



КЕМЕРОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ

ТЕМА 4. Генетика пола и сцепленное с полом наследование

План



1. Типы определения пола

2. Хромосомная теория пола

3. Балансовая теория пола

4. Определение пола у человека

5. Пол и половые хромосомы у растений

6. Наследование признаков, сцепленных с полом

7. Ограниченные полом и зависимые от пола признаки





Типы определения пола

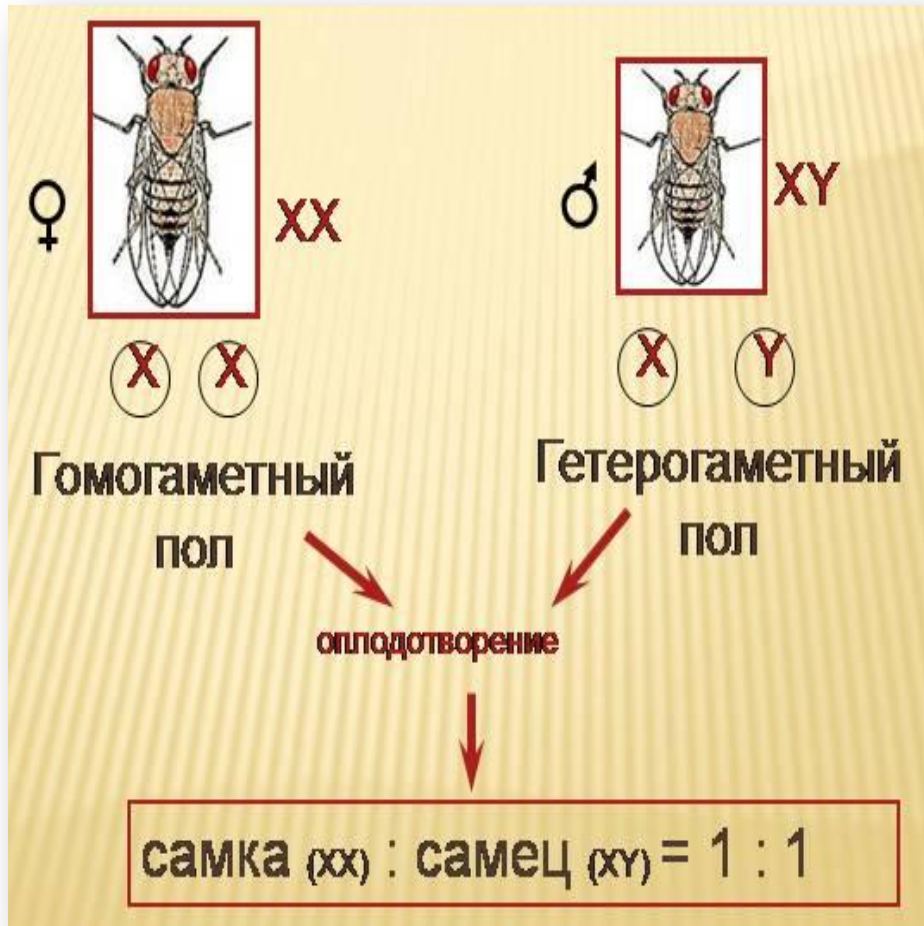
Сингамный –
пол определяется
в момент
оплодотворения

Эпигамный – пол
определяется
после
оплодотворения

Эусингамный –
пол определяется
набором хромосом

Прогамный – пол
определяется до
оплодотворения

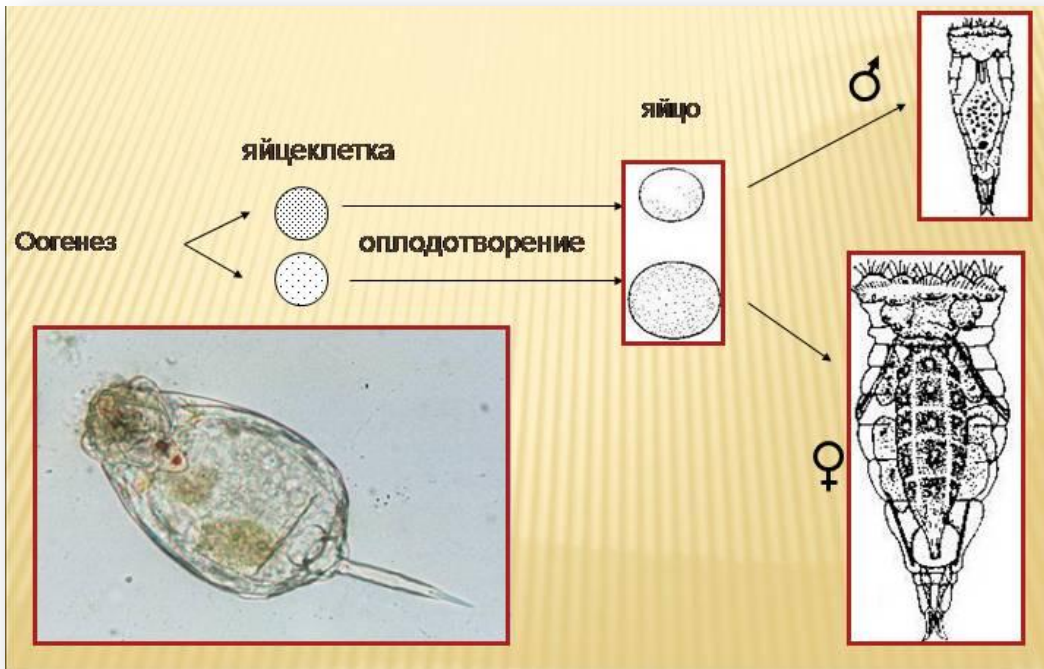
1. Типы определения пола



Сингамный тип – в этом случае преобладание женской или мужской тенденции проявляется в момент слияния гамет и образования зиготы.

Сингамия характерна для большинства растений, птиц, рыб, млекопитающих.

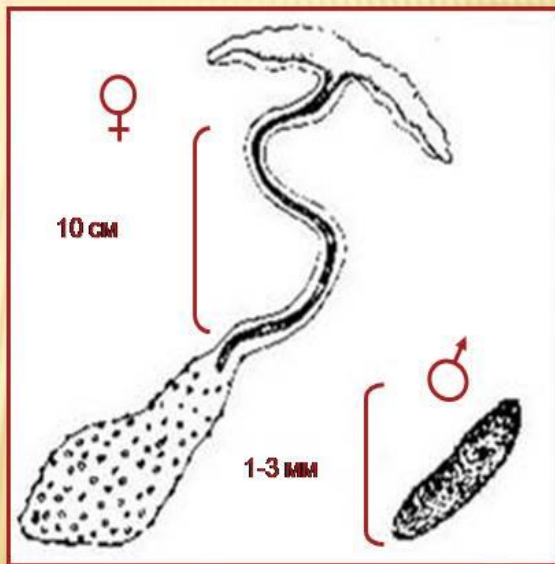
1. Типы определения пола



Прогамный тип встречается у немногих организмов (например, у коловраток, первичных кольцецов, тлей).

У них пол зиготы определяется еще в процессе оогенеза, при этом у самок вследствие неравномерного деления цитоплазмы образуются крупные и мелкие яйца, после оплодотворения из крупных развиваются самки, из мелких — самцы.

1. Типы определения пола



Эпигамный тип – наиболее редкий тип определения пола.

Например, у морского червя (*Bonellia viridis*) очень мелкие самцы обитают в половых путях самки.

Личинка червя бисексуальна, развитие самца или самки зависит от случая. Если личинка, плавающая определенное время в воде, встретит свободную от самца самку и зафиксируется на ее хоботке, то превращается в самца и мигрирует в ее половые органы, если нет, то она прикрепляется к камням и развивается в самку.

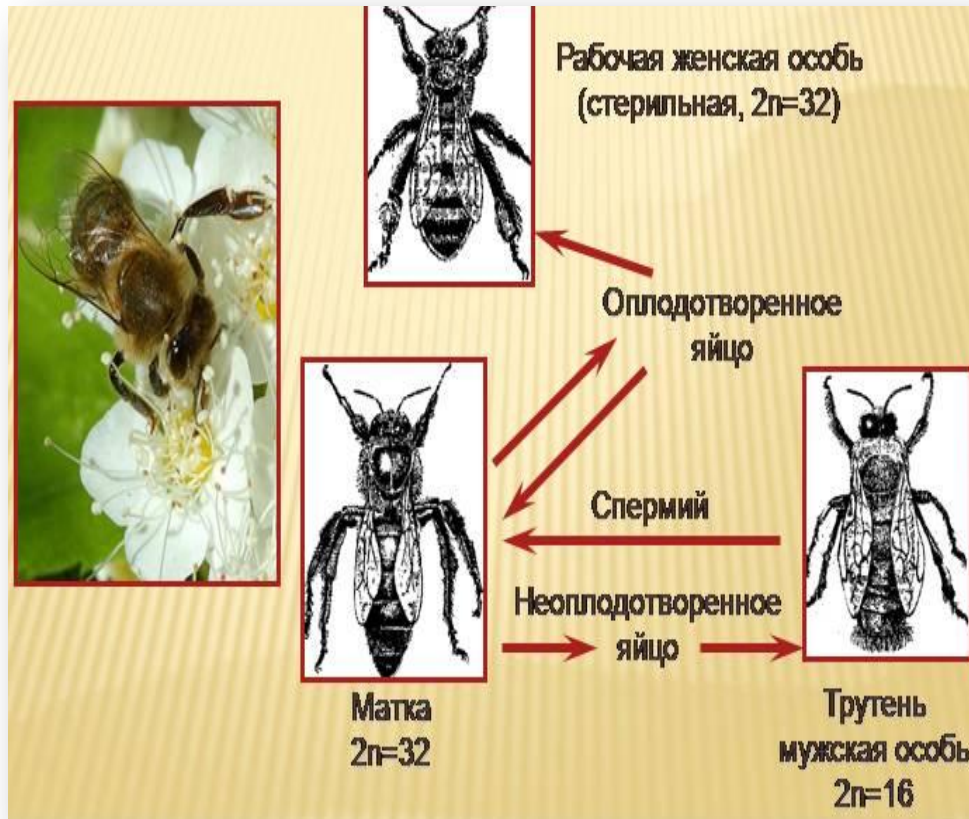


Эпигамный тип



У крокодилов температура инкубации влияет на пол: если яйцо хранилось при температуре от 31 до 32 °С, то выводятся самцы, если выше или ниже — то самки.

1. Типы определения пола



При **эусингамном** типе (пчелы, муравьи), самцы первично гаплоидны, поскольку они развиваются из неоплодотворенных яйцеклеток, тогда как самки диплоидны. В процессе развития соматические клетки самцов таких животных становятся **диплоидными**



ПОЛ

ГОМОГАМЕТНЫЙ
XX



пол, имеющий
одинаковые половые
хромосомы

ГЕТЕРОГАМЕТНЫЙ
XУ



пол, имеющий разные
половые хромосомы

Человек, млекопитающие, дрозофила, клоп *Ligaeus*.

- ♀ - XX (гомогаметный),
- ♂ - XY (гетерогаметный)

- ♀ XY, ♂ XX - птицы, бабочки, рыбы
- ♀ XX, ♂ X0 - кузнечики, клопы (*Protenor*)
- ♀ X0, ♂ XX - моль

Перепончатокрылые (пчелы, муравьи, осы) – половые хромосомы отсутствуют



Американский генетик Кальвин Бриджес, проводя опыты на дрозофиле, в начале 20-х годов обнаружил, что развитие признаков пола у плодовой мушки сильно изменяется в зависимости от соотношения X-хромосом и аутосом

На основании данных опытов К. Бриджес пришёл к выводу, что у дрозофилы женский пол определяется не только наличием двух X-хромосом, а развитие мужского пола не всегда зависит от сочетаний X и Y-хромосом



К. Бриджес

Самцы у мухи дрозофилы могут иметь разные наборы половых хромосом XY и XO (последние имеют все признаки мужского пола, но стерильные, так как в Y-хромосоме содержатся гены, необходимые для нормального течения сперматогенеза)

3. Балансовая теория пола



Половой индекс (ПИ) – соотношение числа X-хромосом к числу наборов аутосом (X : A)

$2X : 2A$ (ПИ=1) –
самка

$X : 2A$ (ПИ = 0,5) –
самец

$3X:2A$ (ПИ =1,5) –
сверхсамка

Половой индекс

$X:3A$ (ПИ=0,33)–
сверхсамец

$2X:3A$ (ПИ=0,67)
– интерсекс

3. Балансовая теория пола



Сверхсамки – являются бесплодными и имеют гипертрофированные признаки женского пола

Сверхсамцы – имеют гипертрофированные признаки мужского пола, бесплодны, быстро погибают

Интерсексы – бесплодные особи с промежуточными признаками обоих. До определенного момента развития сохраняется генетически детерминированный пол, но затем развитие продолжается в направлении противоположного пола. В результате интерсексы отличаются от нормальных особей тем, что у них первичные и вторичные половые признаки носят промежуточный характер, образуя непрерывный ряд переходов от нормального самца к самке



ген SRY – короткое плечо Y-хромосомы
ген MIS – в коротком плече 19 хромосомы
ген ZFY – в коротком плече Y-хромосомы
ген ZFX – в коротком плече X-хромосомы
ген SOX 9 – в аутосоме

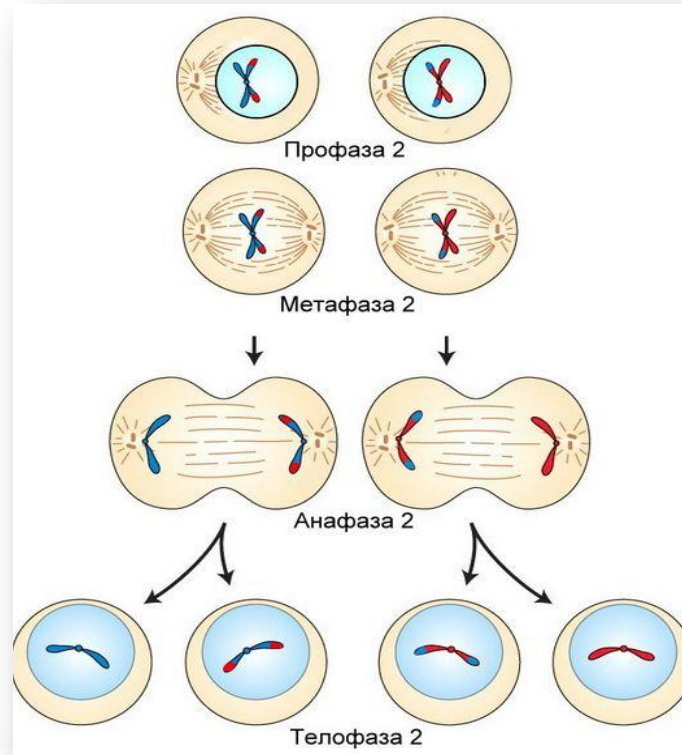


Гинандроморфы – содержат разное число хромосом в разных клетках

Мейоз

Нормальное течение

XX – гаметы X
XY – гаметы X, Y



Аномалии

XX – гаметы X, XX
XY – гаметы X, Y, XY

4. Определение пола у человека



Возможные комбинации половых хромосом

	X	XX	0
X	XX	XXX	X0
Y	XY	XXY	Y0
XY	XXY	XXXY	XY*
0	X0	XX*	00

XX – нормальный женский организм

XXX – трисомия по X-хромосоме кариотип 47
XXX

XY – нормальный мужской организм

Y0, 00 – зиготы нежизнеспособны

X0 – синдром Шерешевского-Тернера (моносомия X) кариотип 45 X

XXY, XXXY – синдром Клайнфельтера кариотип 47, XXY; 48, XXXY

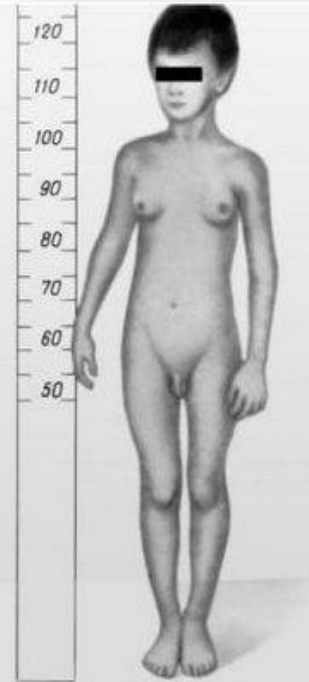
XY* - норма, обе хромосомы получены от отца

XX* - норма, обе хромосомы получены от матери



Синдром Шерешевского-Тернера (45XO)

- Недоразвитие половых органов
- Маленький рост
- Крыловидные складки на шее
- Врожденные пороки почек,
- ЖКТ, сердца



Синдром Клайнфельтера.

Кариотип больного XXУ. полисомии по X-хромосоме у мужчин (распространенность около 1:500). Чаще всего наблюдается кариотип 47,XXУ (классический вариант синдрома), но встречаются и более редкие кариотипы: 48,XXXУ; 49,XXXXУ; 48,XXУУ; 49,XXXУУ.

Характерно высокий рост, непропорциональные конечности (мальчик 6 лет).

Пол и половые хромосомы у растений



Подавляющее большинство высших растений обоеполые (гермафродитные).

Около 5 % цветковых растений двудомные. У таких организмов чётко выражен половой деморфизм.

У всех известных видов двудомных диплоидных растений гетерогаметными (XY) являются мужские формы.



Кукуруза – однодомное растение



Ива – двудомное растение



Обоеполый цветок лилии

5. Пол и половые хромосомы у растений



У большинства двудомных растений X- и Y- хромосомы отличаются друг от друга по размерам, обычно X- хромосома более крупная

Генетический контроль пола

Наличие Y-хромосомы

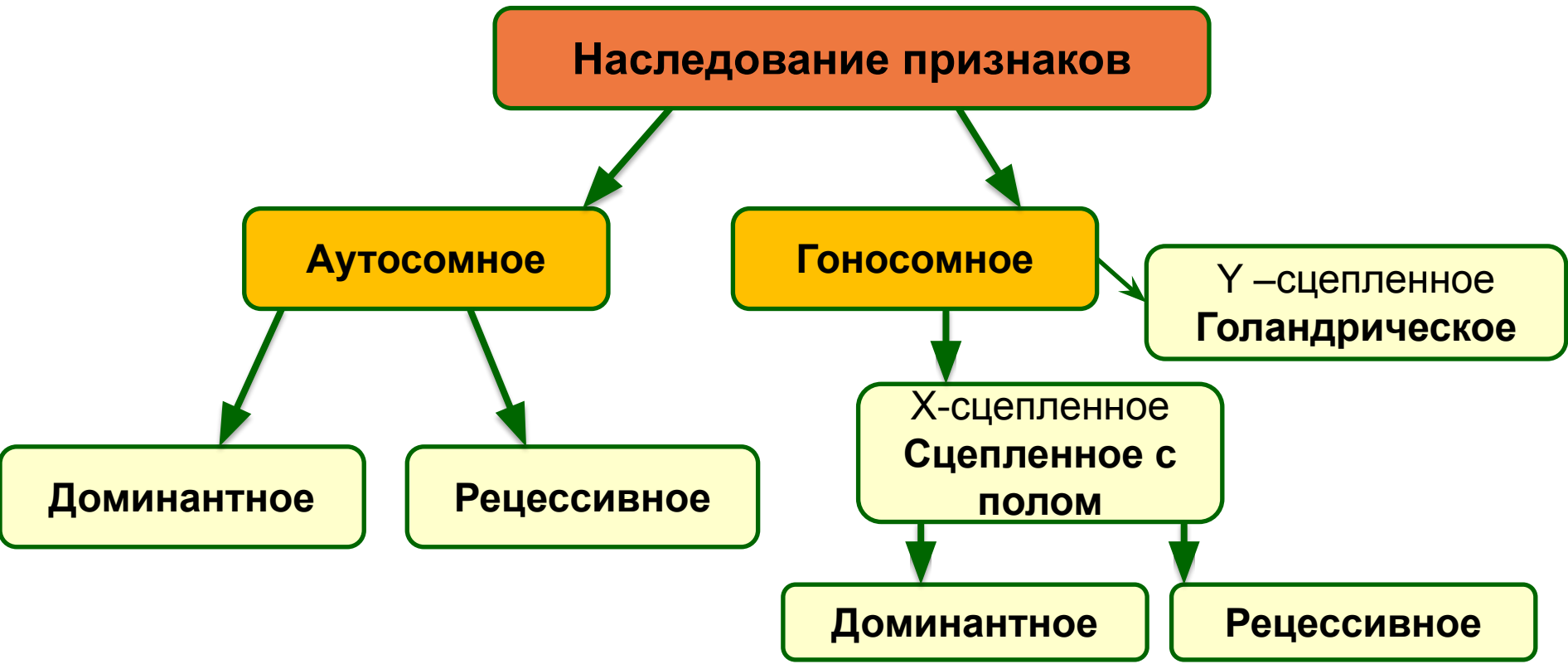
Одна Y-хромосома определяет мужской пол независимо от числа X-хромосом

Так у дремы белой женские особи ♀ имеют генотип $2A + XX$, а мужские ♂ - $2A + XY$

Балансовая детерминация пола

Пол определяется соотношением числа аутосом и X-хромосом

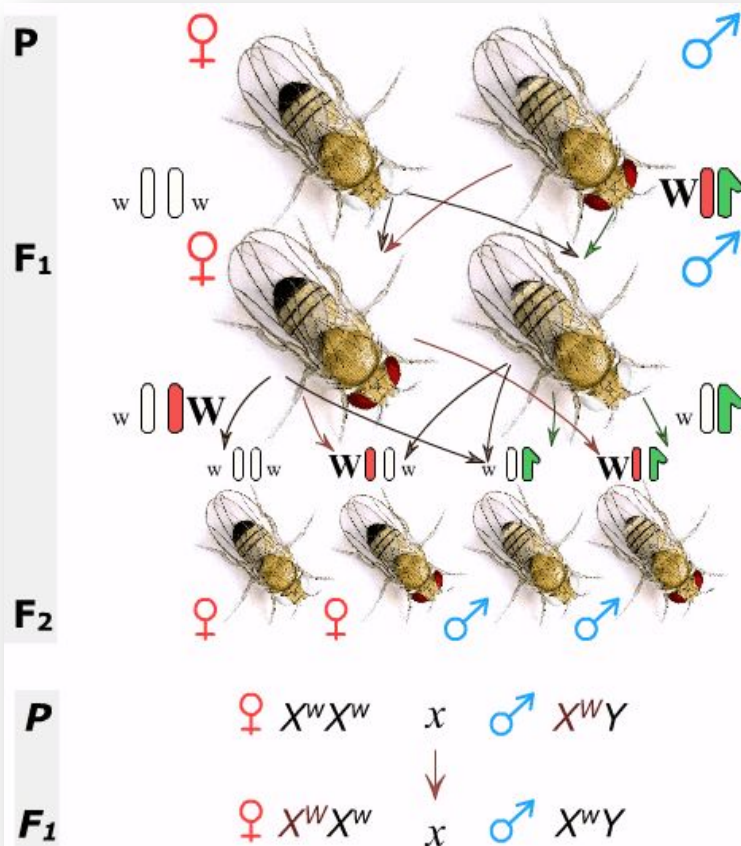
щавель кислый полиплоидные формы:
 $X : 3A$ (половой индекс 0,5 и ниже) - ♂
 $4X : 3A$ (половой индекс 1 и более) - ♀
 $2X : 3A$ (половой индекс 0,5-1,0) – растения имеют промежуточное состояние



6. Наследование сцепленное с полом



Наследование признаков, гены которых находятся в половых хромосомах, называется наследованием, сцепленным с полом.

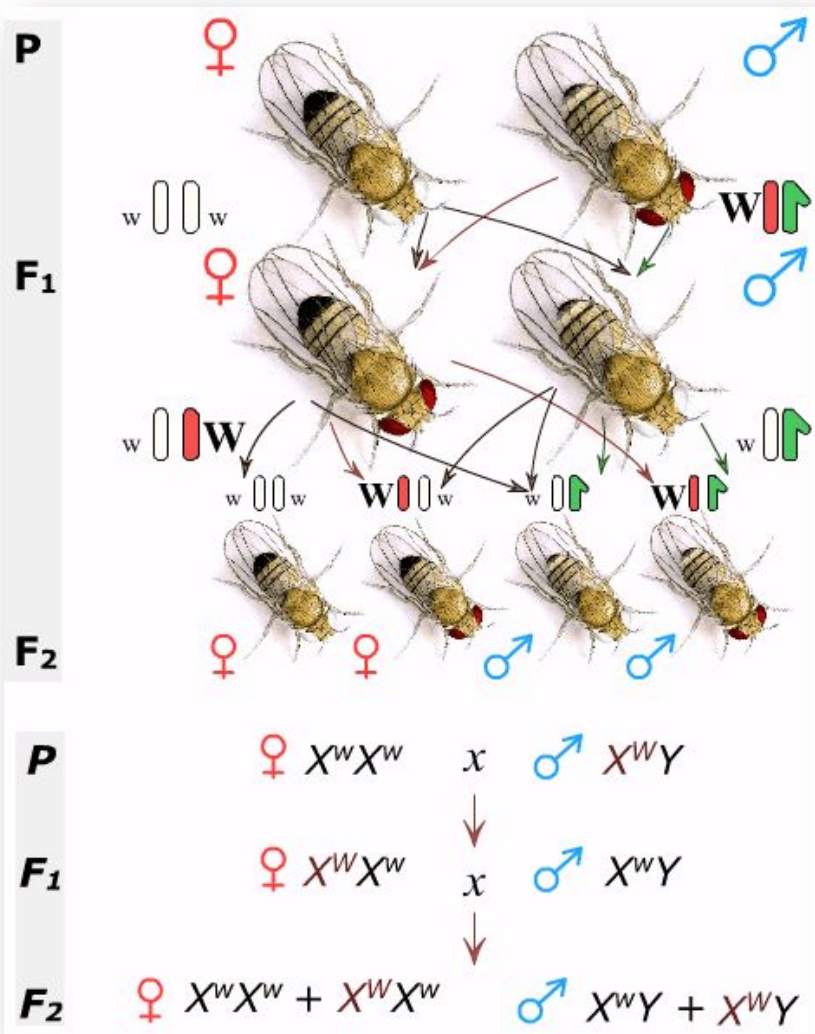


Его впервые выявил Т. Морган. Изучая наследование признаков у дрозофилы, он установил, что кроме генов, определяющих пол, половые хромосомы содержат гены, влияющие на разные признаки, не имеющие отношения к дифференциации пола.

W – красный цвет глаз
w – белый цвет глаз

P1 ♀ ww × ♂ WY
F1 ♀ Ww , ♂ wY

6. Наследование сцепленное с полом



Крисс-кросс наследование
 – это наследование, при
 котором признаки родителей
 передаются
 противоположному полу

6. Наследование сцепленное с полом



- Гены цвета глаз и гены, определяющие развитие признаков женского пола у дрозофилы наследуются сцеплено

- самки могут быть гомо- (WW) и гетерозиготными (Ww) по гену окраски глаз

- Гены, определяющие окраску глаз расположены в X-хромосоме

- Y-хромосома генетически инертна

- Признак определяется одним аллелем, т.е. проявляется одна доза генов – это **гемизиготное** состояние (WY, wY)



6. Наследование сцепленное с полом



Дальтонизм, цветовая слепота, - наследственная, реже приобретённая, особенность зрения человека и приматов, выражающаяся в сниженной или полной неспособности различать цвета.

Названа в честь Джона Дальтона, который впервые описал один из видов цветовой слепоты на основании собственных ощущений в 1794 году

Женщины

$X^D X^D$ – нормальное зрение

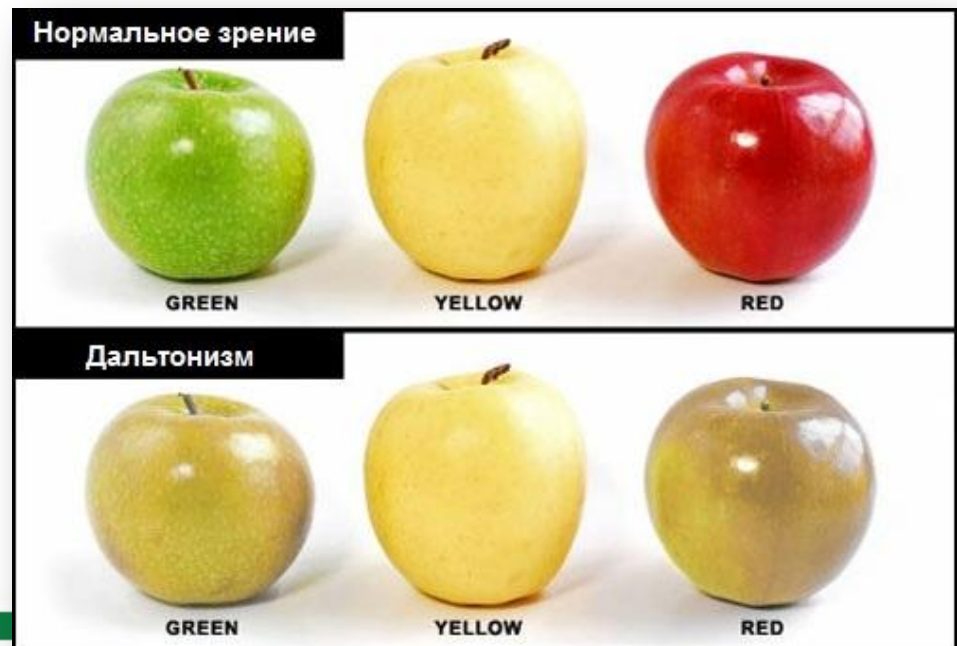
$X^D X^d$ – нормальное зрение

$X^d X^d$ – дальтоник

Мужчины

$X^D Y$ – нормальное зрение

$X^d Y$ – дальтоник



6. Наследование сцепленное с полом



Гемофилия – редкое наследственное заболевание, связанное с нарушением процесса свертывания крови.

При этом заболевании возникают кровоизлияния в суставы, мышцы и внутренние органы, как спонтанные, так и в результате травмы или хирургического вмешательства.

Женщины

$X^H X^H$ – нормальная свертываемость крови

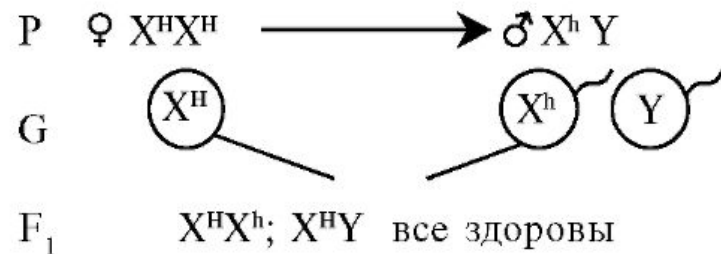
$X^H X^h$ – нормальная свертываемость крови

$X^h X^h$ – гемофилия

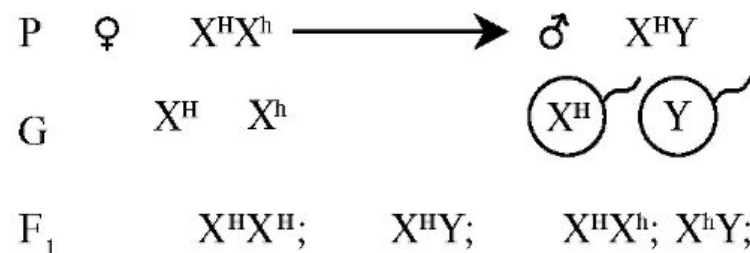
Мужчины

$X^H Y$ – нормальная свертываемость крови

$X^h Y$ – гемофилия

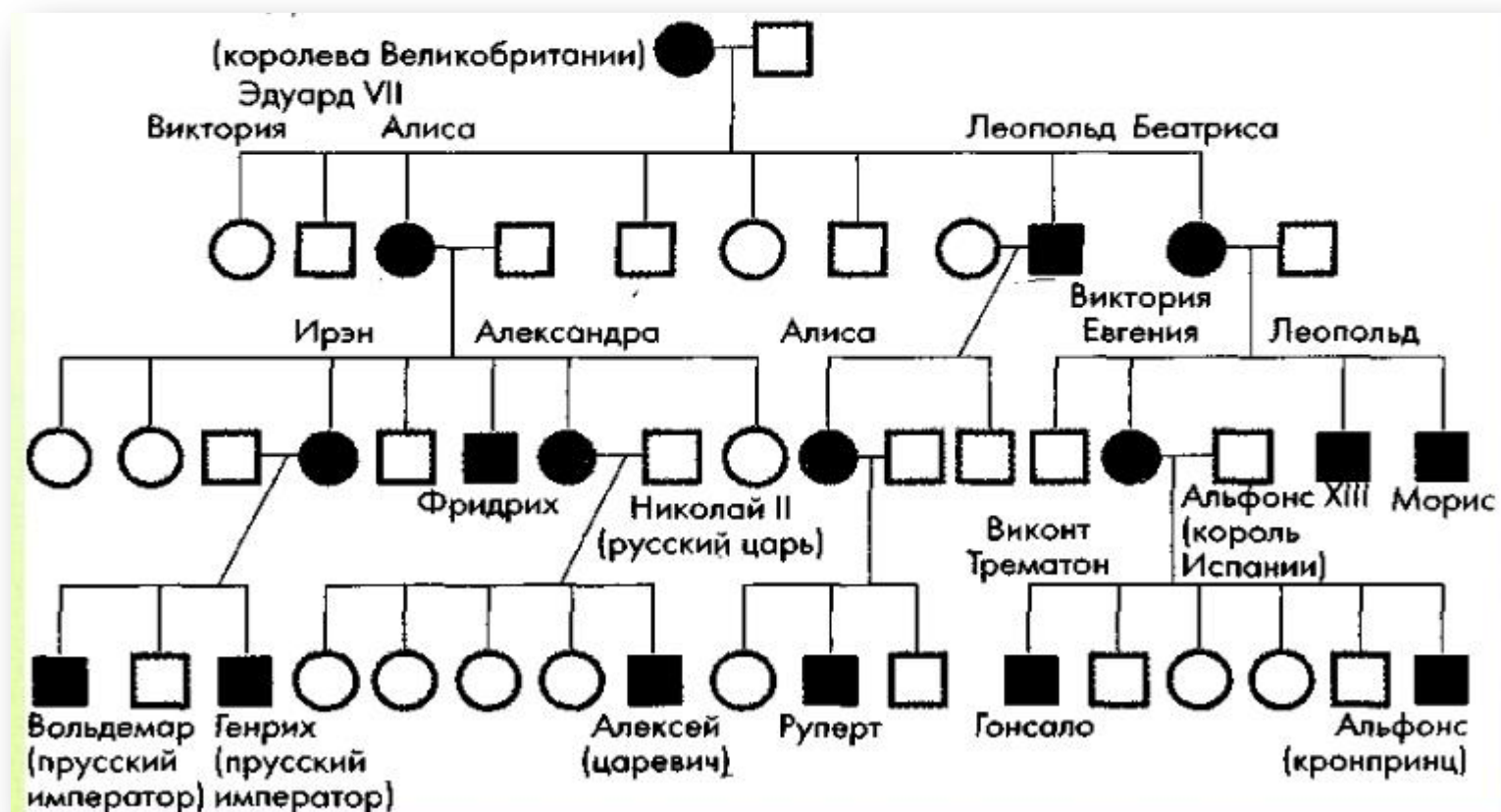


Если мать – носитель гена





Генеалогическое древо царской семьи Николая и Александры Романовых





Наследование «черепаховой» окраски у кошек

Чёрный ген - O

Красный (рыжий) ген - o

располагаются только на X хромосоме.

$X^O X^O$ – черная кошка

$X^O X^o$ – черепаховый окрас у кошки

$X^o X^o$ – рыжая кошка

$X^O Y$ – черный кот

$X^o Y$ – рыжий кот



Кот, рождённый «черепахой» должен иметь лишнюю X хромосому (XXY), что является патологией.

Только 1 из 3 тыс. черепаховых — кот.



Задача 2

У кур встречается сцепленный с полом летальный ген (X^a), вызывающий гибель эмбрионов, гетерозиготы по этому гену жизнеспособны. При скрещивании гетерозиготного по этому признаку самца с самкой появилось потомство (у птиц гетерогаметный пол — женский). Составьте схему скрещивания и определите генотипы родителей, возможного потомства и соотношение по полу выживших цыплят.

$$\begin{array}{l}
 \text{P:} \quad \text{♀} \quad X^A u \quad \times \quad \text{♂} \quad X^A X^a \\
 \quad \quad \quad \text{норма} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{норма} \\
 \\
 \text{G:} \quad \quad X^A ; u \quad \quad \quad \quad X^A ; X^a \\
 \\
 \text{F1:} \quad \begin{array}{l} \text{♂} \quad X^A X^a ; \\ \text{♂} \quad X^A X^A \\ \text{норма} \end{array} ; \quad \begin{array}{l} \text{♀} \quad X^a u \\ \text{♀} \quad X^A u \\ \text{гибель} \\ \text{норма} \end{array}
 \end{array}$$



ПРИЗНАКИ

ограниченные полом

развитие этих признаков обусловлено генами, расположенными в аутосомах обоих полов, но проявляются они только у особей одного пола (яйценокосность у кур, молочность у коров)

контролируемые полом

обусловлено генами, расположенными в аутосомах, но степень и частота проявления их (экспрессивность и пенетрантность) разная у особей разного пола

H – рогатость у овец, h – комолость
HH – рогатое животное независимо от пола
Hh – рогатый самец, безрогая самка
hh – самцы и самки безрогие

Контрольные вопросы



1. Перечислите и дайте характеристику типам определения пола

2. В чем суть хромосомной теории пола?

3. Что такое половой индекс? Как он влияет на определение пола?

4. Как определяется пол у человека? Приведите примеры.

5. Как определяется пол у растений? Приведите примеры.

6. Как осуществляется наследование признаков, сцепленных с полом?

7. В чем заключается разница между наследованием признаков ограниченных полом и зависимых от пола?





Пухальский В. А. Введение в генетику (краткий конспект лекций): учеб. пособие для студ. вузов агр. спец./ В. А. Пухальский. — М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. — 224 с.



Иванищев В.В. Основы генетики: учебник / В.В. Иванищев. — М. : РИОР : ИНФРА-М, 2017 — 207 с.

