

Тема:

«Наследственная изменчивость»

# *Изменчивость*

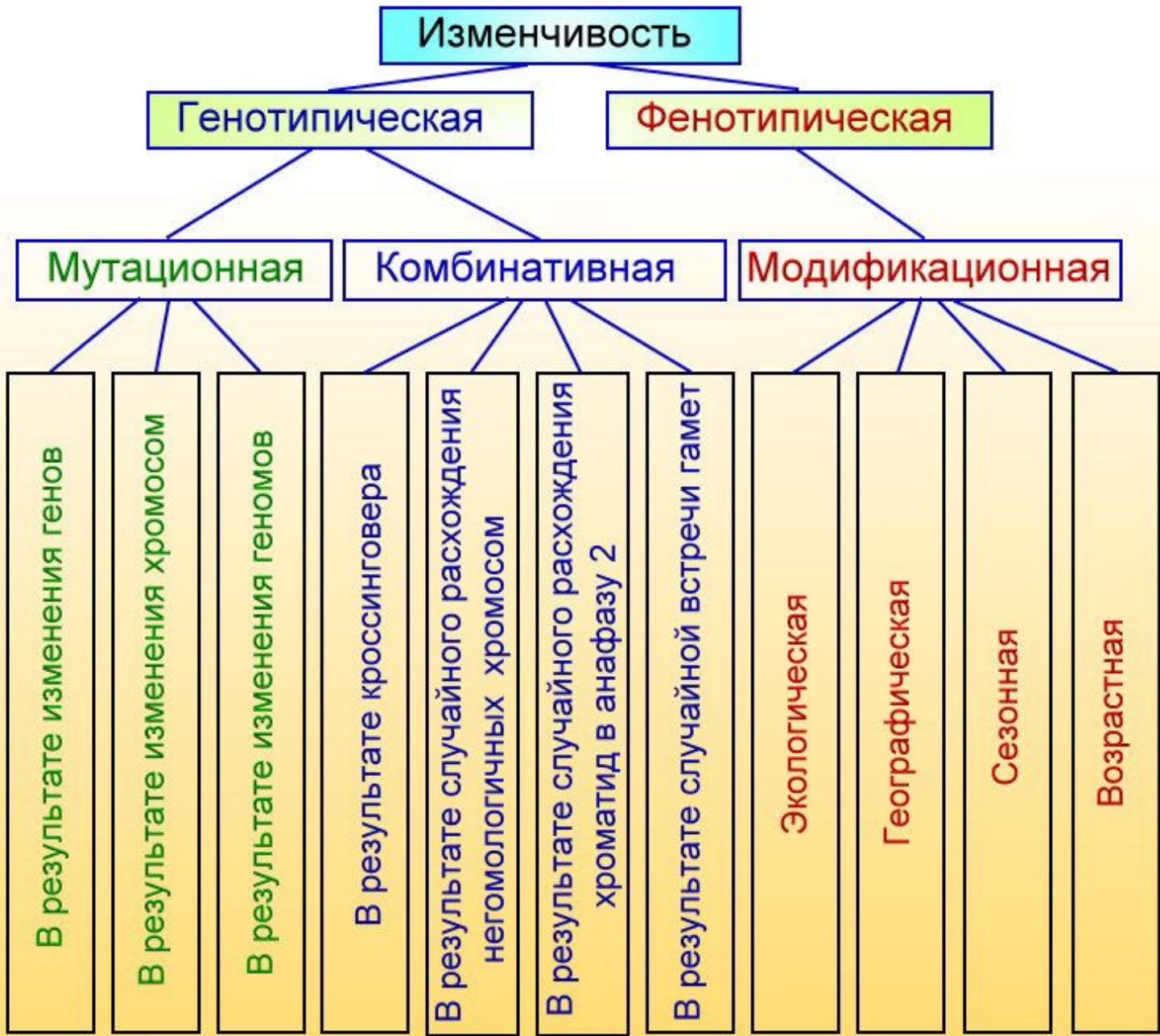
Генетика изучает не только наследственность, но и изменчивость организмов. *Изменчивостью* называют способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства. Благодаря изменчивости, организмы могут приспосабливаться к изменяющимся условиям среды обитания.

Различают два типа изменчивости:

*Наследственная*, или *генотипическая*, *индивидуальная*, *неопределенная* — изменения признаков организма, обусловленные изменением генотипа; она бывает:

- комбинативной* — возникающей в результате рекомбинации хромосом в процессе полового размножения и участков хромосом в процессе кроссинговера;
- мутационной* — возникающей в результате внезапного изменения состояния генов;

*Ненаследственная*, или *фенотипическая*, — изменчивость, при которой изменений генотипа не происходит. Ее также называют *групповой*, *определенной*, *модификационной*.



## *Мутационная изменчивость*



1848—1935

голландский ботаник, генетик.

Основная причина возникновения новых признаков и свойств у живых организмов — это проявление мутаций. *Мутации — это изменения генотипа, происходящие под влиянием факторов внешней или внутренней среды.*

Впервые термин «мутация» был предложен в 1901 г. голландским ученым *Гуго де Фризом*, описавшим самопроизвольные мутации у растений и *создавший мутационную теорию*. Мутации появляются редко, но приводят к внезапным скачкообразным изменениям признаков, которые передаются из поколения в поколение.

# *Мутационная изменчивость*

## *Основные положения мутационной теории:*



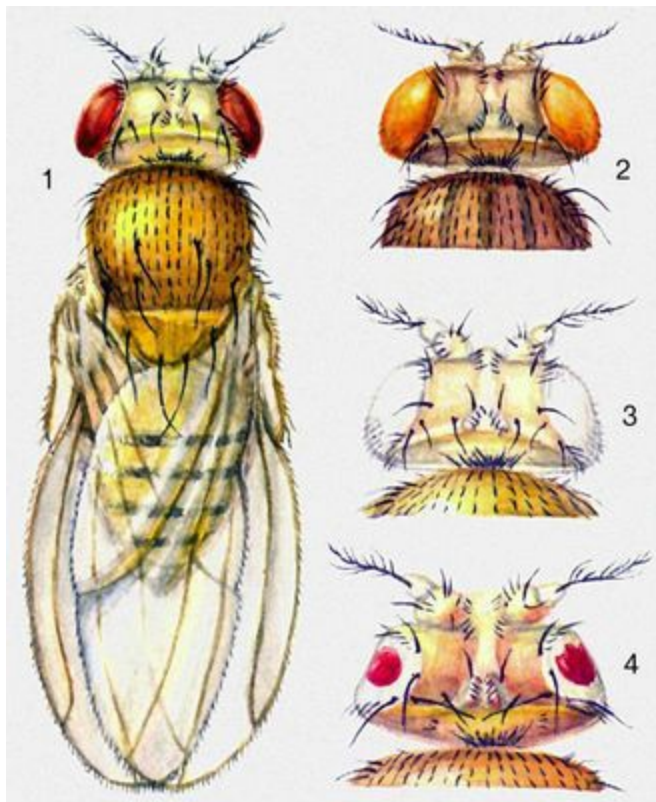
1848—1935

голландский ботаник, генетик.

1. Мутации возникают внезапно, без всяких переходов.
2. Мутации стойко передаются из поколения в поколение, наследственны.
3. Мутации не образуют непрерывных рядов, не группируются вокруг среднего типа.
4. Мутации возникают в разных направлениях, они могут быть вредными, полезными и нейтральными.
5. Успех в выявлении мутаций зависит от числа проанализированных особей.
6. Одни и те же мутации могут возникать повторно.

# Мутационная изменчивость

## Классификация мутаций:



По месту возникновения:  
*генеративные* (в половых клетках)  
*соматические* (в соматических клетках).

Проявляются мозаично - только в тех клетках которые произошли митотически от мутантной клетки.

По адаптивному значению:  
*вредные* (летальные и полуметальные) – чаще всего, *нейтральные и полезные*.

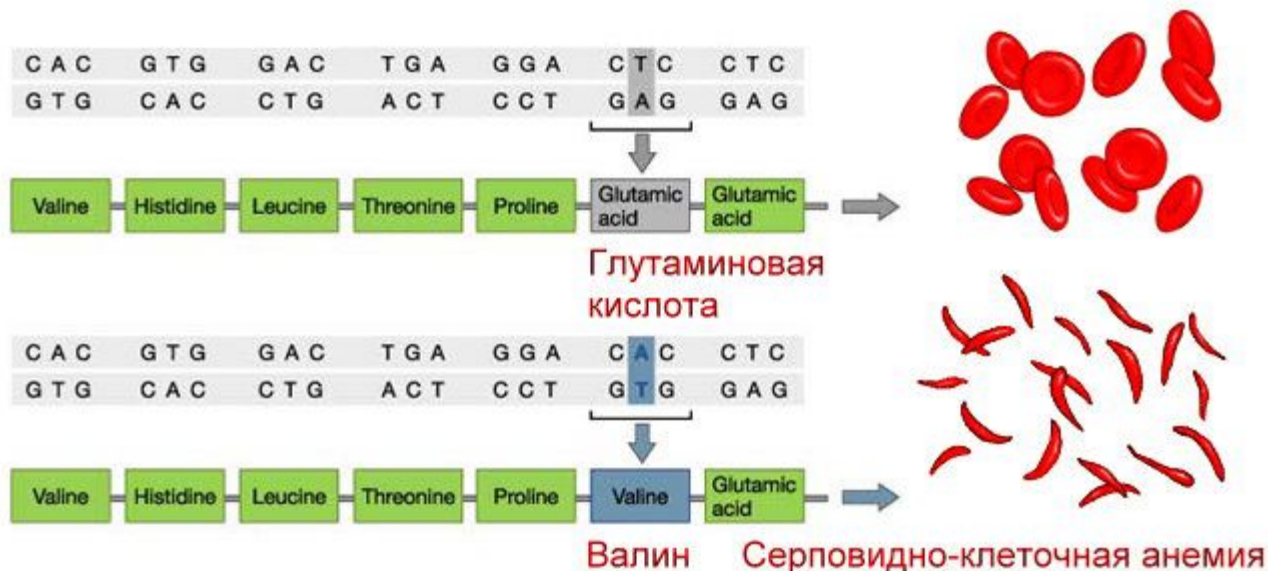
По характеру проявления:  
*доминантные* и *рецессивные*.

По изменению гена:  
*прямые* – от дикого типа к новой аллели,  
*обратные* – от мутантной аллели к дикому типу.

По характеру изменения генотипа:  
*генные, хромосомные и геномные*.

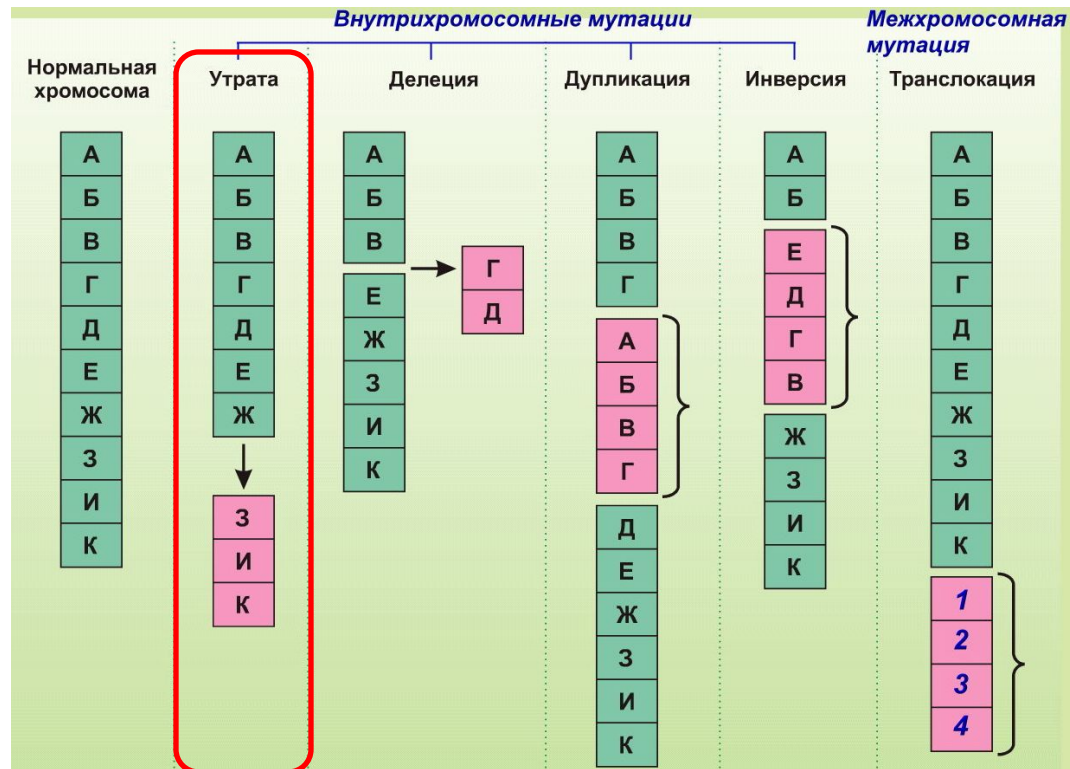
## Мутационная изменчивость

**Генные, или точечные,** мутации встречаются наиболее часто. Они возникают при замене одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена на другие. В результате в деятельности гена происходят изменения, синтезируется белок с измененной последовательностью аминокислот и, следовательно, с измененными свойствами, а в итоге какой-то признак организма будет изменен или утрачен. Например, благодаря генным мутациям бактерии могут приобрести устойчивость к антибиотикам или другим лекарствам, изменить форму тела, цвет колоний и т. д.



# Мутационная изменчивость

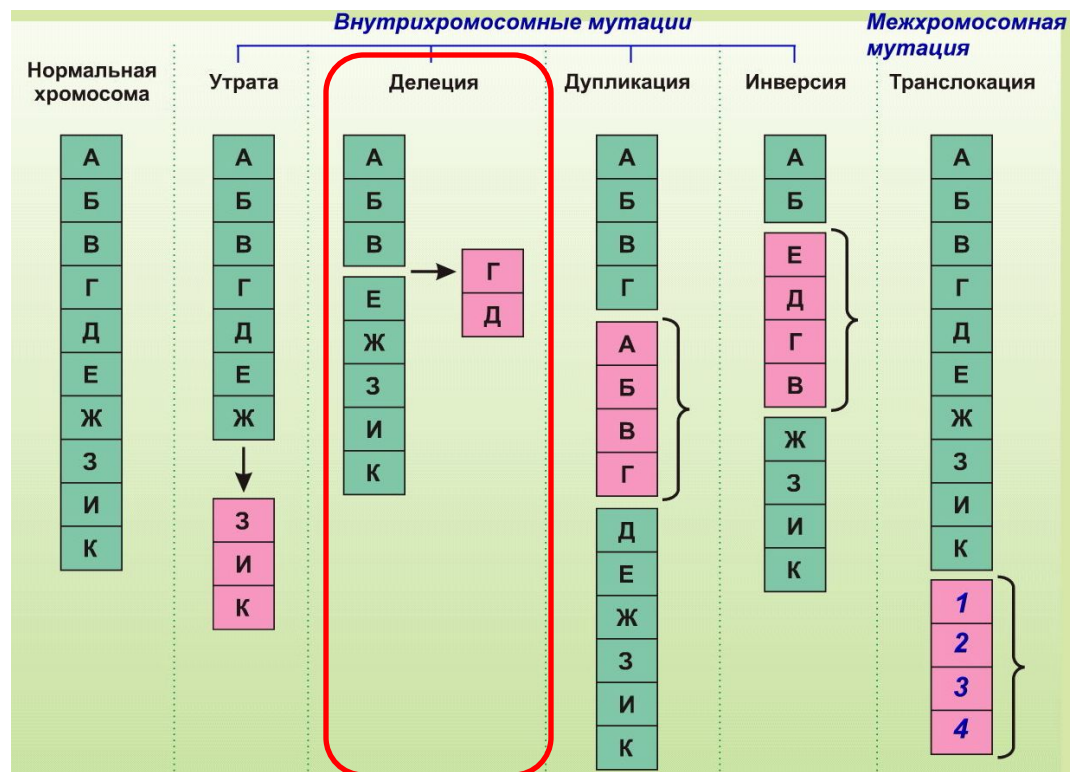
**Хромосомными мутациями** называются значительные изменения в структуре хромосом, затрагивающие несколько генов. Например, может возникать так называемая **утрата**, когда отрывается концевая часть хромосомы и происходит потеря части генов. Такая хромосомная мутация в 21-й хромосоме у человека приводит к развитию острого лейкоза — **белокровия**, приводящего к смерти.





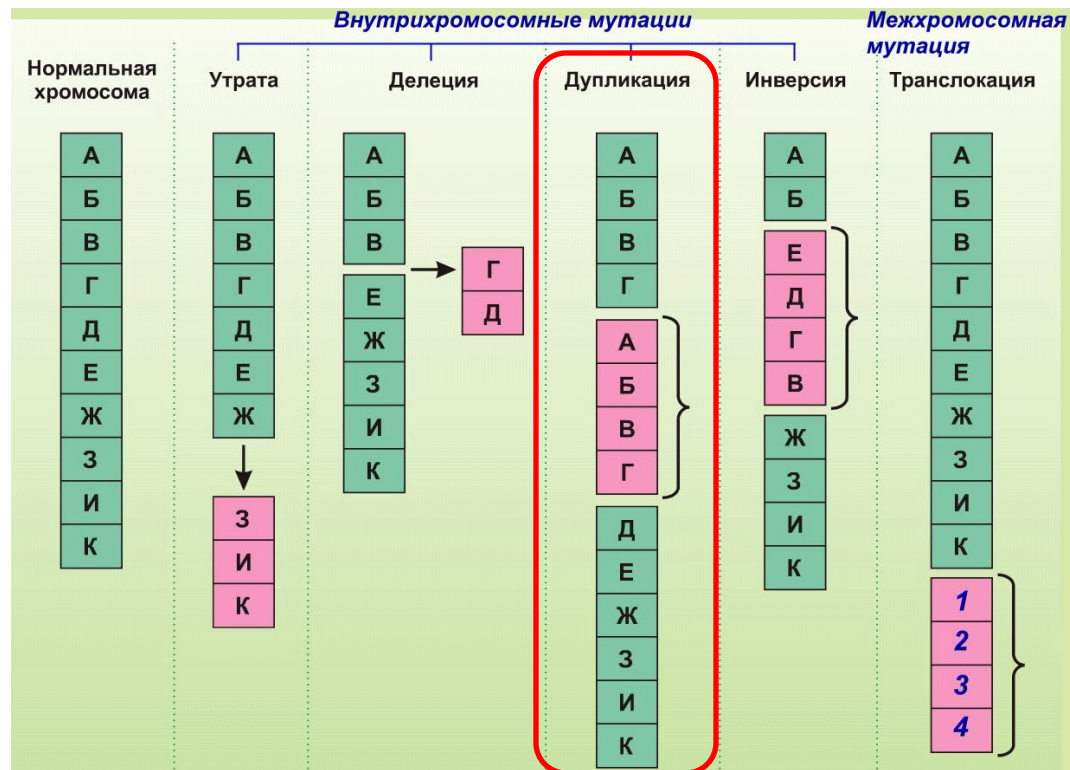
## Мутационная изменчивость

Иногда из хромосомы «выстригается» и разрушается средняя ее часть. Такая хромосомная мутация называется **делеция**. Последствия делеции могут быть различными: от смерти или тяжелого наследственного заболевания (если потеряна та часть хромосомы, которая содержала важные гены) до отсутствия каких-либо нарушений (если утеряна та часть ДНК, в которой нет генов, определяющих свойства организма).



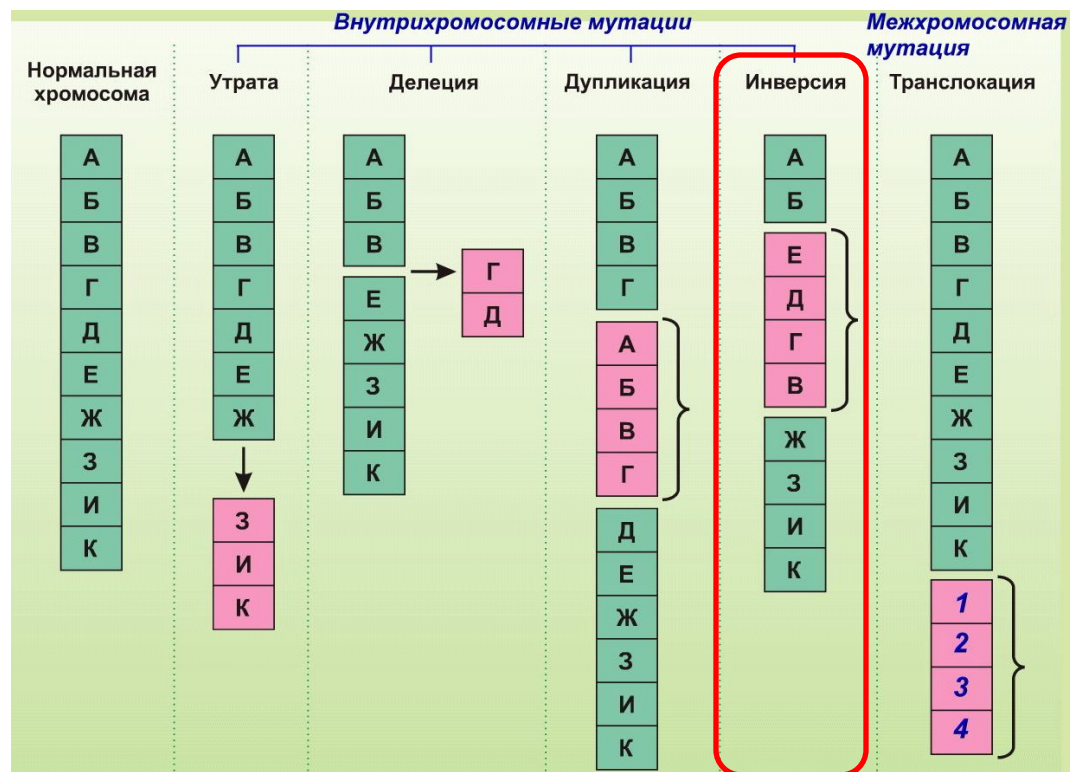
# Мутационная изменчивость

Еще один вид хромосомных мутаций — удвоение какого-нибудь ее участка. При этом часть генов будет встречаться в хромосоме несколько раз. Например, у дрозофилы в одной из хромосом нашли восьмикратно повторяющийся ген. Такой вид мутаций — **дупликация** — менее опасен для организма, чем утрата или делеция.



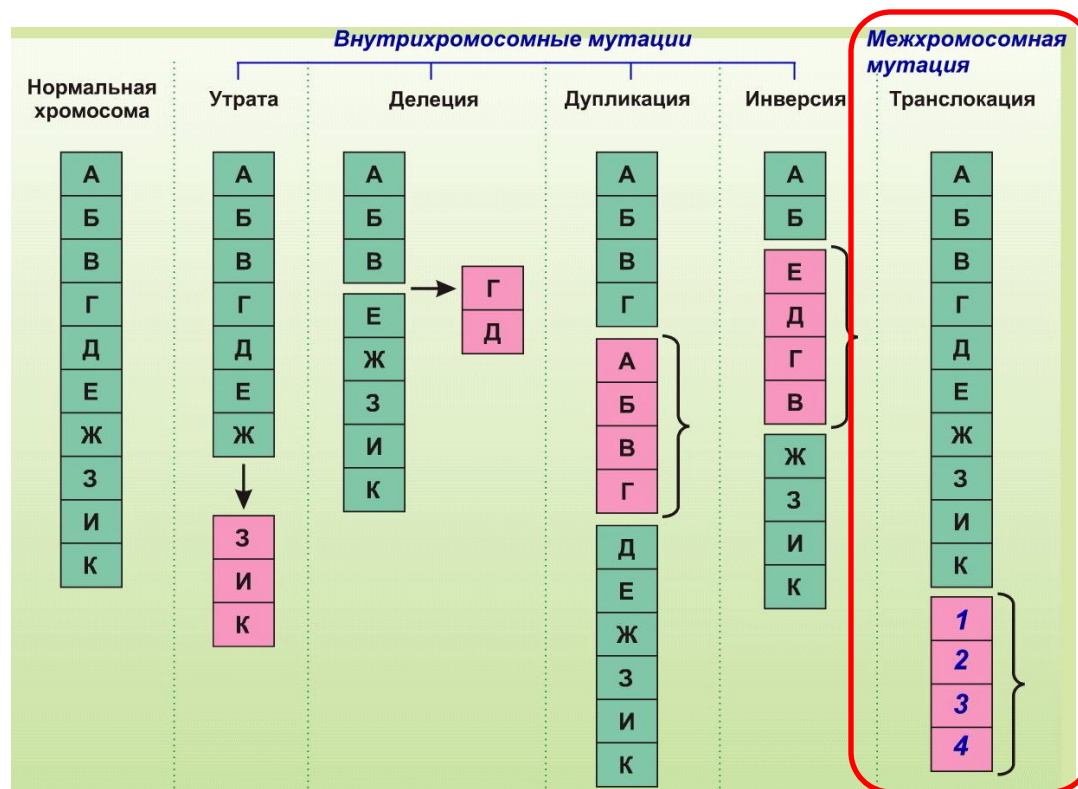
## Мутационная изменчивость

При *инверсии* хромосома разрывается в двух местах и получившийся фрагмент, повернувшись на  $180^\circ$ , снова встраивается в место разрыва. Например, в участке хромосомы содержатся гены А-Б-В-Г-Д-Е-Ж. Между Б и В, Д и Е произошли разрывы, фрагмент ВГД перевернулся и встроился в разрыв. В результате участок хромосомы будет иметь структуру А-Б-Д-Г-В-Е-Ж.

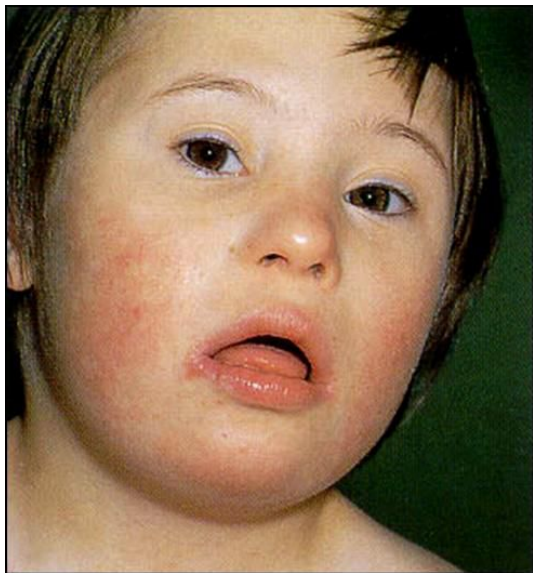


# Мутационная изменчивость

Наконец, возможен перенос участка одной хромосомы к другой, ей не гомологичной. Например, были гены **АБВГД**, стали **АБВГД12345**.



# Мутационная изменчивость



Синдром Дауна, лишняя хромосома 21 пары, трисомия по 21 паре.  
47; 21, 21, 21.

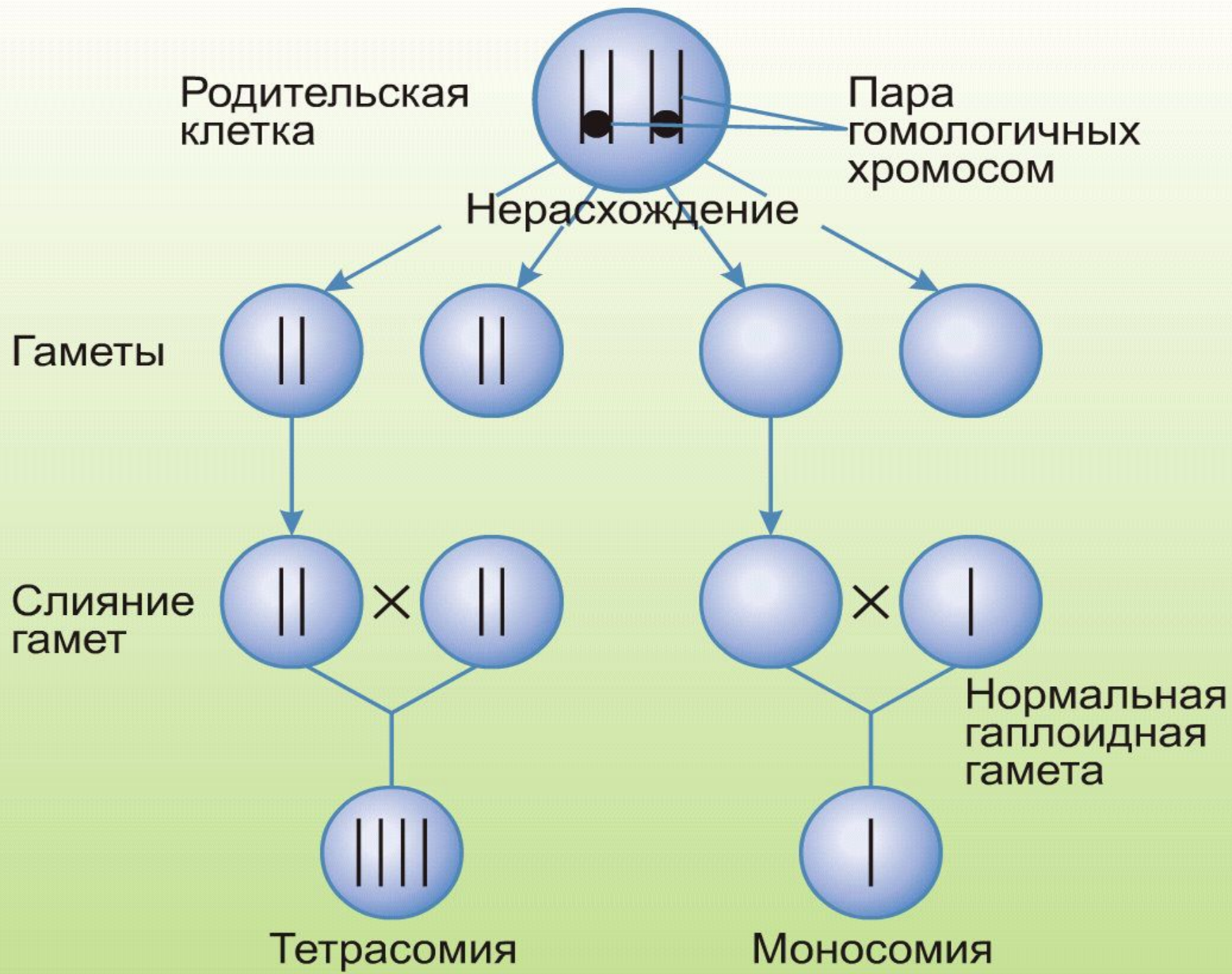
## Геномные мутации. Гетероплоидия (анеуплоидия).

В этом случае *в генотипе или отсутствует какая-нибудь хромосома, или, наоборот, присутствует лишняя.* Чаще всего такие мутации возникают, если при образовании гамет в мейозе хромосомы какой-либо пары расходятся и обе попадают в одну гамету, а в другой гамете одной хромосомы не будет хватать. Как наличие лишней хромосомы, так и отсутствие ее чаще всего приводит к неблагоприятным изменениям в фенотипе.

*Трисомия - синдромом Дауна.*

*Моносомия – синдром Шерешевского-Тернера.*

*Полисомия – несколько лишних хромосом,  $2n + K$ .*



Одна из причин появления геномных мутаций - нарушение нормального хода мейоза.

# Мутационная изменчивость

## Геномные мутации. Полиплоидия.

### Цветки капусты



Диплоиды,  $2n$



Тетраплоиды,  $4n$



Октоплоиды,  $8n$

Частным случаем геномных мутаций является *полиплоидия*, т. е. кратное увеличение числа хромосом в клетках в результате нарушения их расхождения в митозе или мейозе. Соматические клетки таких организмов содержат  $3n$ ,  $4n$ ,  $8n$  и т. п. хромосом в зависимости от того, сколько хромосом было в гаметам, образовавшим этот организм. Полиплоидия часто встречается у бактерий и растений, но очень редко — у животных.

Полиплоидны три четверти всех культивируемых человеком злаков. Если гаплоидный набор хромосом ( $n$ ) для пшеницы равен 7, то основной сорт, разводимый в наших условиях, — мягкая пшеница — имеет по 42 хромосомы, т. е.  $6n$ .

# Мутационная изменчивость

## Цветки капусты



Диплоиды,  $2n$

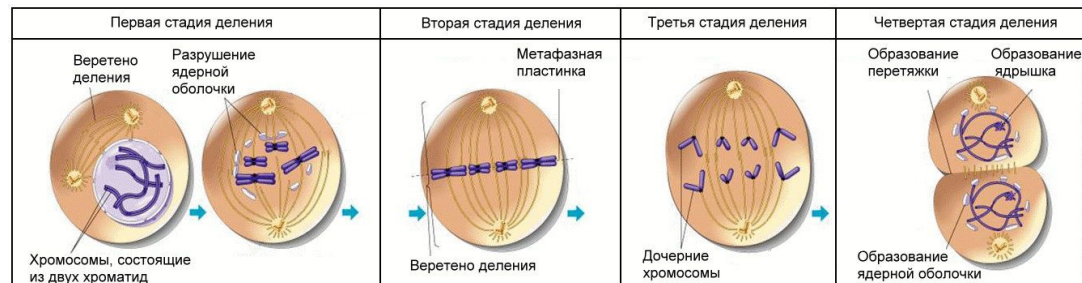


Тетраплоиды,  $4n$



Октоплоиды,  $8n$

Полиплоидами являются окультуренная свекла, гречиха и т. п. Как правило, растения-полиплоиды имеют повышенные жизнеспособность, размеры, плодовитость и т. п. В настоящее время разработаны специальные методы получения полиплоидов. Например, растительный яд из безвременника осеннего — *колхицин* — способен разрушать веретено деления при образовании гамет, в результате чего получаются гаметы, содержащие по  $2n$  хромосом. При слиянии таких гамет в зиготе окажется  $4n$  хромосом.





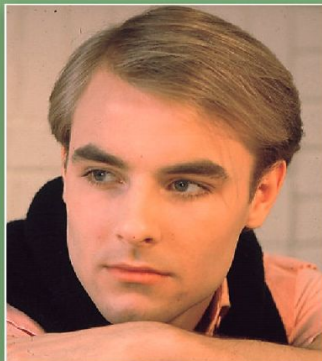
# Мутационная изменчивость

Доминантные признаки

Рецессивные признаки



Полные губы.



Тонкие губы.

Доминантные признаки

Рецессивные признаки



Веснушки.



Отсутствие веснушек.

Подавляющее число мутаций *неблагоприятны или даже смертельны для организма, так как они разрушают отрегулированный на протяжении миллионов лет естественным отбором целостный генотип.*

Способностью к мутированию обладают все живые организмы. У каждой конкретной мутации есть какая-то причина, хотя в большинстве случаев мы ее не знаем. Однако общее количество мутаций можно резко увеличить, используя различные способы воздействия на организм.

## Мутационная изменчивость

Частота мутаций – 1 на 100 000, или 1 на 1 млн. генов.

Факторы, вызывающие мутации, получили название *мутагенных*.

Во-первых, сильнейшим мутагенным действием обладает ионизирующее излучение. Радиация увеличивает число мутаций в сотни раз.

Во-вторых, мутации вызывают вещества, которые действуют, например, на ДНК, разрывая цепочку нуклеотидов. Есть вещества, действующие и на другие молекулы, но также дающие мутации. Например, *КОЛХИЦИН*, приводящий к одному из видов мутаций — полиплоидии.

В-третьих, к мутациям приводят и различные физические воздействия, например повышение температуры окружающей среды.



## Сравнение модификаций и мутаций

Признак	Модификации	Мутации
Определение	Конкретные изменения признака, возникшие под влиянием факторов внешней среды	Случайно возникшие стихийные изменения генотипа
Суть явления	Прямое изменение признака	Изменение гена или хромосомы
Частота появления	Возникают массово	Единичны
Направленность	Характеризуются направленностью	Носят ненаправленный характер
Значение	Полезны, имеют приспособительное значение	Могут быть вредными, полезными, нейтральными
Могут ли наследоваться	Не наследуются	Наследуются

## *Подведем итоги:*

Мутации:

*Мутации — это изменения генотипа, происходящие под влиянием факторов внешней или внутренней среды.*

Генные мутации:

*Возникают при замене одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена на другие. В результате в деятельности гена происходят изменения, синтезируется белок с измененной последовательностью аминокислот и, следовательно, с измененными свойствами, а в итоге какой-то признак организма будет изменен или утрачен.*

Хромосомные мутации. Утрата:

*Мутация, при которой отрывается концевая часть хромосомы и происходит потеря части генов.*

Хромосомные мутации. Делеция:

*Мутация, при которой из хромосомы удаляется ее средняя часть.*

Хромосомные мутации. Дупликация:

*Удвоение какого-нибудь ее участка. При этом часть генов будет встречаться в хромосоме несколько раз.*

## *Подведем итоги:*

Хромосомные мутации. Инверсия:

*При инверсии хромосома разрывается в двух местах и получившийся фрагмент, повернувшись на  $180^\circ$ , снова встраивается в место разрыва.*

Хромосомные мутации. Транслокация:

*Перенос участка одной хромосомы к другой, ей не гомологичной. Например, были гены АБВГД, стали АБВГД12345.*

Геномные мутации:

*В этом случае в геноме или отсутствует какая-нибудь хромосома, или, наоборот, присутствует лишняя.*

Полиплоидия:

*Частный случай геномных мутаций является полиплоидия, т. е. кратное гаплоидному увеличение числа хромосом в клетках в результате нарушения их расхождения в митозе или мейозе.*

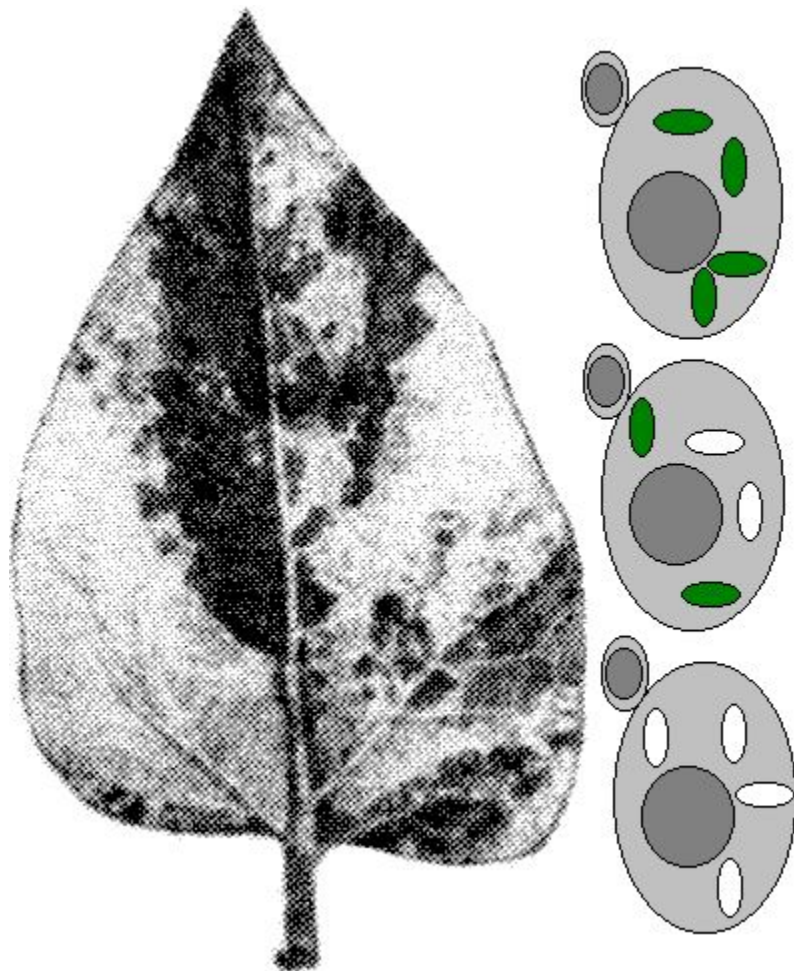
## Цитоплазматические мутации

В 1908 году исследовалось явление пестролистности у растения ночная красавица. При опылении пестролистных растений пыльцой растений с зелеными листьями гибридные растения имели пестрые листья. При опылении растений с зелеными листьями пыльцой растений с пестрыми листьями гибриды имели зеленые листья. В данном случае передача признаков происходит по женской линии, и цитоплазматические мутации связаны с пластидами. Яйцеклетка содержит пластиды, а в спермиях их нет. Поэтому окраска гибридных особей определяется особенностями яйцеклеток.

В конце 60-х - начале 70-х годов XX века был выведен сорт пестролистной фиалки Томмилоу. Фактически, пестролистность совсем не генетический признак, поскольку он не введен в растение на хромосомном уровне. Данное явление сохраняется на клеточном уровне материнского растения как дефект в производстве хлорофилла и распространяется как продукт деления клетки.



Пестролистная фиалка.



Какие растения вырастут из семян, полученных на зеленой ветке? Почему?

*Зеленые растения, так как яйцеклетка содержит нормальные хлоропласты.*

Какие растения вырастут из семян, полученных на пятнистой ветке? Почему?

*Если яйцеклетка будет содержать только нормальные хлоропласты, то из такого семени вырастет зеленое растение. Если яйцеклетка будет содержать и нормальные и бесцветные хлоропласты, то вырастет пестролистное растение. Если яйцеклетка будет содержать только бесцветные хлоропласты, проросток погибнет.*

## *Основы селекции. Закон гомологических рядов*

Анализ огромного количества культурных растений и их дикорастущих предков позволил Н. И. Вавилову сформулировать закон, устанавливающий параллелизм в наследственной изменчивости.



Это обобщение, получившее название *закон гомологических рядов наследственной изменчивости*, выглядит так:  
*«Генетически близкие роды и виды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других родственных видов и родов».*



## Основы селекции. Закон гомологических рядов

Гомологические ряды наследственной изменчивости в семействе злаковых (по Н. И. Вавилову) <sup>1</sup>.

		Наследственно варьирующие признаки	Рожь	Пшеница	Ячмень	Овес	Просо	Сорго	Кукуруза	Рис	Пырей
Соцветия	Пленчатость	Пленчатое (плотно заключено в колосковых чешуях) Голое (легко освобождается от чешуй)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Остистость	Остистое	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Безостое	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Короткоостистое	+	+	+	+	+	+		+	+
Зерно	Окраска	Белая	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Красная	+	+	+			+	+	+	
		Зеленая (серо-зеленая)	+	+	+	+	+		+	+	
		Черная (темно-серая)	+	+	+			+	+	+	+
		Фиолетовая	+	+	+				+	+	
	Форма	Округлая	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Удлиненная	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Консистенция	Стекловидная	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Мучнистая		+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Биологические признаки	Образ жизни	Озимый	+	+	+	+				+	
		Яровой	+	+	+	+	+	+	+	+	
		Полуозимый	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Скороспелость	Поздняя	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Ранняя	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание. Знак «+» означает наличие наследственных форм, обладающих указанным признаком.

Н. И. Вавилов исследовал изменчивость признаков у растений из семейства злаковых. Из 38 признаков, которые характерны для различных видов этого семейства (окраска колосковых чешуи и зерна, остистость и безостость, форма зерна, строение листьев, окраска всходов, озимость и яровость, холодостойкость и т. д.), у ржи Н. И. Вавилов обнаружил 37 признаков, у пшеницы — 37, у овса и ячменя — по 35, у кукурузы и риса — по 32 и т. д.

Исходно закон касался изменчивости у растений, однако Н. И. Вавилов указывал на применимость его и к животным.

## Основы селекции. Закон гомологических рядов



Альбинизм у человека и животных.

Открытый Н.И.Вавиловым закон справедлив не только для растений, но и для животных. Так, альбинизм и сходные ряды в окраске встречается не только в разных группах млекопитающих, но и птиц, и других животных.

Короткопалость наблюдается у человека, крупного рогатого скота, овец, собак, птиц, отсутствие перьев у птиц, чешуи у рыб, шерсти у млекопитающих и т.д.

## *Подведем итоги:*

При опылении пестролистной фиалки пыльцой от растения с зелеными листьями в потомстве ожидаются:

*Растения пестролистные, с зелеными листьями и бесцветные растения.*

При опылении фиалки с зелеными листьями пыльцой от растения с пестрыми листьями в потомстве ожидаются:

*Растения с зелеными листьями.*

Закон гомологических рядов:

*«Генетически близкие роды и виды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других родственных видов и родов».*

Значение закона:

*Позволяет предвидеть признаки, которые могут быть у растений данной группы.*