроме витаминов, еще какими-то редкими веществами, животные не могут жить. Но цекотрофы образуются лишь в слепой кишке, а из нее попадают уже сразу в толстые кишки, и организм животного не успевает их усвоить. Лишь когда цекотрофы съедены, содержащиеся в них необходимые для жизни вещества поступают в кровь и ткани животного.

Примечания:

3

Сравнительно недавно описан эндосимбиоз некоторых простейших (амеб, жгутиконосцев и инфузорий) даже с сине-зелеными водорослями. Сине-зеленых симбионтов условно называют цианеллами, а их «дружбу» с животными — эндоцианозом.

4

Речь идет о видах *Convoluta roscoffensis* и *C. schlutzii*. Другие морские (*C. paradoxa*, *C. convoluta*, *Enterostomum*, *Promesostomum*) и пресноводные (*Dalyellia viridis* и др.) ресничные черви, у которых тоже развит эндосимбиоз с водорослями, менее зависят от своих зеленых партнеров.

5

Хотя конволюта и морское животное, в тканях его тела поселяются не желтые, а зеленые симбионты, но это не хлореллы, а другие жгутиконосцы — хламидомонады.

6

В кишечнике человека витамины вырабатывают *Bacterium coli* и *B. bifidum*. Поэтому антибиотики, введенные в кишечник, убивая этих бактерий, нарушают пищеварение и витаминный баланс организма.

