

§ 31. Цитологические основы наследования признаков при моногибридном скрещивании

Понятие о доминантных и рецессивных генах. В своих дальнейших исследованиях Г. Мендель решил выяснить, как будут наследоваться признаки в третьем и последующих поколениях гибридов. Для этого он предоставил гибридам второго поколения возможность самоопыляться и получил третье гибридное поколение.

Было установлено, что все потомки растений, полученных из зеленых горошин, были единообразными и наследовали зеленую окраску семян. Однако в потомстве растений, выращенных из желтых семян, подобной картины не наблюдалось. Лишь $\frac{1}{3}$ особей, полученных из желтых семян, производила единообразное потомство с желтыми горошинами. В то же время $\frac{2}{3}$ особей давали в потомстве расщепление в следующем соотношении: 3 части — желтые и 1 часть — зеленые (рис. 70).

Для объяснения полученных результатов Г. Мендель выдвинул предположение о том, что признаки организма контролируются особыми наследственными факторами. Согласно гипотезе Г. Менделя, доминантный признак определяется доминантным фактором, а рецессивный признак — рецессивным фактором. Эти факторы наследственности передаются от родительских особей потомству через половые клетки. В дальнейшем наследственные факторы, обуславливающие проявление тех или иных признаков, стали называть **генами**. Доминантные гены принято обозначать прописными буквами (например, *A*), рецессивные — строчными (*a*).

Г. Мендель предположил, что каждому признаку конкретной особи соответствуют два фактора, один из которых получен от отцовского организма, а другой от материнского. Поэтому в результате моногибрид-

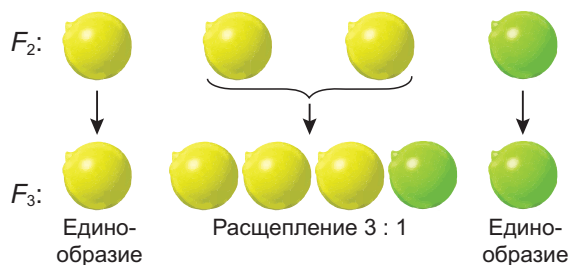


Рис. 70. Схема наследования окраски семян гороха при получении гибридов третьего поколения

ного скрещивания, при котором родители отличались, например, цветом семян, все гибриды первого поколения имели как наследственный фактор *A* (обуславливающий желтую окраску), так и фактор *a* (ответственный за зеленый цвет семян). Поскольку фактор *A* доминирует над фактором *a*, у всех гибридов *F*₁ проявилась желтая окраска семян.

Г. Мендель также полагал, что каждый гибрид первого поколения образует два типа половых клеток: половина гамет содержит фактор A , другая половина — a . Таким образом, парные наследственные факторы при образовании половых клеток разделяются и в каждую гамету попадает только один из них.

Понятие об аллельных генах. Цитологические основы наследования признаков при моногибридном скрещивании. Лишь после того, как были открыты хромосомы, описано их поведение при митозе и мейозе и доказано, что гены располагаются в хромосомах, предположения Г. Менделя нашли научное подтверждение.

Гены, контролирурующие различные (альтернативные) формы проявления признака, называются **аллельными генами** или **аллелями**. Установлено, что **аллельные гены располагаются в одинаковых участках (локусах) гомологичных хромосом**. Следовательно, у любого диплоидного организма проявление того или иного признака определяется как минимум *двумя* аллельными генами.

Совокупность всех генов организма называют **генотипом**. Применительно к отдельному признаку словом «генотип» обозначают комбинацию аллельных генов, контролирующих данный признак. Организмы, имеющие одинаковые аллельные гены, называются **гомозиготами**. Различают доминантные гомозиготы (их генотип можно записать как AA) и рецессивные гомозиготы (aa). Особи, имеющие разные аллельные гены, называются **гетерозиготами**, их генотип можно обозначить как Aa .

Гаметы образуются в результате мейоза и содержат гаплоидный набор хромосом. Вспомним, что в анафазе I гомологичные хромосомы, содержащие аллельные гены, расходятся к противоположным полюсам делящейся клетки и в конечном итоге попадают в разные гаметы (рис. 71). Таким образом, два аллельных гена не могут оказаться в одной и той же половой клетке. В каждую гамету попадает лишь один из них.

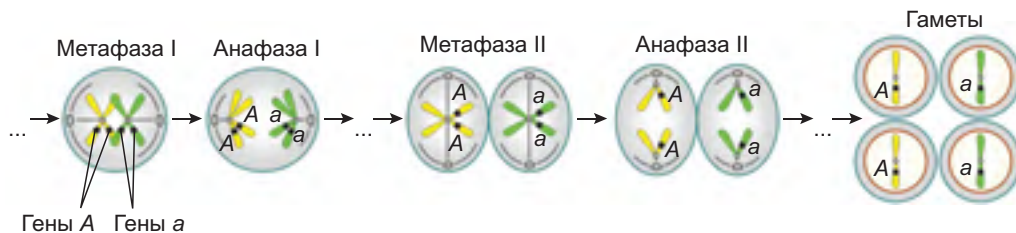


Рис. 71. Схема процессов, происходящих при мейозе и лежащих в основе моногибридного скрещивания

Гомозиготные организмы имеют одинаковые аллельные гены, поэтому у них формируется только *один* тип гамет. У особей с генотипом AA все половые клетки содержат ген A , у организмов с генотипом aa все гаметы содержат ген a . Гетерозиготные особи (Aa) образуют *два* типа гамет в равном соотношении: 50 % половых клеток содержат аллель A , 50 % — аллель a .

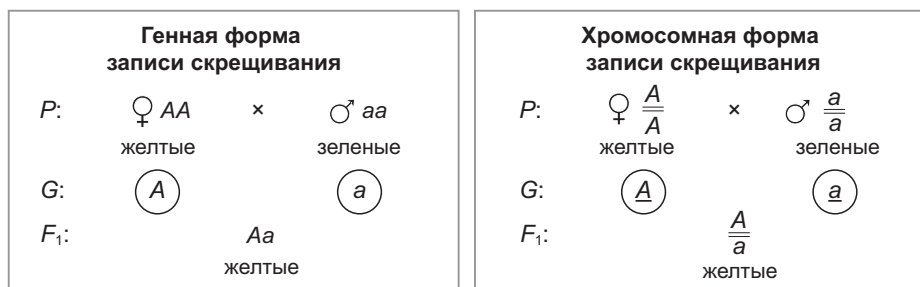
При оплодотворении гаплоидные гаметы родителей сливаются с образованием диплоидной зиготы. В зиготе хромосомы вновь становятся парными. В каждой паре гомологичных хромосом одна является материнской, а другая — отцовской. Значит, у каждого потомка развитие того или иного признака будет определяться двумя аллельными генами, причем один из них унаследован от матери, а другой — от отца.

Вернемся к эксперименту, в котором Г. Мендель изучал наследование окраски семян гороха. Обозначим доминантный ген, обуславливающий желтую окраску, буквой A , и рецессивный ген, определяющий зеленую окраску, — a . Поскольку Г. Мендель использовал в качестве родительских форм особей чистых линий, их генотипы следует записать как AA и aa . Оба родителя — гомозиготы, каждый из них производит гаметы лишь одного типа: у особи с генотипом AA формируются только гаметы A , у особи с генотипом aa — гаметы a .

Слияние гамет привело к образованию зигот, из которых развились гибриды первого поколения. Очевидно, что все они имели генотип Aa и желтую окраску семян (доминантный ген полностью подавил проявление рецессивного).

Запишем данное моногибридное скрещивание. Наиболее распространенными формами записи скрещиваний являются *генная* и *хромосомная*. В первом случае гены записывают «в строчку», без указания хромосом (например, Aa). Во втором случае при записи генотипов аллельные гены размещают друг над другом. При этом двумя черточками обозначают гомологичные хромосомы, в которых эти гены расположены (например, $\frac{A}{a}$).

Здесь и далее используйте одну из форм записи (по указанию учителя).



Совокупность признаков и свойств организма называют **фенотипом**. Если речь идет о конкретном скрещивании, понятием «фенотип» обозначают тот признак (или признаки), который в этом скрещивании исследуется. Например, в рассмотренном случае можно сказать, что гибриды первого поколения имели одинаковый фенотип — желтый цвет семян.

Гибриды первого поколения — гетерозиготы (Aa), у них образуются два типа гамет (A и a) в равном соотношении. Слияние гамет носит случайный характер, поэтому при оплодотворении формируются разные типы зигот: AA , Aa и aa .

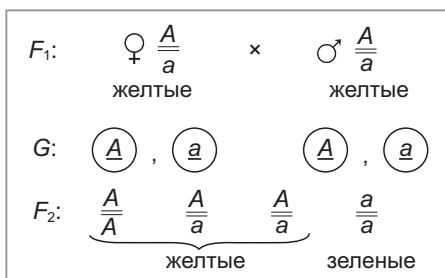
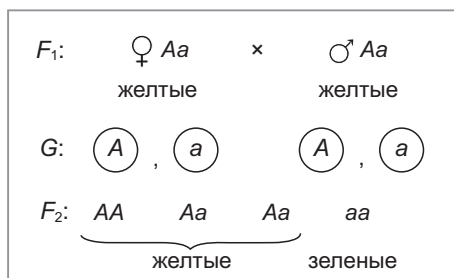
Чтобы наглядно показать все варианты слияния гамет и рассчитать вероятность появления потомков с разными генотипами и фенотипами, можно построить таблицу, называемую *решеткой Пеннета* (впервые такие таблицы предложил использовать английский генетик Р. Пеннет). В решетке Пеннета по горизонтали записывают гаметы одного родителя, по вертикали — гаметы другого родителя. В клетках на пересечении строк и столбцов указывают генотипы и фенотипы особей, которые возникают при слиянии соответствующих гамет (рис. 72).

Как видно из построенной решетки, у гетерозиготных родительских форм образуются потомки с тремя генотипами в соотношении: $1AA : 2Aa : 1aa$. Следовательно, **расщепление по генотипу составляет $1 : 2 : 1$** . Вероятность появления потомков каждого типа можно выразить и в процентах: 25 % AA , 50 % Aa , 25 % aa .

Расщепление по исследуемому признаку таково: $\frac{3}{4}$ особей с желтыми семенами (75 %) и $\frac{1}{4}$ — с зелеными (25 %). Значит, **расщепление по фенотипу составляет $3 : 1$** .

F_1 :		♀ Aa	×	♂ Aa
		♀	♂	
	♀	A	a	
	♂	A	a	
	♀	AA желтые	Aa желтые	
	♂	Aa желтые	aa зеленые	

Рис. 72. Решетка Пеннета



Хотя растения с желтыми семенами внешне выглядят одинаково, генетически они неоднородны (AA и Aa). Становятся понятными причины разного «поведения» их потомства в третьем и последующих поколениях. При самоопылении среди потомков доминантных гомозигот AA не будет наблюдаться расщепления, как и среди потомков рецессивных гомозигот aa . Гетерозиготные особи Aa будут давать в потомстве расщепление $3 : 1$.

Таким образом, цитологическими основами первого и второго законов Менделя являются расхождение гомологичных хромосом в анафазе I мейоза и случайное слияние (сочетание) гамет при оплодотворении.



Гены, определяющие развитие альтернативных признаков, называются аллельными. Генотип — это совокупность генов, фенотип — совокупность признаков и свойств той или иной особи. Каждый признак диплоидного организма контролируется двумя аллельными генами, причем один из них унаследован от матери, а другой — от отца. Особи, имеющие одинаковые аллельные гены, называются гомозиготами. Они образуют гаметы только одного типа. Организмы, которые имеют разные аллели, называются гетерозиготами. Они формируют два типа гамет в равном соотношении. В основе закономерностей моногибридного скрещивания, установленных Г. Менделем, лежит расхождение гомологичных хромосом в мейозе и случайное слияние гамет при оплодотворении.



1. Какие гены называются аллельными? Где располагаются аллельные гены?
2. Дайте определения понятий «фенотип», «генотип», «гомозигота», «гетерозигота».
3. Почему тот или иной признак организма в большинстве случаев определяется двумя аллельными генами? Почему при образовании гамет в каждую попадает лишь один аллельный ген из пары?
4. Какие цитологические явления лежат в основе закономерностей, обнаруженных Г. Менделем?
- 5*. У человека карий цвет глаз полностью доминирует над голубым. Возможно ли рождение голубоглазого ребенка в семье, где оба родителя кареглазые? Если возможно, то в каком случае и с какой вероятностью? Если невозможно, то почему?
- 6*. Две серые крысы были скрещены с белым самцом. В потомстве первой самки — 7 серых детенышей, в потомстве второй — 5 белых и 4 серых. Какой цвет шерсти доминирует? Запишите оба скрещивания.