



э. с. Терехин
р. м. Федоров

1969 • СЕРИЯ
НОВОЕ В
НАУКЕ
ИЛИСТРАЦИИ
ИЗУЧЕНИЕ
ТЕМАТИКА
БИОЛОГИЯ

ОТ ЦВЕТКА
ДО СЕМЕНИ

Кандидат биологических наук
Э. С. Терехин
Р. М. Федоров

ОТ ЦВЕТКА ДО СЕМЕНИ

КРАТКИЙ ОЧЕРК ЭМБРИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Издательство «Знание»
Москва 1969

ТЕРЕХИН Эдуард Семенович (1932 г. р.) в 1957 году окончил биолого-почвенный факультет Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова. В 1957—1958 годах преподавал в школе. В 1958—1959 годах работал во Всесоюзном институте защиты растений. В 1962 году закончил аспирантуру при Ботаническом институте АН СССР им. В. Л. Комарова (Ленинград). С 1962 года — кандидат биологических наук. В настоящее время — научный сотрудник лаборатории эмбриологии растений Ботанического института.

Основной круг научных интересов Э. С. Терехина — экологическая эмбриология покрытосемянных растений и особенно паразитных и хищных представителей флоры. В развитии некоторых паразитных растений Э. С. Терехин отметил превращения, сходные с метаморфозом у беспозвоночных животных.

Эдуард Семенович — автор нескольких научных работ, посвященных биологическим взаимодействиям растительных организмов и влиянию этих процессов на эмбриональное развитие растений, активно выступает и в научно-популярном жанре: им опубликовано несколько статей в журнале «Наука и жизнь» и других популярных изданиях.

ФЕДОРОВ Роальд Михайлович (1930 г. р.) — журналист, автор ряда научно-популярных статей, рассказывающих преимущественно о достижениях биологической науки. В 1968 году брошюра «Загадки эмбриона», написанная им в соавторстве с доктором медицинских наук Б. П. Хватовым, получила диплом на Всесоюзном конкурсе научно-популярных изданий.

ЗЕЛЕНОЕ ДЕРЕВО ЖИЗНИ

«Людам, которые в Месопотамии, Греции, Малой Азии и в других местах выкорчевывали леса, чтобы получить таким путем пахотную землю, и не снилось, что они этим положили начало нынешнему запустению этих стран, лишив их, вместе с лесами, центров скопления и сохранения влаги. Когда альпийские итальянцы вырубали на южном склоне гор хвойные леса, так заботливо охраняемые на северном, они не предвидели, что этим подрезывают корни высокогорного скотоводства в своей области; еще меньше они предвидели, что этим они на большую часть года оставят без воды свои горные источники, с тем чтобы в период дождей эти источники могли изливаться на равнину тем более бешеные потоки». — Эти слова Ф. Энгельса приводят нередко в тех случаях, когда хотят подчеркнуть, как сложны и часто совсем не очевидны взаимосвязи, казалось бы, различных явлений в природе. Но сейчас, обращаясь к приведенной цитате из «Диалектики природы», мы хотим подчеркнуть другое, ясно видимое в ней обстоятельство, — огромное значение растений в организации природных комплексов.

Есть у зеленых растений и другое, еще более важное назначение. Весь животный мир — все великое множество насекомых, рыб, млекопитающих и прочих его наземных и водных представителей — в конечном итоге является нахлебником зеленых растений. Да и не только нахлебником. Растения создали саму нынешнюю богатую кислородом атмосферу, в которой только и могут существовать земные животные. Советский ботаник, академик В. Л. Комаров называл это значение растений космическим. «Космическое значение растений, — писал он, — состоит прежде всего в том, что оно... создает на земле мощные запасы солнечной энергии, обогащает атмосферу кислородом и образует запасы пищи, обеспечивающие питание животных и человека».

Интересно, что и в самом растительном царстве в процессе эволюции возникло немалое количество форм, утративших способность к самостоятельному созиданию органического вещества из неорганического и живущих за счет своих зеленых сородичей. Таковы, например, грибы, а также многие виды растений-паразитов из разных групп растительного царства — от водорослей до покрытосемянных. Не менее интересно и существование растений-хищников, которые, не потеряв способности к фотосинтезу, приспособились вместе с тем к питанию за счет мелких животных, преимущественно насекомых, захватывая их различными хитроумными ловуш-

ками. В прямолинейно четкую схему органического мира, в которой растения, казалось бы, предназначены лишь для того, чтобы обеспечить пищей животных, эволюция внесла, таким образом, дополнительные нюансы. Природа не укладывается в излишне прямолинейные схемы. В ней далеко не все так стройно, как хотелось бы, например, тем, кто целесообразность в строении и жизнедеятельности живых существ выдает за доказательство нематериальной сущности жизни, за выражение в ней некоего высшего духовного начала. Она развивается вне схем и не боится несообразностей, таких, как растения, паразитирующие на растениях, или растения, пожирающие животных.

Об истинах, что упомянуты выше, нельзя умолчать в брошюре, посвященной растениям. Но следует тут же вспомнить об опасности чрезмерного увлечения ими. Ведь постоянное подчеркивание созидающей роли зеленых растений приводит к тому, что мы привыкаем смотреть на них лишь как на своеобразную фабрику по производству органических веществ и забываем о том, что они — живые существа.

К сожалению мало кого волнует, что выбравшийся на лопоту природы турист подчас не щадит красивых цветов и беззастенчиво рвет их даже не букетами — охапками. Растения страдают молчаливо. Они не умеют жаловаться. Но уже сегодня в тех же пригородных лесах все труднее отыскать полянку с цветущими ландышами или северными лесными орхидеями, которые называют у нас фиалками. Уже сегодня. А ведь за «сегодня» неизбежно следует «завтра».

Мы совсем не против красивого обычая дарить любимым цветы. Но пусть это будут букеты, а не охапки. Каждый цветок достаточно красив сам по себе. Массовость цветов в букете вредит и его красоте, и природе. Возможно, в связи с последним следует шире пропагандировать японское искусство икебана — искусство так составлять букет, чтобы каждый из немногих входящих в него цветов был виден во всей своей красоте.

И еще одно соображение. В сельское хозяйство пришло могучее оружие борьбы с вредителями урожаев — инсектициды — яды, убивающие насекомых. Значение химических средств борьбы с вредителями, безусловно, велико, ведь, по подсчетам ученых, на полях всего мира не добывается по крайней мере десятая часть урожая. Ее съедают вредные насекомые. Но следует помнить, что инсектициды не делают выбора между вредными и иными насекомыми, — они одинаково успешно убивают и тех, и других. А среди «иных» немало насекомых-опылителей, играющих наиважнейшую роль в интимной жизни многих растений. Это следует помнить и, разрабатывая технику химической борьбы с насекомыми-вредителями, заботиться о том, чтобы максимально уберечь насекомых-опылителей.

ЗАПУТАННОЕ РОДСТВО

Человек — хоть будь он трижды гением —
Остается мыслящим растением.
С ним в родстве деревья и травы.
Не стыдитесь этого родства.
Вам даны до вашего рождения
Сила, стойкость, жизненность растения.

С. Маршак

Абзацем выше мы упомянули об интимной жизни растений. Пусть это словосочетание не покажется странным: ведь растения — живые. Они — существа. Именно об интимной, скрытой от взгляда непосвященных, жизни растений и пойдет речь в этой брошюре.

Большинство людей привыкло видеть в растениях нечто неодушевленное. Все зеленое, что ниже нас ростом, — трава, что выше нас, — деревья... При этом забывают, что растения живые, что они различны, требовательны, прихотливы и жизнь их порой не менее сложна, чем жизнь животных.

Солнечным летним днем вокруг цветков вьются пчелы. Они переносят пыльцу с тычинок мужского цветка на пестик женского, оплодотворяя последний. Цветок вянет, но начинает расти плод, в чреве которого зреют семена. Потом семена прорастут и дадут начало новым растениям — детям.

Все просто, доступно пониманию и... все очень приблизительно.

Дети или внуки?

Всем хорошо известны папоротники — растения с широкими, перистыми листьями. Во влажных и тенистых лесах они образуют подчас густые заросли.

Широко известна и связанная с папоротниками легенда. По древнему поверью, раз в году, в летнюю ночь на Иван-Купала, распускается огненный цветок папоротника, и тому, кто найдет его, откроются богатые клады.

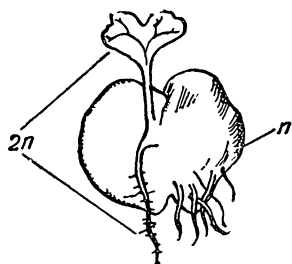
На самом деле — и это тоже известно многим — цветков у папоротника не бывает. Папоротники и папоротникообразные лишь отдаленная родня цветковых растений. Даже их листья, сложным рисунком своим напоминающие птичье перо, ботаники называют не листьями, а вайями.

На вайях в особых вместилищах образуются споры. Именно споры — с семенами цветковых растений они не имеют ничего общего. Они опадают на землю, и из них вырастает не новое поколение сильных папоротников, а маленькие и почти

незаметные для глаза припочвенные растеньица, *заростки* (рис. 1).

Это и есть дети папоротников. У них особая жизнь, и своя, весьма важная в вековечном существовании папоротникового рода, роль. *Поколение настоящих папоротников бесполо.* В поколении заростков на каждом из них развиваются половые органы растения — архегонии (женские) и антеридии (мужские). В условиях влажной среды происходит оплодотворение — слияние мужского и женского начал. Вскоре после этого короткая жизнь заростка кончается, а из созревшей в нём

Рис. 1. Заросток папоротника — гаметофит с одинарным (n) набором хромосом в клетках растения. На нем можно видеть молодой спорофит — растение с двойным ($2n$) набором хромосом в клетках, — образовавшийся после слияния двух гамет. (По П. М. Жуковскому. Сильно увеличено.)



и оплодотворенной яйцеклетки развивается в конце концов новый куст папоротника, который будет, по сути дела, внуком тому, на вайях которого вызрели споры.

Но какое отношение к цветковым растениям имеет не прямая, а через поколение заростков, родственная связь папоротников?

Всякий, кому хоть однажды приходилось выращивать растение, знает, что у тех же, например, огурцов нет никакого промежуточного поколения, подобного заросткам папоротников. Материнское растение дает семена, из которых развиваются дочерние растения.

Да, это так. И все же выросшее из семян поколение, которое мы обычно считаем дочерним, на самом деле является внуčатым. Потому что смена поколений, о которой мы рассказали на примере папоротников, — явление общее для всех высокоорганизованных растений. Каждое из них в своем развитии проходит два состояния: *бесполое (диплоидное) поколение*, которое ученые называют *спорофитом*, и *половое (гаплоидное)*, называемое *гаметофитом*. Но внешне это чередование поколений проявляется очень различно.

Если у папоротников половое поколение — это малозаметный и никому, кроме ботаников, не известный заросток, а бесполое — это и есть всем известное растение, то у мхов дело обстоит как раз наоборот. У них гаметофит — половое поколение — и есть само зеленое растение. Бесполое же поколение мха — спорофит, иначе называемый у мхов спорогонием или спорогонием, несамостоятельно: оно прорастает из

оплодотворенной яйцеклетки прямо на гаметофите и паразитирует на нем. Спорогон имеет форму коробочки, сидящей на прикрепленной к материнскому растению ножке. В коробочке вызревают споры. Осыпаясь и прорастая в почве, они дают начало следующему половому поколению — зеленым порослям мха.

Цветковые растения более сходны с папоротниками. У них спорофит — это и есть само растение, которое каждый может воочию видеть. Но существует у них и гаметофит, жизнь которого скрытно протекает в тканях цветка. Увидеть гаметофит доступно лишь исследователям, вооруженным микроскопом.

Но можно ли и должно ли говорить о чередовании поколений у цветковых растений, если у них и спорофит, и гаметофит заключены в одном растении? Для биологов это необходимо, чтобы понять ход эволюции растительного царства и историю возникновения тех или иных приспособительных механизмов растения.

Отвлечение в цитологию и генетику

Поразительное разнообразие ныне живущих форм растений — отличное пособие для биолога-эволюциониста, пытающегося воссоздать историю развития зеленого царства. Ведь живущие ныне одноклеточные растения, колонии водорослей, грибы, мхи, папоротники и все другие формы растительной жизни — это в известной мере отражение определенных этапов эволюции и конкретных путей ее.

Первыми представителями жизни на Земле были одноклеточные организмы, населявшие океан, который в геологически далекие времена покрывал всю поверхность нашей планеты.

Одно из главнейших проявлений жизни — размножение. Каждый живой индивидум представляет собой слишком хрупкую и недолговечную конструкцию, и только воспроизводя себе подобных, живые существа смогли завоевать планету.

Одиночные клетки размножались делением. Этот простой способ, однако, не слишком прост, ибо всякий механизм размножения должен предусматривать воспроизведение не просто живых существ вообще, но существ себе подобных. Именно такое воспроизведение и осуществляется при делении клетки путем митоза.

Наследственные свойства организма — программа его развития и функционирования — «записаны» в хромосомах клеточного ядра. Число хромосом в одном наборе у разных видов различно, но постоянно для данного вида. Клетки, ядра которых, подобно ядрам гамет, содержат один набор хромосом, называются гаплоидными; клетки, подобные зиготам, ядра которых содержат по два набора хромосом, называются

диплоидными. В процессе подготовки к митотическому делению хромосомы выстраиваются в линию и каждая из них воссоздает рядом с собой свою точную копию. Некоторое время спустя «двойники» расходятся в противоположные края клетки. Последняя вскоре делится надвое, теперь уже навсегда разлучая «двойников».

Иногда — может быть, случайно, а может быть, в силу каких-то пока не известных нам причин — происходил противоположный митозу процесс слияния клеток. Для организма такие слияния весьма благоприятны: при этом объединяются воедино различные наследственные качества и повышаются жизненные возможности клетки. Может быть, именно поэтому слияния стали случаться все чаще и чаще и наконец превратились не только в обычное, но и необходимое явление.

Предположение о том, что слияния клеток могли происходить часто и даже постоянно, не является умозрительным. Оно доказывается лабораторными наблюдениями над культурами одноклеточных организмов и культурами тканей, где слияния клеток — довольно обычное явление.

Но подобные удвоения клеток породили свои проблемы. Каждая клетка как у одноклеточных, так и многоклеточных обладает строго определенным числом хромосом, а следовательно, определенным запасом наследственного вещества и информации. При первом слиянии количество наследственной информации удваивается, и это способствует повышению жизнеспособности клетки. Но последующие удвоения уже не столь благоприятны для организма. Излишне большой запас наследственной информации приводит к дезорганизации жизни клетки. Для ликвидации такой опасности и для сохранения постоянного количества генетической информации в процессе эволюции выработался механизм, препятствующий бесконечному удвоению клетки, — *редукционное деление*, или, иначе, *мейоз* (рис. 2).

Процесс мейоза включает в себя два последовательных деления клетки. Первое из них — собственно редукционное, называемое иначе *гетеротипическим*.

Как правило, число хромосом в клетке четное, причем каждая из хромосом имеет парную, сходную по форме и строению. Перед началом мейоза хромосомы «выстраиваются» в линию попарно. Затем пары расходятся в разные края клетки, после чего она разделяется на две, с половинным (гаплоидным) против первоначального (диплоидного) числом хромосом в каждой дочерней клетке. Второе деление — гомеотипическое в общих чертах сходно с митозом. В ходе его половинное число хромосом, образовавшееся при гетеротипическом делении, не уменьшается.

Следует отметить, что процесс мейоза более сложен, чем видимая на рисунке геометрическая картина его. В ходе первого деления между двумя сходными, гомологическими, хро-

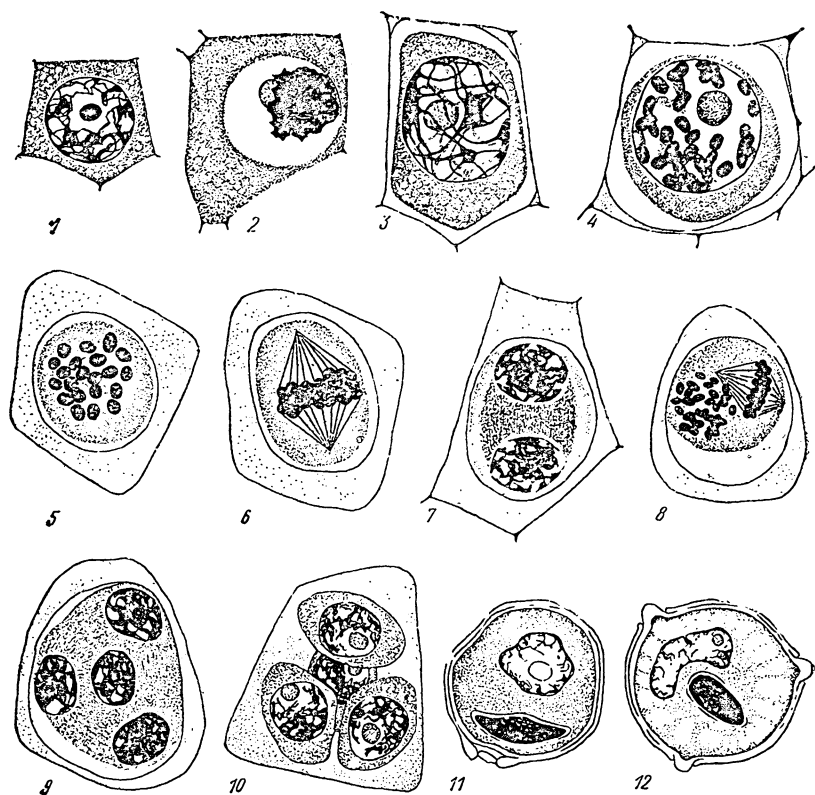


Рис. 2. Последовательные стадии редукционного деления (мейоза) при образовании мужских спор у рамишии (*Ramischia secunda*):

1-4 — характерные стадии профазы — подготовки к мейотическому делению; 5-6 — метафаза. Хромосомы собираются попарно на экваторе клетки. Вид «пластинки» хромосом в фас (5) и в профиль (6); 7 — дочерние ядра, образовавшиеся в итоге первого мейотического деления; 8 — второе мейотическое деление. Метафазные «пластинки» хромосом в фас (слева) и в профиль (справа); 9-10 — формирование мужских спор, образовавшихся в результате двух мейотических делений; 11 — молодое пыльцевое зерно, развившееся из мужской споры. Оно содержит две клетки — вегетативную (большую) и генеративную (маленькую). Из последней образуются гаметы; 12 — зрелые пыльцевые зерна.

мосомами, соединяющимися в пары, происходит обмен генетической информацией: отдельные участки их разрываются и соединяются затем вновь, вставая на место не обязательно в «своей» хромосоме, но «перебегая» подчас в другую, парную. Такая перетасовка генетического материала называется **кроссинговером** (перекрестком). Во время второго деления перетасовка идет еще далее, так как в результате кроссинговера хромосомы каждой из двух подучившихся после гетеротипического деления клеток стали неидентичными.

В итоге мейоза возникают четыре клетки-споры. Каждая

из них имеет уменьшенное вдвое по сравнению с первоначальной клеткой число хромосом. Эти хромосомы в общем схожи с аналогичными хромосомами первоначальной клетки, но вместе с тем после произошедшей перетасовки наследственного вещества они и не вполне идентичны. Элементарные наследственные единицы — гены — у них несколько различны.

Это различие имеет глубокий эволюционный смысл.

Отвлечение в эволюцию

Мы уже упомянули, что одно из главнейших свойств живых организмов, которым они коренным образом отличаются от неживой природы, заключается в способности воспроизводить себе подобных. Однако если бы это подобие было полным, если бы дети были во всем похожи на родителей, то стала бы невозможной эволюция, не совершенствовались бы формы жизни. Кроме того, непрерывное изменение условий жизни на Земле требует от живых организмов наследственной гибкости. Потомкам приходится жить в условиях, отличных от тех, в которых жили предки. Некогда, например, вся поверхность планеты была покрыта водой первобытного океана. Позднее океан отступил, обнажив участки суши. Способность изменяться, способность приобретать новые качества помогла живым существам выйти из воды и завоевать материки. Изменялся климат Земли, наступали эпохи великих оледенений. И снова наследственная гибкость помогала живым организмам выжить, приспособиться к новым условиям существования. Кстати говоря, изменение жизненных условий зависело не только от каких-то внешних причин, но было в известной степени итогом жизнедеятельности самих организмов. Мы знаем, что нынешнее соотношение составляющих земную атмосферу газов, среди которых более 20% падает на долю кислорода, сложилось в результате деятельности зеленых растений. Когда-то атмосфера была иной, бедной кислородом, но более богатой углекислым газом.

Слияния клеток (конъюгации) и деления их посредством митозов и мейозов были, по-видимому, первыми по времени возникновения генетическими механизмами жизни. Несомненно, на заре эволюции деления и слияния клеток осуществлялись более простыми, чем сегодня, способами. Сами процессы митоза и мейоза, прежде чем достигнуть современной законченной точности, неминуемо должны были совершенствоваться. Кстати, предположение о возможности существования упрощенных — без образования специализированных клеток, какими являются споры, — способов воспроизведения себе подобных подтверждается и некоторыми ныне существующими организмами. Так, у водорослей-сцеплянок сливаются обычные вегетативные клетки, не «уполовинившиеся» в про-

цессе мейоза. Такое слияние происходит лишь тогда, когда случаются какие-то изменения в условиях существования водоросли: наступает, например, похолодание или в питании растения ощущается недостаток азотистых веществ. Это лишний раз доказывает роль слияния клеток в повышении их жизнеспособности.

Эволюция отнюдь не всегда идет по пути усложнения организации живых существ и вымирания более простых первоначальных форм. Сегодня на нашей планете обитают и одноклеточные, и грибы, и папоротники, и цветковые растения, и иные группы растительного царства — растения, с весьма различной степенью организации, но всегда с рациональным приспособлением к обитанию в тех или иных условиях.

Эволюционное совершенство одноклеточных водорослей, например, заключается в быстрой смене поколений. Подсчитано, что, если бы ничто не мешало их безграничному размножению, многие одноклеточные организмы в весьма небольшой срок окутали бы весь земной шар сплошным и толстым покрывалом из своих тел. Поразительная быстрота размножения — их главное приспособление, выработавшееся в процессе эволюции при условии, что шансы на выживание и оставление потомства у каждой отдельно взятой клеточки очень и очень малы.

Иными путями шла эволюция многоклеточных форм.

История многоклеточных организмов началась вероятнее всего с того, что одноклеточные водоросли делились, но не расходились порознь, а начинали жить совместно, в колониях. Однако, и объединившись в колонию, каждая из клеток продолжала жить прежней жизнью, выполняя вместе со своими соседками те же функции: передвижения, снабжения питанием себя и других, размножения. Но постепенно в таких колониях произошло первое разделение труда между клетками: одни из них взяли на себя функцию снабжения всей колонии питанием, на долю других выпала задача воспроизведения себе подобных.

Наверное, поначалу последние просто отделялись от старой колонии и давали начало новой. И лишь позднее возник механизм полового воспроизведения. В этом случае воспроизводящие клетки приступали к редукционному делению, и каждая из них давала начало четырем гаметам — клеткам с половинным (гаплоидным) набором хромосом. Гаметам предстояло далее найти себе партнеров для слияния. Наилучшим вариантом для потомства был тот, когда сливались гаметы, образовавшиеся в разных колониях: ведь чем разнообразнее соединенные в организме наследственные качества, тем больше у него шансов на победу в борьбе за жизнь. Но для того чтобы найти подходящего с этой точки зрения партнера, гаметам нужен механизм передвижения. Как только возник этот механизм (сегодня даже у самых примитивных водных много-

клеточных гаметы обладают жгутиками), отпала необходимость в движении всей колонии. Так возникли «сидячие» формы организмов.

Слившиеся гаметы образовывали зиготу — клетку с нормальным диплоидным набором хромосом, которая давала начало новой колонии.

Иногда в одной и той же колонии образовывались и гаметы, и споры. По-видимому, это оказывалось необходимым для расселения пассивных колониальных организмов. Жгутики гамет слабы и не могут унести их сколько-нибудь далеко от родной колонии, тем более что сами эти клетки нежны и беззащитны. Споры же способны хорошо противостоять неблагоприятным внешним условиям и какими-то внешними силами могли быть унесены на значительные расстояния от «насиженных» мест. Еще больше возможностей расселения было у активных, способных к самостоятельному передвижению, зооспор. Они могли уже не надеяться на волю случая, а самостоятельно забирались в новые места с подходящими для их жизни условиями.

Именно такую форму жизни представляет и ныне обитающая в наших пресноводных водоемах водоросль улотрикс, у которой на одной и той же многоклеточной особи формируются и споры, и гаметы.

Рассказывая об образовании гамет, мы уже упомянули «половое воспроизведение». Но в данном случае это понятие имеет в виду лишь специализацию клеток, взявших на себя функции воспроизведения. Разделение полов на мужской и женский произошло несколько позднее, и смысл его заключался опять-таки в дальнейшем «разделении труда» уже между воспроизводящими клетками. Подвижные гаметы, ищущие друг друга, чтобы, слившись вместе, дать начало новому организму, были одинаково малы, слабы и беззащитны перед лицом жизненных невзгод. Весь «строительный материал», из которого создавалась гамета, — а при малости размеров клетки запас этого материала невелик — уходил на создание механизма передвижения. В процессе эволюции природа испробовала и другой путь: создание клеток двух типов, из которых одни лучше защищены от невзгод, но пассивны, неподвижны, другие же приобрели еще большую подвижность, хотя оказались и менее жизнестойкими. На долю последних (мужских половых клеток) выпала задача поиска партнера. На долю первых, называемых сейчас женскими половыми клетками, вместе с заботой о самосохранении естественно и логически досталась забота о сохранении потомства: ведь, слившись с мужской гаметой, она становилась первоначальной клеткой нового организма. В дальнейшем развитии и совершенствовании форм жизни эта задача защиты потомства перешла и на организм, вырабатывающий женские половые клетки.

Итак, специализация привела с течением времени к тому, что женские гаметы утратили способность к передвижению и превратились в яйцеклетки.

Функцию расселения у низших форм растений осуществляют споры. Одеты плотной оболочкой, предохраняющей от неблагоприятных воздействий среды, они долго путешествуют в водной стихии. Найдя уголок с благоприятными для жизни условиями, они оседают здесь. Но у некоторых организмов споры не сразу производят гаметы, а сначала развиваются в новое — небольшое — растение, накапливающее питательные вещества для образования многих гамет, в том числе и женских, которые нужно обеспечить запасом питания впрок на первые шаги самостоятельной жизни после оплодотворения.

Так возник механизм чередования поколений, ставший с той поры обязательным для всех многоклеточных растений. Родословная каждого из них складывалась теперь следующим образом. Организм, состоящий из диплоидных — с двойным набором хромосом — клеток, производил материнские воспроизводящие клетки (первый этап размножения). Каждая из этих клеток в результате редукционного деления распадалась на четыре споры (второй этап размножения). Из каждой споры развивался новый организм, состоящий из гаплоидных — с одинарным набором хромосом — клеток. Гаплоидный организм производил множество гамет (третий этап размножения).

Диплоидный организм, иначе спорофит, производящий споры, стали называть бесполом поколением. Гаплоидный же организм — гаметофит, производящий гаметы, стали называть половым поколением.

Первоначально спорофит и гаметофит существовали раздельно. Пример такого разделения поколений дают нам те же папоротники, чье развитие было описано в начале главы.

Зачем же нужно разделение поколений? И почему оно сохранилось у столь высокоорганизованных растений суши, как папоротники? Именно потому, что папоротники некогда вышли из воды на сушу и стали сухопутными растениями. Но таковыми являются лишь спорофиты папоротников. Гаметофиты же их до сих пор нуждаются в водной среде. Она нужна им для того, чтобы оснащенные жгутиками мужские гаметы могли передвигаться в поисках женских гамет. Иначе встреча мужской и женской гамет произойти не может.

Потому-то, кстати, сухопутные папоротники обитают лишь в тенистых и сырых местах, где может скапливаться дождевая или болотная вода. Для развития спорофитов избыток воды не так нужен — эти растения могли бы обойтись и без него. Но споры (хоть превратности судьбы и могут занести их куда угодно, на любую почву), прорастают и развиваются в гаметофит только там, где для этого достаточно влаги.

Впрочем, у иных папоротников, хотя они называются водными и в самом деле обитают в воде, в процессе эволюции выработались приспособления, которые в сущности обеспечивали возможность протекания полного цикла развития на суше, в воздушной среде.

Так, у некоторых видов водных папоротников селлагинелл споры не выпадают из спорангия, а прорастают здесь же. Гаметофит, таким образом, паразитирует на спорофите, развивается и образует мужские и женские гаметы. В итоге слияния последних образуется зигота и развивается новый спорофит, который на первых порах становится паразитом на гаметофите. Только после образования корня и первого листа он покидает свою мать (гаметофит) и бабушку (материнский спорофит), переходя к самостоятельному существованию. Вероятно, такой способ развития у селлагинелл возник потому, что у этих папоротников не было особой нужды в интенсивном расселении. Выиграв независимость оплодотворения гамет от водной среды, селлагинеллы проиграли возможность широкого освоения новых мест обитания. Селлагинеллы дают пример того, как гаметофит перешел к развитию на спорофите и как сомкнулись, таким образом, два разобщенных ранее звена цепочки чередования поколений. Дальнейшая эволюция в этом направлении еще более «спрятала» развитие гаметофита. У семенных (и в частности, у цветковых) растений он развивается в тканях спорофита. Более того, здесь же происходит и начальное развитие нового спорофита (зародыша будущего растения), вырастающего из зиготы. А что касается проигранных предшественниками возможностей спорового расселения, то природа в ходе эволюции нашла немало возможностей возместить их. В частности, в любом школьном учебнике ботаники можно найти немало примеров хитроумных приспособлений, с помощью которых распространяются и проникают на новые площади семена высших растений.

Из этих примеров видно, что образ жизни цветковых растений не возник из ничего, вдруг. Он — естественный результат эволюции менее совершенных форм растений, низших эволюционных ступеней растительного царства. Цикл развития цветковых растений гомологичен, как говорят биологи, циклам развития менее совершенных форм. То есть у тех и у других одни и те же принципы развития; различие состоит в том, что цветковые — это более совершенная форма жизни, более совершенный способ осуществления жизненных процессов; в основе своей единых для всех растений.

Кстати, одно из основных отличий цветковых и других семенных растений от их, стоящих на более низкой ступени эволюции, сородичей — это высокоразвитая способность к развитию и половому воспроизведению на суше, в воздушной среде.

Возвращаясь к вопросу о том, дети или внуки развивают-

ся из семян материнского растения, и пытаюсь дать точный ответ на него, мы должны помнить про общность живых организмов, про то, что новые и совершенные формы жизни — это не отрицание предшествующих, но развитие их.

Двое в едином образе

До сих пор мы рассматривали лишь вертикальную линию родства у растений — родственные отношения потомков и предков. Как пришлось убедиться, они достаточно сложны. Но столь же непросто разобраться в горизонталях родства, проследить, кто мать и кто отец растения. Вспомним, например, плеть огурца, на которой попеременно цветут и женские, и мужские цветки. Хотя это еще не самый сложный случай: ведь большинство растений имеет обоеполые цветки.

Многие века — от античных времен и почти до начала новой истории — ученые не могли дать определенного ответа на вопрос, есть ли пол у растений. В самом конце XVII века немецкий ботаник Рудольф Камерариус подвел итоги своих наблюдений и экспериментов в «Письме о поле у растений» и, казалось, утвердил в науке истину о том, что растение может принести жизнеспособные семена лишь тогда, когда в цветке сливаются два — мужское и женское — начала. Но эти наблюдения и эксперименты не были восприняты всеми его современниками как очевидные. И даже великий Гёте приветствовал оппонентов Камерариуса, которые выдвинули учение, отрицавшее половой характер опыления у растений. Поддерживая умонастроения своего времени, он писал: «Это новое учение об опылении... можно считать в высшей степени желанным и уместным при обучении молодых людей и женщин, так как без этого преподаватель был всегда в большом затруднении. Когда эти невинные души для дальнейшего самостоятельного изучения брали в руки ботанические учебники, они не могли скрыть оскорбления своего нравственного чувства; вечные свадьбы, от которых нельзя избавиться, недопустимы с точки зрения чистой человеческой нравственности, так как единобрачие, на котором основываются нравственность, закон и религия, совершенно исчезают в сплошной похотливости».

Впрочем, ранее в «Метаморфозе растений» (1798 г.) Гёте безоговорочно признавал тычинки и пестики половыми органами цветка и говорил о том, что природа безудержно завершает вечное дело размножения растительности посредством двух полов.

Но как бы ни была трудна история признания факта, сегодня половой характер оплодотворения у растений не вызывает никаких сомнений.

Мы уже говорили выше, что понятие «пол» связано с по-

явлением на Земле в результате эволюции многоклеточных организмов, взявших на себя заботу не только о воспроизведении себе подобных, но и об обеспечении развития потомства и его защиту на первых порах жизни. Наиболее полное выражение этой тенденции можно увидеть в многочисленных примерах из жизни высших животных. В той или иной степени эта забота проявляется и в растительном мире. Конечно, растение нельзя уподобить наседке, бережно согревающей свой выводок под крылом и в минуту опасности грудью бросающейся на врага. Но все же растение обеспечивает каждое из многих порождаемых им семечек запасом питательных веществ, а подчас и иными путями облегчает первые жизненные шаги своих питомцев. Именно с этой точки зрения можно, например, рассматривать сочные и привлекательные для пернатых плоды многих растений. Птицы склевывают их вместе с семечком, но именно плод, а не семечко привлекает их — последнее остается невредимым; оболочка защищает зародыш даже от сокрушительного действия желудочного сока. Спустя какое-то время оно будет выброшено из кишечника птицы как составная часть помета. Так обеспечивается расселение семян у растений с сочными плодами. Это идет на благо данного вида растений, осваивающих все новые места обитания. Но этот же механизм идет на пользу и каждому единственному растению, вырастающему из семечка: капелька птичьего помета обогатила питательными веществами тот крохотный клочок земли, где ему суждено прорасти.

Разделение на два пола произошло значительно позднее, чем процесс оплодотворения, то есть слияния воспроизводящих клеток (у низших форм жизни его называют конъюгацией).

У животных, за некоторым исключением, особи мужского и женского пола существуют раздельно и часто существенно отличаются друг от друга даже внешне. У растений половые различия отдельных индивидов выявить труднее. Есть, правда, среди цветковых двудомные растения, у которых мужские и женские особи существуют раздельно, — таковы, например, тополя на наших городских улицах, таковы южные смоковницы (иначе — фиговые деревья, или инжир), такова конопля. Но значительно большая часть цветковых — это однодомные, у которых на одной особи сосуществуют и мужской, и женский пол. Примером того служит та же плеть огурца, на которой сосуществуют и мужские, и женские цветки. Более того, преобладающими в растительном мире являются формы не просто однодомные, но несущие к тому же обоеполые (гермафродитные) цветки, в каждом из которых соседствуют и мужские, и женские половые органы — и тычинки, и пестики.

Однако, как уже было сказано, для обеспечения большей

наследственной гибкости и больших возможностей приспособления к различным или меняющимся условиям внешней среды в новом поколении желательно иметь соединение двух разнородных генетических начал. В обоеполых же цветках, и даже у однодомных растений, это требование как будто бы предано забвению.

Почему так получилось?

Вероятно, в период эволюционного становления покрытосемянных главнейшей задачей природы было обеспечение полового оплодотворения вне водной среды. Задача осложнялась тем, что растения ведут прикрепленный образ жизни — он вытекает из особенностей их питания: пища растений — почвенные растворы и атмосферной углекислый газ — относительно равномерно и непрерывно распределена по земле, ее не нужно искать. Понятно, что такой образ жизни не позволяет раздельнополым особям отправиться на поиски противоположного пола. В этих условиях и возникли обоеполые самоопыляемые цветки.

Такое решение задачи было тем более оправданным, что первые наземные растения обитали, по-видимому, в стабильных условиях влажного тропического климата.

В последующем ходе эволюционного развития появились и совершенствовались приспособления к опылению цветков ветром или с помощью насекомых. Так стала решаться проблема соединения в потомстве различных наследственных качеств и вместе с тем начали развиваться механизмы, которые уже препятствовали самоопылению, то есть соединению при оплодотворении одинаковых наследственных задатков. Здесь нет единообразия. В одних обоеполых цветках тычинки и пестики имеют разную высоту, и это не позволяет собственной пыльце попасть на рыльце пестика. В других случаях пестик быстрее «взрослеет» и становится способным к восприятию задолго до того, как в тычинках созреет собственная пыльца. В третьих — химические и физиологические особенности растения препятствуют прорастанию на рыльце пестика пыльцы собственного цветка или даже пыльцы других цветков того же растения. В каждом из этих случаев оплодотворение может произойти только при перекрестном опылении, только при попадании на цветок пыльцы другого растения. Логическим завершением пути создания препятствий для самоопыления было полное разделение полов, какое мы видим у двудомных растений.

Однако, как мы уже сказали, на сегодня среди цветковых растений преобладают не двудомные и даже не однодомные с раздельнополыми цветками, но формы с обоеполыми цветками. Либо эволюционный процесс разделения полов у растений еще далек от завершения, либо, напротив, растениям выгоднее иметь обоеполые цветки для того, чтобы всегда иметь возможность вернуться в случае надобности к самоопылению.

В многообразном мире современных цветковых растений есть виды, у которых постоянно, и из поколения в поколение происходит только самоопыление. Цветки таких растений специально приспособлены для него. У одних одновременно созревают тычинки и рыльца пестиков, у других тычинки, созревая, изгибаются в сторону пестика, например у барбариса, а у некоторых лилий, наоборот, рыльце пестика приближается к тычинкам (рис. 3). Подчас опыление происходит на

Рис. 3. Цветок *Pirola rotundifolia* L в момент самоопыления. Видно характерное расположение тычинок над (1) пестиком (2). Пыльца, созревая, падает вниз и неизбежно попадает на рыльце пестика.



стадии бутонов, когда цветок еще не раскрылся, например у гороха. А у иных растений — таковы некоторые фиалки и орхидеи, арахис и кислица — цветок вообще потерял способность раскрываться. Интересно, что эти приспособления к самоопылению встречаются у ярких, заметных цветков, которые были приспособлены к опылению насекомыми (некоторые из горечавок, луковых и др.). Очевидно, эволюционная приспособленность к самоопылению затронула не только внешнее строение цветка, но выразилась и в какой-то, пока еще не известной в деталях, приспособленности генетического механизма. Известно, что принудительное самоопыление тех растений, которые в природе опыляются только перекрестным способом, приводит к появлению ослабленного потомства. У самоопыляемых растений этого не происходит.

Однако приспособлений к перекрестному опылению у растений не меньше, чем к самоопылению. Многие цветки приобрели способность привлекать насекомых-опылителей нектаром, запахом, окраской и формой. У многих выработаны весьма хитроумные приспособления, обеспечивающие обязательную отдачу пыльцы насекомым-опылителям при любом посещении цветка и столь же обязательный прием пыльцы от насекомого (погремок, некоторые шалфеи и орхидеи). Не менее сложны и надежны приспособления ветроопыляемых цветков.

ДЛЯ ЧЕГО ЦВЕТУТ ЦВЕТЫ?

Для нас людей — любовь,
А для травы иль дерева — цветенье.

В. Солоухин

В сущности, ответ на вопрос, вынесенный в название главы, мы уже дали несколькими страницами выше: цветок — орган полового воспроизведения и размножения растений. Правда, у водорослей, мхов, папоротников эти функции выполняются и без цветков, но у них оплодотворение осуществляется во влажной среде. Цветок у семенных растений позволяет обеспечить оплодотворение вне водной среды.

И все-таки мы не случайно еще раз вернулись к этому вопросу. Нам важно выяснить не только *для чего* существует цветок, но и как, *каким образом* он исполняет роль, отведенную ему природой. А она, эта роль, несмотря на то что жизнь цветка, как правило, относительно коротка, отнюдь не эпизодична, а главное — непроста. Цветок появляется в некий кульминационный момент драматической повести жизни растения и всем ходом эволюционного ее развития подготовлен к своему «выходу». Роль его не кончается торжеством свершившегося опыления. Этот миг — лишь некая середина жизни того самого невидимого миру промежуточного — гаметофитного — поколения растений. Это поколение рождается в тканях цветка и здесь же кончает свою жизнь, обеспечив встречу и слияние женского и мужского начал — оплодотворение.

Главное и неглавное

Даже самая богатая выставка, на которой продемонстрировали бы своих питомцев цветоводы целой страны, не смогла бы все-таки дать полного представления о всем разнообразии форм, размеров, красок и о всех особенностях строения цветков, созданных природой. Однако некоторые основные моменты в развитии и структуре цветка у всех растений остаются строго неизменными. А потому можно говорить о некоем условном цветке, обобщенном макете, детали которого с теми или иными отклонениями в «конструкции» входят в цветки всех растений.

Цветок служит растению для полового воспроизведения и размножения себе подобных, для репродукции. Эта функция его осуществляется в репродуктивных органах, которые можно считать главными. Но в осуществлении опыления — по

крайней мере в тех цветках, где этот акт может происходить только с помощью насекомых, — важнейшее значение имеют неполовые, так называемые стерильные органы цветка. Разнообразные и причудливые подчас формы лепестков не прихоть природы, а сохраненная естественным отбором целесообразность, соответствие выполняемым целям. (Происхождение слова не лишне напомнить тем, кто весьма часто употребляет его по привычке, не задумываясь о том, с какими именно целями сообразна та или иная функция жизни, та или иная конструкция живого органа.)

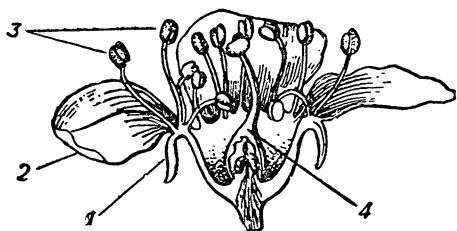


Рис. 4. Органы насекомоопыляемого цветка:
1 — чашелистик; 2 — лепесток; 3 — тычинки, 4 — пестик и завязь внизу. В разрезе условно показаны семязачатки.

Наш условный цветок обоеполый (рис. 4). Ведь уже говорилось выше, что именно таково подавляющее большинство цветков. Все органы его располагаются на одном общем основании, называемом **цветоложем**. Самые наружные стерильные органы — **чашелистики** — образуют в совокупности своей **чашечку**. Следующий пояс стерильных же лепестков образует **венчик**. Еще ближе к центру цветка располагаются **тычинки** (мужские репродуктивные органы цветка), совокупность которых называют **андроцеом**. Наконец, центр цветка занимает **гинецей** — комплекс женских репродуктивных органов, включающий в себя **завязь**, над которой возвышается **пестик**. Последний состоит из **столбика** и **рыльца**¹.

Внутри завязи, на плаценте, расположены **семяпочки**, в которых после опыления и следующего за ним оплодотворения происходит зарождение и развитие нового организма.

Стерильные органы цветка — венчик и чашечку — называют также **околоцветником**. Он характерен для насекомоопыляемых растений. Ветроопыляемые цветки — голые, околоцветника у них, как правило, нет. Но общая схема цветка, как видим, сохраняется и здесь. Просто выпадают (говоря языком математиков, становятся равными нулю) детали око-

¹ Отец систематики растений Карл Линней различал понятия «завязь» и «пестик» таким образом, что включал в последнее столбик и рыльце. Позднее ботаники стали подчас называть пестиком всю женскую часть цветка, включая завязь. Однако в этом случае понятия «гинецей» часто перекрывают друг друга. Чтобы избежать этого, мы используем вышеназванные понятия так, как предложил Линней.

лоцветника. Точно так же в однополых цветках выпадают детали андроец в женских цветках или гинецей в мужских. Но во всех двуполых цветках гинецей находится в центре цветка, а комплекс андроец окружает его.

Многообразие внешних форм цветков также сведено ботаниками в систему и, оказывается, уместается в довольно узкие рамки. Прежде всего различают правильные цветки с радиальным строением, как, например, у яблони или у мака, и неправильные с двусторонней (билатеральной) симметрией, как у гороха или львиного зева. По строению венчика цветки разделяют на раздельно- и спайнолепестковые. Кроме того, различают цветки простые и махровые — с ненормально увеличенным числом лепестков. По большей части махровость — это своеобразное уродство. Дополнительные лепестки развиваются подчас за счет угнетения репродуктивных органов и на их месте, что делает цветок бесплодным, хотя с человеческой точки зрения и красивым.

«Откуда ты, прекрасное дитя?»

Цветок в самом деле прекрасен. И, поскольку приходится задавать вопрос о его происхождении, он сам собой формулируется приведенными в заголовке словами из пушкинской «Русалки»...

Разнообразие растительных форм позволяет проследить эволюцию высших растений — цветковых. Казалось бы, разнообразие форм цветков могло бы оказать столь же существенную помощь в изучении происхождения цветка. Однако до сих пор вопрос о том, как возник цветок, еще далек от своего окончательного решения.

Со времен Гёте, с конца XVIII века, считалось, что генеративные органы цветка — гинецей и андроец — есть видоизмененные (претерпевшие метаморфоз) листья. Эта точка зрения и сейчас еще имеет своих приверженцев. Но более значительная часть морфологов сегодня придерживается так называемой «теломной» теории. Она говорит о том, что прообразом органов воспроизведения цветка следует считать не лист, а телом — репродуктивный стеблевой орган простейших покрытосемянных. Листоподобные же изменения в органах цветка являются вторичными и возникли (как и сами листья растений) вследствие приспособления к тем или иным условиям обитания.

Эта точка зрения в значительной мере основывается на данных палеонтологии. У некоторых ископаемых представителей высших растений были обнаружены спорангии (органы, производящие споры), сидящие прямо на концевых участках ответвлений стебля. Примечательно, что у этих растений еще не было настоящих листьев. Но это и говорит о том, что ре-

продуктивные органы — предшественники цветков — появились еще до возникновения листьев, а значит, никак не могли быть видоизменением последних.

Есть и иные предположения о механизме возникновения цветка. Но ни одно из них не принято ботаниками единогласно. Вопрос остается в значительной мере открытым. Окончательное решение его имело бы важное значение для теоретической ботаники, так как помогло бы построить правильную и развернутую картину развития растительного царства.

Так обстоит дело с вопросом о возникновении цветка в эволюционном плане. Более ясна эмбриологическая картина развития цветка, появления его на каком-либо конкретном растении.

Хотя и здесь есть свои загадки.

Например, какие причины и какие механизмы вызывают цветение у растений? Вопрос этот далеко не праздный. Помимо теоретического, он имеет и практическое значение. Если бы работники сельского хозяйства могли по собственному желанию вызывать более раннее или более позднее цветение растений, то в одних случаях можно было бы составить менее напряженный график уборочных работ, в других — получать ранние урожаи овощей, в третьих, приравливая сроки цветения и созревания к оптимальным метеорологическим условиям, добиваться более высоких и устойчивых урожаев.

Сейчас известны некоторые приемы, позволяющие несколько сдвигать во времени начало цветения иных растений или изменять скорость развития цветков. Но, во-первых, размах этих изменений очень невелик, а во-вторых, существующие приемы рождены эмпирическим путем, под ними нет прочной теоретической базы, которая позволила бы совершенствовать и расширять их.

Существует несколько мнений о сущности механизмов, обеспечивающих зацветание растения. Но ни одно из них не вышло за рамки предположений и догадок. Советский физиолог, академик М. Х. Чайлахян выдвинул, например, гипотезу о наличии специальных гормонов цветения — флоригенов, которые вырабатываются в определенную пору в растении и вызывают рост и распускание цветочных бутонов. Гипотеза эта очень заманчива. К сожалению, выделить и испытать эти гормоны до сих пор не удалось.

Цветки на растении всегда появляются лишь после того как разовьются корни и листья и создадут определенный запас питательных веществ. Это касается и многолетних растений, даже тех, которые цветут ранней весной, ведь и о них в свое время позаботились корни и листья.

Итак, в какой-то период своей жизни растение — пока еще таинственным для нас образом — переходит к образованию цветков.

Каждый растущий и тянущийся к солнцу стебелек закан-

чивается вегетативной точкой роста — комплексом верхушечных клеток. Эта верхушка стебелька называется **стеблевым апексом**. Здесь в определенной по месту и времени последовательности появляются зачатки листьев, впоследствии растущие и развивающиеся во взрослый орган, несущий важнейшую не только для самого растения, но и для всего живого на Земле функцию фотосинтеза, созидания органического вещества. Но однажды стеблевой апекс теряет обычную для себя форму, перестает порождать зачатки листьев и переходит к образованию цветка. Из вегетирующего он становится генеративным.

Первыми возникают зачатки чашелистиков, вслед за ними зачатки лепестков, потом тычинок и наконец завязи. Поначалу все они представляют собой однородные бугорки одинаковой в каждом из зачатков образующей ткани, окруженной слоем поверхностных клеток. По мере дальнейшего роста из образующей ткани выделяются пучки проводящих клеток. Чуть позднее начинается направленный рост и деление определенных групп клеток и дифференция их, то есть выделение из общей массы клеток будущих специализированных по назначению тканей. Так происходит становление своей особой, свойственной только определенному органу цветка, формы и структуры.

Некоторые подробности биографии «родителей»

Следует снова вернуться мыслью к папоротникам. Когда-то эти растения задали нашим внимательным предкам первую загадку. Они были во всем на первый взгляд похожи на все прочие растения, и в то же время никто не видел их цветения. Бессильные найти точное, научное объяснение этому явлению, предки дали ему объяснение поэтическое, придумав легенду о цветке Ивановой ночи. Но с той поры как наука, отыскав заростки папоротников и открыв у них чередование поколений, опровергла легенду, возникла вторая загадка. На этот раз она относилась к цветковым растениям и спрашивала о том, как же у них происходит смена полового и бесполого поколений.

Для того чтобы ответить на нее, потребовался великий и скрупулезный труд ботаников, проследивших, как развиваются мужские и женские генеративные органы растений, как зарождаются в них пыльца и семечки, что само по себе и является половым — гаметофитным — поколением цветковых, или, иначе, родителями тех ростков, которые взойдут из семян.

Итак, в предыдущей главе мы оставили тычинку, начавшую развиваться из зачатка, в самом начале ее роста. Он

продолжается далее, причем клетки чаще делятся и активнее растягиваются по длине бугорка, чем поперек него. Деление клеток поверхностного слоя происходит всегда перпендикулярно к поверхности роста. Клетки же основной ткани зачатка делятся в это время в самых разных направлениях.

Спустя некоторое время рост тычинки в длину приостанавливается и ее вершинная область начинает разбухать, утолщаться. Это означает, что развитие тычинки вступает в стадию образования **пыльника**. На каком-то этапе этой стадии, когда становятся различимыми зачаток пыльника и тонкая, несущая его часть, называемая тычиночной нитью, в определенных местах самого пыльника закладываются спорангии, или, иначе, **пыльцевые гнезда**. Чаще всего их бывает четыре — это почти правило. Реже — два. И совсем уж редко один или более четырех.

По мере развития спорангиев (если их четыре) пыльник принимает четырехлопастную форму и те клетки его, что расположены в центре каждой из лопастей под поверхностным слоем, начинают делиться. Но перед этим они несколько увеличиваются в размерах и их цитоплазма становится более густой, чем ранее и чем цитоплазма окружающих клеток. Делятся эти центральные клетки (их называют **археспориальными**), в направлении, строго параллельном поверхности пыльника. Наружу, в сторону поверхностного слоя, отделяются клетки, которые впоследствии образуют стенку спорангия. Внутрь уходят клетки спорогенной ткани. После нескольких обычных митотических делений они переходят в состояние **микроспороцитов** и делятся наконец мейотически, рождая новое половое поколение — споры мужского гаметофита. Из каждого микроспороцита образуются четыре споры. Дальнейшую жизнь спор можно и следует рассматривать уже как особую жизнь гаметофита, хотя она еще и продолжает протекать внутри тканей спорофита.

Внешняя оболочка созревшего пыльцевого зерна может быть гладкой, более или менее шероховатой или, наконец, липкой. Это зависит от способа опыления у тех или иных цветков. Пыльца может распадаться на отдельные пыльцевые зерна, но часто тетрады не распадаются и четыре споры так и переносятся при опылении вместе.

Сразу после своего образования споры начинают вести себя очень агрессивно. Они поглощают ткани стенок спорангия, расположенные вокруг, и усиленно растут.

В период созревания пыльцевых зерен — спор — происходит одно или два митотических деления ядер. В результате первого деления внутри микроспоры — гаметофита — образуется большая вегетативная клетка и маленькая генеративная. Последняя словно плавает в цитоплазме первой. Вегетативная клетка далее не делится, а генеративной предстает еще одно деление, в итоге которого образуются два спермия.

Зрелое пыльцевое зерно становится, таким образом, трехклеточным. Как правило, это происходит уже после того, как пыльцевое зерно попадает на рыльце.

Размеры пыльцевых зерен у разных растений очень различны. У платана, например, пыльца столь мелка, что неразличима простым глазом. Самая же крупная пыльца у мальвы и тыквенных — размер каждого зерна достигает нескольких десятых миллиметра. Различно и количество пыльцы в тычинках разных видов растений: у одних образуются лишь сотни и даже десятки пыльцевых зерен, у других — тысячи, а у третьих — в каждой тычинке астрономическое число — несколько миллионов. Неодинакова и жизнеспособность пыльцы. У большинства злаков она сохраняет способность к прорастанию на рыльце женского цветка лишь в течение 1—3 дней, а у некоторых орхидных даже 178 дней. Еще более высокая жизнеспособность пыльцы у финиковой пальмы — она сохраняется в течение почти целого года. В странах, где культивируется эта пальма, издавна знают о замечательном свойстве ее пыльцы, и некогда она даже служила предметом оживленной торговли.

Проследив образование пыльцевых зерен, мы можем далее перейти к ознакомлению с тем, как развивается семязпочка или женский спорангий:

На первых порах **плодолистики** — зачатки женского органа цветка, из тканей которых зарождаются семязпочки, развиваются примерно так же, как и тычинки. Плодолистики у большинства покрытосемянных растений в той или иной мере срастаются в единый орган — завязь. Верхушка ее разрастается и образует пестик (столбик с рыльцем). Во внутренней же полости самой завязи начинается развитие женских спорангиев-семязпочек. Строение последних у покрытосемянных растений отличается большим разнообразием. Есть особенности и в развитии семязпочек у различных растений, а потому рассказывать об этом процессе лучше всего на конкретном примере.

Вот как происходит это у грушанки — частого и обыкновенного травянистого растения лесов нашей средней полосы.

Семязпочка, как ранее сам плодolistик, начинается с небольшого бугорка из однородной (меристематической) ткани. Вскоре после возникновения этого бугорка вершина его, вследствие неравномерного темпа деления составляющих его клеток и неравномерного их роста, начинает изгибаться. В то же время в центре этой вершины одна из клеток на некоторое время теряет способность к делению, быстро увеличивается в размерах и заполняется густой цитоплазмой. Это — **археспориальная клетка**. Именно она впоследствии даст начало новому половому поколению.

В женском спорангии, в отличие от мужского, закладывается только одна археспориальная клетка. Вскоре она пре-

вращается в мегаспороцит — материнскую клетку женских спор. Ядро клетки испытывает ряд сложных превращений и наконец делится мейотически. В итоге двух делений образуется тетрада — четыре лежащих друг за другом или Т-образно женских споры.

В конечном итоге семяпочка изгибается столь сильно, что бывший верхний ее конец направляется вниз, к тому месту, где некогда возник первоначальный бугорок. Внешний покров одевает теперь тело семяпочки таким образом, что над ее вершиной остается только небольшой канал — **микропиле**, или **пыльцевход**. Впоследствии, когда будет совершаться процесс оплодотворения, через этот канал в семяпочку проникнет пыльцевая трубка со спермиями.

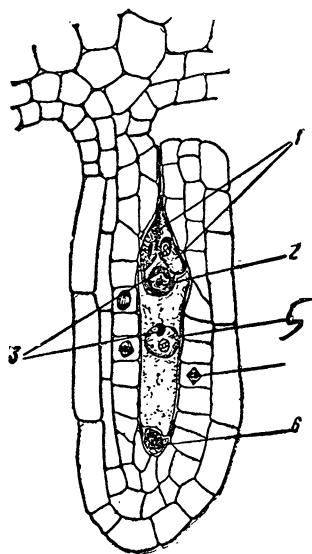


Рис. 5. Двойное оплодотворение у растений:

1 — синергиды; 2 — яйцеклетка; 3 — спермии; 5 — клетка зачатка эндосперма; 6 — антиподы.

В мужском спорангии все споры имеют равные возможности для развития. В женском же такую возможность получает лишь одна из четырех спор. Вскоре после завершения редукционного деления эта «избранница» начинает ускоренно расти. Три другие, напротив, постепенно разрушаются, и продукты их разрушения использует растущая спора. Возможно, что именно она и является виновницей их гибели. Кстати говоря, она поглощает не только сестринские споры, но и многие клетки окружающей ее ткани.

Женский гаметофит, развивающийся из мегаспоры, носит в эмбриологии растений название **зародышевого мешка** (рис. 5).

Но прежде чем перейти к описанию его развития и строения, следует напомнить, что выше был рассмотрен лишь один

вариант становления семяпочки. Возможны и другие. Например, в иных случаях микропиле в процессе развития поворачивается на 360° и семяпочка становится в итоге не изогнутой, а словно бы снова прямой. Случается, что в теле семяпочки возникает не одна, а две или даже целая группа археспориальных клеток. Развитие их протекает обычно на основе конкуренции, и та, что в силу каких-либо обстоятельств вырывается вперед, угнетает и поглощает своих сестер. Есть и иные особенности «биографии» семяпочек.

Но перейдем к развитию зародышевого мешка.

В мегаспоре начинается деление ядра, но своеобразное — оно не сопровождается образованием клеточных оболочек. Мегаспора переходит в состояние **ценоцита** — клетки с несколькими ядрами. После первого деления дочерние ядра расходятся к полюсам развивающегося зародышевого мешка. Затем следуют еще два деления каждого из дочерних ядер, и в результате образуется восьмиядерный ценоцит с четырьмя ядрами у каждого из его полюсов. При этом фигуры делений каждых двух соседних ядер располагаются перпендикулярно друг другу.

На стадии восьми ядер в каждом из полюсов зародышевого мешка начинается образование клеточных оболочек. Полюса эти имеют свое название. Ближайший к микропиле именуется микропилярным, далее отстоящий — халазальным. На халазальном полюсе формируются три одинаковые клетки. Четвертое же ядро вместе с одним из ближайших ядер микропилярного полюса образует новый двухъядерный ценоцит — центральную клетку зародышевого мешка, которой в будущем уготовлена особая роль. Три остальных ядра микропилярного полюса также одеваются оболочками, и все вместе составляют так называемый яйцевой аппарат. При этом две из сестринских клеток приобретают сходную форму, а третья — отличие от них: она превращается в женскую половую клетку — **яйцеклетку**.

Таким образом, конечная структура зародышевого мешка включает в себя следующие компоненты: яйцеклетку, две сестринские клетки, называемые **синергидами**, центральную двухъядерную клетку и три одинаковые клетки в халазальном полюсе — **антиподы**. Синергиды и центральная клетка в дальнейшем принимают активное участие в оплодотворении и последующем развитии зародышевого мешка. Антиподы же берут на себя снабжение зародышевого мешка питательными веществами.

Столь обстоятельное знакомство с развитием и структурой зародышевого мешка необходимо нам для того, чтобы в дальнейшем перейти к описанию святой святых — интимной жизни растения — процессу двойного оплодотворения. Но, кроме того, знакомясь с этим развитием, следует постоянно помнить, что речь идет в данном случае не о становлении одного из

органов растения, но о жизни в тканях растения особого, в сущности, организма — гаметофитного поколения, в данном случае материнского.

Подчас гаметофит развивается иным, отличным от описанного выше, путем. У некоторых растений редукционное деление мегаспороцита в семязпочке не идет до конца, ядро археспориальной клетки делится лишь однажды и только одна из этих двух дочерних клеток развивается в зародышевый мешок. В ряде случаев редукционного деления вообще не происходит и начало зародышевому мешку дает сам спороцит. Структура зародышевого мешка также бывает отличной от описанной выше «классической» — он может состоять не из 8, а из 4 или 16 ядер. К тому же меняться может не только число ядер, но и само строение зародышевого мешка. Так, например, иногда число клеток-антиподов бывает значительно большим, чем три, центральная клетка бывает не двухъядерной, а подчас даже восьмиядерной... Но не стоит перечислять эти отклонения далее. В каждом из таких случаев есть или может быть найдено свое объяснение факту. Это объяснение базируется на особенностях происхождения, образа жизни или развития того или иного конкретного растения, рассказ о котором увел бы нас в сторону. Поэтому ограничимся лишь сказанными выше несколькими строчками, да еще восхищенными словами героя крыловской басни:

«Куда на выдумки природа таровата!».

Их интимная жизнь

Итак, мы остановились на том, что в недрах цветка завершилось образование отцовского и материнского полового поколения: мужских гаметофитов — пыльников и женских — зародышевых мешков. Период подготовки к половому воспроизведению закончился. Но для его осуществления необходимо слияние мужской и женской половых клеток. Впрочем, у цветковых растений сливаются не сами половые клетки, но лишь ядра их.

Мужские половые клетки цветковых растений не имеют никаких приспособлений к самостоятельному движению. Поэтому особенно важной становится роль посредников, переносящих пыльцу с цветка на цветок: ветра и насекомых-опылителей. Кстати, не только насекомые принимают участие в столь важном для растений процессе опыления. В тропических странах огромное количество растений приспособилось к опылению с помощью птиц — колибри, нектарниц и прочих. Очень часто опылителями служат летучие мыши.

Но все же основными помощниками в опылении для большинства видов цветковых растений являются насекомые. Многие, очень многие цветки обладают хитроумнейшими при-

способностями для привлечения насекомых и для обеспечения с их помощью переноса пыльцы с тычинок одного цветка на рыльце другого. Перекрестное опыление в таком случае оказывается возможным исключительно с помощью того или иного вида насекомых, и если этих насекомых нет, растение часто оказывается бесплодным.

Эту строгую и гармоничную слаженность разных звеньев природы особенно необходимо иметь в виду тогда, когда для защиты посевов и урожая от вредителей приходится прибегать к мерам химической борьбы. Ядохимикаты, уничтожая вредителей, неизбежно губят массу полезных насекомых, в том числе и насекомых-опылителей. Прибавка урожая на обработанном с помощью химических средств участке может, таким образом, подчас отрицательно сказаться на урожае соседних полей или садов.

Но вот насекомое (или ветер) выполнило свою роль — и пыльцевое зерно приклеилось к липким выделениям на поверхности рыльца.

Вспомним, что зрелое пыльцевое зерно — мужской гаметофит — представляет собой округлое образование, состоящее из так называемого вегетативного ядра и генеративной клетки, плавающих в богатой крахмалом и жирами клеточной плазме. Эти составляющие пыльцевого зерна покрыты двумя оболочками — внешней и внутренней. Внешняя оболочка зерна пористая, и это обстоятельство играет роль в осуществлении оплодотворения.

Попадая на рыльце цветка своего вида, пыльцевое зерно прорастает на нем, образуя пыльцевую трубку, по которой спермии и добираются до яйцеклетки в зародышевом мешке. Прорастание начинается с того, что внутренняя оболочка пыльцевого зерна внедряется в одну из пор внешней и разрастается в виде сосочка, в который как бы перекачивается протоплазма зерна, его вегетативное ядро и генеративная клетка. Первым обычно проникает в пыльцевую трубку вегетативное ядро.

Вскоре после проникновения в пыльцевую трубку генеративная клетка делится (митотически) и образует два спермия. Каждый из них представляет собой микроскопически малую клеточку, которая состоит из ядра, окруженного густой, однородной на вид протоплазмой. Иногда спермии образуются в зрелом пыльцевом зерне еще до выхода генеративной клетки в пыльцевую трубку.

Пыльцевая трубка сначала внедряется в ткань рыльца, а затем проникает в столбик пестика. Растущий конец ее выделяет вещества, способные растворять межклеточные ткани, и пыльцевая трубка, все глубже и глубже внедряясь между клетками столбика, направляется внутрь завязи, к семязпочкам. Любопытна и еще не объяснена эта способность трубки

расти именно в нужном направлении, кратчайшим путем выходя к зародышевому мешку. Не исключено, что здесь участвуют какие-то химические влияния, помогающие трубке находить нужный путь.

Рост пыльцевой трубки продолжается достаточно долгое время. Минимальный промежуток времени, необходимый для достижения ею семязпочки, равен 15 мин. Наиболее обычный потребный для этого срок составляет несколько часов. Но иногда процесс роста пыльцевой трубки растягивается на несколько месяцев. Так, у нашей березы он длится целый месяц, у ольхи и лещины — лесного ореха — от месяца до двух, а у некоторых представителей тропических орхидей (у них к моменту опыления семязпочки еще не достигают полной зрелости) — даже 6—7 месяцев. По-видимому, последнее связано с сезонными явлениями, которым подчинена жизнь орхидей. Получается так, что опыление у них происходит в один дождливый сезон, а распространение семян — в следующий. Цикл оплодотворения и развития семян растянут, таким образом, на целый год — от одного дождливого сезона до следующего.

Любопытно, что при перекрестном опылении скорость роста пыльцевой трубки у одного и того же вида бывает всегда выше, чем при самоопылении.

Проникая из столбика в завязь, пыльцевые трубки растут вдоль внутренней ее стенки и достигают семязпочек, внедряясь в них через микропиле — **пыльцевход**. Это наиболее типичный случай. Но иногда пыльцевая трубка избирает более сложный путь и проникает сначала в стенку завязи, а затем — в семязпочку через ее основание. Так происходит, например, у берез, ольхи, лещины, граба и грецкого ореха.

По пыльцевходу семязпочки пыльцевая трубка дорастает до вершины зародышевого мешка (женского гаметофита), растворяет его оболочку и изливает в него свое содержимое: цитоплазму, вегетативное ядро и оба спермия. Последние обычно проходят свой путь в зародышевом мешке через содержимое одной из синергид. К тому времени спермии теряют свою цитоплазму и мужское ядро сливается с женским.

Еще в 1884 году немецкий ботаник Эдуард Страсбургер сумел проследить все последовательные фазы внедрения пыльцевой трубки в зародышевый мешок, а затем и слияние одного из спермиев с ядром яйцеклетки. Но оставалась неизвестной судьба второго спермия. Лишь четырнадцать лет спустя, в 1898 году, русский эмбриолог С. Г. Навашин проследил и его судьбу: он установил, что у покрытосемянных растений при оплодотворении один из спермиев сливается с ядром яйцеклетки, а другой — со слившимися перед этим полярными ядрами центральной клетки зародышевого мешка. Этот процесс получил с той поры название *двойного оплодотворения* (см. рис. 5).

В итоге слияния спермия с ядром яйцеклетки возникает диплоидный зародыш, а слившиеся второй спермий и ядра центральной клетки дают начало триплоидному эндосперму — особой питательной ткани, которую в последующем своем развитии использует зародыш.

Так происходит оплодотворение. И моментом его, моментом слияния спермиев с ядром яйцеклетки и ядрами центральной клетки, кончается невидимая непосвященным жизнь поколения мужского и женского гаметофитов — родителей ростка, которому еще предстоит взойти из семечка. Начинается жизнь нового спорофитного поколения.

Впрочем, третье, внучатное, поколение не спешит покинуть растение-бабушку. Зародыш его, еще проходит период созревания.

Но об этом будет рассказано в следующей главе. А здесь еще следует упомянуть об отклонениях от классического двойного оплодотворения — отклонениях, на которые, как мы уже неоднократно имели возможность убедиться, очень щедро природа.

Почти в то же время, когда С. Г. Навашин открыл двойное оплодотворение у растения, шведские ботаники Г. Юэль и С. Мурбек установили, что у некоторых растений яйцеклетка способна развиваться в зародыш вообще без оплодотворения, без слияния со спермием. Так был открыт партеногенез у растений — возможность развития зародышей и семян без участия мужской половой клетки.

Еще позднее было установлено, что у некоторых видов орхидей происходит только слияние одного спермия с ядром яйцеклетки. Центральная же клетка в этом случае либо не развивается совсем, либо развивается и без слияния со вторым спермием.

Наконец, возможно — и наблюдалось исследователями — излияние в зародышевый мешок содержимого не одной, а нескольких пыльцевых трубок. В результате ядро яйцеклетки сливалось не с одним, а с двумя или несколькими спермиями.

КОНЕЦ И НАЧАЛО

Словом, не гибнет ничто, что как будто совсем
погибает,
так как природа всегда возрождает одно из
другого
и ничему не дает без смерти другого ро-
диться.

Тит Лукреций Кар

Эмбриология — это, по сути дела, наука о бессмертии, о том, как в недрах старого, может быть, уже отживающего, организма зарождается новая юная копия его. Как правило, новый организм несет в себе черты не одного, но двух предков, в этом и состоит сущность полового воспроизведения. Копия оказывается, таким образом, в некоторых чертах отличной от оригинала, от облика своих прародителей. Эти отличия, новые качества новой жизни — благодатный материал для эволюции. Естественный отбор отбраковывает новые, но неудачные качества и сочетания их и лелеет те, что лучше прочих отвечают тем или иным условиям жизни, и те, что оказываются совершенными в любых условиях.

Бессмертие — это не просто непрерывная цепочка жизни, но цепочка жизни, постоянно изменяющей свою форму, постоянно совершенствующейся. Половое воспроизведение живыми организмами себе подобных и предназначено, с одной стороны, именно для обеспечения наибольших возможностей совершенства в потомстве.

Но мы уже говорили и о другой стороне полового размножения, о том, что в процессе эволюции обособливается пол, берущий на себя заботу об обеспечении первоначального развития потомства и о защите его от невзгод на первых порах жизни. В этом смысле растение, на котором зреют семена, может полноправно считаться материнским. Усилия, которые предпринимаются им для того, чтобы должным образом снарядить семена в самостоятельную жизнь, достаточно велики. Конечно, в дальнейшем семенам еще предстоит упорная борьба за место под солнцем, но они придут к ней в значительной мере защищенными и подготовленными. Во всяком случае, у каждого семени, наверное, не меньше шансов выжить, чем, скажем, у рыбки или лягушачьей икринки.

Но посмотрим, как протекают последние этапы несамостоятельной, в лоне материнского организма, жизни зародыша и как подготавливается он к последующей самостоятельной жизни.

«Дорожная котомка» зародыша

Запас питательных веществ, которые нужны зародышу как для становления его в недрах семени, так и на первых этапах самостоятельной жизни, накапливается в эндосперме. Последний можно, пожалуй, сравнить с наполненной провизией дорожной котомкой. Эндосперм — это своеобразное, характерное лишь для высших растений образование. Запас питательных веществ есть и в рыбьей икринке, и в курином яйце. Но и икринка, и яйцо — это одиночные клетки, яйцеклетки. А семья растения — целый комплекс, в который входят и развившийся из яйцеклетки зародыш, и представляющий собой самостоятельное многоклеточное образование эндосперм.

Но что такое эндосперм в эволюционном смысле? Каково его происхождение?

Приходится признать, что в нашей небольшой брошюре загадок и предположений чуть ли не больше, чем окончательных и категорических ответов. Вот и о происхождении эндосперма существуют лишь предположения. В частности, была высказана мысль, что эндосперм является преобразованным в процессе эволюции дополнительным сестринским зародышем. Эта мысль поддерживается тем, что у иных растений в зародышевом мешке одновременно развиваются несколько зародышей: один, как и положено, из яйцеклетки, а другие из синергид (сестринских клеток яйцеклетки в микропиле полюсе зародышевого мешка) или даже из клеток окружающих тканей.

Может быть, именно вследствие того что при образовании эндосперма сливаются не два, а три ядра, центральная клетка не становится зародышем. Наследственный хромосомный аппарат ее отличен от того, что присущ данному виду растения. Эндосперм — это своеобразная «опухолевая» ткань, которая служит складом питательных веществ для зародыша, а в дальнейшем очень часто и для проростка нового растения.

Мы не случайно начали рассказ о семени именно с эндосперма. Обычно после оплодотворения его центральное ядро начинает развиваться раньше, чем яйцеклетка.

Существует два основных способа развития эндосперма. Первый называется клеточным. При нем каждое деление ядер в эндосперме сопровождается образованием клеточных перегородок. Второй тип называется ядерным. При нем ядра делятся и свободно располагаются в общей цитоплазме. Клеточные перегородки вокруг ядер образуются лишь впоследствии, к моменту окончания созревания семени. Впрочем, бывает и так, что эти перегородки вообще не образуются.

Но развитие эндосперма заключается не только в делении его ядер. Параллельно с этим активно нарастает его масса—

за счет усиленной аккумуляции питательных веществ из окружающих тканей.

Количество эндосперма в зрелом семени у разных видов растений неодинаково. Относительно наибольшее количество его скапливается в семенах злаков, магнолиевых и некоторых других семейств растений. Не случайно поэтому злаковые стали важнейшими культурами, которые кормят человечество. У мальвовых и крестоцветных эндосперм сохранился лишь в виде нескольких клеточных слоев по периферии семени, а у орхидных в зрелом семени он может и вовсе отсутствовать.

Кроме эндосперма, у некоторых видов покрытосеменных растений развивается и другая питательная ткань — перисперм. Это разросшаяся и преобразованная ткань «ядра» семязачатка — нуцеллуса. Перисперм подчас целиком заменяет и вытесняет из семени эндосперм, как это можно видеть, например, в семенах гвоздики или сахарной свеклы.

Жиры, крахмал, белки — вот основные питательные вещества, накапливаемые семенем в эндосперме. Помимо них, здесь присутствуют физиологически активные вещества, такие, как аскорбиновая кислота, гетероауксин, провитамины А и Д, витамины В₁, В₂ и В₆, никотиновая кислота, блютин, протеазы, липазы, пектиназы, амилаза. Откладываются в нем также дубильные вещества, смолы, алкалоиды и кристаллы минеральных солей.

Все это небезынтересно знать, ибо именно эндосперм зерновых и крупяных культур — существенная часть нашего питания. И когда мы подытоживаем урожай, собранный на хлебных полях, то подсчитываем в основном именно массу эндосперма семян.

Небезразлично поэтому знать и о том, как влияют на темп накопления эндосперма в семени те или иные погодные условия. Естественным для каждого вида растений, для каждой сельскохозяйственной культуры это специфично. Но есть некоторые общие закономерности. Известно, например, что рост эндосперма резко замедляется при температуре ниже 10° С, так же как и при жаре, превышающей 35° С.

Длительность развития эндосперма также различна у разных растений. У некоторых сложноцветных, например, он созревает всего за 4—5 дней, у злаков — за 20—25 дней, а у семян большинства древесных растений — за 2—3 месяца.

Завязь жизни

Параллельно с ростом эндосперма, с накоплением и «увя-
зыванием в котомку» запаса питательных веществ в семени идет подготовка к трудной дороге самостоятельной жизни и самого зародыша.

Яйцеклетку зародышевого мешка, преобразованную в результате оплодотворения, называют зиготой. По сути дела, с момента слияния со спермием она становится первой клеткой нового поколения — спорофита. В ней присутствует полный — двойной — набор хромосом.

Зигота обычно еще долгое время находится в покое и не приступает к делению до тех пор, пока в семязачатке не будут созданы оптимальные условия для ее развития. Впрочем, «долгое время» — понятие относительное. У кок-сагыза, например, оно тянется 5—6 часов, после чего происходит первое деление зиготы. У какао это первое деление наступает через 14—15 дней после оплодотворения, а у паразитного растения омелы — даже через два месяца.

Покой зиготы тоже относителен. В промежутке между оплодотворением и первым делением в ней непрерывно происходят внутренние изменения, она словно «созревает» для дальнейшего развития.

Первый раз зигота делится поперек своей продольной оси. Лишь немногие растения изменяют этому важному правилу. Важному потому, что при этом и многократных последующих также поперечных делениях зародыш внедряется в глубь эндосперма и обеспечивает себе тем самым наилучший доступ к его питательным веществам. Эти клетки (в иных случаях одна клетка) называются **подвеском** или **суспензором**. Впоследствии они отомрут и лишь верхушечная часть подвеска разовьется в дальнейшем в собственное тело, зародыша. Но на первых порах развития зародыша роль их велика: они продвигают зародыш в тело эндосперма и обеспечивают его достаточным питанием. В иных случаях суспензоры развиваются в мощные гаустории — хищные образования, которые активно разрастаются в тканях, окружающих зародыш и эндосперм, и вытягивают оттуда питательные вещества. Интересно отметить, что подчас из некоторых клеток эндосперма развиваются гаустории, внедряющиеся в соседние ткани материнского растения и также выкачивающие оттуда питательные вещества. В тех случаях, когда эндосперм находится в зачаточном состоянии, как, например, у орхидей, именно гаустории, образовавшиеся из суспензора, полностью берут на себя заботу о снабжении зародыша.

Способы развития и строение взрослых зародышей у различных растений чрезвычайно разнообразны. Но все это разнообразие можно свести к двум основным типам, к одному из которых относится строение зародышей двудольных растений, а к другому — однодольных.

Взрослый зародыш первого типа состоит из основной оси с двумя боковыми, симметрично расположенными семядолями. Нижний конец оси называют **первичным корешком** или **радикулой**, а верхний — **эпикотилем**, **перышком** или **почечкой**. Он, по сути дела, является зачатком стебля. Отрезок

ось между семядолями и корешком называется **гипокотилем**. Это — переходная область между структурами стебля и корня.

Степень развития всех этих частей у скрытых в семени зародышей разных видов растений очень неодинакова. Иногда почечка едва развита. В других же случаях она представляет собой высокоразвитую вегетативную почку, в которой можно даже невооруженным глазом различить зачатки нескольких листьев. Такова, например, почечка зародыша в семенах фасоли или бобов.

Иногда у зрелых зародышей очень сильно развиваются семядоли и в них перекачивается весь запас питательных веществ, некогда накопленных эндоспермом.

У однодольных растений одна из семядолей разрастается весьма активно, тогда как другая остается в зачаточном состоянии. В связи с этим почечка у них очень часто смещена в боковое положение, как, например, у пшеницы и других злаков. Такое положение зародыша по отношению к питающей ткани — эндосперму вызвано особенностями прорастания этих растений — выходцев из сухих степей.

Развитая семядоля пшеницы, например, состоит из двух основных частей — **щитка**, который является гаусториальным органом и служит для получения зародышем питательных веществ из эндосперма, и **колеоптиля**, своеобразным чехлом одевающего верхушку почечки. При прорастании семени колеоптиль помогает зародышу пробиться через сухую верхнюю корку почвы.

Ось зародыша однодольных растений в целом по своему строению сходна с осью двудольных. Но первичный корешок у них преобразован в слабо развитый орган — **колеоризу**. По-видимому, именно это обстоятельство приводит в некоторых случаях к развитию у злаков так называемых мочковатых корней.

Созреванием зародыша и заканчивается эмбриональная пора жизни нового поколения спорофитов. Пока это еще и не жизнь, а лишь завязь жизни, притаившаяся в семени, но готовая в свое время и в подходящих условиях вспыхнуть ярким зеленым костром, тянущимся к солнцу.

Но так полно, как описано выше, развиваются зародыши не у всех растений. У паразитных и хищных растений зародыши до поры до времени остаются недоразвитыми. Они ждут свою жертву — будущего растения-хозяина и только с его помощью войдут в силу и пробьются к солнцу.

И не только у паразитов и хищников зародыши развиваются своеобразным, отличным от типового путем. Необычный способ развития открыл в 1951 году советский ботаник, профессор М. С. Яковлев у зародышей пионов. Ход развития этих зародышей идет так же, как при ядерном типе развития эндосперма. Ядра зародыша делятся, но между

ними не образуется клеточных перегородок. Весь зародыш долгое время представляет собой одну большую клетку, в цитоплазме которой «плавают» несколько свободных ядер. И лишь впоследствии вокруг этих ядер образуются клеточные оболочки. Затем некоторые из этих вновь появившихся клеток развиваются в настоящие самостоятельные зародыши и один зародышевой мешок дает, таким образом, начало нескольким новым растениям.

Это открытие интересно не только тем, что дает пример нетипового пути развития зародыша. Гораздо значительнее то обстоятельство, что здесь наблюдается полное сходство с развитием эндосперма по ядерному типу. А следовательно, факт этот может служить еще одним доказательством эволюционного родства эндосперма и зародыша.

Росток тянется к солнцу

О том, как расселяются семена, можно писать приключенческие повести. Фантазия авторов «Тысячи и одной ночи», пожалуй, покажется бледной в сравнении с подлинными историями путешествий иных семян от материнского куста до места, где суждено впоследствии навечно укорениться новому растению. Но — всему свое место, и здесь мы пропустим описание тех многих способов, с помощью которых растения отправляют свои семена в ближние и дальние путешествия. В сущности, мы и так уже выходим за рамки темы. История развития семени кончилась страницей выше. Далее начинается самостоятельная жизнь нового растения. Однако рассказ о семени был бы неполным без описания, хотя бы краткого, способов его прорастания.

Семена обычно называют зрелыми, когда рост их закончен и они опадают с материнского растения. Но очень часто только что опавшие семена еще не способны прорасти даже и в благоприятных для этого условиях. Им еще необходим некоторый период покоя, подготовки к росту — период дозревания.

Правда, иным семенам это дозревание не нужно. Семена тополя, например, прорастают уже через 2—3 часа после освобождения из плода. И даже наоборот, если за это время им не удастся найти подходящего для роста места и внедриться в землю, они теряют всхожесть и погибают.

У паразитной повилики семена даже с одного растения имеют различную способность к прорастанию. Если высеять где-либо сотню ее семян и создать им самые благоприятные для развития условия, то через несколько дней прорастут 5—10 семечек, еще через неделю — другие 2—3, следующие будут прорасти так же постепенно, а последние взойдут лишь через несколько месяцев или даже через год. Это раз-

личие связано, очевидно, с тем, что к моменту осыпания не все семена достигают одинаковой степени зрелости.

У семян большинства растений период покоя достаточно длительный, а всхожесть сохраняется иногда в течение нескольких лет.

Семена паразитного растения заразики способны, например, целых 10—12 лет лежать в земле, не прорастая и не теряя жизнеспособности. Как мы уже упоминали выше, у многих паразитных растений зародыш остается в семени недоразвитым. У заразики он предельно упрощен и не имеет обычного разделения на корешок, семядоли и почечку. Самостоятельно он даже не может прорасти и потому выживает, когда поблизости появится корешок какого-то иного растения. Тогда, побуждаемый химическими выделениями чужого корешка, зародыш заразики трогается в рост. Ближайший к выходу из семени — базальный — конец зародыша устремляется к корешку и укрепляется в нем. В дальнейшем заразики заставляет работать на себя всю питающую систему растения-хозяина и только с чужой помощью поднимает над землей свои побеги.

Семена орхидей также не трогаются в рост самостоятельно. Ведь в них нет ни эндосперма, ни семядолей и зародышу негде почерпнуть питательные вещества для того, чтобы сделать первые шаги по жизни. Он ждет, когда в семя проникнут грибные нити — гифы определенного вида почвенного гриба. Именно этот гриб дает зародышу пищу и возможность тронуться в рост: клетки пророста переваривают часть его гиф. В свою очередь, и гриб получит помощь от проростка архидеи, забирая часть создаваемых растением углеводов.

По иной, чем у паразитных растений, причине остается недоразвитым зародыш в семенах многих растений — обитателей сухих степей. Это растения-эфемеры. Они используют для своего развития краткий период весны, когда в степи еще есть влага. Они торопятся жить, но все же не успевают за полтора—два месяца вырасти, отцвести и вполне сформировать в семенах развитый зародыш. Семена осыпаются, и зачаток зародыша в них ожидает лучших времен, каковые наступают лишь осенью или весной. Тогда-то он и заканчивает свое развитие в недрах семени, а подчас даже доразвивается уже в процессе прорастания.

Исключая особые случаи, как, например, у заразики или орхидей, можно выделить два типа прорастания семян: надземное и подземное.

При первом корешок зародыша внедряется в почву, а семядоли с почечкой выносятся на поверхность и здесь происходит их дальнейшее развитие. При втором типе прорастания семядоли остаются в почве и обычно даже не покидают семенную кожуру. На поверхность же выносятся лишь почечка с первыми листьями.

Эти различия в прорастании связаны в первую очередь с разными функциями семядолей. Если в семядолях (или в эндосперме зрелого семени) питательных веществ достаточно для того, чтобы снабжать проросток вплоть до времени, когда у него разовьются настоящие корни и листья, семядоли остаются в почве. Подземное прорастание свойственно большинству однодольных растений и, в частности, злакам. Если же питательных веществ в эндосперме и семядолях недостаточно, последние вместе с почечкой выносятся над поверхностью почвы, в них образуется хлорофилл, и они начинают «работать» как настоящие листья, добывая уже посредством фотосинтеза вещества, необходимые для окончательного становления проростка. Надземное прорастание встречается у большинства двудольных.

Но тем или иным путем зародыш выходит из заключения в темнице семени, укореняется в почве, тянет к солнцу зеленые листья, и на Земле продолжается работа по созиданию органического вещества, по концентрации в нем энергии солнечных лучей,— извечная работа зеленого листа. Проростку предстоит стать взрослым растением, расцвести.. Прослеженный нами круг жизни растения замкнется и начнется новый — бесконечный и бессмертный.

И НЕВОЗМОЖНОЕ—ВОЗМОЖНО

До сих пор, рассказывая об эмбриологии растений, мы останавливались лишь на описании тех процессов, что происходят в растении на заданном в заглавии этой брошюры отрезке его жизни — от цветка до семени, и на общебиологическом значении этой отрасли науки. Но в задачи эмбриологии, как и всех других наук, входит не только задача понять суть явлений, но и уметь управлять ими. Слова о науке, которая становится сегодня непосредственной производительной силой, в полной мере относятся и к эмбриологии растений.

В главе, посвященной цветению растений, мы уже рассказывали о тех заманчивых для сельского хозяйства перспективах, которые открыли бы глубокое и полное познание механизмов, управляющих этим процессом. К сожалению, в этом направлении успехи еще незначительны. Но в целом наша наука уже немало дала практике. Проникновение в тайны развития живых организмов помогает ботаникам активно воздействовать на самые интимные процессы жизни растений. И уже в 20-х годах нашего века из теоретической эмбриологии выделилась многообещающая отрасль исследований — экспериментальная эмбриология растений, которая вооружает практиков конкретными методами воздействия на развитие зародыша.

Предыстория экспериментальной эмбриологии растений начинается с того времени, когда в практике селекционной работы начали применять гибридизацию — скрещивание неродственных растений с целью получения потомства, обладающего ценными свойствами и признаками обоих родителей. Первый искусственный гибрид от скрещивания двух сортов гвоздик был получен английским садоводом Т. Ферчайлдом еще в начале XVIII века. Гибрид этот называли «растительным мулом», ибо наибольшей известностью в те времена пользовалась гибридная помесь лошади и осла — неприхотливый и выносливый мул.

Однако известие об удаче Ферчайлда было в те времена скептически встречено ботаниками. Как мы уже знаем, в то время отрицалось само разделение растений на два пола. Тем более сомнительной казалась возможность гибридизации. К тому же этот скромный опыт садовода не обещал как будто бы каких-либо важных хозяйственных перспектив и потому не был подхвачен.

Первые доказательства большого практического значения гибридизации растений были представлены российским бо-

таником, академиком И. Кельрейтером уже во второй половине XVIII века. Получив потомство от скрещивания виргинского и перуанского табаков, он отметил более быстрое по сравнению с родительскими формами развитие и большую мощность гибридов. Впоследствии эта вспышка жизненных сил у гибридов первого поколения получила название **гетерозиса**. Кстати, природа этого явления остается неясной до сих пор и над выяснением ее трудятся многие ученые.

Но в практике получение гибридных — гетерозисных — семян применяется сегодня очень широко, особенно при возделывании кукурузы. Сейчас во многих странах, в том числе и в Советском Союзе, кукурузу, идущую на товарное зерно, выращивают почти исключительно из гибридных семян. И это несмотря на то, что производство таких семян — длительный и трудоемкий процесс. Для получения наибольшего эффекта выводят угнетенные самоопылением родительские линии. Семь поколений подряд растения отцовского и материнского сортов в отдельности тщательно оберегают от чужой пыльцы. Из года в год потомки самоопыляющихся линий становятся все более и более чахлыми. На восьмой год линии отцовского и материнского сортов скрещивают между собой, а на девятый из гибридных уже семян получают могучие растения, которые дают обильный урожай, с лихвой возмещающий затраты на кропотливую и долгую предварительную селекционную работу.

Значение гибридизации вообще состоит не только в получении потомства первого поколения, обладающего повышенной жизнеспособностью. Растения, принадлежащие к разным видам, каждый из которых прошел свой путь эволюционного развития, имеют, естественно, разные наследственные качества. Одни виды приспособлены, например, к засушливым местностям, другие отличаются коротким периодом развития, третьи умеют противостоять насекомым-вредителям или болезням. Каждое из этих качеств, сочетаемое с пищевой или хозяйственной ценностью и высокой урожайностью, послужило в свое время основанием для введения того или иного растения в культуру. Непрерывное стремление улучшать используемые растения привело к тому, что человек стал оставлять для размножения только семена от лучших экземпляров. Такую работу по улучшению возделываемых культур Чарлз Дарвин назвал искусственным отбором.

Но часто случается так, что качества, которые человек хотел бы найти в одном растении, обнаруживаются у растений, принадлежащих к разным, хотя и родственным, видам или разным сортам культурных растений. Тогда-то, чтобы сочетать эти качества, и приходится прибегать к скрещиванию, к гибридизации.

Живая природа, однако, устроена так, что растения, принадлежащие к разным видам, не могут свободно скрещиваться. Механизмы, препятствующие «межвидовым бракам», имеют большое эволюционное значение. Природа стремится сохранить отобранные ею целесообразные для растений признаки, препятствует возникновению хаоса, который мог бы получиться в результате частых межвидовых скрещиваний. Поэтому такие скрещивания удаются с большим трудом, а часто считаются даже вообще невозможными.

Но не все, что целесообразно с точки зрения природы, кажется таковым человеку. Подчас цели природы и цели человека не вполне совпадают. Желание соединить в одном растении как можно больше ценных качеств приводит селекционера к необходимости межвидовой гибридизации.

Для того чтобы удалось получить новое растение-гибрид, нужна, во-первых, способность пыльцевого зерна, перенесенного из тычинки одного растения на рыльце другого, прорасти на этом рыльце; нужно, во-вторых, чтобы образованная этим зерном пыльцевая трубка нормально росла в тканях столбика и завязи материнского растения и длины ее хватило для проникновения спермиев в зародышевый мешок. В-третьих, нужно, чтобы ядра спермиев смогли соединиться с ядрами яйцеклетки и центральной клетки и дали начало зародышу нового живого организма. Но и это еще не все. Нужно, наконец, чтобы зародыш нового растения имел, особенно на первых порах своей жизни, все необходимые для его развития условия.

Очень часто при гибридизации случается так, что обеспечение этих условий — нормального опыления, оплодотворения и развития зародыша — становится очень трудоемким делом, задачей, которая требует больших и долгих усилий многих исследователей.

Предположим, что селекционеру потребовалось скрестить два зацветающих в разное время сорта риса или ячменя. Еще недавно такое скрещивание было бы невозможным: пыльцевые зерна риса и ячменя очень быстро теряют способность к прорастанию.

Чтобы ликвидировать этот разрыв во времени созревания пыльцы и семян у двух исходных для скрещивания сортов растений, нужно было разработать методы длительного хранения пыльцы. Исследования позволили выяснить, что длительному сохранению жизнеспособности пыльцы способствуют пониженные температура и влажность. Искусственно создавая эти условия, удается сохранять жизнеспособную пыльцу ранних сортов до зацветания поздних и осуществлять, таким образом, ранее невозможные скрещивания. Например, пыльца злаков (отличающаяся тем, что очень быстро теряет способность к прорастанию) сохраняла в искусственных условиях свою жизнеспособность в 30 раз дол-

ше, чем в природе. В некоторых опытах пыльца яблони (при температуре от 2 до 8° С и при влажности, равной 50%) оставалась живой в течение 4,5 лет, а пыльца вишни даже в течение 5,5 лет.

В области сохранения жизнеспособности пыльцы решены еще не все проблемы. Однако из вышеприведенных фактов ясно, что для успешной практической работы селекционеров сделано достаточно и препятствий к скрещиванию неодновременно зацветающих сортов с этой стороны нет.

Препятствием для межвидового скрещивания может в иных случаях оказаться длина пыльцевой трубки, выросшей из пыльцевого зерна отцовского растения. Подчас бывает так, что она имеет меньшую длину, чем столбик цветка материнского растения, и спермии именно поэтому не могут проникнуть в зародышевый мешок.

Убедившись, что успеху скрещивания препятствует именно это обстоятельство, некоторые исследователи срезали рыльце материнского цветка и наносили пыльцу прямо на укороченный столбик. Это подчас приводило к желаемому результату. Так были получены, например, межродовые гибриды у кукурузы.

Но не всегда пестик со срезанным рыльцем оказывался способным воспринимать чужую пыльцу. Точнее, сама пыльца не хотела прорасти вне привычной среды рыльца, покрытой клейкими выделениями и более рыхлой, чем другие ткани пестика. Эмбриологам все же и в этом случае удалось перехитрить природу. Они вырезали среднюю часть столбика, а верхнюю его часть вместе с рыльцем приживляли к нижней; так получался цветок со значительно укороченным пестиком. Пыльца прорастала, и пыльцевые трубки достигали зародышевого мешка.

Однако даже такое укорачивание пестика не всегда приводило к желаемому результату. Поэтому исследователи попытались вводить пыльцу с помощью шприца непосредственно в завязь материнского растения. Такой способ искусственного опыления, напоминающий искусственное осеменение животных, долгое время не удавался. Но в последние годы стали известны несколько удачных опытов. Ботаники считают этот способ многообещающим и надеются, что со временем он будет широко освоен селекционерами и станет столь же обычным, как обычно сегодня искусственное осеменение животных.

Индийским ученым удалось добиться успеха в осуществлении еще одного любопытного метода искусственного опыления растений. Они выделяли из цветка одного из видов мака отдельные семяпочки и помещали в стерильные пробирки на питательную среду. Туда же помещали и пыльцевые зерна этих растений. Пыльца активно прорастала, многие пыльцевые трубки достигли семяпочек и оплодотворили

их. Далее дело было лишь за искусственным воспитанием зародышей, но это уже преодолимо на сегодняшний день.

Надо сказать, что затруднения в получении межвидовых гибридов далеко не исчерпываются перечисленными выше случаями. Нередко бывает так, что пыльца прорастает нормально, пыльцевые трубки дорастают до завязи и ничто, казалось бы, не препятствует оплодотворению, но оно все-таки не происходит. Почему это получается и как можно помочь природе обойти препятствия? К сожалению, ни на первую, ни на вторую часть этого вопроса эмбриологи пока еще не знают ответа.

Но бывает так, что пыльца хорошо проросла, мужские и женские зародышевые клетки объединились — произошло оплодотворение. Далее должен следовать этап эмбрионального развития гибридного зародыша. Должен... но не всегда следует. Нередко случается так, что после нормального завершения процесса оплодотворения рост зародыша по какой-то причине приостанавливается. Плод растет, но семена в нем оказываются недоразвившимися, нежизнеспособными.

Если нарушения роста и развития гибридного зародыша происходят не на самых ранних этапах, то беду, оказывается, можно поправить. Молодые зародыши извлекают в этом случае из семян и выращивают их на искусственной питательной среде. По выражению видного индийского эмбриолога растений П. Магешвари, эта операция напоминает кесарево сечение у животных, при котором недоношенный плод извлекают из тела матери и выхаживают в своеобразном инкубаторе.

Первые успешные опыты такого рода были проведены еще в 1904 году. Немецкий исследователь Ганниг, работавший с крестоцветными, сумел получить зрелые растения из зародышей, которые в момент извлечения их из семян имели в длину всего 1,2 мм. Его попытки выращивать на искусственной среде еще более молодые зародыши успеха не имели. Но это уже частность. Само по себе открытие способа выращивания незрелых зародышей на искусственной среде было событием весьма примечательным.

Через двадцать лет после опытов Ганнига немецкий же исследователь Ф. Лайбах, используя метод искусственного воспитания зародышей, сумел решить несколько практически важных задач. Он культивировал зародыши, извлеченные из незрелых гибридных семян льна, и получал таким образом жизнеспособные растения-гибриды в тех случаях, в которых до его работ скрещивания не удавались. Впоследствии к тому же методу выращивания зародышей на искусственной среде обратились и другие ботаники-эмбриологи, вдохновленные хозяйственно значимыми результатами опытов Лайбаха.

Большая и интересная работа в этом направлении ведется и у нас в стране. Так, например, в Крыму, в Никитском ботаническом саду, ее проводит ботаник А. И. Здруйковская-Рихтер. Цели ее труда вполне конкретные, рожденные требованиями пловодоводов-практиков, которые хотели бы иметь отличные раннеспелые и урожайные сорта черешен и персиков. Путь выведения новых сортов известен: гибридизация, скрещивание. Но получению гибридных семян мешает обстоятельство, что в межсортовых скрещиваниях косточковых, если в качестве материнского растения берется раносозревающий сорт, зародыши в семенах остаются недоразвитыми — плоды созревают и опадают еще до того, как в них созреет семя. Однако можно помочь зародышу-гибриду вырасти и стать плодоносным деревом. Для этого вскрывают скальпелем твердую оболочку недоразвитых семян и помещают зародыши в стерильную среду. Полученные проростки пересаживают затем в стерильный же песок, увлажненный питательным раствором, а затем и в почву. Со временем из зародышей-«искусственников» вырастают деревья, не уступающие в развитии своим собратьям, семена которых развивались естественным путем.

У злаков, пользуясь методом выращивания зародыша на искусственных средах, удастся получать даже межродовые гибриды. Таковы, например, скрещивания элимусов (дикорастущих злаков, которые называют также волоснецами) и разных сортов твердых и мягких пшениц.

Элимусы — неприхотливые многолетние травы, обладающие целым рядом несомненных достоинств. Они засухоустойчивы и морозостойки. Ползучие корневища их хорошо закрепляют почву в тех местах, где она подвержена эрозии. Некоторые степные виды элимусов солевыносливы и растут даже на солонцах. Соединить эти качества с урожайностью и качеством зерна пшеницы — заманчивая перспектива.

Однако селекционерам очень скоро пришлось убедиться в том, что при скрещивании пшениц с элимусами гибридные семена если и завязываются, то остаются незрелыми, невсхожими. Для того чтобы все-таки вырастить гибридные растения, оставалась лишь одна возможность — метод культуры зародышей.

Вскоре после окончания Великой Отечественной войны ботанику Е. В. Ивановской, использовавшей этот метод, удалось получить несколько гибридных растений от скрещивания пшениц с элимусами. К сожалению, эти гибриды оказались стерильными, бесплодными — они не завязывали семян. Тем не менее в последующие годы работа была продолжена и расширена. Е. В. Ивановская, а также академик Н. В. Цицин и К. А. Петрова не только успешно выращивали пшенично-элимусные гибриды с помощью метода культуры их зародышей на искусственной питательной среде, но и

получили фертильные, способные к половому воспроизведению, растения. Работа не привела еще, правда, к созданию производственно ценного сорта: селекция — долгое и трудоемкое дело. Но арсенал селекционеров-практиков пополнился новым эффективным оружием, каким является метод создания пшенично-элимусных гибридов.

Вторая «служба» метода выращивания зародышей на искусственной среде относится к области преодоления длительного покоя семян. Последнее весьма мешает селекционерам тем, что удлиняет сроки создания новых сортов.

У ирисов, например, период покоя семян может продолжаться от нескольких месяцев до нескольких лет. Исследования показали, что задержка эта исходит от эндосперма, в котором, по-видимому, содержатся какие-то вещества, препятствующие прорастанию. Сам же зародыш в покое не нуждается. Извлекая его из семени и изолируя от эндосперма, а затем выращивая на искусственной среде, удалось достигнуть того, что растение проходило весь цикл развития — от семени до цветения — за один год. Если же дожидаться естественного прорастания семян, то этот цикл растягивается на 2—3 года: Так удалось достигнуть значительного ускорения темпов селекционной работы с этим красивым садовым растением.

Столь же эффективным оказался этот метод при селекционной работе с яблонями. Обычно испытание семенного потомства новых гибридов требует весьма длительного времени — 3—4 года. Ведь семена яблони, посаженные в почву, начинают прорастать только через 9 месяцев. Зародыши же, извлеченные из семян и помещенные на искусственную среду, прорастали уже через сутки или двое и развивались необычно быстро.

Интересно упомянуть о том, что метод выращивания зародышей на искусственной среде нашел применение даже там, где, казалось бы, в нем и не было необходимости. Речь идет о селекции орхидей — ценных декоративных цветковых растений. Разные виды орхидей хорошо скрещиваются и дают вполне зрелые гибридные семена. Но для прорастания их требуются особые условия: нужно, чтобы в почве присутствовал особый для каждой из орхидей вид гриба, грибные нити которого — мицелий — поставляют необходимые для роста семени питательные вещества. Это сложно. Орхидеи в большинстве своем — выходцы из тропиков. Виды грибов, которые способствуют прорастанию их семян, естественно, тоже тропические. А потом до недавнего времени у нас в стране декоративные орхидеи из семян вообще не выращивались и, конечно, мы были лишены возможности создавать новые сорта их.

Сотрудникам Главного ботанического сада АН СССР в Москве, в частности профессору В. А. Поддубной-Арнольди,

удалось впервые в нашей стране разработать методику выращивания орхидей из семян в искусственных условиях. Здесь опять-таки незаменимым оказался метод культуры зародышей на искусственных питательных средах.

Следует упомянуть и еще об одной области исследований, где экспериментальной биологией также достигнуты весомые практические успехи. Речь пойдет об использовании гормонов роста.

В иных районах помидоры, например, выращивают в теплицах в течение всей зимы. Урожайность их подчас бывает низкой из-за того, что короткий зимний день и слабая интенсивность освещения в период цветения ведут к понижению жизнеспособности пыльцы. Многие цветки оказываются неопыленными и опадают. Многие другие дают мелкие плоды. Как выяснилось, недостаточное развитие неопыленных плодов вызвано отсутствием в них определенного гормона роста — индоленомасляной кислоты. Когда применили обработку цветков этой кислотой, развивавшиеся из них плоды — даже и при отсутствии опыления — были столь же крупными, как и выросшие летом. Успех был очень убедительным, и метод искусственной гормонизации тепличных помидоров очень широко распространился во многих странах.

Эти немногие примеры далеко не исчерпывают всех практических проблем, над решением которых работает экспериментальная эмбриология растений. Но они достаточно убедительно показывают, как достижения исследователей помогают практикам-селекционерам. Добиваясь новых успехов в своей науке, эмбриологи растений успешно участвуют в выполнении задач, определенных в ноябре 1968 года Пленумом ЦК КПСС, постановление которого обязывает, в частности, «сосредоточить силы ученых на решении проблем, связанных с созданием высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур...».

ЛИТЕРАТУРА

Тимирязев К. А. Жизнь растения. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Левина Р. Е. Многообразие и эволюция форм размножения растений. М., Учпедгиз, 1961.

Лункевич В. В. Занимательная биология. М., «Наука», 1965.

Леопольд А. Рост и развитие растений. Пер. с англ. М., «Мир», 1968.

Поддубная-Арнольди В. А. Общая эмбриология покрытосеменных растений. М., «Наука», 1964.

Магешвари П. Эмбриология покрытосеменных. Пер. с англ. М., ИЛ, 1954.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Зеленое дерево жизни ;	3
Запутанное родство	5
Дети или внуки?	5
Отвлечение в цитологию и генетику	7
Отвлечение в эволюцию	10
Двое в едином образе	15
Для чего цветут цветы?	19
Главное и неглавное	19
«Откуда ты, прекрасное дитя?»	21
Некоторые подробности биографии «родительсй»	23
Их интимная жизнь	28
Конец и начало	32
«Дорожная котомка» зародыша	33
Завязь жизни	34
Росток тянется к солнцу	37
И невозможное — возможно	40
Литература	47

*Эдуард Семенович ТЕРЕХИН,
Рояльд Михайлович ФЕДОРОВ*

ОТ ЦВЕТКА ДО СЕМЕНИ

Редактор *И. М. Тужилина*
Художник *А. П. Кузнецов*
Худож. редактор *Е. Е. Соколов*
Техн. редактор *Е. М. Лопухова*
Корректор *В. В. Каночкина*

А 01818. Сдано в набор 9/VII 1969 г. Подписано к печати 12/VIII 1969 г. Формат бумаги 60×90/16. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1,5. Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 2,83. Тираж 58 000 экз. Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Заказ 1642. Типография изд-ва «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 9 коп.

УВАЖАЕМЫЕ ТОВАРИЩИ!

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ» ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ СЕРИЮ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ ПОДПИСНЫХ БРОШЮР

«Б И О Л О Г И Я».

Развитие генетики, физиологии высшей нервной деятельности, космической и молекулярной биологии, биохимии с каждым годом увеличивает могущество человека. Серия познакомит вас с последними достижениями науки о жизни.

В 1970 ГОДУ ПОДПИСЧИКИ ПОЛУЧАТ 12 БРОШЮР, В ТОМ ЧИСЛЕ:

КУЗИН А. М., член-корреспондент АН СССР, профессор, доктор биологических наук. **Проблемы радиобиологии.**

ПАНОВ Е. Н., кандидат биологических наук. **Эволюционные и популяционные аспекты поведения животных.**

СЕРГЕЕВ Б. Ф., доктор биологических наук. **Удивительные амфибии.**

ТАЛЫЗИН Ф. Ф., член-корреспондент АМН СССР, доктор биологических наук. **Ядовитые животные суши и моря.**

ВЫПИСЫВАЙТЕ! ЧИТАЙТЕ!

серию научно-популярных брошюр «Биология». Серия «Биология» в каталоге «Союзпечати» расположена в разделе «Научно-популярные журналы» под рубрикой «Брошюры издательства «Знание». Индекс 70071.

**ПОДПИСНАЯ ЦЕНА
НА ГОД —
1 РУБ. 08 КОП.**

Издательство «Знание»