**Тема 6. СТАТЬ І ЗЧЕПЛЕНЕ ЗІ СТАТТЮ УСПАДКУВАННЯ**

* *Стать* – сукупність ознак, які забезпечують рекомбінацію генетичного матеріалу при розмноженні. Стать – спадкова ознака. У більшості видів організмів існує дві статі: чоловіча та жіноча. Розвиток тієї чи іншої статі контролюється генами, які локалізуються як в аутосомах, так і в статевих хромосомах. Самиці та самці більшості видів розрізняються за парами ста­тевих хромосом, які мають спеціальні позначення – X та Y. Стать, особини якої мають дві Х-хромосоми, називають *гомогаметною,* тому що її представники утворюють гамети з однаковим хромосомним набором. Стать особин, які мають одну X- або X- та Y-хромосоми, називають г*етерогаметною* статтю, тому що її представники утворюють гамети двох типів. Успадкування статі відбувається за схемою:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *Р* | ♀ ХХ × ♂ ХY |
| гамети |  |  Х Х, Y |
|  | *F1* | ♀ ХХ, ♂ ХY |

Наведений механізм успадкування статі забезпечує співвідношення статей 1:1.

Залежно від видової належності самиці та самці можуть бути як гомогаметними, так і гетерогаметними. У ссавців, більшості амфібій, двокрилих, ракоподібних, черв’яків, деяких дводомних рослин, деяких риб самиці мають дві Х-хромосоми (XX), а самці – X- та Y-хромосоми (ХY).

Тип **ХО** зустрічається у більшості прямокрилих, багатьох клопів, жуків, павуків (самці).

У птахів, плазунів, деяких риб, метеликів гетерогаметні самиці (**ХY**), а самці гомогаметні (**XX**).

У молі, живородної ящірки жіноча стать **ХО**, а чоловіча – **XX**.

Механізм хромосомного визначення статі розрізняється у різних видів. Так, у людини хромосомою, що визначає стать, виступає Y-хромосома, і при будь-якій кількості Х-хромосом Y-хромосома зумовлює розвиток чоловічої статі. У дрозофіли Y-хромосома не визначає статі особини.

У більшості видів у природі забезпечується співвідношення особин жіночої та чоловічої статі близько 1:1. Однак існує цілий ряд умов, які порушують це співвідношення. До таких причин відносяться: наявність летальних чинників у статевих хромосомах, вибіркова смертність однієї статі на різних стадіях онтогенезу, нерозходження хромосом, модифікація статевого розмноження (партеногенез, андрогенез) та ін. Також ознаки статі формуються в онтогенезі, тому зовнішніми умовами можна домогтися невідповідності фенотипової статі генотиповій.

**Зчепленими зі статтю** називають ознаки, гени яких розта­шовані в статевих хромосомах. X- та Y-хромосоми цитологічно та генетично нерівнозначні. В X- та Y-хромосомах є гомологічні ділянки, які мають алельні гени. Але як і в X-, так і в Y-хромосомі є диференційовані ділянки. Гени, локалізовані в диференційованій ділянці Х-хромосоми, у гетерогаметної статі представлені одним алелем і виявляються непарними – *гемізиготними.* У гомогаметної статі ці гени парні. Гени, локалізовані в негомологічній ділянці Y-хромосоми, називаються *голандричними*.

Успадкування ознак, зчеплених зі статтю, відрізняється від успадкування аутосомних ознак і не узгоджується з законами Менделя. Головні особливості успадкування ознак, зчеплених зі статтю, такі:

1. Пряме та зворотнє схрещування (реципрокні) дають неоднакові результати.

2. Успадкування ознак, зчеплених з X- та Y-хромосомами, відбувається неоднаково. Ознаки, зчеплені з X-хромосомою, у деяких схрещуваннях переходять від матері до синів, а від батька – до доньок (кріс-крос успадкування). Ознаки, зчеплені з Y-хромосомою, передаються за лінією гетерогаметної статі.

**При аналізі ознак, зчеплених зі статтю, необхідно до запису схрещування, крім умовного позначення генів, вводити позначення хромосом.**

Приклади розв’язання задач:

**Задача 1.** У людини дальтонізм – рецесивна, зчеплена з Х-хромосомою ознака. Альбінізм (відсутність пігментації) зумовлений аутосомним рецесивним геном. В одній родині, де чоловік та жінка нормально пігментовані та мають нормальний зір, народився син з обома аномаліями. Вкажіть генотипи батьків. Якою може бути ймовірність прояву обох аномалій у другого сина? Якою може бути ймовірність народження наступного разу здорової дівчинки?

*Розв’язання:*

*ХD* – нормальний зір, *Xd* – дальтонізм,

*В* – нормальна пігментація, *b* – альбінізм.

Генотипи батьків невідомі, тому запишемо їхні фенотипові радикали:

*Р* ♀ *В–ХDХ–* × ♂ *В–ХDY*

*F1* (альбінос, дальтонік): *bbХ dY.*

Аутосомні гени альбінізму син отримав від кожного з батьків, тобто вони були гетерозиготними. Від батька він отримав Y-хромосому, яка не містить генів, алельних генам Х-хромосоми. Від матері син отримав Х-хромосому з геном дальтонізму, тобто вона була гетерозиготною.

Генотип матері *ВbХDХd*, батька – *ВbХDY.*

За допомогою решітки Пеннета можна розрахувати ймовірність народження дітей *F1* із різними гено- та фенотипами.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ♂ | *ВХD* | *ВY* | *bХD* | *bY* |
| ♀ |  |
| *ВХD* | *ВВХDХD* | *ВВХDY* | *ВbХDХD* | *ВbХDY* |
| *ВХd* | *ВВХDХd* | *ВВХdY* | *ВbХDХd* | *ВbХdY* |
| *bХD* | *ВbХDХD* | *ВbХDY* | *bbХDХD* | *bbХDY* |
| *bХd* | *ВbХDХd* | *ВbХdY* | *bbХDХd* | *bbХdY* |

Відповідь: імовірність народження другого сина з обома аномаліями (*bbХdY*) є такою ж, як і в першу вагітність, – 1/16, або 6,25%; імовірність народження здорової дівчинки (*В–ХDХ–*) 6/16, або 37,5%.

**Завдання. *Розв’язати наступні задачі***

1. У людини відсутність потових залоз проявляється як зчеплена зі статтю рецесивна ознака. Альбінізм обумовлений аутосомним рецесивним геном. У однієї подружньої пари, нормальної за цими ознаками, народився син з обома вказаними аномаліями. Вкажіть вірогідні генотипи батька й матері. Яка ймовірність того, що в другого сина також проявляться обидві ці аномалії? Яка вірогідність того, що їх третьою дитиною буде нормальна дівчинка?
2. Кароока жінка з нормальним зором, батько якої мав блакитні очі та страждав на дальтонізм, виходить заміж за блакитноокого чоловіка з нормальним зором. Яких нащадків можна очікувати від цієї пари у відношенні вказаних ознак?
3. При схрещуванні самиці дрозофіли з коричневими очима і нормальними крилами з червонооким самцем з обрізаними крилами в *F1* всі самиці та самці мали червоні очі та нормальні крила, а в *F2*відбулося розщеплення:

♀♀: 161 з червоними очима та нормальними крилами, 42 з коричневими очима та нормальними крилами;

♂♂: 76 з червоними очима та нормальними крилами, 80 з червоними очима й обрізаними крилами, 26 з коричневими очима та нормальними крилами, 18 з коричневими очима й обрізаними крилами.

Як успадковуються ознаки? Визначте генотипи вихідних мух і нащадків *F1*. Що вийде в *F1* і *F2* зворотнього схрещування?

1. При схрещуванні півня з жовтими ногами з куркою, яка мала зелені ноги, в *F1* всі півники та курочки мали жовті ноги, а в зворотньому схрещуванні курочки були з зеленими, а півники з жовтими ногами. В *F2* прямого схрещування 152 курчати обох статей мали жовті ноги та 49 курочок – зелені. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних птахів. Яке розщеплення Ви чекаєте отримати в *F2* зворотнього схрещування?
2. У канарок зчеплений зі статтю ген *В* визначає зелене забарвлення оперення, *b* – коричневе. Наявність чубчика залежить від аутосомного гена *С*, його відсутність – від гена *с*. Зеленого чубатого самця схрещують з коричневою самкою без чубчика. Якими будуть *F1,* *F2* обох зворотних схрещувань? Який результат очікується в реципрокних схрещуваннях?

Обидва батьки зелені чубаті. Від них отримано 2 пташеня: зелений чубатий самець та коричнева без чубчика самочка. Визначте генотипи батьків. Яких нащадків слід очікувати від їх схрещування за типом «брат-сестра»?

1. Гіпертрихоз (виростання волос по краю вушної раковини) передається через Y-хромосому, а полідактилія (шестипалість) – домінантний аутосомний ген. В родині, де батько мав гіпертрихоз, а мати полідактилію, народилася нормальна у відношенні обох ознак донька. Яка вірогідність того, що наступна дитина в цій родині також буде без обох аномалій?
2. Отосклероз (ураження стремінця, яке призводить до глухоти) успадковується як домінантна аутосомна ознака з пенетрантністю 30%. Гіпертрихоз успадковується як ознака, зчеплена з Y-хромосомою з повним проявом до 17 років. Визначте вірогідність прояву одночасно обох аномалій у дітей в родині, де дружина нормальна та гомозиготна, а чоловік має обидві аномалії, але мати його була нормальною гомозиготною жінкою.
3. У однієї дводомної рослини іноді зустрічається рецесивний ген «вузькі листки», який локалізований в Х-хромосомі. Гомозиготна широколиста рослина була запилена пилком вузьколистої. Вирощена з отриманого насіння жіноча рослина мала широкі листки та була схрещена з широколистою чоловічою. Якими будуть чоловічі та жіночі нащадки від цього схрещування та від подальших схрещувань цих нащадків з гомозиготними широколистими рослинами? Система визначення статі у цієї рослини така ж, як і у дрозофіли та у людини.
4. Які нащадки можуть бути отримані в шлюбі між чоловіком з нормальним зором та жінкою-дальтоніком при нерозходженні у неї Х-хромосом? Скільки тілець Барра може бути в соматичних клітинах нащадків?
5. У курей смугасте забарвлення оперення визначається домінантним, зчепленим зі статтю геном *В*, чорне – *b*; темне забарвлення шкіри залежить від аутосомного гена *S*, біле – *s*; трояндоподібний гребінь – *R*, листоподібний – *r*. Аутосомний ген *С* в гетерозиготному стані (*Сс*) обумовлює коротконогість, а в гомозиготному (*СС*) має летальний ефект; особини, які несуть обидва нормальних алеля (*сс*), мають нормальну довжину ніг. Чорний темношкірий півень з трояндоподібним гребенем схрещений зі смугастою темношкірою куркою з листоподібним гребенем. Обидва батьки коротконогі. Серед курчат 6 смугастих темношкірих півників, 2 смугастих білошкірих півника, 5 чорних темношкірих курочки, 2 чорні білошкірі курочки. Всі курчата з трояндоподібним гребенем. Які генотипи батьківських особин? Скільки курчат із 15 народжених теоретично повинні бути з короткими ногами?
6. У чоловіків аутосомний ген відсутності волосся на голові *S* виступає як домінантний, а у жінок він рецесивний. Жінка, яка має лисого брата, виходить заміж за лисого чоловіка. Батько жінки також був лисим. У них народився нормальний син та донька Таня, яка дуже рано полисіла. Таня виросла та вийшла заміж за нормального чоловіка. Яка вірогідність, що у них народиться лисий син, донька?
7. У дрозофіли при схрещуванні самиці зі смужкоподібними очима з нормальним самцем у *F1* всі самці та самиці були зі смужкоподібними очима. У зворотному схрещуванні в *F1* самиці зі смужкоподібними, а самці з нормальними очима. Як успадковується ознака? Якими повинні бути нащадки *F2* в цих схрещуваннях?
8. У курей зустрічається рецесивний зчеплений зі статтю летальний ген, який викликає загибель курчат до вилуплення. Нормальна самиця, схрещена з гетерозиготним за летальним геном самцем, дала 120 живих курчат. Яка кількість серед них самців та самиць?
9. У потомстві від схрещування півня, який рано оперився, з куркою, яка пізно оперилася, знайдено 20 півників, які пізно оперилися, та 22 курочки, які рано оперилися. У зворотньому схрещуванні і півники, і курочки оперилися пізно. Поясніть розщеплення. Які результати Ви чекаєте отримати в *F2* реципрокних схрещувань?
10. У Франції Дріє знайшов трьох безшерстих телят. Всі вони були чоловічої статі. Батьками двох з них були нормальна корова і нормальний бик. Окрім цих двох бичків від тих же батьків народилася нормальна телиця. Третій безшерстий бичок народився від зворотнього схрещування нормальної телиці з її нормальним батьком, від якого з іншими неспорідненими коровами було отримано 180 нормальних телят. Чи можна на підставі цих даних визначити, як успадковується безшерстість? Напишіть можливі генотипи всіх особин, згаданих у задачі. Як можна перевірити Ваше припущення?
11. У Північній Кароліні вивчали появу в деяких родинах осіб, що характеризуються нестачею фосфору в крові. Це явище було пов’язане із захворюванням специфічною формою рахіту, непіддатливою лікуванню вітаміном D. У потомстві від шлюбів 14 чоловіків, хворих на цю форму рахіту, із здоровими жінками народилися 21 донька та 16 синів. Всі доньки страждали нестачею фосфору в крові, а всі сини були здорові. Яка генетична обумовленість цього захворювання?
12. У однієї нормальної за зором жінки батько – дальтонік. Двоє її братів, а також дядько з боку матері хворі на гемофілію. Чоловік цієї жінки дальтонік, їх син страждає на гемофілію, а донька – дальтонік. Складіть родовід цієї родини. Визначте генотипи членів цієї родини. Яка вірогідність того, що донька є носієм гемофілії?
13. Які діти могли б народитися від шлюбу гемофіліка з жінкою, яка страждає на дальтонізм (а в іншому вона має нормальний генотип)?
14. Чи можливе народження монозиготних близнюків різної статі?
15. Від схрещування білого самця акваріумної рибки медакі (*Oryzias latipes*) з коричневою самкою в *F1* всі самиці та самці виявилися коричневими, а в *F2* – 248 коричневих, 57 блакитних, 53 червоних і 21 біла рибки. Стать визначити вдається у цих рибок не раніше, ніж в однорічному віці. Через рік серед тих риб, що вижили, розподіл за статтю і забарвленням виявився таким:

самиці: 147 коричневих і 35 червоних,

самці: 77 коричневих, 56 блакитних, 16 червоних і 19 білих.

Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних риб. Що вийде, якщо схрестити гомозиготного коричневого самця з білою самицею?