

ДЕЛЕНИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК

1. Понятие о мейозе и его типах

Мейоз (от греч. meiosis – уменьшение) – особый тип деления клетки, при котором происходит кратное уменьшение (редукция) набора хромосом и переход клеток из диплоидного состояния в гаплоидное. Мейотическое деление впервые было открыто в 1884 г. В 1885–1898 гг. то же явление было описано В. И. Беляевым, Э. Страсбургером (1888 г.), В. Флемингом (1889 г.).

Существует несколько типов мейоза:

1. Зиготный (начальный);
2. Гаметный (или конечный);
3. Спорный (или промежуточный).

У высших растений мейоз происходит в диплоидных клетках спорогенной ткани (материнских клетках спор) и заканчивается образованием гаплоидных спор (а не гамет), которые еще несколько раз делятся митотически, в результате чего формируются женские (яйцеклетка) и мужские (спермии) гаметы.

Для всех трех типов ход мейоза одинаков (универсален). В результате мейоза из одной исходной диплоидной клетки образуются четыре гаплоидные дочерние клетки.

2. Мейотический цикл

Мейоз состоит из двух циклов (редукционного и эквационного) клеточного деления, в которых можно выделить четыре стадии: профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Предшествующая мейозу интерфаза полностью аналогична митотической интерфазе; дупликация хромосом проходит в течение S-периода.

При первом делении **Мейоз-I** происходит уменьшение исходного числа хромосом в два раза и перекombинация генетического материала между двумя материнской и отцовской хромосомами. Мейоз I состоит:

Профаза-I подразделяется на пять подстадий: лептонема – стадия тонких нитей; зигонема – стадия спаривания; пахинема – стадия толстых нитей; диплонема – стадия двойных нитей; диакинез – стадия обособления.

Метафаза-I. Биваленты прикрепляются центромерами к нитям веретена и собираются в метафазной пластине, причём центромеры гомологичных хромосом располагаются на противоположных сторонах пластинки. В M1 гомологичные хромосомы связываются друг с другом переместившись к концам хромосом хиазмами в отличие от метафазы митоза, когда гомологичные хромосомы не образуют пары.

Анафаза-I. Центромеры каждой пары гомологичных хромосом расходятся к полюсам веретена, увлекая за собой по паре хроматид каждой хромосомы. Соединённые ранее концы гомологичных хромосом расходятся, и хромосомы всё более удаляются друг от друга. Важное отличие от митотической анафазы состоит в том, что в A1 мейоза центромеры не делятся.

Телофаза-I. После того как перемещение хромосом к полюсам веретена в анафазе завершено, вокруг каждого набора гомологичных хромосом образуется ядерная оболочка и клетка делится на две дочерние.

Интеркнез происходит между первым и вторым делением или отсутствует вовсе. В отличие от интерфазы мейоза-I и митоза на этой стадии не происходит синтез ДНК.

Второе деление Мейоз-II происходит по типу митоза и состоит из следующих фаз:

Профаза-II, Метафаза II, Анафаза II, Телофаза II.

Заканчивается мейоз образованием четырех дочерних гаплоидных клеток (из каждой диплоидной материнской) с различным сочетанием отцовских и материнских хромосом. Это обеспечивает формирование у одного организма половых клеток (гамет) с равным по

числу, но различным по составу набором хромосом, что приводит к генетическому разнообразию в потомстве.

3. Нарушения мейоза

На ход прохождения мейоза оказывают влияние возраст организма, экзогенные факторы – температура, радиация, концентрация солей, химические мутагены, лекарства, гормоны.

Все обнаруженные аномалии мейоза сводятся к следующим его событиям:

1. Конъюгация хромосом (зигонема);
2. Процесс рекомбинации хромосом или кроссинговер (пахинема);
3. Хиазообразование и процесс терминации хиазм (диплонема – метафаза I);
4. Процесс расхождения хромосом (нарушения веретена – Анафаза-1, Анафаза-2; выпадение второго деления – Метафаза-2, Профаза-2; отсутствие цитокинеза в Телофаза-1, Телофаза-2)

4. Мейоз у автополиплоидов и амфидиплоидов

Автополиплоид – это полиплоид, имеющий в своём составе более двух наборов хромосом одного и того же вида. Автополиплоиды часто характеризуются снижением фертильности. Хотя каждое семя у полиплоида крупнее, чем у исходной формы, но количество семян на растение может быть меньше. Причины этого кроются в нарушении мейоза. Так как при переходе растения на тетраплоидный или другой полиплоидный уровень наблюдается неполная «реализация» гомологии. То есть гомологи на полиплоидном уровне не конъюгируют единой ассоциацией. Во-первых, при конъюгации здесь формируются не биваленты, а квадрилленты и всего лишь на $\frac{2}{3}$ хромосом, а остальные хромосомы либо соединяются в биваленты или триваленты, либо остаются в неассоциированном состоянии (униваленты). Это нарушение сказывается на процессе расхождения хромосом в анафазе-1.

В результате нарушения мейоза и особенно численно несбалансированных расхождений хромосом в анафазе 1 у автополиплоидов формируются гаметы, несбалансированные по числу хромосом. Последние – виновники появления анеуплоидных организмов. Мейоз у анеуплоидов ещё более нарушен, поскольку у них гораздо чаще встречаются триваленты и униваленты. Однако снижение фертильности может быть преодолено путём селекции. У триплоида сахарной свёклы в первом делении мейоза образуются не биваленты, а триваленты, при расхождении которых в анафазе 1 две хромосомы могут отойти к одному полюсу, а третья к другому. В результате такого деления образуются гаметы с 11 и 22 хромосомами. Гаметы с промежуточным числом будут стерильны – 1 %.

Японскими генетиками была разработана система «Х-я» тетраплоидная ($2n=44$) и диплоидная формы арбуза ($2n=22$). Гибриды между ними являются триплоидами, а поэтому бессемянными, они имеют крупные плоды и большую устойчивость к заболеваниям.

Амфидиплоиды – имеют два набора хромосом обоих родителей, то есть это двойной диплоид $2n+2n$. Эта возможность была впервые получена (доказана) Карпеченко в опытах по межвидовому скрещиванию редьки с капустой. Эти виды имеют одинаковое число хромосом $2n=18$. Число хромосом удваивается $2n=36$. Получается гамета с числом хромосом $n=18$. От слияния таких гамет при оплодотворении получается амфидиплоидный гибрид, имеющий 36 хромосом (18 от редьки и 18 от капусты). Мейоз протекает у них вполне нормально, редечные хромосомы конъюгируют со своими редечными гомологами, капустные с капустными, образующиеся гаметы диплоидны и содержат по 9 редечных и 9 капустных хромосом. Эти гаметы будут жизнеспособными.

5. Биологическое значение мейоза и его отличия от митоза

Мейоз происходит в пыльниках цветковых почек и в материнской клетке мегаспор, находящихся в семяпочке. В процессе мейоза число хромосом в клетке становится гаплоидным. Диплоидное число хромосом восстанавливается в процессе оплодотворения при слиянии двух гаплоидных половых клеток – отцовской и материнской.

Генетическое значение мейоза сводится к трем основным моментам:

1. Мейоз является механизмом, поддерживающим видовое постоянство числа хромосом;
2. Мейоз обеспечивает генетическую разнородность гамет благодаря случайной перекombинации материнских и отцовских хромосом;
3. Мейоз вызывает образование хромосом нового генетического состава благодаря обмену участками гомологичных материнских и отцовских хромосом.

Мейоз имеет отличительные особенности от митоза и некоторые сходства.

Сходства:

1. Имеют одинаковые фазы деления (профаза, метафаза, анафаза, телофаза).
2. Перед митозом и мейозом в синтетический период происходит репликация ДНК, образование двуххроматидных хромосом (число хромосом $2n$, молекул ДНК – $4n$).

Отличия:

1. После митоза получается две клетки, а после мейоза – четыре.
2. После митоза получаются соматические клетки (клетки тела), а после мейоза – половые клетки (гаметы – сперматозоиды и яйцеклетки; у растений после мейоза получают споры).
3. После митоза получают одинаковые клетки (копии), а после мейоза – разные (происходит рекомбинация наследственной информации).
4. После митоза количество хромосом в дочерних клетках остается таким же, как было в материнской, а после мейоза уменьшается в 2 раза (происходит редукция числа хромосом; если бы её не было, то после каждого оплодотворения число хромосом возрастало бы в два раза; чередование редукции и оплодотворения обеспечивает постоянство числа хромосом).
5. В митозе одно деление, а в мейозе – два (из-за этого получается 4 клетки).
6. В профазе первого деления мейоза происходит конъюгация (тесное сближение гомологичных хромосом) и кроссинговер (обмен участками гомологичных хромосом), это приводит к перекombинации (рекомбинации) наследственной информации.
7. В анафазе первого деления мейоза происходит независимое расхождение гомологичных хромосом (к полюсам клетки расходятся двуххроматидные хромосомы). Это приводит к рекомбинации и редукции.
8. В интерфазе между двумя делениями мейоза удвоения хромосом не происходит, поскольку они и так двойные.

Второе деление мейоза ничем не отличается от митоза. Как и в митозе, в анафазе II мейоза к полюсам клетки расходятся одинарные сестринские хромосомы (бывшие хроматиды).