**Размножение организмов**

Вертьянов С. Ю.

Наш повседневный опыт печально свидетельствует о том, что все живое подвержено смерти.\* Существа болеют, старятся и, наконец, умирают. У многих жизнь еще более короткая — их съедают хищники. Чтобы жизнь на Земле не прекратилась, все существа наделены универсальным свойством — способностью к размножению.

При всем разнообразии живых организмов, населяющих планету, при всех различиях в строении и образе жизни, способы их размножения в природе сводятся к двум формам: бесполой и половой. Некоторые растения сочетают эти две формы, размножаясь клубнями, черенками или отводками (бесполое размножение) и одновременно — семенами (половое).

В случае бесполого размножения потомство развивается из клеток исходного организма. При половом размножении развитие нового существа начинается с единственной клетки, образовавшейся от слияния двух родительских — мужской и женской.

Сущность размножения состоит в сохранении не только жизни в целом, но и каждого отдельного вида животных и растений, в организации преемственности между потомством и родительскими существами. Молекулярную основу процессов размножения всех организмов составляет способность ДНК к самоудвоению. В результате генетический материал воспроизводится в строении и функционировании дочерних организмов.

\* Священное Писание и творения святых отцов пронизаны мыслью о том, что смерть и тление не были сотворены изначально, а вошли в мир вследствие грехопадения первого человека (Прем. 1,13 и 2,23, Рим. 5,12 и т. д.).

**Деление клеток. Митоз**

Жизненный цикл клетки. Процесс деления и интерфаза тесно взаимосвязаны, их совокупность составляет жизненный цикл клетки. Его продолжительность в клетках растений и животных составляет в среднем 10-20 часов.

В химически активной среде пищевого тракта клетки эпителия кишечника быстро изнашиваются и потому непрерывно делятся — дважды в сутки, клетки роговицы глаза приступают к делению один раз в трое суток, а клетки эпителия кожи — раз в месяц. На процесс деления клетка тратит в среднем от 1 до 3 часов в зависимости от внешних условий (освещения, температуры и пр.).

В печени животных находятся так называемые покоящиеся клетки, которые делятся только в кризисных ситуациях. Например, при удалении части печени эти клетки начинают интенсивно размножаться, быстро восполняя число, необходимое для нормальной жизнедеятельности органа.

Некоторые высокоспециализированные клетки (нейроны, часть лейкоцитов) у взрослых существ никогда не делятся. Их клеточный цикл заканчивается апоптозом ptosis падение) — запрограммированной гибелью. В некоторых+греч. apo от <( случаях апоптозу подвергаются и другие клетки организма. Происходит это следующим образом. Сначала клетка получает определенный химический сигнал на осуществление самоуничтожения. Затем в ее комплексе Гольджи и лизосомах активируются ферменты, разрушающие (лизирующие) основные компоненты цитоплазмы и ядра. После этого клетка распадается на мембранные пузырьки, которые поглощаются клетками-фагоцитами, перерабатывающими посторонние компоненты. Воспалительного процесса при апоптозе не возникает.

Посредством апоптоза головастики утрачивают свой хвост, а у личинок насекомых в ходе их превращения во взрослый организм исчезают лишние ткани. Пальцы человеческого эмбриона соединены тканевыми перепонками. В процессе эмбриогенеза перепонки запрограммировано уничтожаются.

Апоптоз помогает организму избавляться от клеток, в которых накопились генетические повреждения, а также от больных и состарившихся клеток. Многие вирусы, проникая в клетку, прежде всего стараются нарушить ее механизм апоптоза, чтобы не быть уничтоженными вместе с больной клеткой.

При нарушении апоптоза развиваются такие тяжелые заболевания как системная красная волчанка, болезнь Паркинсона, прогрессируют вирусные инфекции.

Апоптоз может быть спровоцирован внешними факторами: химическим воздействием или облучением. На этом основано действие некоторых препаратов и специальных излучателей, вызывающих апоптоз раковых клеток. Спровоцированный апоптоз иногда приводит к опасным последствиям. Так, продолжительное нарушение кровообращения сердечной мышцы приводит к разрушению лишь небольшой части ее клеток, но их гибель вызывает апоптоз многих соседних клеток и как следствие — обширный инфаркт миокарда.

Кроме апоптоза есть и другие механизмы, ограничивающие жизнедеятельность клеток. Так, в результате каждого акта деления концевые участки ДНК хромосом укорачиваются. Когда потеря генетического материала становится критической, клетка перестает делиться. Некоторые группы клеток многоклеточных существ, как и одноклеточные организмы, обладают способностью давать неограниченное количество поколений. Это так называемые стволовые клетки. У человека стволовыми являются клетки красного костного мозга, из которых формируются эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. В стволовых клетках, как и в одноклеточных организмах, синтезируется особый фермент, удлиняющий концевые участки ДНК, — теломераза.

Инфузории, в отличие от амеб и бактерий, не могут делиться бесконечно долго. После определенного, достаточно большого количества делений у них наблюдаются признаки старения (дегенерации). Тогда две состарившиеся инфузории "слипаются" и конъюгируют — обмениваются частью ядерных ДНК, т.е. генетической информацией. После конъюгации у каждой инфузории восстанавливается жизнеспособность: повышается интенсивность обмена веществ, увеличивается темп делений и т.д.

Деление клеток составляет основу процессов размножения и развития организмов. Деление происходит в два этапа. Сначала разделяется ядро, а затем происходит цитокинез — разделение самой клетки.

Митоз. Основной способ деления ядер эукариотических клеток называют митозом. Различают четыре фазы митоза: профаза, метафаза, анафаза и телофаза.

Профаза. В профазе заканчиваются приготовления к делению. Хромосомы сильно утолщаются и становятся видимыми в световой микроскоп. Теперь они представляют собой две спирализованные ДНК (хроматиды), образовавшиеся в процессе удвоения и соединенные центромерами друг с другом.

Считывание информации с ДНК прекращается, синтез РНК заканчивается. Субъединицы рибосом выходят в цитоплазму, и ядрышки исчезают. Микротрубочки цитоскелета распадаются. Из составлявших их белков на центриолях начинает формироваться веретено деления. Центриоли расходятся к противоположным полюсам клетки. Внешние микротрубочки прикрепляются к наружной мембране и фиксируют положение центриолей. Наконец ядерная оболочка распадается на фрагменты, и хромосомы оказываются в цитоплазме. Края фрагментов оболочки смыкаются, образуя мелкие пузырьки-вакуоли, которые сливаются с мембранами эндоплазматической сети.

Метафаза. Эта стадия деления характеризуется перегруппировкой хромосом в цитоплазме. Когда до хромосомы дорастают микротрубочки от ближайшей центриоли, она начинает перемещаться к центру клетки по мере роста микротрубочки, пока не соединится своей центромерной областью с микротрубочками от другой центриоли. Контакты хромосом с микротрубочками происходят случайным образом, в микроскоп видно, как хромосомы энергично вращаются и движутся туда-сюда, пока не оказываются "пойманными" микротрубочками, идущими с двух противоположных сторон. К концу метафазы все хромосомы собираются в экваториальной зоне клетки. Они максимально компактны и хорошо видны. По метафазным хромосомам определяют количество и структуру хромосом организма — его кариотип.

Центромерные области хромосом разъединяются, и они становятся самостоятельными. Каждая из них оказывается присоединенной центромерой к своему полюсу деления.

Анафаза. Наступившая стадия характеризуется расхождением хроматид каждой хромосомы к противоположным полюсам. В центромерных участках расположены сократительные белки. Перемещение происходит в результате их активной работы за счет энергии АТФ (для перемещения каждой хромосомы расщепляется 20 молекул). Плечи хромосом пассивно следуют за центромерой. Освобождающиеся участки микротрубочек сразу же разрушаются. Создается впечатление, что не хромосомы движутся по микротрубочкам, а сами микротрубочки, сокращаясь, подтягивают хромосомы.

С достижением хромосомами полюсов деления анафаза заканчивается.

Очевидно, что при отсутствии веретена деления размножение клеток не происходит. Химическое воздействие, разрушающее микротрубочки, — один из способов подавления роста опухолей.

Телофаза. На этом последнем этапе митоза путем слияния пузырьков эндоплазматической сети формируется новая ядерная оболочка. Хромосомы деспирализуются в длинные тонкие нити, на которых образуются ядрышки. Веретено деления разрушается. Из составлявших его белков с центриолей начинают разрастаться микротрубочки нового цитоскелета.

Цитокинез. Окончательное разделение надвое в клетках животных осуществляется перетяжкой. В растительных клетках из середины к краям разрастается мембрана, на которой затем появляется плотная клеточная стенка. Органоиды (митохондрии, рибосомы, комплекс Гольджи и др.) распределяются между дочерними клетками примерно в равных количествах.

При митозе некоторых клеток сердечной мышцы и печени перетяжка не образуется, поэтому часть клеток этих органов — двуядерные.

Обратим внимание на то, что все процессы митоза определяются преобразованиями хромосом. Удвоившись в интерфазе, хромосомы начинают спирализоваться и выходят в профазе в цитоплазму. В метафазе они собираются в экваториальной зоне и разъединяются, чтобы в анафазе разойтись к разным полюсам. На заключительном этапе телофазы хромосомы принимают исходный вид тонких деспирализованных нитей, характерных для интерфазы.

Число хромосом. Посредством митотического деления дочерние клетки получают набор хромосом материнской клетки, так что клетки всего организма имеют одни и те же хромосомы.

Клетки, образующие все ткани и органы тела, называют соматическими. Специализированные половые клетки участвуют в воспроизведении. Соматические клетки содержат диплоидный (двойной) набор хромосом. В этом наборе каждый ген закодирован в двух сходных (гомологичных) хромосомах. Набор половых клеток — гаплоидный (одинарный). Хромосомы половых клеток не имеют гомологов, каждый ген в их наборе — единственный. Число хромосом гаплоидного и диплоидного наборов видоспецифично, то есть постоянно для каждого вида организмов.

Хромосомный набор соматических клеток человека включает 46 хромосом: 22 гомологичные пары и две непарные хромосомы, определяющие пол. В половых клетках человека содержится только 23 одиночных хромосомы. У курицы диплоидный набор включает 78 хромосом, а гаплоидный — 39. Примеры других наборов приведены в таблице.

Анализ хромосомных наборов показывает, что сложность и совершенство различных организмов не определяется лишь количеством хромосом.

Биологическое значение митоза. Помимо наращивания тела, митоз имеет и другое, более важное предназначение. В процессе митоза генетический материал воспроизводится. Благодаря этому возможно сохранение устройства и функционирования органов и тканей в бесчисленных поколениях. Особенно важна идентичность генетического материала для многоклеточных организмов, клетки которых находятся в тесном и слаженном взаимодействии. Точное воспроизведение и передача генетической информации составляет основное биологическое значение митоза.

Митотическое деление обеспечивает важнейшие процессы жизнедеятельности: эмбриональное развитие и рост, регенерацию органов и тканей после повреждения, поддержание устройства и функционирования организма при постоянной утрате им рабочих клеток. Клетки кожи сшелушиваются, клетки эпителия кишечника разрушаются активной средой, эритроциты интенсивно функционируют и быстро погибают, полностью они заменяются в организме каждые четыре месяца (2,5 млн. клеток в секунду).

**Способы размножения организмов**

Все известные способы размножения организмов в природе сводятся к двум основным формам: бесполой и половой.

Бесполое размножение. В бесполой форме размножение осуществляется родительской особью самостоятельно, без обмена наследственной информацией с другими особями. Дочерний организм образуется путем отделения от родительской особи одной или нескольких соматических (телесных) клеток и дальнейшего их размножения посредством митоза. Потомство наследует признаки родителя, являясь в генетическом отношении его точной копией. Различают несколько типов бесполого размножения.

Простое деление. Особенно распространено бесполое размножение у бактерий и синезеленых водорослей. Единственная клетка этих безъядерных организмов разделяется пополам или сразу на несколько частей. Каждая часть является целостным функциональным организмом.

Простым делением размножаются амебы, инфузории, эвглены и другие простейшие. Разделение происходит посредством митоза, поэтому дочерние организмы получают от родительских тот же набор хромосом.

Почкование. Этот тип размножения используют как одноклеточные, так и некоторые многоклеточные организмы: дрожжи (низшие грибы), инфузории, коралловые полипы.

Почкование у пресноводных гидр происходит следующим образом. Сначала на стенке гидры образуется вырост, который постепенно удлиняется. На его конце появляются щупальца и ротовое отверстие. Из почки вырастает маленькая гидра, которая отделяется и становится самостоятельным организмом. У других существ почки могут оставаться на теле родителя.

Фрагментация. Ряд плоских и кольчатых червей, иглокожие (морские звезды) могут размножаться посредством расчленения тела на несколько фрагментов, которые затем достраиваются до целостного организма. В основе фрагментации лежит способность многих простых существ к регенерации утраченных органов. Так, если от морской звезды отделить луч, то из него вновь разовьется морская звезда. Гидра способна восстановиться из 1/200 части своего организма. Обычно размножение фрагментацией происходит при повреждениях. Самопроизвольную фрагментацию осуществляют только плесневые грибы и некоторые морские кольчатые черви.

Спорообразование. Родоначальницей нового организма может стать специализированная клетка родительского существа — спора. Такой способ размножения характерен для растений и грибов. Размножаются спорами многоклеточные водоросли, мхи, папоротники, хвощи и плауны.

Споры представляют собой клетки, покрытые прочной оболочкой, защищающей их от чрезмерной потери влаги и устойчивой к температурным и химическим воздействиям. Споры наземных растений пассивно переносятся ветром, водой, живыми существами. Попадая в благоприятные условия, спора раскрывает оболочку и приступает к митозу, образуя новый организм. Водоросли и некоторые грибы, обитающие в воде, размножаются зооспорами, снабженными жгутиками для активного передвижения.

Одноклеточное животное малярийный плазмодий (возбудитель малярии) размножается посредством шизогонии — множественного деления. Сначала в его клетке путем делений формируется большое количество ядер, затем клетка распадается на множество дочерних.

Вегетативное размножение. Этот вид бесполого размножения широко распространен у растений. В отличие от спорообразования, вегетативное размножение осуществляется не особыми специализированными клетками, а практически любыми частями вегетативных органов.

Многолетние дикорастущие травы размножаются корневищами (осот дает до 1800 особей/м2 почвы), земляника — усами, а виноград, смородина и слива — отводками. Картофель и георгины используют для размножения клубни — видоизмененные подземные участки корня. Тюльпаны и лук размножаются луковицами. У деревьев и кустарников укореняются с образованием нового растения побеги — черенки, а у бегонии роль черенков способны выполнять листья. Черенками размножают малину, сливу, вишню и розы. На корнях и пнях деревьев образуется поросль, которая затем превращается в самостоятельные растения.

Половое размножение. В половом размножении, в отличие от бесполого, участвует пара особей. Их половые клетки (гаметы) несут гаплоидные наборы хромосом. В процессе оплодотворения гаметы сливаются и образуют диплоидную оплодотворенную яйцеклетку (зиготу), которая дает начало новому организму.

Одна из гомологичных хромосом соматической клетки достается от "мамы", а другая — от "папы". В результате части генетического материала родительских особей объединяются, и в потомстве появляются новые комбинации генов. Разнообразие генетического материала позволяет потомству успешнее приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям. В обогащении наследственной информации состоит главное преимущество полового размножения, его основное биологическое значение.

У обоеполых растений имеется ряд особенностей, исключающих самооплодотворение. Тычинки и пестики обоеполых цветков созревают не одновременно, поэтому происходит именно перекрестное опыление разных особей. Конопля имеет раздельно мужские пестичные и женские тычиночные цветки на разных особях.

Развитие половых клеток. Формирование половых клеток (гаметогенез) происходит в половых железах. Развитие женских гамет (яйцеклеток) происходит в яичниках и лат. ovum яйцо + genesis происхождение). Мужские<носит название овогенеза ( гаметы (сперматозоиды) формируются в семенниках в процессе сперматогенеза. Половые железы практически всех существ имеют трубчатое строение. Гаметогенез происходит последовательно в трех зонах: размножения, роста и созревания. Соответственно выделяют и три периода развития гамет.

В начальный период размножения половые клетки имеют диплоидный набор хромосом и делятся посредством митоза. Особенно интенсивно размножаются мужские гаметы. У мужских особей половые клетки образуются практически всю жизнь. Формирование яйцеклеток млекопитающих происходит только в эмбриональный период, далее они сохраняются в состоянии покоя.

Попадая в зону роста, половые клетки уже не делятся, а только растут. Мужские гаметы вырастают не слишком сильно, а яйцеклетки увеличивают свои размеры в сотни, тысячи и миллионы раз (вспомним куриную яйцеклетку — яйцо). Внешние оболочки яйцеклетки надежно защищают развивающийся плод, через них, в особенности сквозь скорлупу птичьих яиц, бактерии и вирусы не проникают, а воздух проходит свободно.

Сперматозоиды значительно меньше яйцеклеток. У млекопитающих они имеют форму длинной нити с головкой, шейкой и жгутиком. В головке содержатся хромосомы, а на ее передней части — комплекс Гольджи с ферментами, растворяющими оболочку яйцеклетки и обеспечивающими проникновение ядра сперматозоида (оболочка остается снаружи). Мужские гаметы не только вносят генетическую информацию, но и инициируют развитие яйцеклетки. В шейке расположена центриоль, образующая жгутик сперматозоида, позволяющий ему интенсивно передвигаться. Источником энергии для движений жгутика служат молекулы АТФ, запасенные в шейке. Для пополнения АТФ в шейке расположены митохондрии.

После того как гаметы вырастают до размеров взрослых половых клеток, они попадают в зону созревания.

Основу созревания гамет составляет специфический процесс деления каждой половой клетки на четыре новых. Созревание яйцеклеток и сперматозоидов протекает в основном сходным образом, различия возникают только на последней стадии по следующей причине. Для успешного оплодотворения необходимо достаточно большое количество сперматозоидов. Поэтому все четыре образовавшиеся мужские клетки оказываются функциональными и жизнеспособными. Основной задачей яйцеклетки является не только оплодотворение, но и успешное созревание плода. С этой целью процесс деления происходит неравноценно: весь желток уходит в одну яйцеклетку, и она оказывается единственной жизнеспособной. Остальные три вполне функциональные яйцеклетки не получают при созревании питательных веществ и вскоре гибнут. Их называют направительными, или полярными тельцами.

Период созревания гамет, сопровождаемый специфическим разделением каждой из них на четыре новых, носит название мейоза. В следующем параграфе мы рассмотрим происходящие в мейозе процессы более подробно.

**Мейоз**

Развитие организма начинается с единственной клетки — зиготы, которая образуется от слияния специализированных половых клеток — мужской и женской гамет. В процессе слияния их ядра объединяются, и в зиготе оказывается вдвое больше хромосом, чем в каждой гамете. Если бы половые клетки были диплоидными, то в каждом следующем поколении количество хромосом в клетках организма удваивалось бы. Поэтому половые клетки несут вдвое меньший набор хромосом. Таким образом, соматические (телесные) клетки организмов имеют диплоидный (двойной) набор хромосом и поддерживают его видовое постоянство посредством митотического деления, а половые — гаплоидный, который восстанавливается до диплоидного в процессе оплодотворения. Рассмотрим основные фазы мейоза.

Созревание гамет включает два последовательных деления: первое — типичный мейоз, второе сходно с митотическим. Оба деления подобно митозу проходят четыре стадии: профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Перед первым делением, как и перед митозом, происходит репликация ДНК с удвоением хромосом, каждая хромосома вступает в процесс деления сдвоенной.

**Первое мейотическое деление**

В профазе гомологичные хромосомы подходят очень близко друг к другу. Особыми белковыми нитями с утолщениями на концах они как бы пристегиваются друг к другу по типу застежки "молния". В таком состоянии, называемом конъюгацией, они находятся довольно долго (у человека около недели). Пристегивание происходит в тех местах ДНК, где еще не завершилась репликация и двойная спираль несколько раскручена.

Конъюгирующие хромосомы плотно прилегают друг к другу и могут обмениваться участками. Такой обмен называют перекрестом, или кроссинговером (англ. crossing over). После перекреста каждая хромосома сочетает гены, находившиеся до перекреста в разных гомологичных хромосомах.

В конце профазы к центромерам хромосом присоединяется веретено деления, и они начинают расходиться центромерными участками к разным полюсам деления, оставаясь сцепленными в местах кроссинговера.

В отличие от митоза, в метафазе мейоза удвоенные хромосомы не разделяются в центромерах, каждая пара взаимодействует с одним веретеном деления. Если в метафазе митоза к разным полюсам расходятся отдельные хроматиды, то в метафазе первого деления мейоза — конъюгировавшие хромосомы. В телофазе на непродолжительный период образуется ядерная оболочка.

Второе мейотическое деление. Поскольку хромосомы остались соединенными центромерами, то есть удвоенными, репликация ДНК перед вторым делением не происходит. Второе мейотическое деление осуществляется аналогично митозу. В результате из двух диплоидных клеток образуются четыре гаплоидные половые клетки. Из-за отсутствия конъюгации второе деление происходит значительно быстрее.

Соматические клетки содержат по две гомологичных хромосомы (одинаковых по форме и размеру, несущих одинаковые группы генов): одну — от отцовского организма, другую — от материнского. В половых клетках из двух гомологичных хромосом остается какая-то одна, их хромосомы не имеют гомологов — они одиночные, поэтому и набор — гаплоидный. Если при митозе количество генетической информации сохраняется, то при мейозе — сокращается вдвое.

В формировании половых клеток с уменьшенным вдвое, гаплоидным, набором хромосом состоит биологическая сущность мейоза.

Хромосомные наборы созревших половых клеток вследствие случайности расхождения пар к полюсам в метафазе первого деления содержат самые разнообразные комбинации родительских хромосом. Гамета может иметь, например, 5 отцовских и 18 материнских хромосом (всего у человека 23 хромосомы), 20 отцовских и 3 материнских и т.д. Каждая из 23 хромосом отлична от другой и может оказаться одной из двух гомологичных родительских — всего 223 (8,6 млн.) вариантов гамет. В дочернем организме количество возможных комбинаций хромосом составляет 423, это число в тысячи раз превышает население земного шара. Кроссинговер, объединяя в хромосомах гены родительских особей, на многие порядки увеличивает разнообразие признаков в потомстве. Такое разнообразие возможных генотипов делает каждое существо неповторимым, генетически уникальным.

В период мейоза генетический материал очень уязвим. Если, например, в результате облучения или воздействия химических соединений произойдет разрыв ДНК в момент расхождения хромосом, то часть наследственного материала утратится. Потеря участка ДНК в соматической клетке во время митоза приведет к нарушению только в ее дочерних клетках, составляющих небольшую часть существа. Если же утратится часть хроматиды созревающей половой клетки, то пострадает потомство: его наследственная информация будет неполной, какие-то процессы жизнедеятельности не смогут осуществляться. При этом большей опасности подвергается женский эмбрион, поскольку весь запас женских гамет (у человека около 300) формируется в эмбриональный период сразу на всю жизнь, мужские же гаметы образуются практически весь период жизнедеятельности. Незначительные дозы радиации, совсем не опасные для самого организма, могут нарушить хромосомы яйцеклеток эмбриона и привести к генетическим аномалиям в следующем поколении.

Партеногенез. Некоторые животные (дафнии, скальные ящерицы, часть рыб, тли) и растения (одуванчики) в определенные периоды способны размножаться без слияния мужской и женской гамет. Развитие происходит из неоплодотворенной яйцеклетки. Диплоидность, например, у скальных ящериц достигается слиянием яйцеклетки с полярным тельцем. При этом, как правило, образуются особи только женского пола. Эта разновидность полового размножения называется партеногенезом.

Пчелиная матка откладывает два вида яиц: оплодотворенные диплоидные и неоплодотворенные гаплоидные. Из неоплодотворенных яиц развиваются трутни, а из оплодотворенных — самки, из которых при хорошем кормлении вырастают матки, а при создаваемом недостатке питания получаются рабочие пчелы.

Иногда партеногенез можно вызвать искусственно, воздействуя светом, кислотами, высокой температурой и другими агентами. Если, например, уколоть иголочкой неоплодотворенную яйцеклетку лягушки, то эта яйцеклетка может, не оплодотворившись, начать деление и развиться во взрослую особь. Самопроизвольно партеногенез у лягушек не происходит. Деление яйцеклетки некоторых рыб может начаться после поверхностного контакта со сперматозоидом близких видов рыб. Оплодотворения не происходит, но яйцеклетка начинает делиться.

Основным способом разведения тутовых шелкопрядов является стимулирование партеногенеза путем кратковременного нагревания яиц до 46°С. Из неоплодотворенных яйцеклеток развиваются полноценные в генетическом отношении самки шелкопряда.

**Оплодотворение**

Сущность процесса оплодотворения составляет слияние мужской и женской гамет — специализированных половых клеток, имеющих гаплоидный (одинарный) набор хромосом. В результате образуется диплоидная оплодотворенная яйцеклетка — зигота. Таким образом, при оплодотворении восстанавливается двойной набор, характерный для соматических клеток. Хромосомы в ядре зиготы содержатся гомологичными парами, то есть любой признак (например, цвет глаз человека или шерстистость собаки) записан в ДНК дважды — генами отца и генами матери.

После оплодотворения зигота удваивает свои хромосомы путем репликации ДНК и приступает к митотическому делению — начинается развитие нового организма.

Оплодотворение, как и гаметогенез, у растений и животных имеет сходные черты.

Оплодотворение у животных. Населяющие планету живые организмы различаются строением, образом жизни, средой обитания. Одни из них производят очень много половых клеток, другие — относительно мало. Существует разумная закономерность: чем меньше вероятность встречи мужской и женской гамет, тем большее число половых клеток продуцируют организмы. Рыбам и амфибиям свойственно внешнее осеменение. Их гаметы попадают в воду, где и происходит оплодотворение. Многие гаметы погибают или поедаются другими существами, поэтому эффективность внешнего осеменения очень низка. Для сохранения вида рыбам и амфибиям необходимо производить огромное количество гамет (треска мечет около 10 млн. икринок).

Высшие животные и растения используют внутреннее осеменение. В этом случае процесс оплодотворения и образующаяся зигота защищены организмом матери. Вероятность оплодотворения значительно повышается, поэтому и продуцируется, как правило, лишь несколько яйцеклеток. Но сперматозоидов все же производится достаточно много, их избыточное количество необходимо для создания вокруг яйцеклетки определенной химической среды, без которой оплодотворение невозможно. Яйцеклетка имеет механизмы, препятствующие проникновению лишних сперматозоидов. После того, как проник первый, она выделяет вещество, подавляющее подвижность мужских гамет. Даже если их в яйцеклетку успевает проникнуть несколько, то с яйцеклеткой сливается только один, остальные гибнут.

Обычно оплодотворение происходит сразу после осеменения, но у некоторых животных существуют механизмы задержки оплодотворения до весенне-летнего сезона. У летучих мышей при позднем осеннем спаривании оплодотворения не происходит. Яйцеклетка созревает только к весне, а сперматозоиды благополучно перезимовывают в половых органах самки. У других организмов начавшая развиваться зигота консервируется до наступления благоприятного для потомства сезона, с наступлением весны ее развитие продолжается. Благодаря этой способности общий период беременности у горностая может затягиваться до 300-320 суток, у соболя — до 230-280 суток.

Оплодотворение у растений. Процесс оплодотворения у растений при общем сходстве с оплодотворением животных имеет некоторые особенности. У покрытосеменных растений мужские гаметы (спермии), в отличие от сперматозоидов, малоподвижны. Их развитие начинается с формирования в пыльнике цветка микроспор — пыльцевых зерен. В созревшем пыльцевом зерне содержится вегетативная клетка и два спермия.

Попадая на рыльце пестика, вегетативная клетка формирует пыльцевую трубку, прорастающую по направлению к семяпочке. По этой трубке спермии перемещаются внутрь цветка, и когда кончик трубки разрывается, они попадают в зародышевый мешок. Один из них сливается с яйцеклеткой и образует зиготу — зародыш будущего растения. Второй спермий сливается с двумя ядрами гаплоидных клеток, располагающихся в центре зародышевого мешка. В результате образуется триплоидная клетка — эндосперм. Путем многократных митозов эндосперм формирует питательную среду вокруг зародыша.

Второе оплодотворение с образованием и развитием эндосперма происходит только после того, как оплодотворится яйцеклетка. Этот универсальный для всех покрытосеменных растений половой процесс носит название двойного оплодотворения. Он открыт в 1898 г. известным русским ботаником С. Г. Навашиным.