



Тема № 4

“Хромосомне визначення статі та успадкування ознак, зчеплених зі статтю”

План

1. Статеві хромосоми.
2. Гомо- та гетерогаметна стать.
3. Типи хромосомного визначення статі.
Успадкування ознак, зчеплених зі статтю.
4. Значення реципрокних схрещувань для визначення зчеплених зі статтю ознак.
5. Наслідування при нерозходженні статевих хромосом.
6. Балансова теорія визначення статі.
7. Гінандроморфізм.



Генетика статі — це наука про генетичні закономірності визначення первинних і вторинних статевих ознак в онтогенезі, про регулювання чисельного співвідношення особин різної статі та шляхи раннього прогнозування статі. Основоположником цього наукового напрямку вважають німецького генетика К. Корренса.

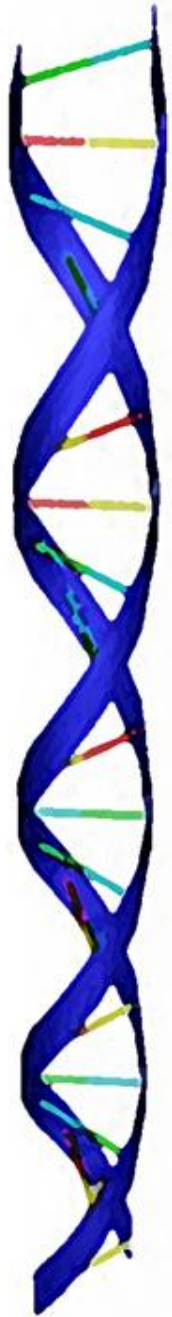
Стать це сукупність ознак та якостей, які забезпечують відтворення нащадків та передачу спадкової інформації наступному поколінню за рахунок утворення гамет. Є організми в яких стать визначається кількістю статевих хромосом, а у особин інших видів — статева належність пов'язана з гетероморфністю статевих хромосом.

Відмінності особин чоловічої та жіночих статей називають статевим диморфізмом. Він зустрічається як у нижчих так і вищих рослин і тварин. Серед рослин 5000 видів дводомні, вищі тварини як правило не є гермафродитами і мають дві статі. На нижчому рівні тварини або рослини особини різних статей можуть не мати морфологічних відмінностей, але мають фізіологічні відмінності.

Можна говорити про відносну сексуальність. Таким чином біологічна значущість статевого процесу є перекомбінація спадкової інформації, що збільшує загальний фонд спадкової інформації. Дарвін навіть сформулював закон біологічної корисності схрещування і пояснював ним появу двох статей.

Існують первинні та вторинні статеві ознаки. Первинні забезпечують відтворення гамет та поєднання у процесі запліднення: гонади, статеві шляхи, зовнішні геніталії - у тварин, андроцей та гінецей у тварин

Вторинні статеві ознаки це ознаки що безпосередньо не забезпечують процесів гаметогенезу та запліднення але грають допоміжну роль у статевому розмноженні. Наприклад, це молочні залози у ссавців, особливості морфології плавців у риб, оперення у птахів та довжинна міжвузлів та термін цвітіння у вищих рослин.



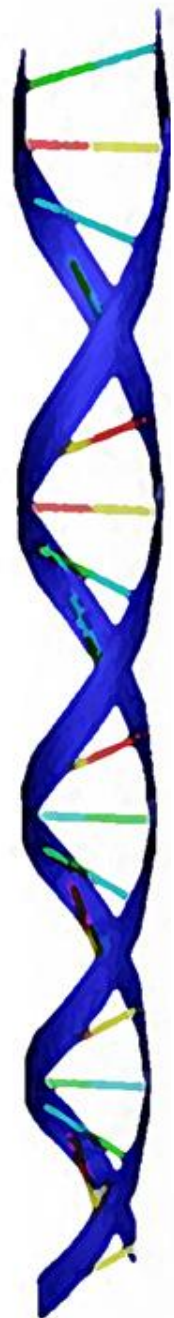
У залежності від стадії онтогенезу, на якій визначається стать, розрізняють **прогамний** (коловертки, попелиці та ін.), **сингамний** (найбільш розповсюджений) та **епігамний** (морський черв'як *Bonellia viridis*) типи визначення статі.

За прогамного типу стать зиготи визначається вже в процесі дозрівання яйцеклітин, які стають різними за розмірами ще до запліднення внаслідок нерівномірного розподілу цитоплазми.

Якщо стать визначається в момент запліднення, то говорять про сингамний тип визначення статі. За епігамного типу стать визначається після запліднення під впливом зовнішніх умов, серед яких найважливіше значення має хімічний склад навколишнього середовища.

Розщеплення за статтю в природі за нормальних умов як правило складає 1:1. Це відповідає розщепленню за моногібридного аналізуючого схрещування і свідчить про те, що одна стать за певною генетичною детермінантою є гетерозиготою, а протилежна стать — гомозиготою. Про це здогадався ще Г. Мендель.

Вивчення каріотипу особин різної статі привело до висновку про істотні відмінності цього показника у більшості досліджуваних об'єктів.



Типи хромосомного визначення статі

Види організмів	Структура за статевими хромосомами			
	Яйця	Сперматозоїди	Зиготи	
			♀	♂

A. Чисельні відмінності статевих хромосом (тип *Protenor*)

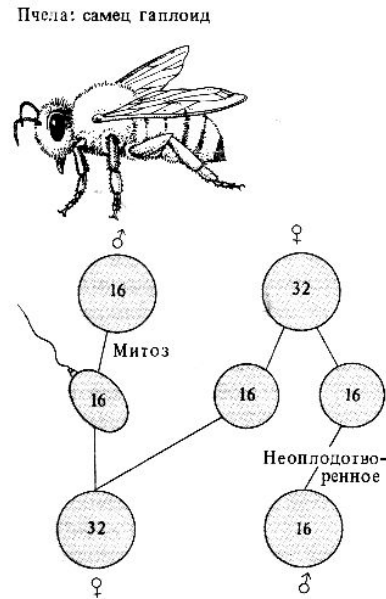
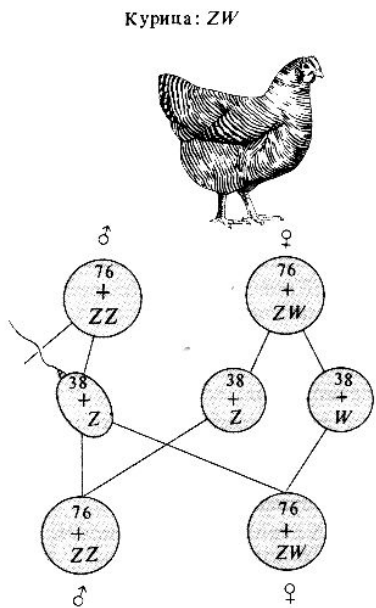
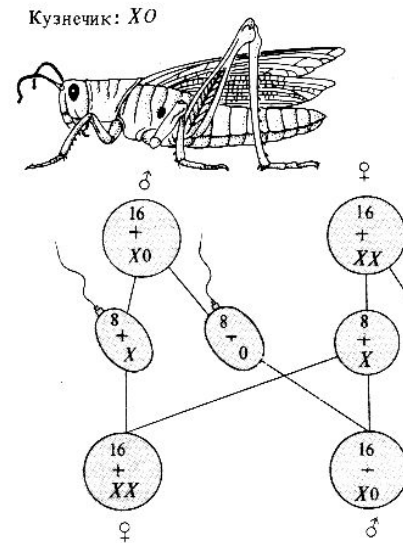
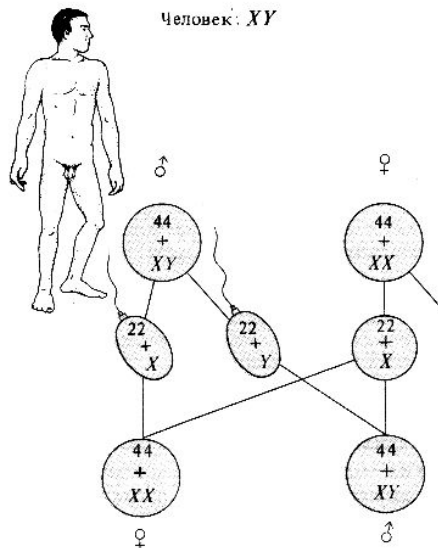
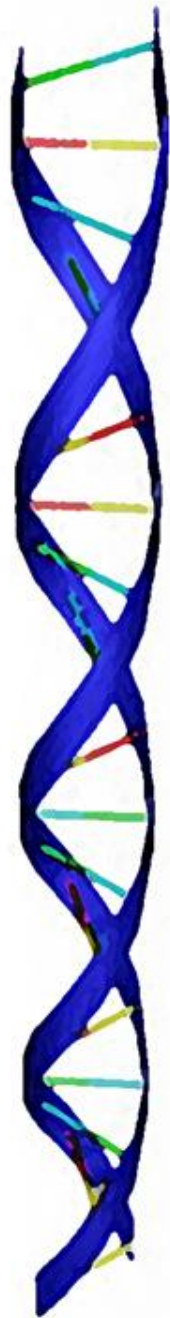
1. <i>Protenor</i> , деякі інші клопи, пауки, деякі нематоди, коники	X	X + O	XX	XO
2. Міль, попелиця, філоксера	X + O	X	XO	XX

Б. Наявність статевих гетерохромосом (тип *Lygaeus*)

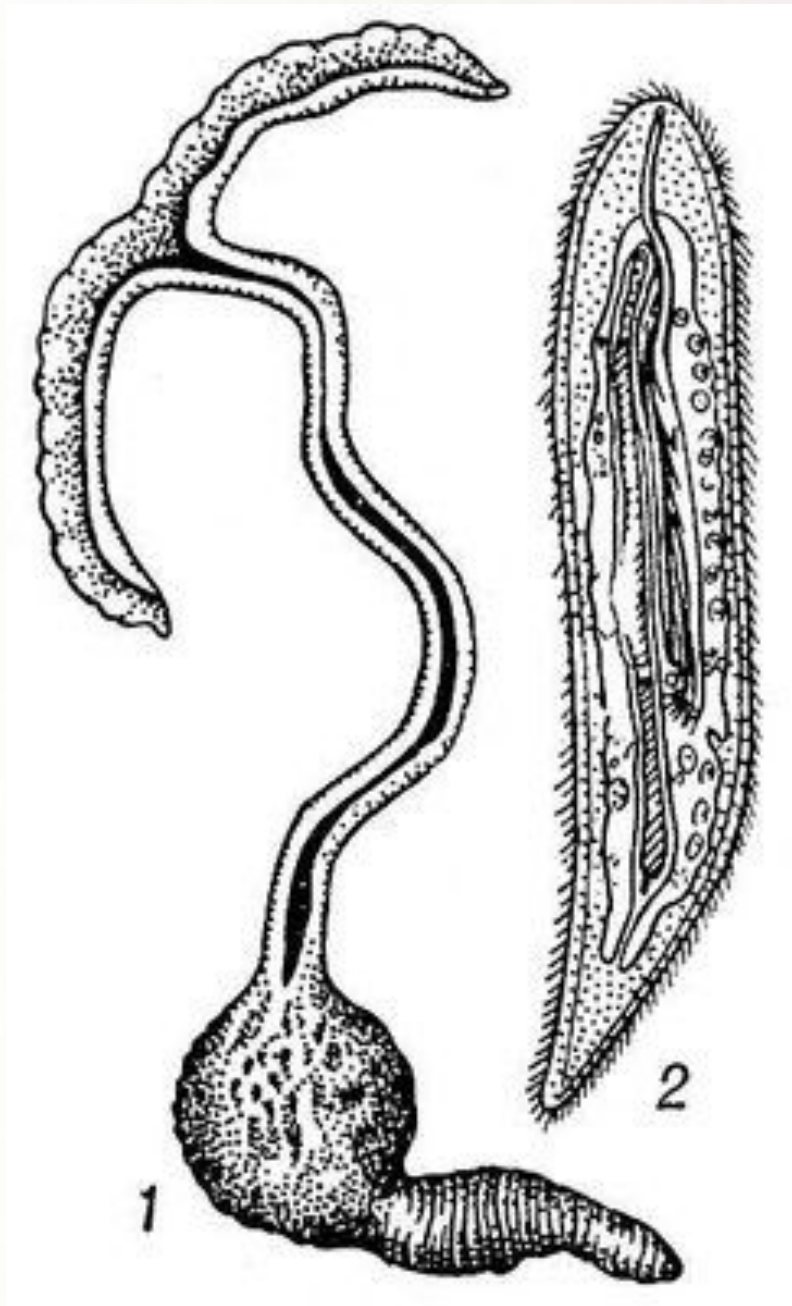
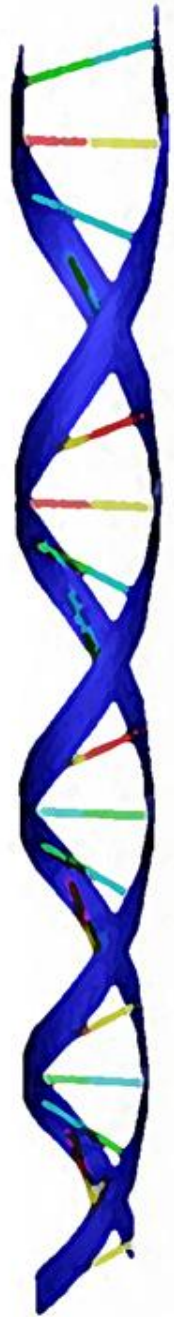
1. Клоп <i>Lygaeus</i> , дрозofiла, двокрилі комахи, риби, дводольні рослини, людина	X	X + Y	XX	XY
2. Птахи, метелики, шовкопряд не- парний, тутовий, рептилії	X + Y (Z + W)	X (Z)	XY (ZW)	XX (ZZ)

В. Відмінності щодо хромосомних наборів (гапло-диплобiонти):
бджоли, оси, їздці, мурахи (самки — диплоїдні, самці — гаплоїдні)

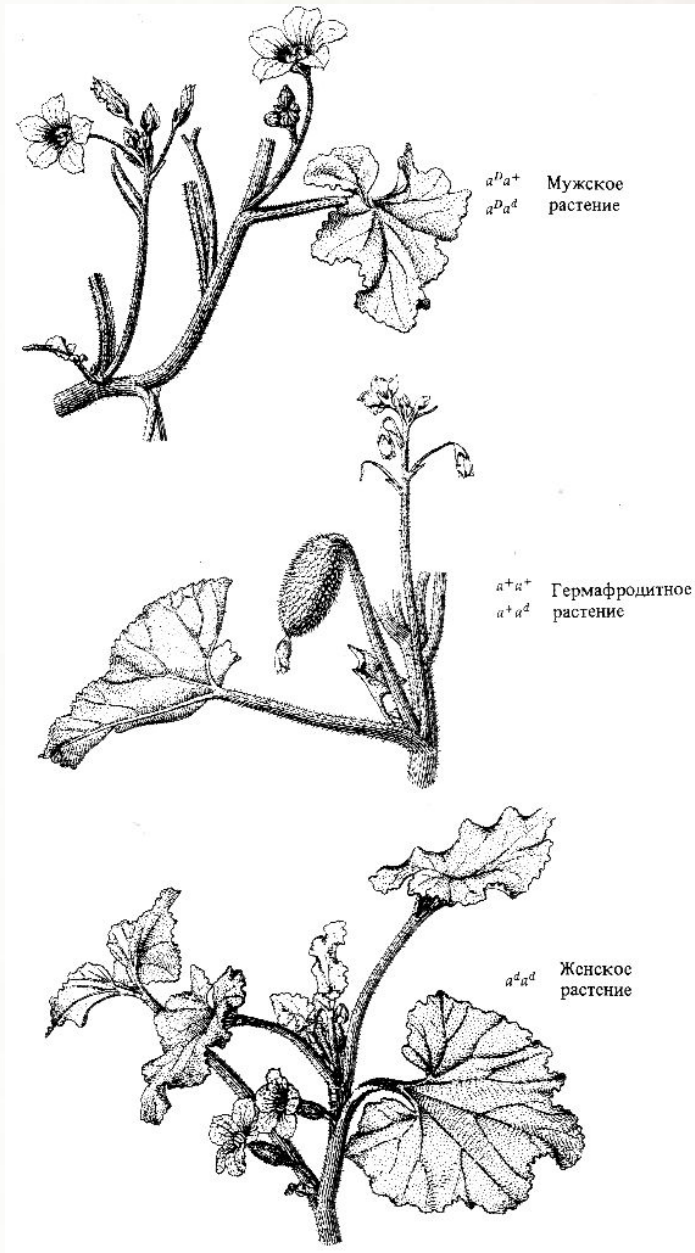
Г. Визначення статі з допомогою плазмід у бактерій



Чотири типи розподілу статі (епігамний тип успадкування статі, крім бджіл)



Визначення статі
у *Bonelia viridis*



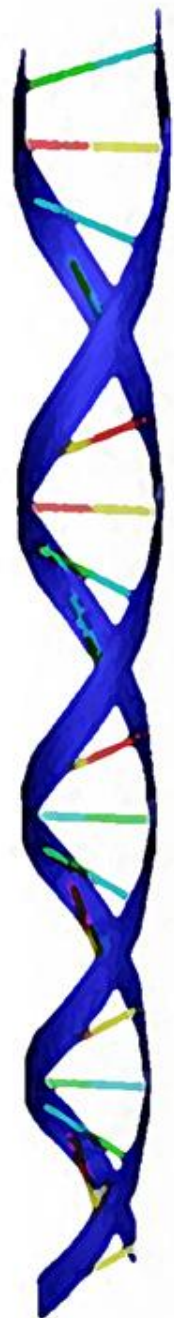
Визначення статі у рослин



Мендель спостерігав, що співвідношення статей у різностатевих істот близько до 1 : 1, що характерно для аналізуючого схрещування ($Aa \times aa$). Таким чином було зроблено припущення, що одна стать гетерозіготна а інша гомозіготна. Стать яка відтворює однакові гамети одного типу є гомогаметною, а стать яка утворює гамети різних типів – гетерогаметна. Доказ цього отримали цитологи ще наприкінці 19 сторіччя. Був описаний у рослинного клопа *Lygaeus* гаплоїдні сперматоцити двох типів (з X- та Y- хромосомами) а самиці мали в яйцеклітинах тільки X-хромосому. У іншого рослинного клопа *Protenor* чоловіча стать мала два типа гамет: половина сперматозоїдів мали сім хромосом а інша половина — шість, самки — лише 6. Було зроблено припущення що X хромосома має відношення до визначення статі. Остаточо це підтвердили досліди Т.Моргана при дослідженні ознак зчеплених зі статтю та була сформульована хромосомна теорія визначення статі.

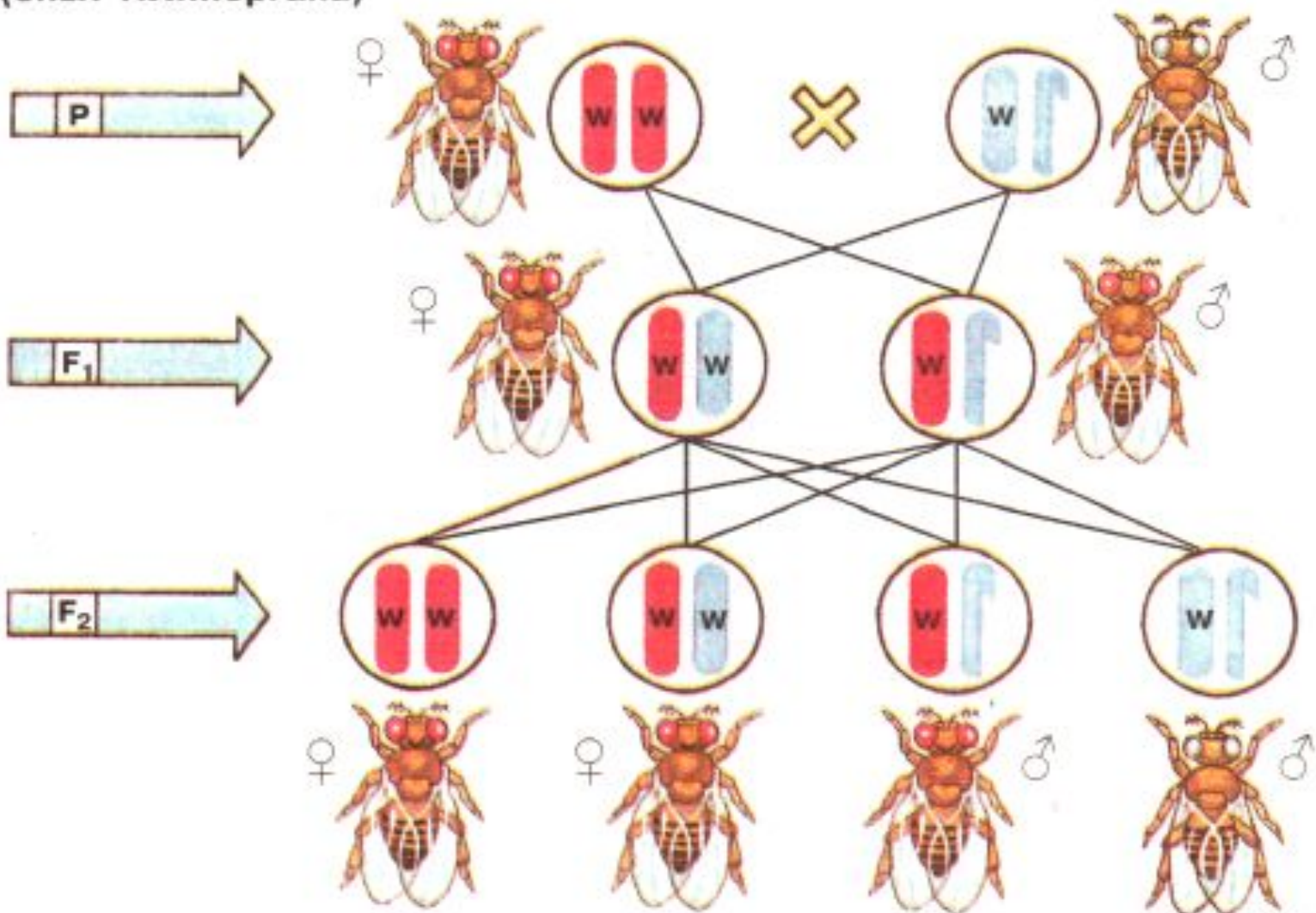
Приклад: успадкування забарвлення очей у дрозофіл. Ми розглядаємо реципрокне схрещування, коли червоноока самиця, схрещена з білооким самцем, а потім білоока самиця з червоноокиим самцем. Тому, якщо треба встановити, чи зчеплена зі статтю ознака провоядть реципрокне схрещування. Якщо ознаки не зчеплені зі статтю тоді в F1 будуть однакові результати, а якщо зчеплені то можна спостерігати успадкування крис-кросс, як у випадку з білоокою самицею та білоокими самцем. У F1 маємо червонооку самицю та білоокого самця. У данному випадку самиці гомогаметні.

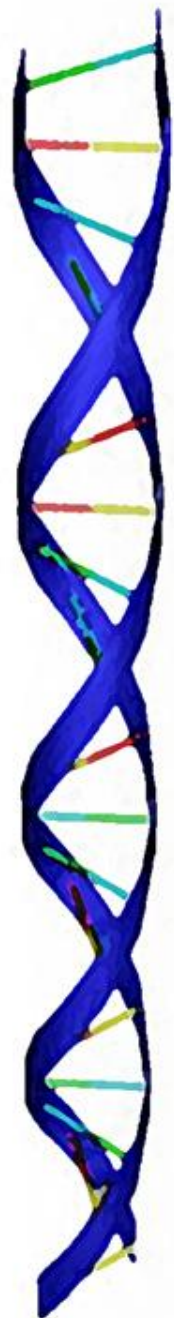
У випадку з курями гетерогаметним є жіноча стать Вони мають ZW статеві хромосоми і гомогаметна стать це півні ZZ. Але також спостерігається крис-кросс при реципрокному схрещуванні та співвідношення статей 1 : 1. У людей це спостерігається при успадкуванні дальтонізму, гемофілії та успадкуванні. У деяких особин стать залежить від того де опиниться личинка бонелії — якщо вільноплаваюча личинка сяде на ґрунт, то утвориться особина з жіночою статтю, якщо залищиться плаваючою то це буде чоловіча стать.



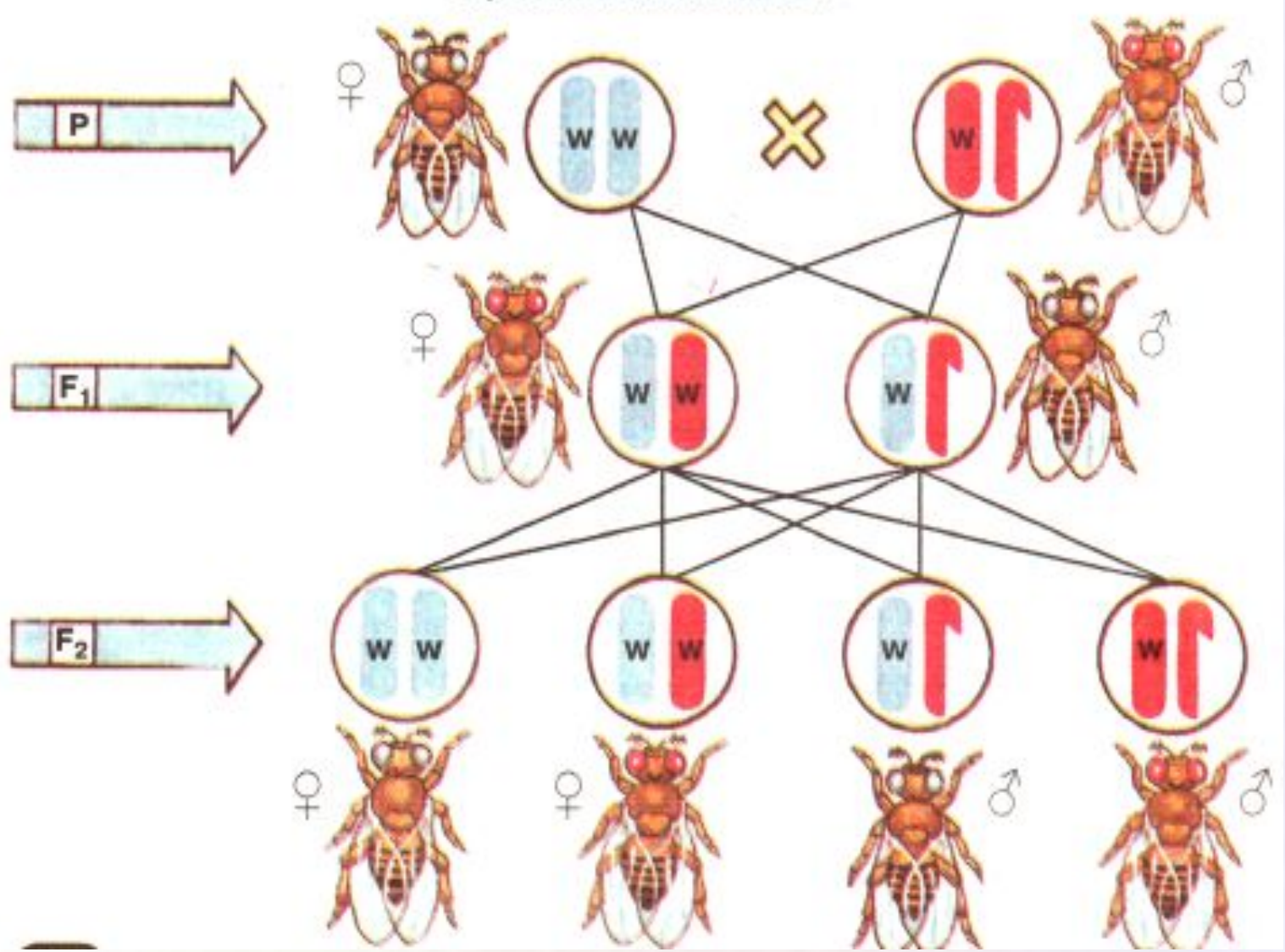
Наследование цвета глаз у дрозофилы, сцепленное с полом (опыт Т.Х.Моргана)

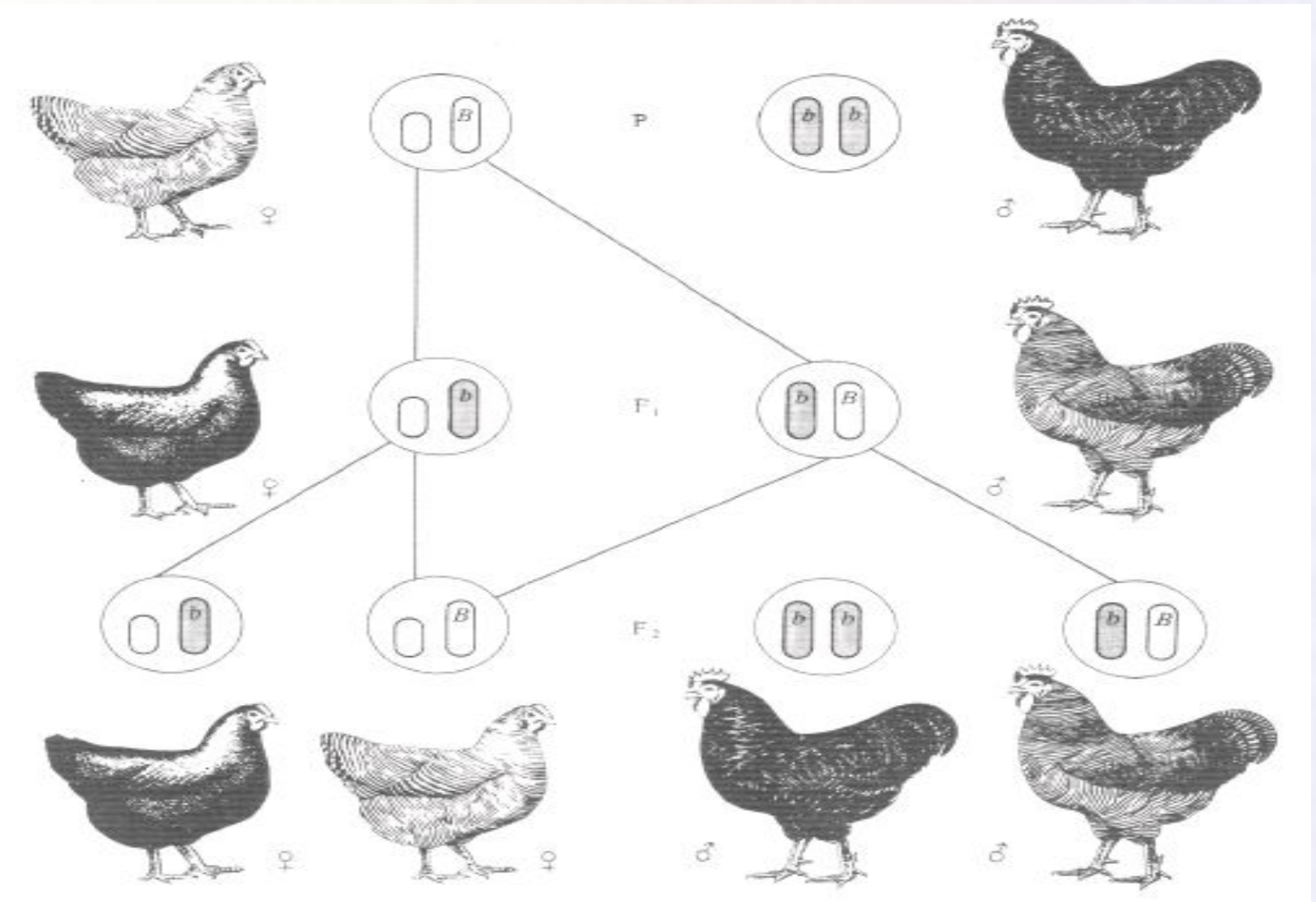
А. Скрещивание красноглазой (доминантное состояние признака) самки дрозофилы с белоглазым (рецессивное состояние признака) самцом



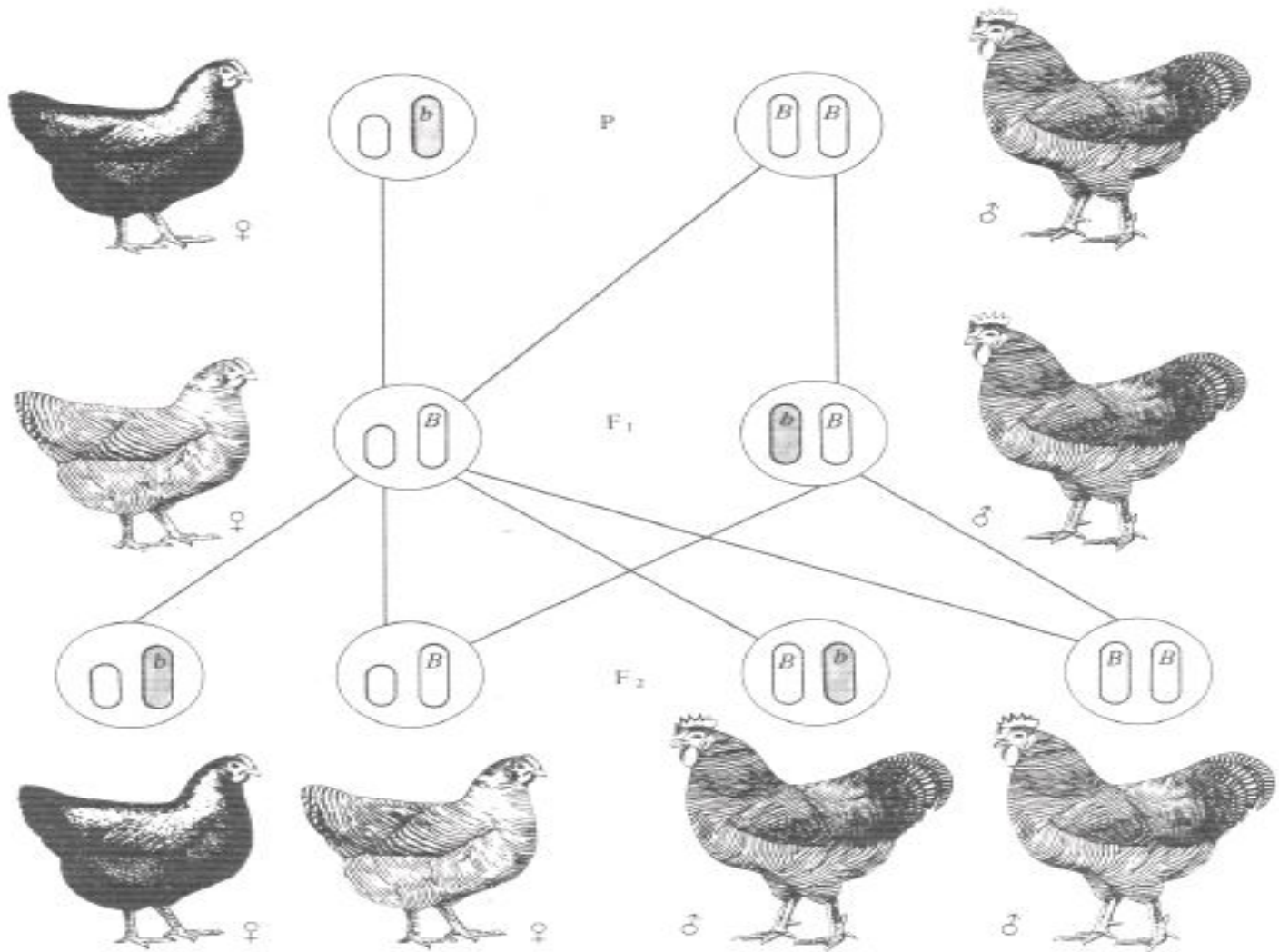


Б. Скрещивание белоглазой самки дрозофилы с красноглазым самцом





Зчеплене зі статтю успадкування у курей;
схрещування рябої курки з гладким півнем



Зчеплене зі статтю успадкування у курей;
схрещування рябої курки з гладким півнем



Наследование окраски шерсти у котов, сцепленное с полом

X^bX^b – рыжая кошка
 X^bY – рыжий кот



X^aX^b – черепаховая кошка

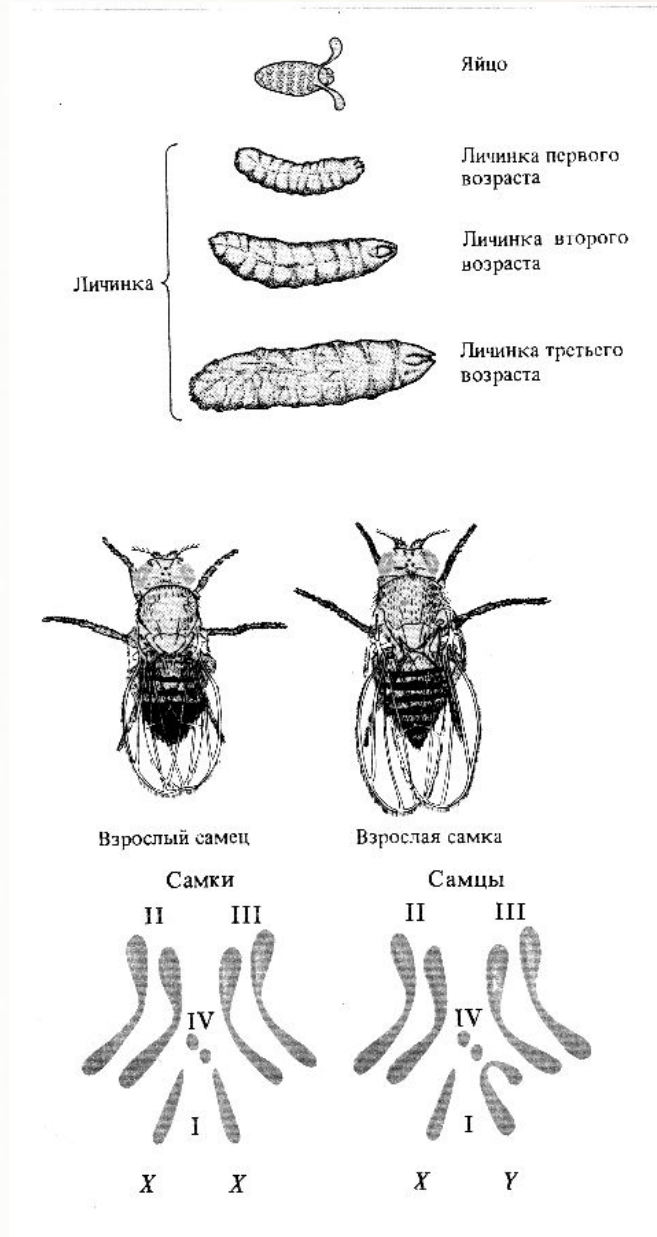


X^BX^B – темная кошка
 X^BY – темный кот

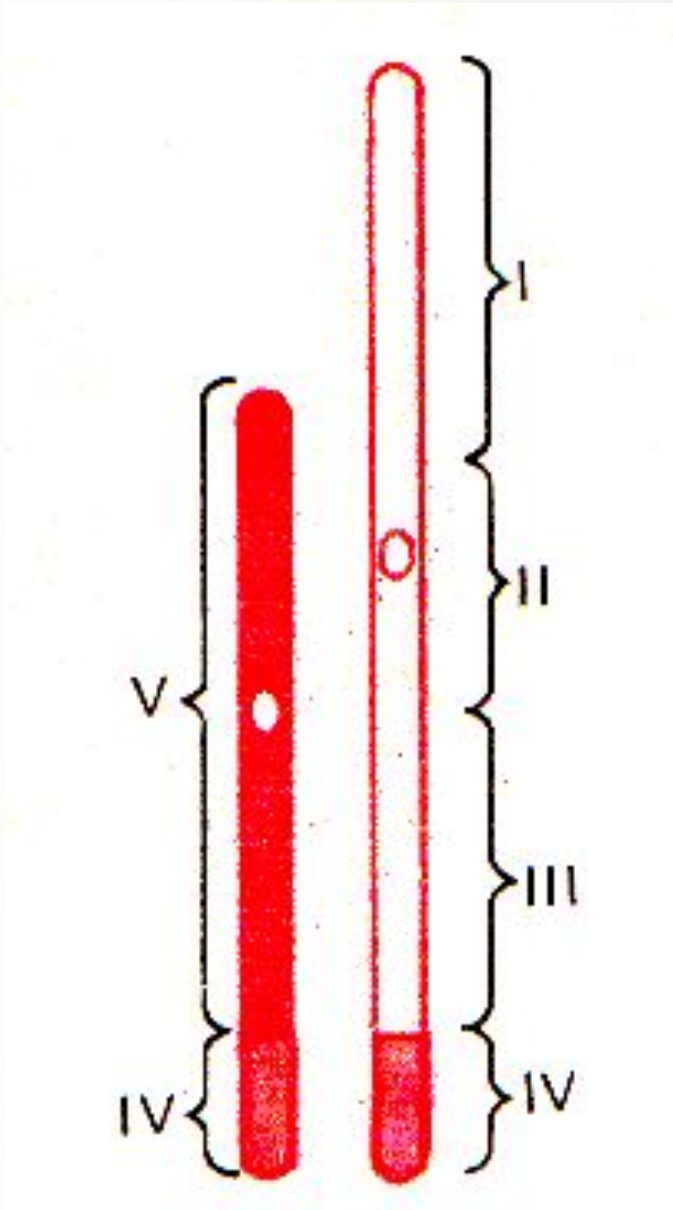


(X^b – половая хромосома, несущая аллель рыжей окраски шерсти;
 X^B – несущая аллель темной окраски шерсти;
 Y – лишенная гена окраски шерсти)

Успадкування забарвлення хутра у котів



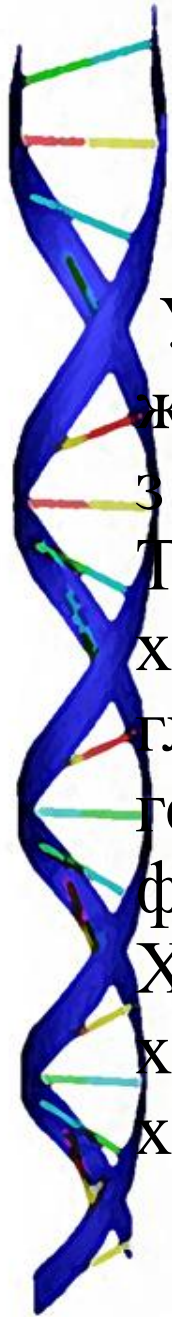
Статеві хромосоми дрозофіли



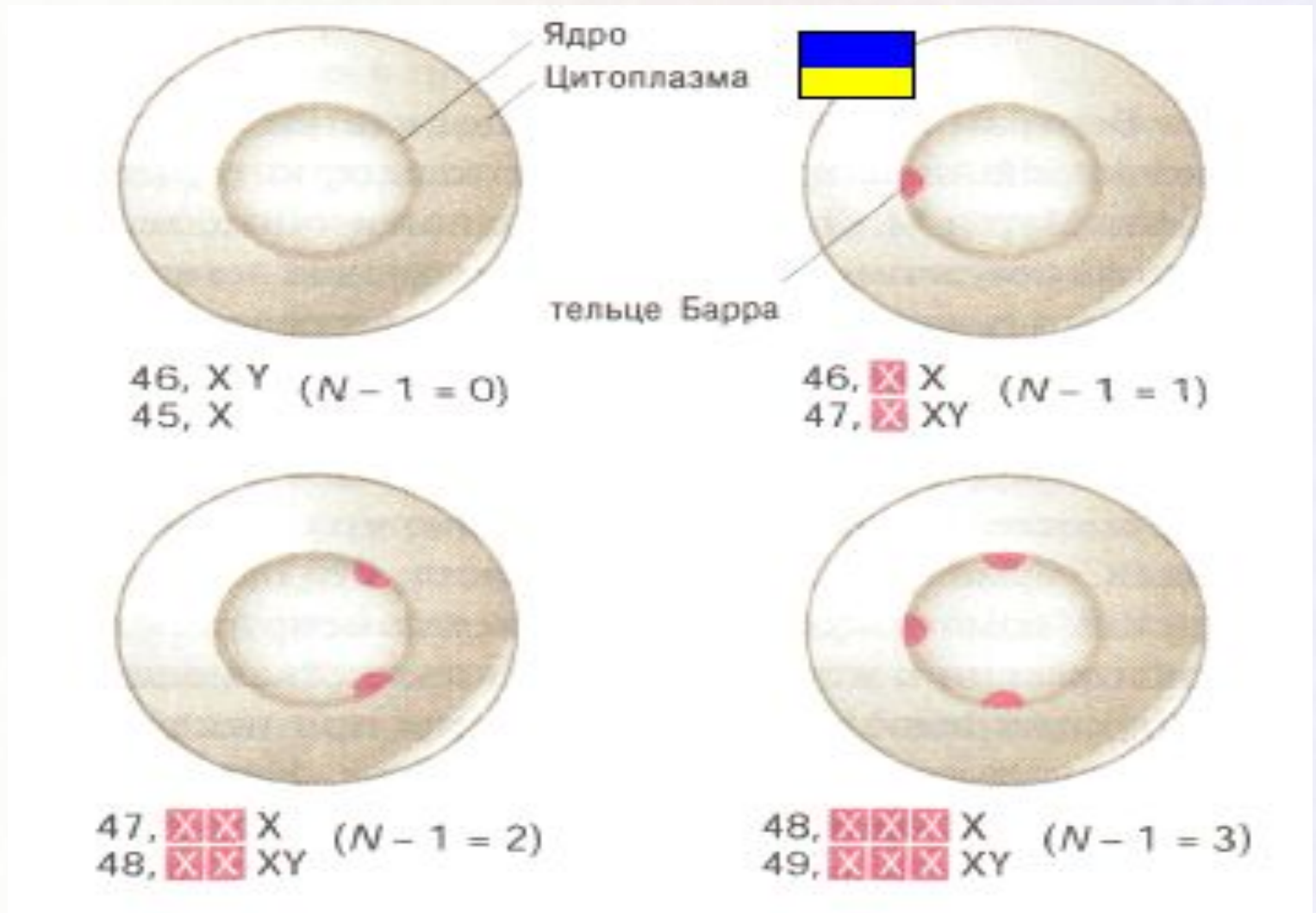
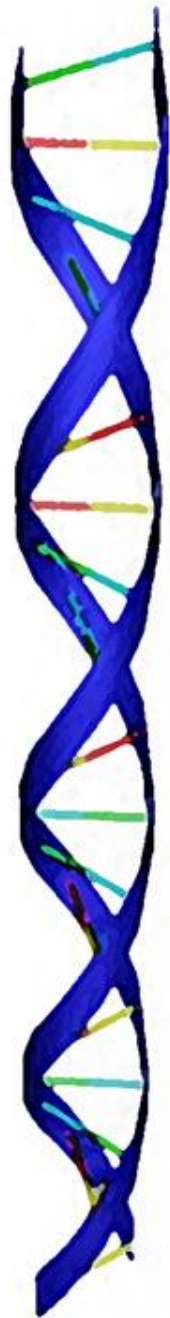
Схематичне зображення статевих хромосом.

В Х-хромосомі багато важливих генів, пов'язаних з біохімічними процесами. В Х-хромосомі картовані сотні генів, більшість з яких не має відповідних алелей у У-хромосомі, тобто вони знаходяться у гемізіготному стані. Деякі гени є і в як в Х так і в У-хромосомі, але є гени знаходяться в У-хромосомі, наприклад ген фертильності самців, від якого залежить розвиток насінників, та він обумовлює сперматогенез. У людини в У-хромосомі знайдений ключовий для становлення чоловічої статі *Sxr*. Від цих генів також залежить збільшений синтез тестостерону, що притаманний чоловікові. Але в У-хромосомі є гени, що не мають відношення до розвитку статі, наприклад гени гістосумісності, гени що контролюються зріст, ген розміру зубів, ген волохатості вух. З геном *Sxr* дуже близько зчеплений ген облисіння.

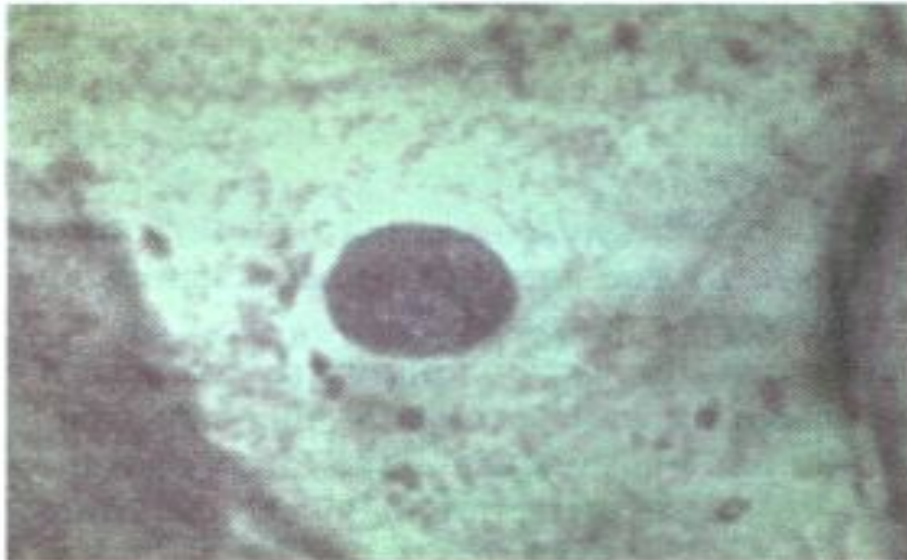
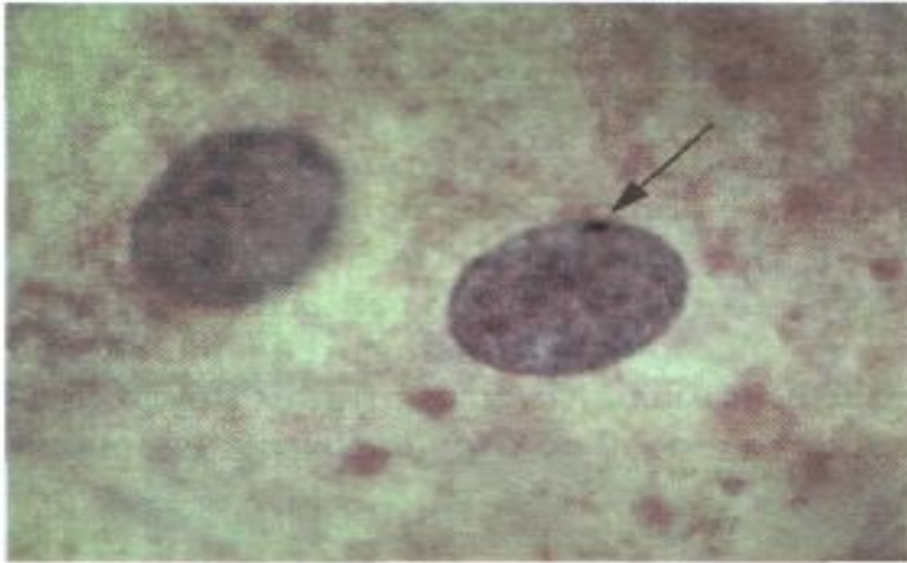
Дозова компенсація



У жінок дві Х-хромосоми, у чоловіків – одна. У жінок відбувається компенсація дози – тобто одна з Х-хромосом інактивується (гетерохроматизація). Тому в клітинах можна побачити статевий хромосом. Якщо це людина ХХУ то ми бачимо дві глибоки гетерохроматину. У чоловіків гетерохромтин відсутній. В різних клітинах функціонують як материнські, так і батьківські Х-хромосоми. Таким чином жіночий організм є хімерою (мозаїкою) по відношенню до Х-хромосоми.



Тільце Барра в клітинах людини з різним каріотипом.
Інактивовані усі хромосоми окрім однієї: $(N-1)$



Тільця Барра у клітинах букального епітелію щоки чоловіка (знизу) і жінки (зверху). Стрілкою вказане тільце Барра (інактивована X хромосома або статеве хроматинове тільце)

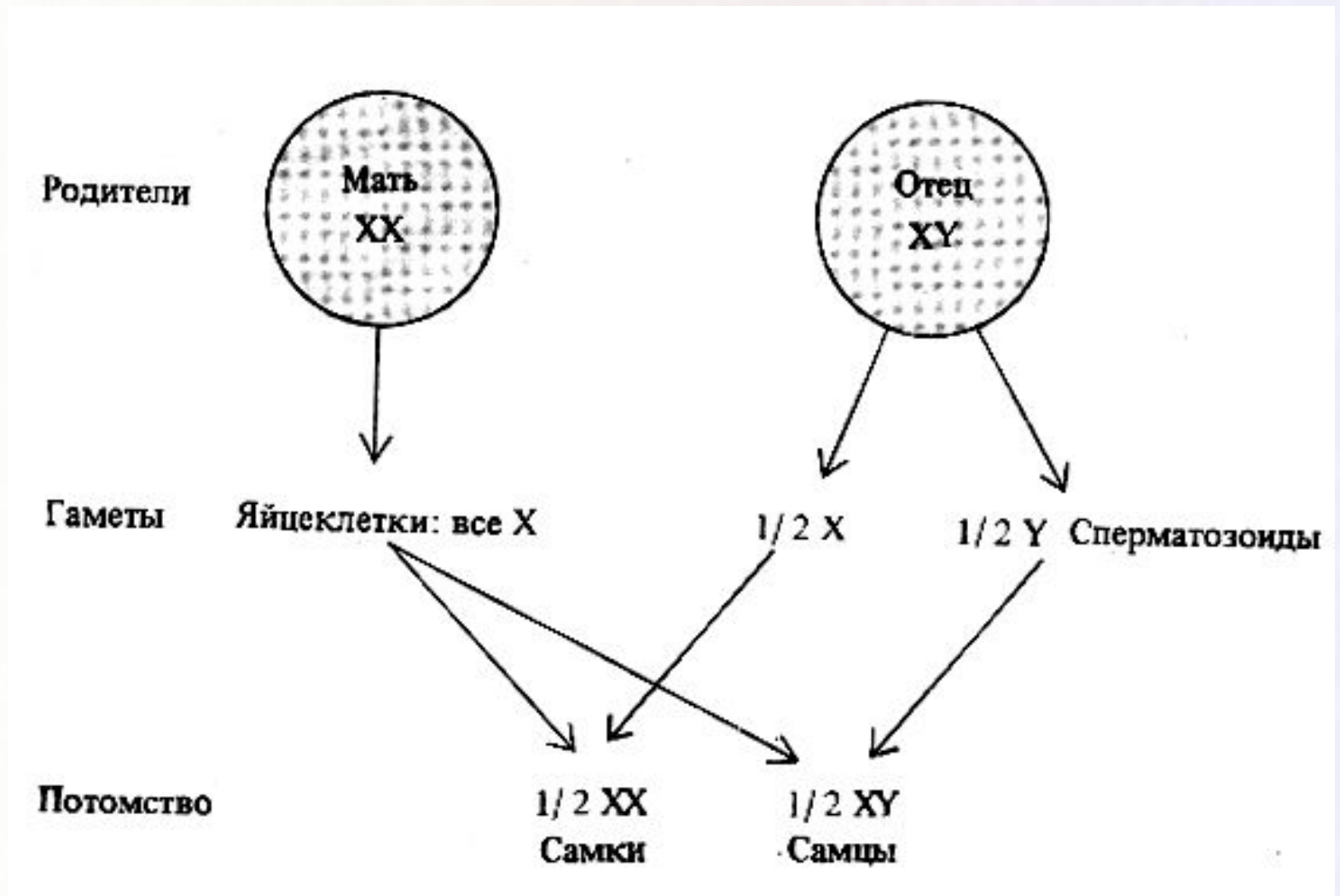


Схема розподілення статей

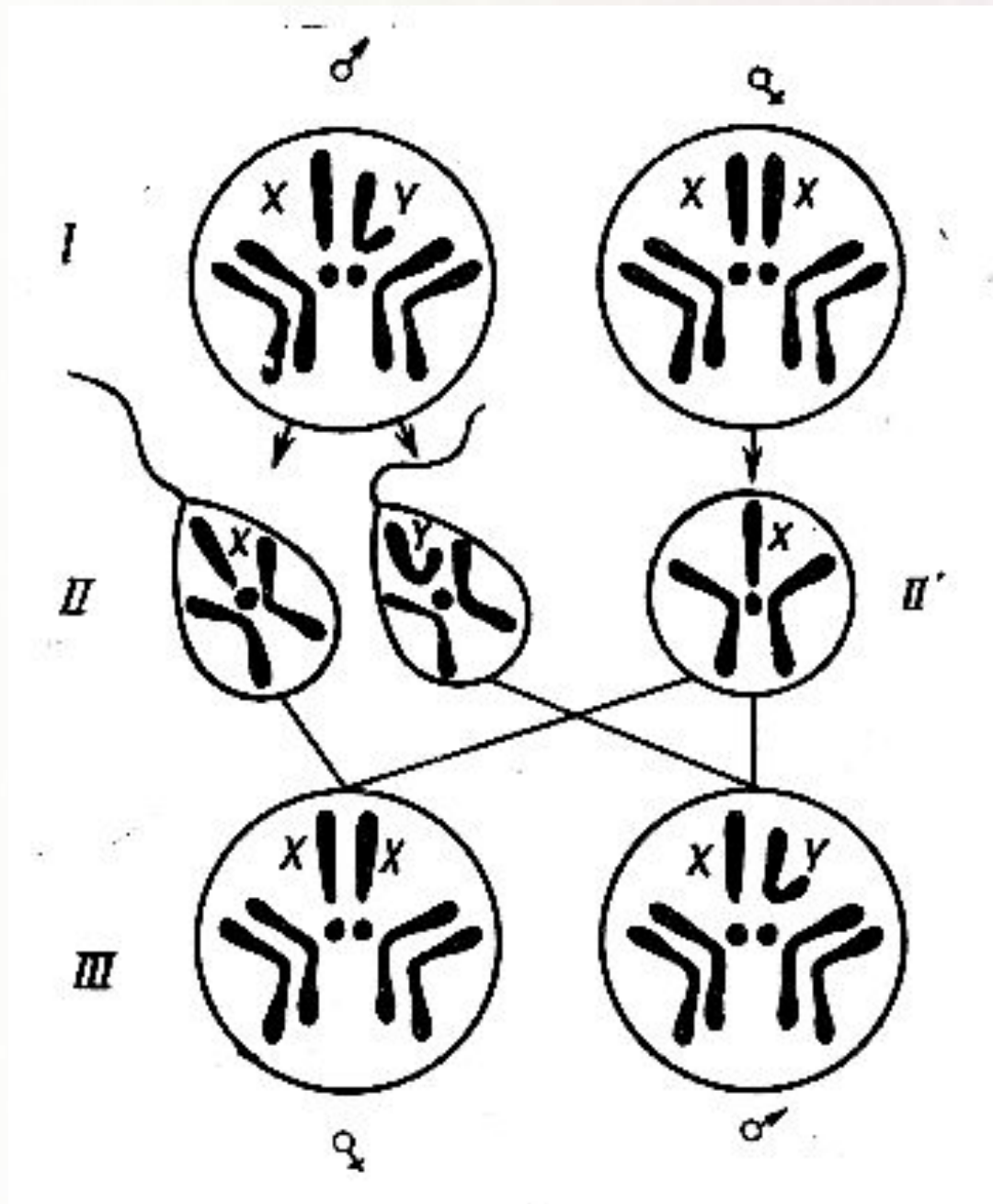
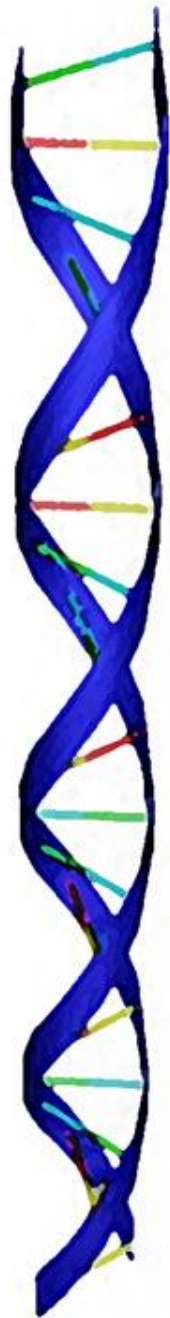
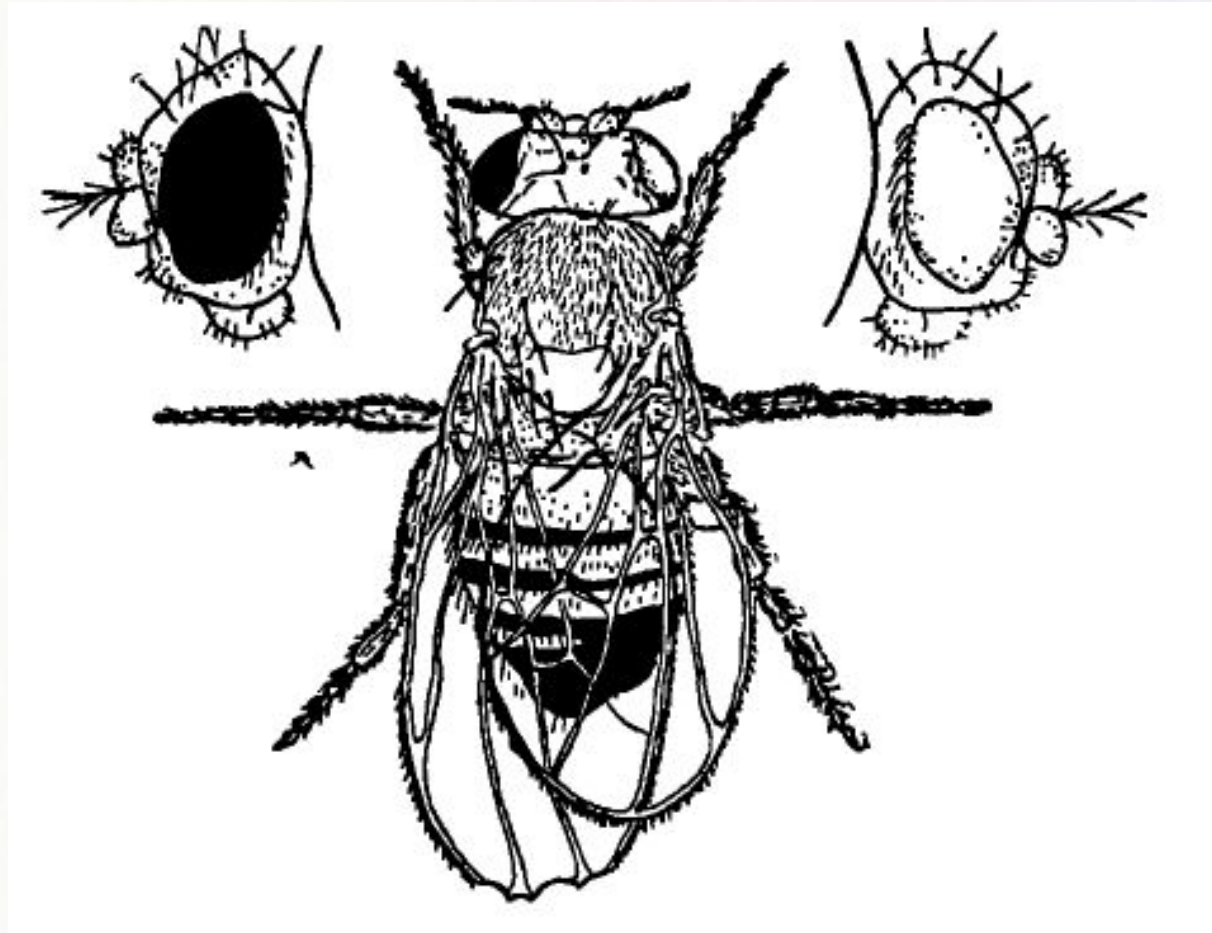


Схема
визначення статі з
чоловічою
гетерогамністю

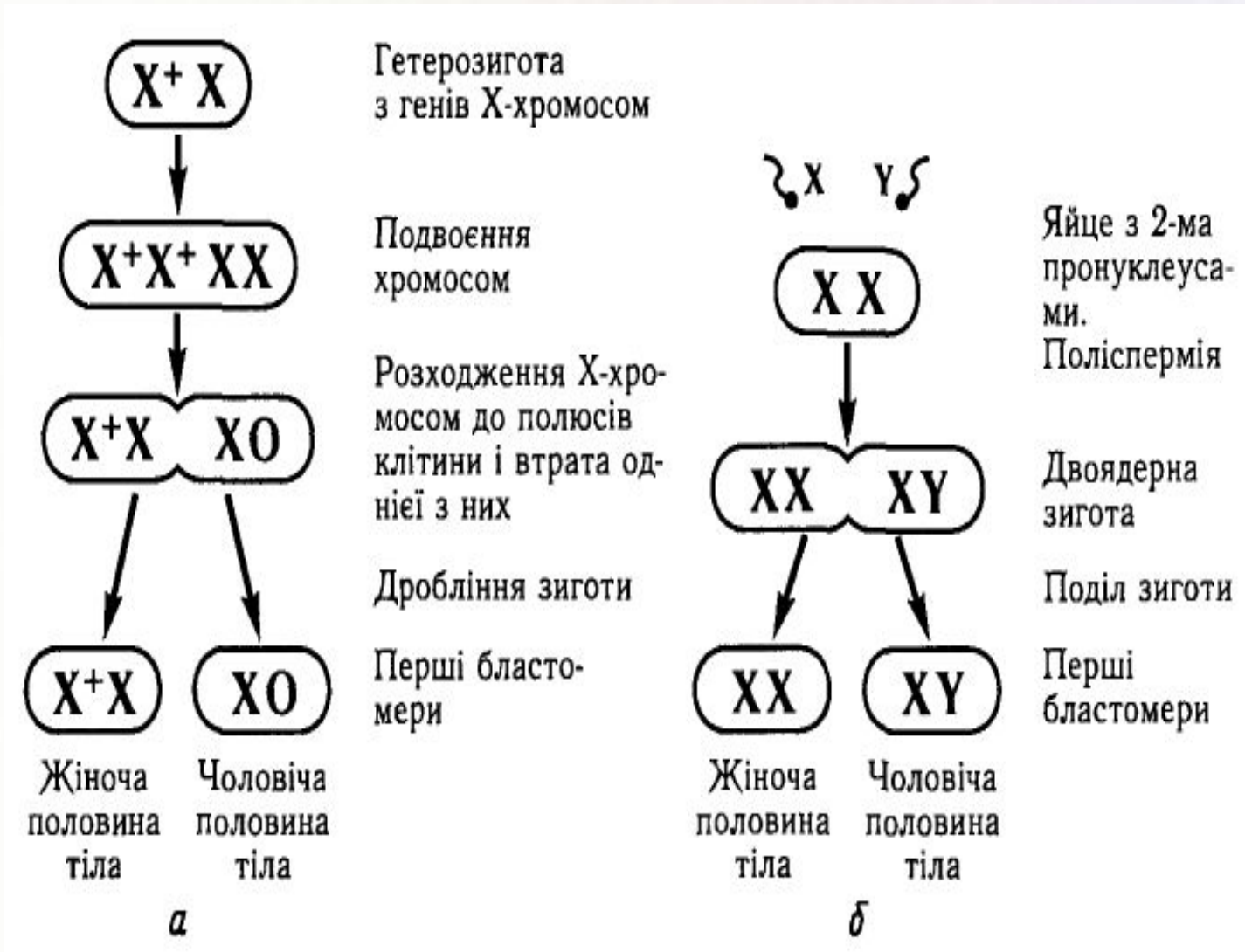


Доказом хромосомного визначення статі є гінандроморфізм. При латеральному гінандроморфізмі у дрозоді спостерігається не тільки зовнішні ознаки обох статей а і репродуктивні системи та статеві органи. За першого поділу дробління інколи одна з X-хромосом губиться і тому два бластомери виявляються неоднаковими. І тому одна половина тіла має жіночі ознаки а інша чоловічі. За цитологічними дослідженнями клітини чоловічої половини мають одну X-хромосому, а жіночої – дві. Ще може бути дизіготний гінандроморфізм. Слід підкреслити, що зміна локалізації того чи іншого гена може призвести до серйозних порушень у прояві статевих ознак. Так, наприклад, домінуючий ген *Sxr* (*Sex reversed*) знаходиться в Y-хромосомі ссавців і обумовлює розвиток чоловічої статі. Можливо, цей ген (або група тісно зчеплених генів) визначає структуру білка, функцією якого є індукція розвитку насінників. Причетним до цього процесу є також так званий H-Y-антиген, який знаходиться на поверхні клітин, що мають Y-хромосому. У особин жіночої статі (XX) цей антиген не виявляється. Якщо ген *Sxr* випадково вбудовується в структуру X-хромосоми, то із зиготи на самку (XX) розвивається фенотиповий самець, не здатний до сперматогенезу.

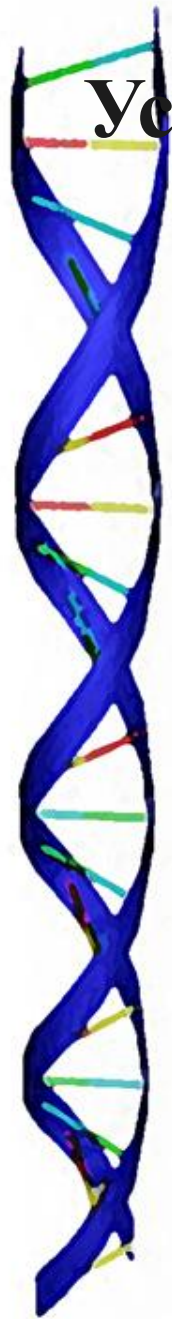
Встановлено, що кожна зигота є потенційно бісексуальною, тобто може розвиватися як за жіночим, так і за чоловічим типом, але є генетичні механізми, які чітко диференціюють стать за даних умов розвитку зиготи.



Латеральний гінандроморф *D. melanogaster*, що виник із гетерозиготи w^*w за втрати нею при поділі однієї X-хромосоми: ліва (жіноча) половина тіла містить клітини з двома X-хромосомами і по локусу w є гетерозиготною (w^*w). Тому ліве око темночервоне (домінантна ознака, дикий тип). Права (чоловіча) половина тіла складається із клітин, які містять лише одну X-хромосому, що несе рецесивний ген w . Тому праве око біле (рецесивна ознака)



Шляхи можливого утворення латеральних гінандроморфів у дрозофіли



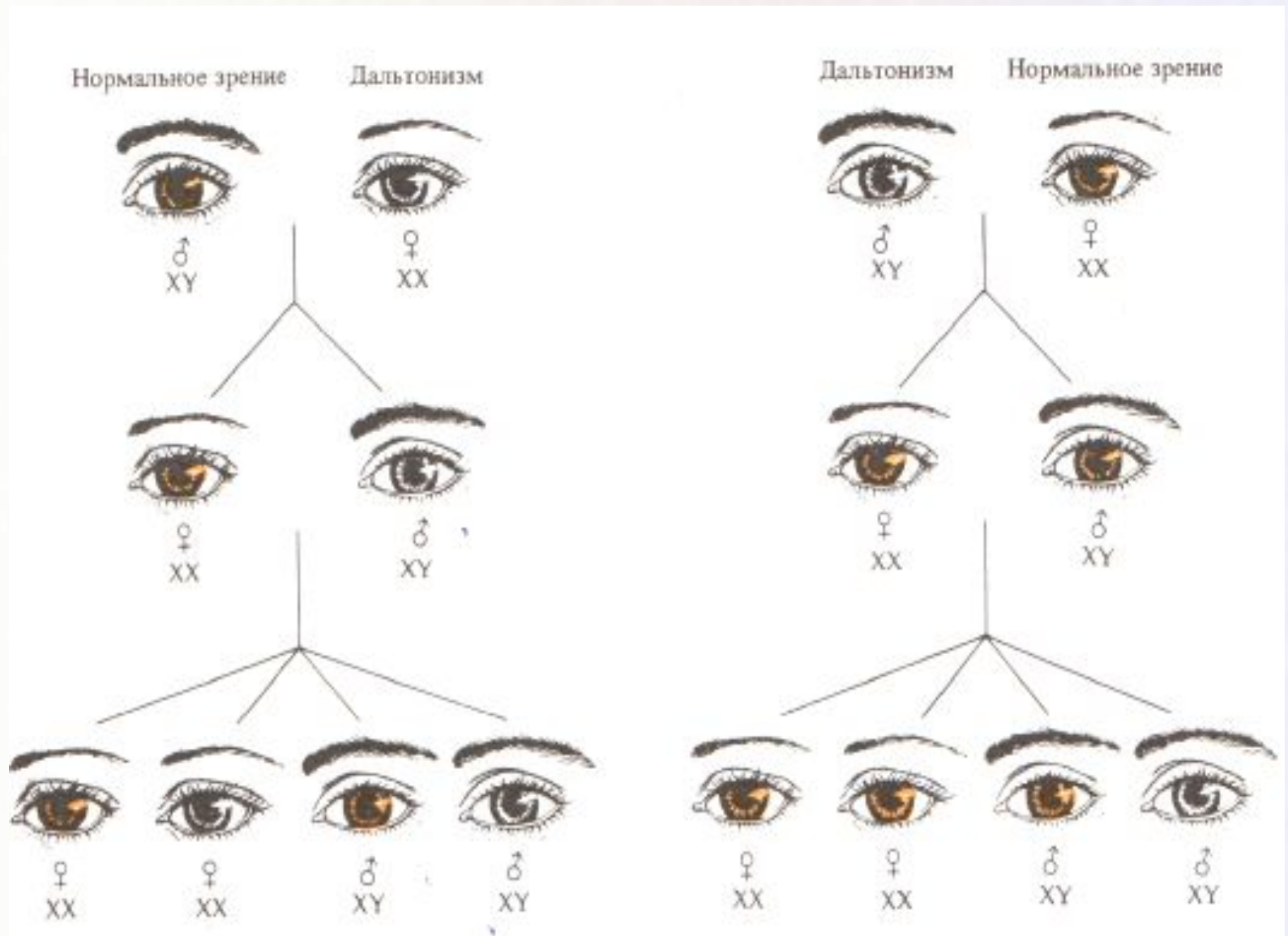
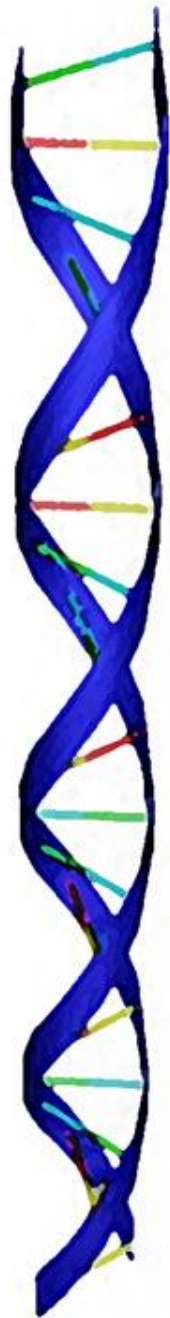
Успадковування ознак, зчеплених зі статтю

В тих випадках, коли гени досліджуваних ознак знаходяться в аутосомах, кількість яких однакова у особин різної статі, за реципрокних схрещувань розщеплення в F₂ є однаковим. Зовсім інше розщеплення за цих схрещувань спостерігається тоді, коли гени локалізуються в статевих хромосомах. Оскільки Y-хромосома у дрозоділі в порівнянні з X-хромосомою генетично майже інертна, то гени X-хромосом, за невеликим виключенням, не мають своїх алельних копій в Y-хромосомах. У зв'язку з цим успадковування генів, зчеплених із статевими хромосомами, проходить своєрідно; їх розподіл по гаметах і надходження до зигот відповідає поведінці генетично неоднозначних статевих хромосом у мейозі і в момент запліднення.

У зв'язку з тим, що у гетерогаметної статі більшість генів X- і Y-хромосом знаходиться в гемізіготному стані, рецесивні ознаки, що кодуються генами статевих хромосом, у гетерогаметних особин виявляються у фенотипі (**явище псевдомініантності**).

У гомогаметної статі рецесивні гени, як правило, не проявляються, бо у гетерозиготи їм протистоять домінантні алелі в гомологічній X-хромосомі.

*Успадковування ознак, гени яких знаходяться у статевих хромосомах, називають **успадковуванням, зчепленим зі статтю**.*

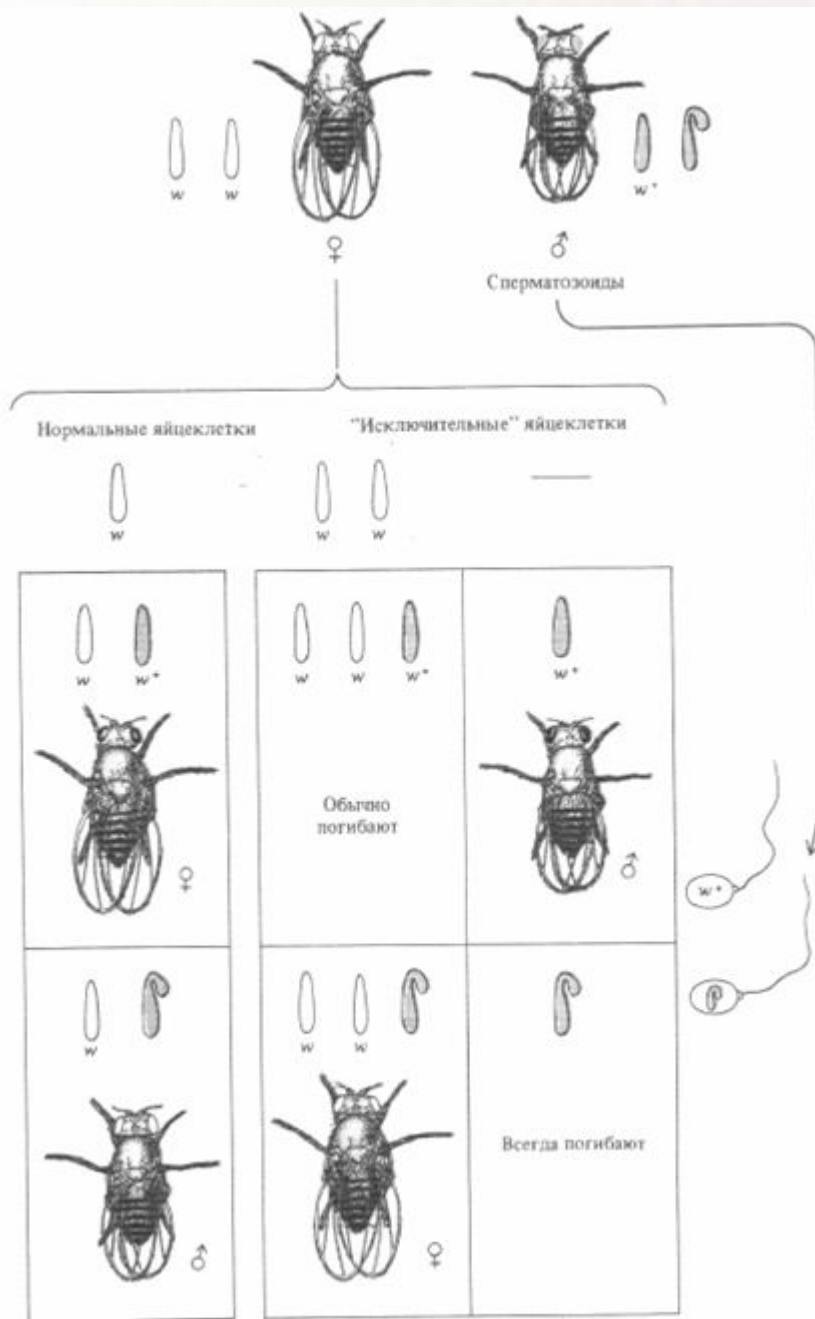


Успадкування однієї з форми дальтонізму у людей

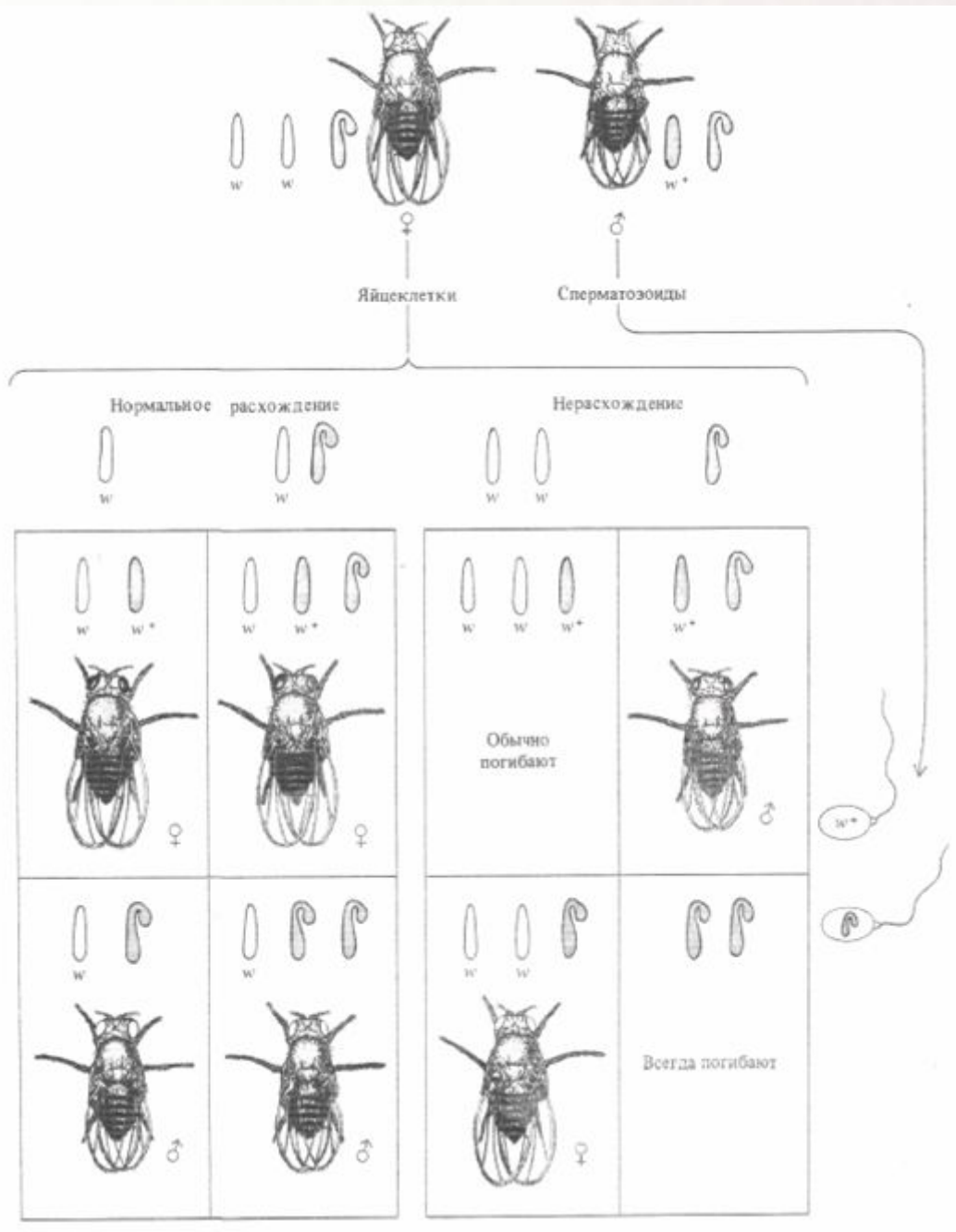
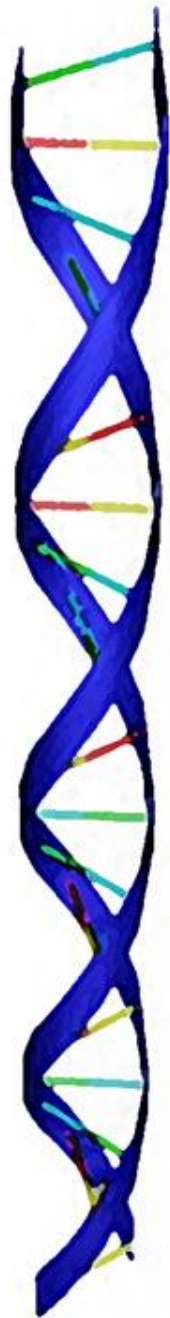


Нерозходження статевих хромосом

Якщо у дрозофіли не розійшлись X-хромосоми тоді можуть з'явитися білоокі самиці та червоноокі самці. Це цілком відповідає успадкуванню зчепленому зі статтю.



Первинне нерозходження Х- хромосом у дрозофіли



Вторинне нерозходження Х- хромосом у дрозофіли



В людей також має місце нерозходження хромосом. Це відбувається в мейозі, в процесі гаметогенезу. Внаслідок цього і в людей можуть утворюватись гамети X-, XX- та O-каріотипів у жінок та X- і Y-каріотипів у чоловіків. Від запліднення зазначених яйцеклітин X- та Y-сперматозоїдами утворюються каріотипово нормальні XX- та XY-зиготи й аномальні XXX-, XXY-, XO- та YO-зиготи. Зрозуміло, що YO-зиготи нежиттєздатні. Вони не розвиваються. Тим часом XX- та XY-зиготи започатковують нормальних особин жіночої та чоловічої статі. Але каріотипово аномальні зиготи, в яких виявився порушений баланс між статевими хромосомами і аутосомами, обумовлюють народження хворих нащадків. Наприклад, особини чоловічої статі XXY- чи XXXY-каріотипу хворіють на синдромом Клайнфельтера. Ці особини характеризуються недорозвиненням статевих органів. Протягом життя в них не відбувається процесів сперматогенезу, формується євнухоподібний склад тіла, відсутній нормальний волосяний покрив обличчя тощо. Синдром Клайнфельтера зустрічається в популяціях людей з частотою приблизно один випадок на кожних 400 новонароджених дітей.

На відміну від дрозофіл, у людини особини XO-каріотипу формуються як жіноча стать. Такі жінки характеризуються синдромом Шершевського-Тернера. Це низькорослі, не вищі 135 см особини з проявом статевого інфантилізму, зі складками на поверхні шиї. В них проявляються аномалії в розвитку вушних раковин, зменшені розміри нижньої челюсті тощо. Синдром Шершевського-Тернера може обумовлюватись й іншими поєднаннями статевих хромосом у каріотипах організмів (наприклад, комбінацією XO/XX-, XO/XXX- або XO/XX/XXX-статевих хромосом тощо).

Наслідки нерозходження статевих хромосом у людини

P ♀XX x ♂XY

G XX 0 X Y

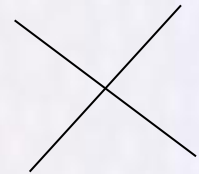
F1 XXX XXY X0 0Y

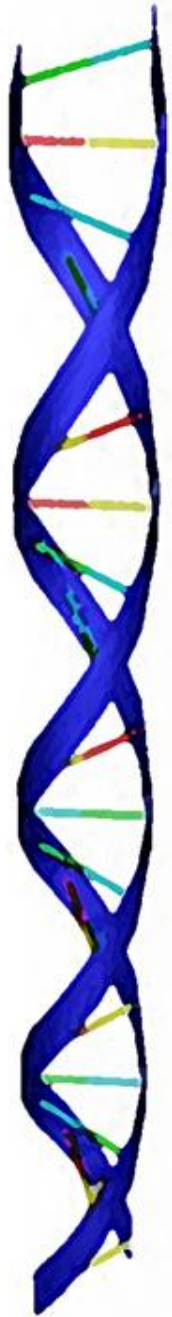
XXX - “супержінка”

XXY - синдром Кляйнфельтера

X0 - синдром Шерешевського-Тернера

Y0 - леталь





Синдром тестикулярної фемінізації

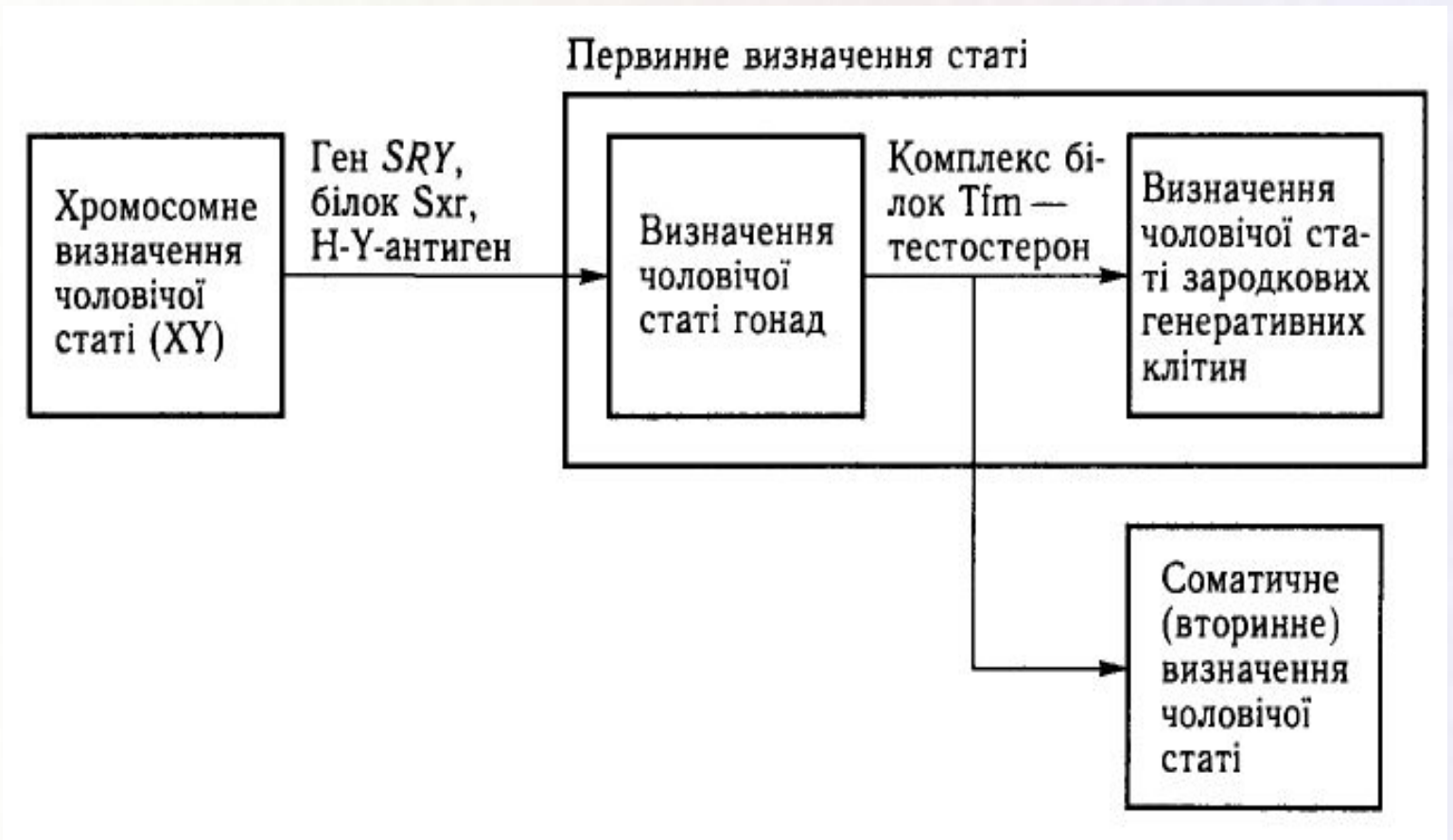
Для нормальної фізіологічної дії тестостерону, який обумовлює чоловічий фенотип, необхідний нормально функціонуючий клітинний рецептор до цього гормону. У випадку, коли внаслідок мутації гену рецептор до тестостерону не спроможний сприймати його дію, розвивається **синдром тестикулярної фемінізації**.

Tfm Tfm, Tfm tfm – норма, чоловік за генотипом та фенотипом
tfm tfm – синдром тестикулярної фемінізації

X_Y – за генотипом – чоловік

♀ – за фенотипом – жінка

Внаслідок наявності тестикулярної фемінізації у таких осіб замість яєчників виробляються насинніки, які подавляють ріст фалопієвих труб та матки. Внаслідок виникає бізпліддя. Якщо ввести тестостерон в зародок генотипу XX або кастрований зародо X_Y викликає чоловічий генотип. Але за відсутності X фактору у таких ембріонів розвивається не тільки чоловічі але і жіночі ознаки



Послідовність подій за визначення чоловічої статі у ссавців



Балансова теорія визначення статі К. Бріджеса

При створенні балансової теорії визначення статі К. Бріджес виходив із припущення, що у дрозозфіли гени чоловічих потенцій знаходяться в аутосомах, а жіночих — у Х-хромосомах, і що визначення статі конкретних особин залежить від співвідношення кількості тих та інших генів у генотипі.

Для перевірки цього припущення триплоїдних самиць дрозозфіли (деякі з них виявилися життєздатними і плодючими) Бріджес схрестив з нормальними диплоїдними самцями. За такого схрещування отримували нащадків з різним співвідношенням кількості Х-хромосом до наборів аутосом:



$$\text{♀ } (3A + 3X) \times \text{♂ } (2A + XY)$$

Гамети самки: $2A + 2X$ $A + X$ $2A + X$ $A + 2X$	Гамети самця: $A + X$ $A + Y$
--	--

де A — гаплоїдний набір аутосом, X та Y — статеві хромосоми.

Типи зигот:	$3A + 3X$	$3A + 2X + Y$
	$2A + 2X$	$2A + XY$
	$3A + 2X$	$3A + XY$
	$2A + 3X$	$2A + 2X + Y$

Виявилось, що відношення X/A вказує на стать особин, а саме:

Відношення X/A	Стать	Відношення X/A	Стать
1	самка	> 1	надсамиця
1...0,5	інтерсекс	$< 0,5$	надсамець
0,5	самець		



Таким чином, у дослідях на дрізофілі підтвердилася думка про те, що стать визначається балансом генів аутосом і Х-хромосом, тобто чоловічих і жіночих потенцій. Однак у більшості тварин ця закономірність не простежується.

У людини, наприклад, чоловічу стать незалежно від кількості Х-хромосом визначає наявність Y-хромосоми. Таким чином, співвідношення X/A або X/Y у людини не мають істотного значення для визначення статі.

Хромосомний механізм визначення статі у рослин поділяється на два основних типи:

1. У одних рослин у визначенні чоловічої статі активну роль виконує Y-хромосома, і навіть у тетраплоїда XXXY — стать чоловіча. Лише наявність чотирьох Х-хромосом (XXXXY) обумовлює розвиток гермафродитів. Прикладом таких рослин слугує *Melandrium alba*.
2. У інших рослин стать визначається балансом аутосом і Х-хромосом, при цьому Y-хромосома практично інертна (*Rumex acetosa* та ін.).



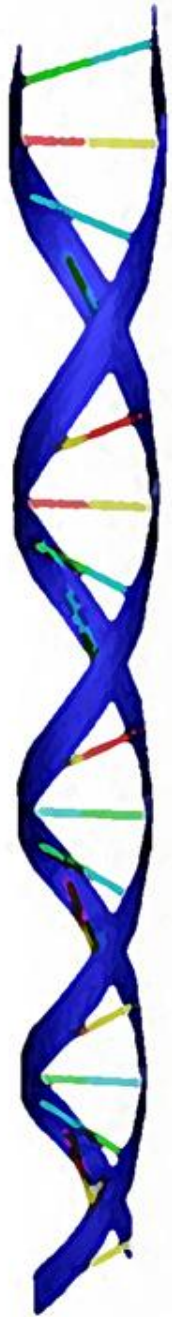
Нормальный диплоидный самец

Два набора аутосом
X + Y

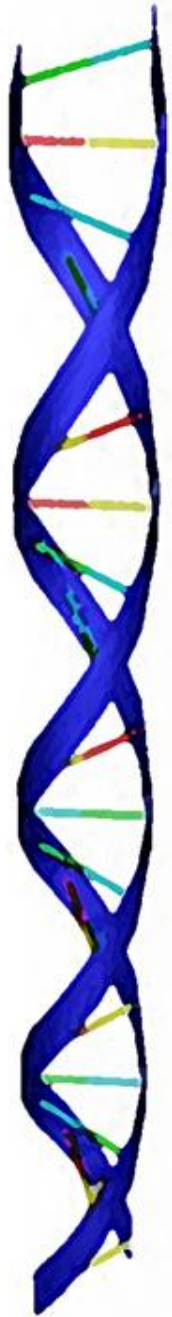
Хромосомный набор	Хромосомная формула	Отношение числа X-хромосом к числу наборов аутосом	Пол мух
	3X/2A	1.5	метасамка
	3X/3A	1.0	Самка
	2X/2A	1.0	Самка
	3X/4A	0.75	Интерсексы
	2X/3A	0.67	Интерсексы
	X/2A	0.50	Самец
	XY/2A	0.50	Самец
	XY/3A	0.33	Метасамец

Хромосомні набори, співвідношення кількості X-хромосом і набору аутосом та стать у дрозофіли. Ліворуч наведений каріотип нормального самця (XY/2A)

Диференціація статі



Після визначення статі відбувається диференціація, тобто розвиток статевих відмінностей – формування репродуктивної системи, а також фізіологічні і біохімічні механізми, що забезпечують схрещування. Як відомо зачаток статевих систем є нефогонотом. Він єдиний як для самиць так і для самців, що підкреслює сексуальний дуалізм. Нефрогонотом має кортекс (зовнішній шар) з якого розвиваються жіночі статеві клітини. З внутрішнього шару (медули) розвиваються чоловічі гамети. Під впливом тестостерона йде розвиток одного шару та пригнічення іншого. У чоловіків швидше розвивається медулярна тканина, яка пригнічує розвиток кортикального шару і зачаток розвивається у насінники. У жіночій статі швидше розвивається кортикальний шар і пригнічується медулярний і відбувається формування яєчників. Також диференціюються статеві шляхи. Це все регулюється не тільки тестостероном та естрогенами але і гормонами, які виробляються в кортикальному та медулярному шарах. Балансом дії генів формується певна стать: якщо виробляється більше чоловічих гормонів то прискорюється формування чоловічої статі, якщо естрогенів, то прискорюється формування жіночої статі відповідно. При порушенні цих процесів утворюються т.з. інтерсекси. На рослини впливають гормони росту, наприклад ауксини.



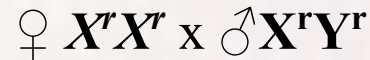
Перевизначення статі в онтогенезі

Доказом спадкової бісексуальності є зміна статі в онтогенезі. Іноді у ссавців при розвитку близнюків різних статей відбувається зміна цих статей в ембріогенезі. Наприклад, при формуванні близнюків у крупної рогатої худоби обох статей, то бички народжуються нормальними, але телиці під час ембріогенезу були під впливом андрогенів, які надходили від бичків, і як результат тестостерон зробив їх яловими, статеві органи у них недорозвинені. Це природна зміна статі. Можна зробити штучні зміни.

Так, цікаві дослідження провів Ямамото у 1953 р. У дослід були взяті мідакі (*Oryzias latipes*), у яких домінуючий ген червоного фарбування перебуває в Y-хромосомі, а його рецесивна алель r – в X хромосомі. У цьому випадку самці з генотипом X^rY^r завжди будуть червоними, а самки, що мають генотип X^rX^r , – білими. Автор перевіряв спадкування цієї ознаки у декількох поколіннях.

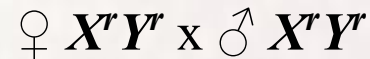


Схрещування



незмінно давало білих самок і червоних самців.

У досліді, ще не диференційовані в статевому відношенні мальки одержували в кормі протягом 8 місяців добавку жіночого статевого гормону (естрогену або стилбестролу). У результаті виявилось, що всі рибки (білі й червоні) по фенотипу були самками з нормальними яєчниками й з жіночими вторинними статевими ознаками. Вони були здатні схрещуватися із із нормальними червоними самцями. Аналіз показав, що червоні самки були генотипічними самцями. Схрещування таких самок з нормальними самцями



давало розщеплення по статі не 1:1, а 1 :1, а 1 ♀ ($X^r X^r$): 3 ♂ ($2X^r Y^R$ и 1 $Y^R Y^R$).

Наявність самців $Y^R Y^R$ доводиться результатами схрещування. При дії чоловічого гормону (метилтестостерону) білі рибки, тобто рибки з генотипом самки — $X^r X^r$, стають самцями. При схрещуванні їх з нормальними самками ($X^r X^r$) у потомстві виходять лише тільки самки.



СПІВВІДНОШЕННЯ СТАТЕЙ І ПРОБЛЕМА ЙОГО РЕГУЛЯЦІЇ

Як уже було сказано, існує генетичний механізм визначення статі, який забезпечує співвідношення 1:1.

Генетично певне співвідношення статей називають первинним співвідношенням. Однак у процесі розвитку внаслідок нерівної життєздатності чоловічих і жіночих зигот й інших причин співвідношення статей може змінюватися. Зміну співвідношення викликану різними факторами в процесі індивідуального розвитку, називають вторинним співвідношенням статей. Найчастіше вторинне співвідношення статей змінюється убік переваги самок, що пояснюється меншою життєздатністю особин чоловічої статі.

Співвідношення статей у природніх умовах. Співвідношення статей у різних організмів може сильно коливатися. Можна знайти приклади майже будь-якого співвідношення по статі, аж до $100 \text{ ♀} : 0 \text{ ♂}$ і $0 \text{ ♀} : 100 \text{ ♂}$. Зміна співвідношення статей може бути обумовлена як факторами, що діють у ході онтогенезу, так і генетичними причинами.

В останні роки лініях комах (деяких видів дрозофіли, сонечок) знайдені одностатеві лінії. Самки цих ліній дають винятково жіноче потомство. При схрещуванні ця властивість успадковується по материнській лінії. Виявлене, що в гемолімфі мух одностатевих ліній є дрібна спірохета, яка, вірогідно, вибірково вражає чоловічі зиготи. Загибель зигот чоловічого типу реєструють по відмиранню 50% відкладених запліднених яєць.

У природі певне співвідношення статей контролюється природним добором, тому що це має значення для відтворення оптимальної чисельності виду й підтримки успадкованої мінливості.



Співвідношення статей у людини

У чоловіків виробляється рівна кількість Х- та У- сперматозоїдів. Але запліднення відбуваються частіше (первинне співвідношення). У сперматозоїдами, тому що вони трохи легші, формується на 20-25% більше чоловічих ембріонів. Але далі вступає в дію природний добір. А природний добір в цілому береже самиць і працює на чоловічих ембріонах. Тому народжується вже хлопчиків на 4-8% більше ніж дівчаток. А потім внаслідок меншої життєздатності чоловічих ембріонів та хлопчиків збільшується кількість жінок. У віці 18-20 років співвідношення чоловіків до жінок дорівнює 1 : 1, а потім кількість чоловіків зменшується. Наявність позитивного співвідношення позитивного співвідношення чоловіків і жінок є показником економічного розвитку, тому що чоловіки можуть вижити лише в добрих умовах. Іноді можна розподілити Х та У сперматозоїди у чоловіків. Якщо їх помістити до катоду чоловічі сперматозоїди прямують чоловічі, а до аноду – жіночі. Таким чином можна розділити сперму, і після штучного запліднення отримати нащадків з визначеною статтю.