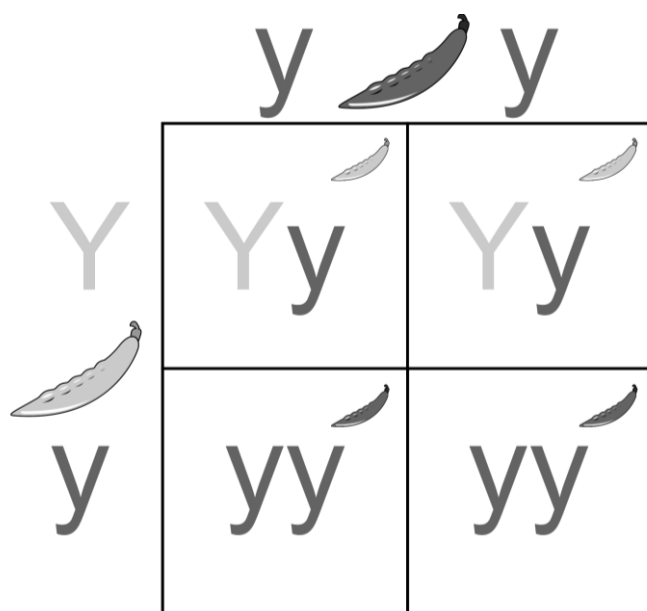


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

Р.А. Волков, Л.С.Язловицька

ГЕНЕТИКА

збірник задач



Чернівці

Чернівецький національний університет

2015

ББК 28. 04я 73
З – 415
УДК 575 (076,1)

Друкується за ухвалою редакційно-видавничої ради
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича

Волков Р.А., Язловицька Л.С.

Генетика: збірник задач / Р.А. Волков, Л.С.Язловицька : Чернівецький нац. ун-т, 2015.

В навчальному посібнику викладені задачі з генетики, які допомагають засвоїти теоретичний матеріал, застосовувати генетичні знання на практиці, проводити генетичні дослідження, розвивають генетичне мислення.

Представлені задачі згруповані по розділах, на початку яких представлений теоретичний матеріал основних розділів генетики, які передбачені навчальною програмою курсу. Наведено приклади розв'язування типових задач, інструктивно –методичні матеріали, відповіді для задач, таблиці й схеми, які представлені в додатку.

Для студентів біологічних факультетів університетів, медичних і ветеринарних інститутів, аспірантів, викладачів та осіб, що займаються самоосвітою.

УДК 575 (076,1)
З – 415
ББК 28. 04я 73

Чернівецький національний
університет, 2015
© Волков Р.А., 2015
© Язловицька Л.С., 2015

Зміст

Вступ	4
Методика розв'язування задач	5
Задачі на моно- та дигенне успадкування ознак	11
Моногібридне схрещування	11
Ди- та полігібридне схрещування	22
Дигенне успадкування. Взаємодія неалельних генів	34
Успадкування при зчепленні генів та кросинговері	47
Успадкування ознак, зчеплених зі статтю	57
Генетика популяцій	65
Мінливість	73
Генетика людини	80
Додаток	95
Генетичний словник	114
Відповіді до задач	124
Список літератури	142

Вступ

Генетика – нормативна дисципліна підготовки фахівців біологічного напрямку. На основі вивчення курсу студент повинен знати матеріальні основи спадковості; основні закономірності спадковості та мінливості; особливості успадкування за розташування генів в статевих хромосомах та позахромосомне успадкування; генетику статі; генетичні основи онтогенезу, еволюції, селекції, екології; особливості генетики людини та перспективи практичного використання сучасних досягнень генетики; основи генетичного аналізу. При вивченні генетики студент повинен вміти аргументовано пояснити особливості успадкування в залежності від взаємодії між генами, впливу чинників довкілля; складати логічні схеми експерименту для генетичного аналізу успадкування ознак; розв'язувати задачі з генетики.

В методичному посібнику викладено задачі з генетики, які допомагають засвоїти теоретичний матеріал, застосовувати генетичні знання на практиці, проводити генетичні дослідження, розвивають генетичне мислення.

Подані задачі згруповані за розділами, на початку яких розглянуті теоретичні засади основних розділів генетики, які передбачені навчальною програмою курсу. Наведено приклади розв'язування типових задач, інструктивно – методичні матеріали, таблиці та схеми.

Посібник містить додаток, в якому наведено характер успадкування основних ознак у рослин, тварин і людини; короткий опис моногенних хвороб людини й тип їх успадкування, а також основні генетичні терміни.

Представлений матеріал розрахований для самостійної роботи студентів біологічних факультетів університетів, медичних і ветеринарних інститутів, аспірантів і наукових співробітників, які спеціалізуються з напрямків генетика, молекулярна генетика, біотехнологія, біохімія тощо; а також учнів середніх навчальних закладів з поглибленим вивченням біології.

Методика розв'язування задач

Методологічною основою генетики є генетичний аналіз, який використовують для розв'язування задач. Логіка генетичного аналізу зводиться до пропозиції гіпотез (*нульова гіпотеза*) на основі відомих “модельних” розщеплень та їх статистичної перевірки. Теорія генетичного аналізу пов'язана з побудовою логічних, математичних, експериментальних моделей, які допомагають зрозуміти суть генетичних процесів і явищ. Важлива частина генетичного аналізу – вивчення успадкування окремих ознак, а саме: типу успадкування (ядерне чи позаядерне); загальної кількості генів, які контролюють дану ознаку; типу взаємодії цих генів, хромосомну локалізацію генів; генотипи особин, що вивчаються; механізм дії генів, тощо.

В генетиці є задачі за такими розділами:

1. Моногенне успадкування ознак: моно- та полігібридне схрещування
2. Дигенне успадкування ознак: взаємодія між неалельними генами.
3. Зчеплене успадкування і кросинговер. Тетрадний аналіз.
4. Успадкування ознак, зчеплених зі статтю.
5. Позаядерне успадкування.
6. Мінливість: успадкування ознак при різних типах мутацій.
7. Популяційна генетика.
8. Молекулярна генетика
9. Генетика людини: складання та аналіз родоводів.

В основі розв'язування задач лежить генетичний аналіз представлених даних. В залежності від характеру успадкування алгоритм розв'язування змінюється.

Розв'язок будь-якої генетичної задачі починається з визначення ознак, що аналізуються.

Для вирішення задач на моногенне та дигенне успадкування існують однакові методичні підходи. Всі задачі такого типу успадкування умовно можна поділити на два види:

1. Задачі, в яких необхідно визначити характер успадкування ознаки на основі аналізу розщеплення, а саме:

- ✓ з'ясувати число генів, що контролюють ознаку (моно- чи дигенне успадкування);
- ✓ тип взаємодії генів (для алельних - *домінування, проміжне успадкування, кодомінування, множинний алелізм*; для неалельних -

епістаз, комплементарність, полімерія);

✓ тип успадкування (незалежне, зчеплене, зчеплене зі статтю).

Приклад: При схрещуванні двох сортів томатів з жовтими і червоними плодами гібриди F_1 мали червоні плоди, а в другому поколінні 58 червоних і 14 жовтих плодів. Як успадковується забарвлення плодів? Які генотипи вихідних сортів і гібридів F_1 ? Яке схрещування можна поставити для перевірки вашої гіпотези? Який результат Ви очікуєте при цьому для 125 рослин?

2. Задачі, в яких необхідно на основі відомих даних про успадкування, визначити генотипи і фенотипи, розрахувати появу у нащадків того чи іншого генотипового та фенотипового класу.

Приклад: У вівса імунність до головної домінує над вразливістю до цієї хвороби. Яке потомство буде отримане від схрещування гомозиготних імунних і вразливих головною рослин? Що буде отримано від схрещування між собою таких гібридів? Який результат дасть зворотне схрещування рослин F_1 з батьківською імунною формою?

Розв'язування задачі необхідно починати з короткого запису умови задачі.

Під час розв'язання задач 1-го типу умова записується у вигляді словесного скороченого позначення ознак (чорний - чорн., білий - біл., тощо), 2-го - за допомогою фенотипових радикалів (А-, В-, А-В- тощо)

Необхідною умовою при рішенні задач з кількома ознаками є проведення аналізу успадкування кожної ознаки окремо і тільки після цього - аналізу успадкування всіх ознак одночасно, з'ясовуючи зчеплені вони чи комбінуються незалежно.

При вирішенні задачі необхідно: знати генетичну теорію і генетичну символіку; вміти правильно виписувати гамети; пам'ятати елементарні формули розщеплення та причини відхилення від них; знати формули, за якими знаходять число типів гамет, фено- та генотипів в розщепленні та число їх можливих поєднань.

Рішення задач 1-го типу включає:

1. Короткий запис умови.
2. Аргументовану пропозицію нульової гіпотези (H_0).
3. Визначення розщеплення у досліді на основі H_0 -гіпотези.
4. Перевірку відповідності результатів досліді теоретично очікуваним на основі H_0 гіпотези.

5. Аргументоване введення генів і визначення на їх основі фенотипів та генотипів.

6. Відповідь на всі поставлені в задачі питання.

Алгоритм розв'язку задач першого типу представлено схематично

Алгоритм розв'язку задач за умови моно- та дигенного контролю ознак



Рішення задач 2-го типу включає:

1. Короткий запис умови.
2. Аргументоване пояснення запропонованих генотипів.
3. Запис схеми схрещування у вигляді генотипів з наступним аналізом гено- і фенотипів нащадків.
4. Відповідь на всі поставлені в задачі питання.

При розв'язуванні задач необхідно врахувати, що

- ✓ за одноманітності гібридів першого покоління вихідні батьківські форми гомозиготні;
- ✓ розщеплення в F_1 свідчить про гетерозиготність обох чи одного з батьків;
- ✓ кількість фенотипових класів і співвідношення між ними у нащадків свідчить про тип взаємодії між алельними та неалельними генами;
- ✓ гени можуть здійснювати плейотропну дію, тобто знижувати життєздатність чи в гомозиготному стані бути несумісними з життям (летальними).

При вирішенні задач (для запису схем схрещувань, фенотипів і генотипів особин) використовують спеціальні генетичні символи:

P (або **PP**) – батьківські форми, які використовують для схрещування (від лат. *parenta* – батьки). Під час написання схем схрещування на першому місці прийнято ставити материнську форму.

x – знак множення, який означає схрещування;

♀ – жіноча стать (дзеркальце богині Венери);

♂ – чоловіча стать (щит і спис бога Марса).

F₁, F₂ – гібридні покоління (від лат. *filli* – діти), де цифровий індекс показує порядковий номер гібридного покоління.

F_a, F_b – гібридні покоління, де буквенний індекс – покоління аналізуючого та зворотного схрещування відповідно.

Гени позначають буквами латинського алфавіту:

A – домінантний алель гена;

a – рецесивний алель гена;

AA – домінантна гомозигота;

aa – рецесивна гомозигота;

Aa – гетерозигота за однією ознакою.

Крім того, у генетиці використовують спеціальну генетичну номенклатуру. Наприклад, для дрозофіли, кукурудзи, аскоміцетів тощо. В основу її покладено назву, яка відображає мутантну ознаку й символ. **Номенклатурний символ** – це скорочена назва даної мутації. Символ і назву рецесивної мутації пишуть із малої, а домінантної – з великої букви. Наприклад, у дрозофіли рецесивна мутація *vestigial* (зародкові крила) – **vg**, у кукурудзи домінантна мутація *Virescent seedling* (проростки світло-жовті) – **V₄**. Фенотип і генотип диких форм вважають нормальними, їх позначають або знаком +, або символом мутації з індексом +: **vg⁺, w⁺**.

Оцінка достовірності даних

Для перевірки відповідності нульової гіпотези необхідно оцінити величину відхилення даних, представлених у задачі, від теоретично розрахованого. Для цього використовується метод χ^2 (хі-квадрат) **Пірсона–Фішера:**

$$\chi^2 = \sum \frac{(p - q)^2}{q},$$

де p – число, отримане в досліді та представлене в умові задачі,
 q – число, яке теоретично очікується,
 \sum – знак суми.

Значення χ^2 , наведене в таблиці Фішера, указує ті межі, до яких отримані значення χ^2 залишаються з певною вірогідністю в рамках випадкових відхилень, тобто свідчать про відповідність дослідних і теоретично очікуваних даних (визначають імовірність того, наскільки дане відхилення закономірне чи випадкове) (табл. 1).

Таблиця 1

**Значення χ^2 за різних ступенів свободи
(за Фішером, зі скороченням)**

Число ступенів свободи	Імовірність (p)							
	(n – 1)	0,99	0,95	0,80	0,50	0,20	0,05	0,01
1		0,000157	0,0393	0,0642	0,455	1,642	3,841	6,635
2		0,101	0,103	0,446	1,386	3,219	5,991	9,210
3		0,115	0,352	1,005	2,366	4,642	7,815	11,341
4		0,297	0,711	1,649	3,357	5,989	9,488	13,277
5		0,554	1,145	2,343	4,351	7,289	11,070	15,086
6		0,872	1,635	3,070	5,348	8,588	12,592	16,812
7		1,239	2,167	3,822	6,346	9,803	14,067	18,475

У таблиці значення ймовірності подані в частках одиниці. Значення χ^2 наведене для семи ступенів свободи. При цьому число ступенів свободи під час аналізу класів розщеплення завжди на одиницю менше, ніж кількість класів. Під *ступенем свободи* розуміють кількість класів,

яким можна надавати довільні значення. Якщо кількість класів позначити n , то число ступенів свободи дорівнюватиме $n-1$. Отже, щоб встановити відповідну ймовірність за таблицею Фішера, необхідно обчислити величину χ^2 і визначити ступінь свободи. Прийнято вважати, що при ймовірності *вище 0,05 відхилення незначні*, при ймовірності *в межах 0,05–0,01 – результати сумнівні*, при ймовірності *нижче 0,01 відхилення в досліді не випадкове*, воно не може бути пояснено причинами статистичного характеру й нульову гіпотезу потрібно відкинути.

Приклад: у ході проведеного експерименту одержано 275 мух, серед яких 199 – з червоними очима і 76 – з коричневими. За нульовою гіпотезою успадкування моногенне. Згідно з II законом Менделя, розщеплення за фенотипом у даному випадку відповідає 3:1. Отже, очікувана частка мух із червоними очима складає $\frac{3}{4}$, з коричневими – $\frac{1}{4}$. Позначення: p – практично одержаний результат, q – теоретично очікуваний. Значення q розраховується, використовуючи суму нащадків, яка отримана у досліді, та очікувану частку розщеплення по фенотипових класах. Так, очікувана частка коричневих мух складає $275 \times \frac{1}{4} = 69$ особин, а червонооких $275 - 69 = 206$ особин. Заносим результати до таблиці.

№ п/п	Фенотипові класи	Очікувана частка	p	Q	$p - q$	$(p - q)^2$	$(p - q)^2/q$
1.	Червонооки	$\frac{3}{4}$	199	206	7	49	0,24
2.	Коричнево-оки	$\frac{1}{4}$	76	69	7	49	0,71
	Σ		275	275	0	0	0,95

Інші підрахунки проводимо, використовуючи вищезазначену формулу. Отже, $\chi^2 = 0,95$ (за даними таблиці). Визначаємо число ступенів свободи для даного прикладу. Оскільки в досліді два фенотипових класи ($n = 2$), число ступенів свободи: $n - 1 = 2 - 1 = 1$. Шукаємо значення p за $n = 1$: $0,2 < p < 0,5$.

При $p > 0,05$ одержане відхилення – випадкове. Отже, в експерименті підтверджується II закон Менделя.

При вирішенні задач студент повинен провести обробку по методу χ^2 повністю.

В прикладах розв'язку задач не приводиться обробка даних по методу χ^2 , дається лише кінцевий результат на основі його визначення.

ЗАДАЧІ НА МОНО- ТА ДИГЕННЕ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК

Моногібридне схрещування

Теоретична частина

Моногібридне схрещування – це схрещування особин з альтернативним проявом ознаки, зумовленої дією алельної пари генів. На основі моногібридного схрещування Мендель сформулював перших два закони успадкування ознак. **Перший закон Менделя** – закон домінування, або *одноманітності* ознак у гібридів першого покоління.

Під час схрещування чистих ліній перше покоління (F₁) одноманітне за генотипом і фенотипом.

$$\begin{array}{l} P: \quad \text{♀ AA} \times \text{♂ aa} \\ G: \quad \quad A \quad \quad a \\ F_1: \quad \quad Aa \end{array}$$

Особини першого покоління за фенотипом були подібні лише на одну з батьківських форм. Інший фенотип – відсутній. Ознака, яка проявлялась у F₁, названа Г.Менделем *домінантною*, інша – *рецесивною*.

Другий закон Менделя – закон розщеплення ознак.

Під час схрещування гібридів першого покоління між собою у другому поколінні (F₂) спостерігається розщеплення з появою особин рецесивного фенотипу, частка яких складає ¼ від загальної кількості особин у поколінні.

$$\begin{array}{l} P: \quad \text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa} \\ G: \quad \quad A, a \quad \quad A, a \\ F_2: \quad AA, 2Aa, aa \end{array}$$

За моногібридного схрещування виявляється закономірність щодо кількісного співвідношення різних класів фенотипів і генотипів у F₂. Розщеплення в даному випадку за генотипом складає: 1AA+2Aa+1aa (1:2:1), а за фенотипом 3:1. Зазначена закономірність може порушуватися через випадкове утворення чи поєднання гамет, різну життєздатність гамет і гібридів, взаємодію між алельними генами (неповне

домінування, кодомінування тощо), їх хромосомну локалізацію (аутосоми чи статеві хромосоми) та ін.

За моногібридного схрещування ознаку визначає пара алельних генів.

Алельними називають гени, які розташовані в **однакових** локусах **гомологічних** хромосом і детермінують альтернативний прояв **однієї ознаки**. Розрізняють наступні типи взаємодії між алельними генами: повне домінування, неповне домінування, кодомінування та міжалельна комплементация. **Неповне домінування** – це тип взаємодії між алельними генами, за якого один алель гену неповністю домінує над іншим. За таких умов у гібридів (F₁) спостерігається проміжний у порівнянні з батьківськими формами фенотип. **Кодомінування** – це тип взаємодії між алельними генами, за якого у гетерозиготного організму виявляються ознаки обох алельних генів. Прикладом кодомінування є успадкування АВ групи крові у людини. Особини з даною групою мають генотип - $I^A I^B$, тобто в генотипі одночасно присутні обидва домінуючі гени: I^A та I^B . Групи крові у людини – це приклад не тільки явища кодомінування, але й поліалельності: ген, що визначає ознаку знаходиться в триалельному стані: i^O , I^A та I^B ($I^A > i^O$; $I^B > i^O$). Гени та генотипи групи крові людини наведені у додатку.

При **множинному алелізмі** ген, що контролює ознаку знаходиться в поліалельному стані. Множинний алелізм характерний для популяційного рівня. За множинного алелізму має місце міжалельна комплементация, яка характерна для компаундів. Генотип останніх є гетерозиготним за двома мутантними алелями одного і того ж локуса має свій фенотиповий прояв і ступінь домінуючості. Прикладом поліалельної взаємодії генів є успадкування забарвлення хутра у крілів. Ряд домінуючості поліалельних генів в популяції має наступний вигляд: $C > c^{ch} > c^h > c^a$ (**дикий тип > шиншила > гімалайський > альбінос**).

Деякі ознаки, що успадковуються за моногенним типом у рослин, тварин і людини наведені у додатку.

На початку 20 сторіччя Р. Пеннет запропонував зручну форму (решітку) для зображення випадкового поєднання різних класів гамет у момент запліднення. Для моногібридного схрещування решітка Пеннета виглядає так:

Гамети гетерозиготних батьків	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa
Сума генотипів	AA + 2Aa + aa	

Приклади розв'язку задач

Приклад № 1. При схрещуванні між собою чорних мишей завжди отримують чорних нащадків. При схрещуванні між собою жовтих мишей завжди проходить розщеплення - $\frac{1}{3}$ нащадків виявляються чорними і $\frac{2}{3}$ жовтими. Як успадковується забарвлення? Чому відбувається розщеплення при схрещуванні жовтих мишей? Як перевірити правильність вашого припущення?

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: миші.

Ознака: успадкування забарвлення шерсті.

1. Р чорн. х чорн

F₁ чорн.

2. Р жовт. х жовт.

F₁ $\frac{1}{3}$ жовт. : $\frac{2}{3}$ чорн.

Як успадковується забарвлення?

Чому відбувається розщеплення при схрещуванні жовтих мишей? Як перевірити вашого припущення?

Розв'язок.

1. Одноманітність у потомстві від схрещування чорних мишей свідчить про їх гомозиготність.

2. Наявність розщеплення при схрещуванні жовтих мишей свідчить про їх гетерозиготність.

3. Розщеплення 2:1 свідчить про моногенне успадкування, домінування жовтого забарвлення над чорним, а також про загибель $\frac{1}{3}$ нащадків з жовтим забарвленням, які імовірно мають генотип AA. За умови однакової життєздатності всіх генотипів розщеплення за фенотипом відповідно до закону Менделя становить $\frac{3}{4}A-$: $\frac{1}{4}aa$. Серед особин з фенотипом A- $\frac{1}{3}$ нащадків має генотип AA і $\frac{2}{3}$ - Aa.

4. Перевіркою даного припущення служить схрещування жовтих мишей з чорними: Aa х aa, при цьому $\frac{1}{2}$ нащадків повинні бути жовтими й $\frac{1}{2}$ - чорними.

Висновок: забарвлення шерсті у мишей контролюється одним геном, жовте забарвлення - результат дії домінантного алеля з рецесивним летальним ефектом, чорне забарвлення - рецесивне по відношенню до жовтого.

Приклад № 2. При схрещуванні курей з трояндоподібним і простим гребенем в першому поколінні отримали 117 курчат з трояндоподібним гребенем. Від схрещування гібридів F_1 - 146 з трояндоподібним і 58 з простим. Від схрещування гібридів F_1 з птахами з простим гребенем - 790 з трояндоподібним і 798 з простим. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних птахів і гібридів F_1 .

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: кури.

Ознака: успадкування форми гребеня.

P троянд. x прост.

F_1 117 троянд.

F_2 146 троянд. і 58 прост.

Σ 204

F_B 790 троянд. і 798 прост.

Σ 1588

Хар-р успадкування ознаки?

Генотипи P і F_1 ?

Розв'язок.

1. В F_1 одноманітність – отже батьківські форми гомозиготні.
2. Оскільки в F_2 розщеплення на два класи з переважанням трояндоподібної форми гребеня над простим, допускаємо моногенне успадкування. Визначаємо величину одного можливого поєднання гамет в розщепленні $204:4=51$. Знаходимо розщеплення в досліді: $146:51=2,9$ і $58:51=1,1$, тобто приблизно 3:1. Перевірка H_0 про моногенне успадкування у співвідношенні 3:1 по методу χ^2 її не заперечує.
3. Вводимо позначення алелів: A – троянд., a - прост. Генотипи вихідних птахів: AA і aa, гібридів - F_1 - Aa.
4. При схрещуванні гібридів F_1 з птахами, які мають простий гребінь отримано співвідношення фенотипів 790 троянд. : 798 прост., що дорівнює 1:1 і свідчить про аналізуюче розщеплення.

Висновок. Форма гребеня успадковується моногенно з домінуванням трояндоподібного гребеня над простим.

Приклад №3 У овець чорне забарвлення шерсті рецесивна по відношенню до білої ознаки. Від схрещування білого барана з білою яркою родилося одне біле ягнятко. З якою особиною його треба схрестити щоб встановити, чи несе він ген чорного забарвлення? Яка імовірність гетерозиготності ягняти?

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: вівці

Ознака: успадкування забарвлення шерсті

A – біле забарвлення

a – чорне забарвлення

P біл. x біл.

F₁ –біл.

Яка імовірність гетерозиготності ягняти?

Яке схрещування треба провести для встановлення наявності гена чорного забарвлення у ягняти?

Р о з в ' я з о к .

1. В F₁ народилося ягнятко подібне до батьківських форм. За умовами задачі біле забарвлення є домінантною ознакою. Отже батьківські форми можуть бути як гомозиготні, так і гетерозиготні. Для перевірки гетерозиготності ягнятки необхідно провести аналізуючи схрещування, тобто схрестити його з особиною із чорним фенотипом. У разі розщеплення ягнятко є гетерозиготою за даною ознакою.

2. Згідно другому закону Менделя імовірність гетерозиготності ягнятки за умови гетерозиготності батьківських форм складає 2/4.

Висновок. Для перевірки гетерозиготності ягнятки необхідно провести аналізуючи схрещування. Імовірність гетерозиготності ягнятки за умови гетерозиготності батьківських форм складає 2/4.

Приклад №4 Жінка з карими очима виходить заміж за кароокого чоловіка, батьки якого також кароокі. Від цього шлюбу народилася одна блакитноока дитина. Визначте генотипи всіх членів сім'ї, виходячи з припущення про моногенний контроль кольору очей у людини та домінування каро окості над₁₅блакитними очима.

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: людина

Ознака: успадкування забарвлення очей

P кароок... x кароок.

F₁ – блакит.

Батьки чоловіка – кароокі

A- карі очі

a – блакитні очі

Генотипи всіх членів сім'ї?

Розв'язок.

1. За умовами задачі кароокість є домінантною ознакою. Отже дитина з голубими очима може народитись тільки у батьків гетерозиготних за ознакою забарвлення очей. Враховуючи зазначене генотипи батьків – Aa. Генотип дитини – aa.

2. Оскільки батьки чоловіка також кароокі, але в його генотипі наявний ген блакитності, то генотипи обох батьків, або одного з них, є гетерозиготними за ознакою кольору очей - Aa.

Висновок. Генотипи батьків дитини та їх предків – Aa. Генотип дитини – aa.

Приклад №5 В пологовому будинку переплутали двох хлопчиків. Батьки одного з них мають A і 0 групи крові, батьки другого - A і AB. Хлопчики мають A і 0 групи крові. Встановіть хто чий син і генотипи батьків і дітей.

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: людина

Ознака: групи крові

P1 A.. x 0

P2 A.. x AB

F₁ – хлопчики з групами крові A і 0

Генотипи батьків і дітей? Хто чий син?

Розв'язок.

1. Запишемо імовірні генотипи першої пари батьків і дітей використовуючи фенотипові радикали. Людина з групою крові A має генотип I^A-, з групою крові 0 – i^{0:0}.₁₆ У таких батьків може народитися

дитина як з групою крові А – генотип I^A- , так і з групою крові 0 – генотип i^0i^0 . В першому випадку жінка може бути як гетерозиготною, так і гомозиготною за даною ознакою, тобто її генотип - I^AI^A або I^Ai^0 . Для народження дитини у даного подружжя з групою крові 0 генотип жінки обов'язково має бути гетерозиготним - I^Ai^0 .

2. Запишемо імовірні генотипи другої пари батьків. Людина з групою крові А має генотип I^A- , з групою крові АВ - I^AI^B . Батько з групою крові АВ не утворює гамети, які несуть ген i^0 . Отже у такого подружжя не може родитися дитина з групою крові 0. Їх дитина – це хлопчик з групою крові А, а хлопчик з групою крові 0 – це дитина першої пари батьків.

3. Запишемо схему схрещування у вигляді генотипів:

Перша пара батьків

P: ♀ I^Ai^0 x ♂ i^0i^0 .

G: I^A, i^0 i^0

F₁ i^0i^0 – група крові 0

Друга пара батьків

P: ♀ I^AI^A x ♂ I^AI^B

G: I^A I^A, I^B

F₁ I^AI^B, I^AI^A – група крові А

Висновок. Перша пара батьків має генотипи: ♀ I^Ai^0 , ♂ i^0i^0 , їх хлопчик - i^0i^0 .

Друга пара батьків має генотипи : ♀ I^AI^A , ♂ I^AI^B ; їх хлопчик - I^AI^A .

Задачі для самостійного розв'язку

1. У вівса імунність до головні домінує над вразливістю до цієї хвороби. Яке потомство буде отримане від схрещування гомозиготних імунних і вразливих головнею рослин? Що буде отримано від схрещування між собою таких гібридів? Який результат дасть зворотне схрещування рослин F₁ з батьківською імунною формою?

2. У томатів нормальний ріст рослин домінує над карликовим. Якого росту будуть рослини F₁ від схрещування гомозиготних високих рослин з карликовими? Яке потомство слід очікувати від схрещування отриманих гібридів між собою?

3. При схрещуванні двох сортів томатів з жовтими і червоними плодами гібриди F₁ мали червоні плоди, а в другому поколінні 58

червоних і 14 жовтих плодів. Як успадковується забарвлення плодів? Які генотипи вихідних сортів і гібридів F_1 ? Яке схрещування можна поставити для перевірки Вашої гіпотези? Який результат Ви очікуєте при цьому для 125 рослин?

4. У томатів червоне забарвлення плоду (А) домінує над жовтим (а). Вкажіть генотипи, фенотипи та їх співвідношення у слідуючих схрещуваннях: 1. АА х аа. 2. Аа х аа. 3. Аа х Аа. 4. аа х аа. 5. Аа х АА.

5. При схрещуванні між собою рослини червоноплідної суниці завжди дають потомство з червоними ягодами, а рослини білоплідні - з білими ягодами. Від схрещування цих сортів отримали рожеві ягоди. Яке потомство виникне при схрещуванні між собою рослин суниці з рожевими ягодами, якщо припустити моногенний контроль цієї ознаки? Яке потомство буде в зворотніх схрещуваннях рожевоплідних рослин з вихідними батьківськими сортами?

6. При схрещуванні зафарбованих (фіолетові сходи від присутності антоціану) рослин жита з незабарвленими рослинами (зелені сходи внаслідок відсутності антоціану) в F_2 було одержано 4684 зафарбованих і 1501 зелених рослин. Як успадковується ознака? Який фенотип мають рослини F_1 ?

7. При схрещуванні рослин жита з нормальним листям з рослинами, які мають гофроване листя, в першому поколінні всі рослини виявилися з нормальним листям, а в другому поколінні виявлено 564 з нормальним і 198 з гофрованим листям. Як успадковується ознака? Які генотипи мали рослини F_1 і F_2 ? Яке схрещування варто поставити для перевірки вашого припущення і які результати ви очікуєте одержати?

8. Від схрещування рослин озимого жита з червоними вушками на листках з рослинами з білими вушками в першому поколінні всі рослини мали червоні вушка, а в другому було одержано 138 рослин з червоними вушками і 52 рослини з білими вушками. Як успадковується ознака? Встановіть генотипи вихідних рослин. Яка частина рослин в F_2 з червоними вушками повинна бути гомозиготною за цією ознакою?

9. Серед великої кількості нормальних рослин кукурудзи було виявлено декілька карликових рослин. Для в'яснення генетичної

природи карликовості ці рослини схрестили з нормальними. В F_1 від цих схрещувань всі рослини виявилися нормальними, а в F_2 - 128 нормальних і 35 - карликових. Як успадковується карликовість? Як пояснити появу карликових рослин серед нормальних вихідних рослин?

10. При схрещуванні червоних корів з чорним биком в першому поколінні всі телята виявилися чорними, а в другому - 66 чорних і 24 червоних. Як успадковується ознака? Які фенотипи бика і корів? Яке схрещування слід поставити для перевірки Вашої гіпотези і який результат Ви очікуєте одержати?

11. Дві чорні самки миші схрещені з коричневим самцем. Перша самка принесла в декількох пометах 29 чорних і 27 коричневих нащадків. Друга - 19 чорних. Від схрещування коричневих мишей народжувались лише коричневі нащадки. Які висновки можна зробити відносно успадкування чорного і коричневого забарвлення мишей? Які генотипи обох самок і коричневого самця? Що вийде, якщо нащадків F_1 від другої самки схрестити між собою?

12. Ірланські сеттери можуть бути сліпими в результаті дії рецесивного гена. Пара тварин з нормальним зором мала 5 цуценят, два з яких були сліпими. Встановіть генотипи батьків і генотипи цуценят. Одне нормальне цуценя із цього помету буде продане для подальшого розмноження. Яка імовірність того, що він гетерозиготний за геном сліпоти?

13. Від схрещування гнідих коней з альбіносами народжуються лошата з золотисто-жовтим забарвленням тіла при майже білій гриві і хвості (так звана окраска паломіно). Спроби розвести коней такої ж масті не увінчались успіхом: в першому поколінні виникло розщеплення в співвідношенні 1 гніда : 2 паломіно : 1 альбінос. Як це можна пояснити? Як успадковується забарвлення паломіно у коней?

14. При схрещуванні стандартних коричневих норок з сріблясто-голубими в першому поколінні всі цуценята виявилися коричневими, а в другому в декількох пометах було одержано 17 коричневих і 5 сріблясто-голубих. Як успадковується сріблясто-голубе забарвлення шерсті? Яке схрещування слід поставити, щоб в потомстві збільшити

кількість сріблясто-голубих норок?

15. Одна порода курей відрізняється вкороченими ногами. Дана ознака домінантна. Ген, який її контролює, викликає одночасно також вкорочення дзьоба. При цьому у гомозиготних курчат дзьоб такий малий, що вони не здатні пробити яйцеву шкарлупу і гинуть, не вилупившись з яйця. В інкубаторі господарства, яке розводить тільки коротконогих курей, одержано 3000 курчат. Скільки з них коротконогих? Дайте аргументовану відповідь.

16. При схрещуванні курчавоперих курей з півнем, який має нормальне оперення, було одержано 84 курчавоперих і 78 нормальних по оперенню курчат. При подальшому схрещуванні курчавоперих особин з F_1 між собою було одержано наступне потомство: 172 курчавоперих, 80 з нормальним оперенням і 72 сильно курчавопері курчата. Як успадковується курчавоперість у курей? Які генотипи всіх особин, які використовувались в схрещуванні? Яке потомство слід чекати від схрещування сильно курчавоперих особин з нормальними?

17. При розведенні горностаєвих курей було отримано 42 курчати. З них 20 - горностаєвих, 12 чорних та 10 чисто білих. Як це можна пояснити? Як успадковується горностаєве забарвлення пір'я?

18. При схрещуванні червоних і сірих різновидностей гольців в F_1 всі особини мали сіре забарвлення, а в F_2 - 214 сіре і 81 - червоне. Як успадковується ознака? Визначіть генотипи вихідних риб і гібридів F_1 . Скільки червоних риб повинно появитися в F_3 серед 350 риб?

19. При схрещуванні жовтолистої рослини з зеленолистою гібридні рослини мають золотисте листя. При самозапиленні гібридів F_1 вищеплюється $\frac{1}{4}$ рослин з зеленими, $\frac{1}{4}$ з жовтими, та $\frac{2}{4}$ з золотистим листям. При схрещуванні гібридів F_1 з зеленолистими рослинами отримано 597 з золотистим та 581 з зеленим листям. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних рослин. Що буде, якщо схрестити гібриди першого покоління з жовтолистими рослинами?

20. Від шлюбу між чоловіком з групою крові АВ і жінкою з групою крові А народилося троє дітей, з групами крові В, АВ та 0. Визначте генотипи батьків і дітей. Чи немає в цьому повідомленні чогось, що

викликало б сумнів?

21. Кров одного з батьків відноситься до групи А, другого - до групи В. Які генотипи батьків, якщо в них є багато дітей з такими групами крові: а) у всіх АВ? б) половина АВ, половина В? в) половина АВ, половина А? г) $\frac{1}{4}$ АВ, $\frac{1}{4}$ А, $\frac{1}{4}$ В, $\frac{1}{4}$ 0?

22. У Володі і його рідного брата Колі очі карі, а у їх сестри Наташі - блакитні. Мама цих дітей блакитноока, її батьки мали карі очі. Як успадковується блакитний і карий колір очей, якщо ознака контролюється одним геном? Який колір очей у батька Володі, Колі, Наташі? Які найбільш ймовірні генотипи всіх членів сім'ї? Дайте аргументовану відповідь.

23. Кароокий чоловік одружився на блакитноокої жінці, у них народилось 8 карооких дітей. Які найбільш імовірні генотипи всіх членів цієї сім'ї, якщо ознака контролюється одним геном.

24. Припускається, що у людини курчаве волосся - домінантна ознака. В сім'ї троє дітей: дівчинка Катя з прямим волоссям і два хлопчика - Саша з прямим волоссям і курчавий Коля. У матері цих дітей і її батька волосся курчаве, у батька дітей волосся пряме. Визначте генотипи всіх членів сім'ї.

Ди- та полігібридне схрещування

Теоретична частина

Схрещування, під час якого батьківські форми відрізняються за двома парами альтернативних ознак, називається **дигібридним** (за трьома – **тригібридним**, за багатьма – **полігібридним**). На основі аналізу даних дигібридного й тригібридного схрещування сформульований **третій закон Менделя** – закон незалежного успадкування або вільного комбінування пар ознак.

Під час схрещування особин, які відрізняються за проявом пари альтернативних ознак, спостерігається незалежне успадкування за умови розташування генів, що детермінують ці ознаки, у негомологічних хромосомах.

Схема оримання покоління F_2 :

P: ♀ AaBb x ♂ AaBb
G: AB, Ab, aB, ab AB, Ab, aB, ab
 F_2 9/16 A_B_ ; 3/16 A_bb; 3/16 aaB_ ; 1/16 aabb.

Цитологічна основа незалежного успадкування неалельних генів – незалежне і рівномірне розходження за гаметами гетерологічних материнських і батьківських хромосом. Кількість можливих комбінацій материнських і батьківських хромосом в ядрах гамет складає 2^n , де n- гаплоїдне число хромосом. Незалежне розходження негомологічних хромосом у мейозі – один із механізмів виникнення комбінаційної мінливості, що має істотне значення для еволюції.

Генотипи покоління F_2 під час дигібридного схрещування можна визначити за допомогою решітки Р. Пеннета

Гамети	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
Ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Загальна формула розщеплення за генотипом у F_2 дигібридного схрещування виглядає так:

$$1AABV + 2AABb + 1AAbb + 2AaBV + 4AaBb + 2AAbb + 1aaBV + 2aaBb + 1aabb$$

З урахуванням домінантності генів А і В можна записати формулу розщеплення за фенотипом, користуючись так званим **фенотиповим індексом**:

$$9A-B- + 3A-bb + 3aaB- + 1aabb.$$

Саме таких співвідношень генотипових і фенотипових класів варто очікувати, якщо розщеплення за дигібридного схрещування являє собою результат накладання двох моногібридних розщеплень. Цей закон справджується й для тригібридного й полігібридного схрещувань. За тригібридного схрещування матимемо накладання трьох моногібридних розщеплень:

а) за фенотипом: $(3A- + 1aa) \times (3B- + 1bb) \times (3C- + 1cc)$;

б) за генотипом: $(1AA + 2Aa + 1aa) \times (1BB + 2Bb + 1bb) \times (1CC + 2Cc + 1cc)$.

Для вирішення задач на ди- та полігібридне схрещування використовують також алгеброїчні формули розщеплення, які представлені в додатку.

Характер розщеплення під час дигібридного схрещування може порушуватись у випадках різної взаємодії між неалельними генами (**комплементарність, епістаз, полімерія**), зчеплення генів, а також унаслідок причин, зазначених для моногібридного схрещування. Відхилення також можуть бути викликані неповним проявом функції генів за даних умов, що пов'язано з неповною пенетрантністю та неповною експресивністю відповідної ознаки. **Пенетрантність** – це доля особин із даною ознакою серед усіх особин, що утримують даний ген. Варіабельне співвідношення фенотипових класів залежно від умов навколишнього середовища або генотипового середовища носить назву варіабельної пенетрантності. **Експресивність** – це інтенсивність (ступінь) прояву досліджуваної ознаки залежно від генотипу та зовнішніх умов. Неповна експресивність може істотно змінити формулу розщеплення за фенотипом. Експресивність і пенетрантність ознаки залежать від генотипу і його особливостей. Істотне значення має так звана доза гена, а також положення гена у хромосомі.

❖ Для розв'язання задач, в яких об'єкти мають дві ознаки, необхідно розглянути характер успадкування кожної ознаки окремо, а потім одночасно обидві. Для вирішення характеру успадкування ознак використовувати зазначений в посібнику алгоритм та інструктивно-методичний матеріал.

Приклади розв'язку задач

Приклад № 1. При схрещуванні рослин ротики з червоними пілоричними (правильними) квітками з рослинами, що мають жовті зигоморфні (неправильні) квіткі, в першому поколінні всі рослини мали рожеві зигоморфні квіткі, а в другому: 39 з червоними зигоморфними; 94 з рожевими зигоморфними; 45 з жовтими зигоморфними; 15 з червоними пілоричними; 28 з рожевими пілоричними; 13 з жовтими пілоричними. Всього – 234. Як успадковуються ознаки? Визначте генотипи вихідних рослин. Яка частина рослин F_2 з червоними зигоморфними квітками буде гомозиготна за цими ознаками?

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: ротики.

Ознака: успадкування забарвлення і форми квіткі.

P черв. пілорич. x жовт. зигоморф.

F_1 - рож. зигоморф.

F_2 : 39 черв. зигоморф.;

94 рожев. зигоморф.;

45 жовт. зигоморф.;

15 черв. пілор.;

28 рожев. пілорич.;

13 жовт. пілорич.

Σ 234

Як успадковуються ознаки? Генотипи вихідних рослин?

Яка частина рослин F_2 з червоними зигоморфними квітками буде гомозиготна за цими ознаками?

Р о з в ' я з о к

1. Аналізуємо успадкування по кожній ознаці. Перша ознака - забарвлення квітків.
2. В F_1 спостерігається₂₄ одноманітність за фенотипом, що

свідчить про гомозиготність вихідних рослин. Проте фенотип - рожеве забарвлення відрізняється від фенотипів батьківських форм і імовірно є результатом проміжного успадкування ознаки. В F_2 отримано розщеплення на три фенотипових класи:

черв.	рожев.	жовт.
39	94	45
<u>15</u>	<u>28</u>	<u>13</u>
Σ 54	122	58

3. Вищезазначене дозволяє припустити моногенний характер успадкування ознаки при взаємодії між алельними генами по типу неповного домінування.

4. Для перевірки H_0 визначаємо величину одного можливого поєднання гамет в розщепленні: $234:4=58,5$. Розщеплення в досліді: $54:58,5=0,9$; $122:58,5=2,1$; $58:58,5=1$, тобто приблизно 1:2:1. Перевірка H_0 про моногенне розщеплення з неповним домінуванням у співвідношенні 1:2:1 по методу χ^2 гіпотезу не заперечує.

5. Вводимо умовні позначення: А – червоне забарвлення, а – жовте забарвлення.

6. Генотипи вихідних рослин: АА – з червоними, аа – з жовтими квітками.

7. Аналізуємо другу ознаку – форма квітки. В F_1 одноманітність, що свідчить про гомозиготність вихідних рослин. В F_2 розщеплення на два фенотипових класи, які подібні на вихідні батьківські форми:

зигоморф.	пілорич.
39	15
94	28
<u>45</u>	<u>13</u>
Σ 178	56

Оскільки в F_2 утворилось два фенотипових класи з переважанням зигоморфних над пілоричними, допускаємо моногенне розщеплення. Визначаємо величину одного можливого поєднання гамет в розщепленні, яке дорівнює 58,5. Розщеплення в досліді - $178:58,5=3$; $56:58,5=0,9$, тобто приблизно 3:1. Перевірка H_0 про моногенне розщеплення у співвідношенні 3:1 по методу χ^2 гіпотезу не заперечує.

9. Вводимо позначення алелей: В - зигоморф., в - пілорич., генотипи вихідних рослин: ВВ з зигоморф. квітками, вв з пілоричн.

10. Аналіз успадкування двох ознак. H_0 : ознаки успадковуються незалежно. В цьому випадку по теорії імовірності розщеплення по обох ознаках повинно бути:

$(1AA:2Aa:1aa) \times (3B:1b) = 3AAB:6AaB:3aaB:1AAb:2Aab:1aab.$

Визначаємо величину одного можливого поєднання гамет в розщепленні - $234:16=16,6$. Розщеплення в досліді - $39:16=2,3$; $94:16,6=5,7$; $45:16=2,7$; $15:16=0,9$; $28:16=1,7$; $13:16=0,8$, тобто приблизно $3:6:3:1:2:1$. Перевірка H_0 незалежного успадкування ознак по χ^2 її не заперечує. Отже ознаки успадковуються незалежно.

11. В F_2 39 рослин мають червоні зигоморфні квітки, причому $\frac{1}{16}$ мають генотип $AABV$ і $\frac{2}{16} - AABv$. Отже, лише $\frac{1}{3}$ з них гомозиготна по обох домінантних алелях.

Висновки:

1. Забарвлення квітів контролюється однією парою алелей з неповним домінуванням.
2. Форма квітки контролюється однією парою алелей з повним домінуванням зигоморфною над пілоричною.
3. Ознаки забарвлення і форми квітки успадковуються незалежно.
4. Генотипи вихідних рослин: червона пілорична $AAbb$, жовта загоморфна $aaBV$.
5. Серед 39 рослин з червоними зигоморфними квітами $\frac{1}{3}$ гомозиготна по обох домінантних алелях.

Приклад № 2. Допускають, що у людини карий колір очей домінує над блакитним, праворукість - над ліворукістю. Блакитноокий правша одружився на кароокій правші. У них народилося двоє дітей - кароокий лівша і блакитноокий правша. Від другого одруження цього чоловіка з іншою карокою правшою народилося 9 дітей, всі правші. Які найбільш імовірні генотипи всіх трьох батьків? Визначте імовірність гетерозиготності другої жінки.

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: Людина.

Ознаки: Успадкування забарвлення очей і праворукості.

1. $P \text{ } \text{♀}$ кароок. правша \times ♂ блакитноок. правша

F_1 блакитноок. правша, кароок. лівша.

2. $P \text{ } \text{♀}$ кароок. правша \times ♂ блакитноок. правша

F_1 9 карок. Правша

Генотипи всіх трьох батьків?

Імовірність гетерозиготності другої жінки.

Розв'язок

1. За умовами задачі А - карі очі, а - блакитні очі, В - праворукість, в - ліворукість. Отже, в генотипі чоловіка $aaV-$, в генотипі обох жінок $A-V-$.
2. Прояв рецесивних ознак у дітей першої жінки свідчить про її гетерозиготність по обох генах і про гетерозиготність чоловіка по гену В, тобто генотип першої жінки $AaVb$, генотип чоловіка $aaVb$.
3. Оскільки всі 9 дітей другої жінки були карокими і праворукими, імовірно, що вона гомозиготна за обома генами, тобто її генотип $AABV$.
4. Визначення імовірності гетерозиготності другої жінки: якщо вона гетерозиготна по гену А, то у шлюбі з блакитнооком чоловіком (aa) з імовірністю $\frac{1}{2}$ у неї повинні народжуватися блакитноокі діти. Народження дітей і розподіл генів - події незалежні, отже, імовірність народження підряд 9 карооких дітей в цьому шлюбі дорівнює $(\frac{1}{2})^9 = 0,002$. Якщо жінка гетерозиготна по гену В, то у шлюбі з гетерозиготним чоловіком $\frac{3}{4}$ дітей повинні бути праворукими, тобто, імовірність народження підряд 9 праворуких дітей - $(\frac{3}{4})^9 = 0,08$.

Висновки: генотип чоловіка $aaVb$, генотип жінки $AaVb$, гетерозиготність другої жінки практично виключена.

Приклад №3. Відомо, що рослина має генотип $AaVbCC$. Гени успадковуються незалежно. Скільки типів гамет утворює ця рослина? Скільки фенотипів і в якому співвідношенні може бути отримано у нащадків цієї рослини при самозапиленні і повному домінуванні по всім парам алелей? Скільки генотипів і в якому співвідношенні буде у нащадків цієї рослини при самозапиленні? Скільки фенотипів може бути отримано при самозапиленні цієї рослини та неповному домінуванні по гену А?

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: Рослина

$P \text{ ♀ } AaVbCC \quad \times \quad \text{♂ } AaVbCC$

гени успадковуються незалежно

Кількість типів гамет? Кількість фенотипів та генотипів F_1 і їх співвідношення при повному домінуванні алелей?
Кількість фенотипів F_1 і їх співвідношення при неповному домінуванні по гену А?

Розв'язок

1. Для відповіді на запитання використаємо формули характеристики полі гібридного схрещування, які наведені у додатку. За умовою задачі рослина характеризується трьома ознаками, але представлений генотип рослини є дигетерозиготою, оскільки ген С знаходиться у гомозиготному стані й не буде урізноманітнювати сорти гамет. Отже, необхідно використовувати формули для дигібридного схрещування.

2. Кількість гамет, які утворюватиме рослина підраховуємо за формулою $2^2 = 4$

3. Відповідно кількість фенотипів при повному домінуванні алелей складатиме $2^2 = 4$, а їх співвідношення - $(3:1)^2 = 9A-B-CC:3A-ввCC:3aaB-CC:1aаввCC$. Кількість генотипів - $3^2 = 9$, а їх співвідношення - $(1:2:1)^2 = 1:2:1:2:4:2:1:2:1$.

4. Для підрахування кількості фенотипів та їх співвідношення використаємо алгеброїчні формули розщеплення, які представлені в додатку. Розщеплення за фенотипом при неповному домінуванні гена А буде $1AA:2Aa:1aa$, а гена В - $3B-:1вв$. Отже загальне розщеплення за фенотипом при неповному домінуванні гена А буде: $(1AA:2Aa:1aa) \times (3B-:1вв) = 3AAB-CC:1AAввCC:6AaB-CC:2Aaвв-CC:3aaB-CC:1aаввCC$, а кількість фенотипових класів дорівнюватиме 6.

Висновки: Кількість гамет, які утворюватиме рослина - 4; кількість фенотипів при повному домінуванні алелей - 4, їх співвідношення - $9A-B-CC:3A-ввCC:3aaB-CC:1aаввCC$; кількість генотипів - 9, їх співвідношення - $1:2:1:2:4:2:1:2:1$. Розщеплення за фенотипом при неповному домінуванні гена А - $3AAB-CC:1AAввCC:6AaB-CC:2Aaвв-CC:3aaB-CC:1aаввCC$, кількість фенотипових класів - 6.

Задачі для самостійного розв'язку

1. При схрещуванні рослин жита з восковим нальотом з рослинами без воскового нальоту в F_2 отримали розщеплення $\frac{3}{4}$ рослин з восковим нальотом, $\frac{1}{4}$ без воскового нальоту. Аналогічно, в F_2 від схрещування рослин з нормальним і гофрованим листям $\frac{3}{4}$ рослин мають нормальне і $\frac{1}{4}$ рослин гофроване листя. Ознаки успадковуються незалежно. Як успадковується кожна з ознак? Яке розщеплення слід очікувати серед 288 рослин, якщо схрестили гомозиготні рослини без воскового нальоту з нормальним листям з рослинами з гофрованим листям з восковим нальотом.

2. При схрещуванні рослин флокса з білими воронковидними квітами з рослинами, які мають кремові плосковидні квіти, отримано нащадків: $\frac{1}{4}$ з білими плосковидними, $\frac{1}{4}$ з білими лійкоподібними, $\frac{1}{4}$ з кремовими плосковидними і $\frac{1}{4}$ з кремовими лійкоподібними квітами. Визначити генотипи вихідних рослин. Чи є серед нащадків гомозиготні за даними ознаками рослини? (біле забарвлення квітів домінує над кремовим, плосковидна форма квітів над лійкоподібною).

3. Від схрещування рослин гарбуза з білими шаровидними плодами отримано 11 рослин з жовтими шаровидними і 36 з білими шаровидними плодами. Визначте генотипи вихідних рослин (біле забарвлення плодів домінує над жовтим, дисковидна форма плода - над шаровидною).

4. Відомо, що рослина має генотип АаВв. Гени успадковуються незалежно, при повному домінуванні кожної пари алелей. Скільки типів гамет утворює ця рослина? Скільки фенотипів і в якому співвідношенні може бути отримано у нащадків цієї рослини при схрещуванні цієї рослини з рослиною, що має генотип АаВВ? Скільки генотипів і в якому співвідношенні буде у нащадків цієї рослини при самозапиленні? Яка частина нащадків від самозапилення цієї рослини буде гомозиготною за обома генами?

5. Відомо, що рослина має генотип АаВвсс. Гени успадковуються незалежно. Скільки типів гамет утворює ця рослина? Скільки фенотипів і в якому співвідношенні може бути отримано у нащадків цієї рослини при самозапиленні і повному домінуванні по всім парам

алелей? Скільки генотипів і в якому співвідношенні буде у нащадків цієї рослини при схрещуванні цієї рослини з рослиною з генотипом АаввСс?

6. Блакитноокий правша, батько якого був лівшею одружився з карокою лівшею з родини, всі члени якої протягом декількох поколінь мали карі очі. Яких нащадків і з якою ймовірністю у відношенні цих двох ознак слід очікувати від цього шлюбу? Вважається, що у людини карий колір очей домінує над блакитним і праворукість над ліворукістю.

7. Півня з опереними ногами і гороховидним гребенем схрестили з голоногою куркою, яка має гороховидний гребінь. Отримано курчат з опереними ногами, більшість особин яких мають гороховидний гребінь, але зустрічається серед них і деяка кількість птахів з простим гребенем. Які генотипи батьків? Яких нащадків дала б курка при схрещуванні її з одним з її нащадків, що мають оперені ноги і простий гребінь? У курей опереність ніг домінує над голоногістю, гороховидний гребінь - над простим.

8. Жінка з групою крові Ш, яка не здатна розрізняти смак фенілтиокарбаміда (ФТК), має трьох дітей: одна з групою крові І розрізняє смак ФТК; одна з групою крові II розрізняє смак ФТК; одна з групою крові IV не розрізняє смак ФТК. Нездатність розрізняти ФТК - рецесивна ознака. Що ви можете сказати про генотип матері та батька цих дітей?

9. Відомо, що рослина має генотип АаВвСс. Гени успадковуються незалежно. Скільки типів гамет утворює ця рослина? Скільки фенотипів і в якому співвідношенні може бути отримано у нащадків цієї рослини при самозапиленні і повному домінуванні по всім парам алелей? Скільки генотипів і в якому співвідношенні буде у нащадків цієї рослини при самозапиленні? Скільки фенотипів може бути отримано при самозапиленні цієї рослини при неповному домінуванні по гену В?

10.* Схрестивши трьох блакитних андалузських кур, що мають розовидний гребінь, з півнем з тими ж ознаками, у F₁ від двох курей отримали розщеплення: 69 блакитних з розовидним гребнем, 32 чорних

з розовидним гребнем, 10 чорних з простим гребенем, 24 блакитних з простим гребенем, 36 білих з розовидним гребенем, 11 білих з простим гребенем. У нащадків, що отримані від третьої курки, всі курчата мали розовидний гребінь, при цьому $\frac{1}{4}$ з них були чорні, $\frac{1}{4}$ - білі і $\frac{1}{2}$ з блакитним пір'ям. Поясніть результати, визначте генотипи вихідних курей та півня. Що буде отримано, якщо схрестити вихідних батьків з особинами, які мають чорнезабарвлення і простий гребінь? Біле забарвлення і простий гребінь?

11. Високу рослину духмяного горошку з зеленим круглим насінням схрестили з високою рослиною з жовтим круглим насінням. Отримано 26 рослин високих з зеленим круглим насінням, 10 - високих з зеленим зморшкуватим насінням, 9 - карликових з зеленим круглим насінням і 3 - карликових з зеленим зморщеним насінням. Поясніть розщеплення, визначте генотип вихідних рослин.

12. У томатів пурпурове забарвлення стебла домінує над зеленим, розсічене листя над цілюкраїми. Ознаки успадковуються незалежно. Визначте які найбільш імовірні генотипи вихідних рослин, якщо при схрещуванні рослин, що мають пурпурове стебло і розсічені листки з рослинами, що мають зелене стебло і розсічені листки в F_1 отримали 321 з рослину з пурпуровим стеблом і розсіченими листками, 101 рослину з пурпуровим стеблом і цілюкраїми листками, 310 рослин з зеленим стеблом і розсіченими листками та 107 з зеленим стеблом і цілюкраїми листками.

13. У томатів пурпурове забарвлення стебла домінує над зеленим, розсічене листя над цілюкраїми. Ознаки успадковуються незалежно. Визначте які найбільш імовірні генотипи вихідних рослин, якщо при схрещуванні рослин, що мають пурпурове стебло і розсічені листки з рослинами, що мають зелене стебло і розсічені листки в F_1 отримали 722 з рослини з пурпуровим стеблом і розсіченими листками і 231 рослину з пурпуровим стеблом і цілюкраїми листками.

14. Відомо два сорти томатів: один з червоними двогніздними плодами і карликовим ростом, інший з жовтими багатогніздовими плодами і високим ростом. Якщо схрещувати сорти та проводити селекцію на виведення сорту з червоними багатогніздовими плодами і високим ростом, то яка частина F_2 від цього схрещування буде мати

потрібний фенотип? Яка частина з них буде гомозиготна по трьох ознаках. Як визначити які з рослин за ознаками гомозиготні? У томатів червоний колір плодів домінує над жовтим, двогніздність над багатогніздністю, високе стебло над карликовим. Ознаки успадковуються незалежно.

15. Від схрещування рослин флокса з білими ліycopодібними квітами з рослинами, що мають кремові блюдцеподібні квіти, отримали 96 рослин з білими блюдцеподібними квітами. Визначте генотипи вихідних рослин, якщо відомо, що кожна із ознак успадковується по моногенному типу і ознаки успадковуються незалежно. Які ознаки домінантні? Яке розщеплення по фенотипу і генотипу Ви очікуєте отримати в F_2 від цього схрещування?

16. Від схрещування рослин дурману з пурпуровими квітами і гладкими коробочками з рослинами, що мають білі квіти і колючі коробочки, було отримано 320 рослин з пурпуровими квітами і колючими коробочками і 312 - з пурпуровими квітами і гладкими коробочками. Визначте генотипи вихідних рослин. Які будуть генотипи і фенотипи нащадків, отриманих від схрещування нащадків F_1 з різними генотипами? У дурману пурпурове забарвлення квітів домінує над білим, колючі насінні коробочки над гладкими.

17. У вівса нормальний ріст домінує над гігантизмом, ранньостиглість - над пізньостиглістю. Ознаки успадковуються незалежно. Схрещуються ранньостигла рослина з нормальним ростом з пізньостиглим гігантом. Вихідні рослини гомозиготи. В якому поколінні і з якою вірогідністю появляться ранньостиглі гіганти?

18. Від схрещування рослин жита з нормальним колосом і червоними вушками на листках з рослинами, що мають гіллястий колос і білі вушка, були отримані гібриди з нормальним колосом і червоними вушками. В другому поколінні пройшло розщеплення: 128 рослин мали нормальний колос і червоні вушка, 35 - нормальний колос і білі вушка, 43 - гіллястий колос і червоні вушка і 12 - гіллястий колос і білі вушка. Визначте, як успадковуються ознаки і які генотипи вихідних рослин і гібридів F_1 . Яка частина рослин F_2 з гіллястим колосом і червоними вушками гомозиготна?

19. При схрещуванні рослин пшениці, що мають щільний остистий колос, з рослинами з пухким безостим колосом в першому поколінні всі рослини мали безостий колос середньої щільності. В другому поколінні було отримано: 58 безостих з щільним колосом, 125 безостих з колосом середньої щільності, 62 безостих з пухким колосом, 18 остистих з щільним колосом, 40 остистих з колосом середньої щільності і 21 остистих з пухким колосом. Як успадковуються ознаки? Які генотипи вихідних форм і гібридів F_1 ? Яка частина рослин в F_2 буде мати остистий пухких колос?

20. В F_1 від схрещування червоноколосих безостих рослин пшениці з білоостими всі рослини виявилися червоноколосими безостими, а в F_2 пройшло розщеплення: 159 червоноколосих безостих, 48 червоноколосих остистих, 57 білоколосих безостих, 16 білоколосих остистих. Як успадковуються ознаки? Визначте генотипи вихідних рослин. Яка частина рослин F_2 буде гетерозиготна по обох ознаках? Яке розщеплення Ви очікуєте отримати в аналізуючому схрещуванні і яку форму слід використати в якості аналізатора?

21. Схрестили особин двох ліній дрозофіли з нормальними крилами. Одні мали коричневі очі, а інші – червоні. Серед нащадків виявили: 51 особину з нормальними крилами і червоними очима; 53 – з нормальними крилами та коричневими очима; 18 – з зачатковими крилами та коричневими очима; 16 – з зачатковими крилами та червоними очима. Які генотипи батьків та нащадків? Як успадковуються зазначені ознаки у дрозофіли?

22. * Забарвлене пір'я в качок домінує над білим. Ген, який визначає наявність чубка на голові (D) у гомозиготному стані спричиняє загибель ембріонів. На фермі всі качки та селезні мають чубчик на голові та кольорове забарвлення. В інкубатор закладено 2400 яєць. Який генотип за ознаками буде у нащадків? Яка частина каченят не вилупиться з яєць? Яка частина каченят матиме чубок і якого вони будуть кольору?

Дигенне успадкування. Взаємодія неалельних генів

Теоретична частина

У попередніх темах розглядалось успадкування ознак, кожна з яких зумовлена одним геном. Таке успадкування має назву *моногенне*. Відомо багато випадків, коли ознаки або властивості зумовлюються двома (більшою кількістю) неалельними генами, які взаємодіють один з одним (*ди* або *полігенне успадкування*). До основних типів взаємодії неалельних генів належать: *комплементарність, епістаз, полімерія, вплив генів-модифікаторів і плейотропність*.

Комплементарність – взаємно доповнюючий вплив двох неалельних генів, унаслідок чого домінантні алелі цих генів зумовлюють нормальний (дикий) фенотип. Якщо ж до нового фенотипового прояву в F_2 призводить сумісна взаємодія двох рецесивних алелів цих генів, то таке явище називають *новоутворенням*. У F_2 , за комплементарної взаємодії генів, спостерігаються відхилення від менделівських закономірностей розщеплення за фенотипом, співвідношення між якими може складати: **9:3:3:1** (домінантні гени мають фенотипів прояв), **9:7** (домінантні гени не мають фенотипового прояву), **9:6:1** (домінантні гени мають однаковий фенотипів прояв), **9:3:4** (один з домінантних генів має, а інший не має фенотипового прояву). Це пов'язано з фенотиповим проявом кожного з пари неалельних генів.

Епістаз – взаємодія неалельних генів, за якої один ген пригнічує дію іншого неалельного гена. Пригнічуючу дію можуть викликати як домінантні, так і рецесивні гени ($A>B$, $a>B$, $B>A$, $b>A$), залежно від цього епістаз поділяють на домінантний і рецесивний. Явище, коли $bb>A$ і $bb>a$, називають *криптомерією*, або *рецесивним епістазом*. Подвійним рецесивним епістазом вважається випадок, коли $aa >B$, а $bb>A$. Розщеплення за фенотипами в поколінні F_2 , за епістатичної взаємодії, може бути: **13:3, 12:3:1**.

Полімерія – це явище, коли одна й та ж ознака залежить від двох і більше пар неалельних генів. Характерна для генів, що кодують кількісні та деякі якісні ознаки. Такі полімерні гени прийнято позначати однією латинською літерою та вказувати номери різних генів: A_1, A_2, A_3 і т.д. Розрізняють *кумулятивну* (прояв ознаки підсилюється кожним домінантним геном) і *некумулятивну* (неалельні пари генів діють однозначно). У випадку некумулятивної полімерії розщеплення за

фенотипами в поколінні F_2 складає **15:1**, а за кумулятивної полімерії інтенсивність прояву ознаки й, відповідно, кількість фенотипових класів залежить від кількості домінантних генів.

Вплив *генів-модифікаторів*. До модифікаторів належать гени, що можуть не мати власного фенотипового прояву, але модифікують (змінюють) експресивність і пенетрантність досліджуваної ознаки. Усі гени-модифікатори можна поділити на *гени-інтенсифікатори* та *гени-супресори*. Перші стимулюють функцію основних генів, а другі – пригнічують. Один із проявів модифікуючого впливу одних генів на інші – так звана супресія. Супресійні гени пригнічують експресію інших генів.

❖ Необхідно пам'ятати особливості методичних підходів при вирішенні задач на дигенне успадкування. Наприклад, об'єкт може мати одну або дві ознаки. При цьому одна з ознак може успадковуватись за моногенним, а інша за дигенним контролем. Рекомендується розглядати характер успадкування кожної ознаки окремо, а потім одночасно обидві. Для вирішення характеру успадкування ознак використовувати зазначений в посібнику алгоритм та інструктивно-методичний матеріал.

Приклади розв'язку задач

Приклад № 1. При схрещуванні гарбузів з білими плодами в F_1 отримали 67 рослин з білими, 19 з жовтими і 6 з зеленими плодами. Поясніть результати, визначте генотипи вихідних рослин. Що можна отримати, якщо схрестити вихідні рослини з зеленоплідними з F_1 ?

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: гарбуз

Ознака: забарвлення плодів

P біл. x біл.

F_1 67 біл.

19 жовт.

6 зел.

Σ 92

Як успадковується ознака? Генотипи вихідних рослин? Результати схрещування вихідних рослин із зеленоплідними з F_1 ?

Розв'язок

1. Оскільки в F_1 розщеплення - вихідні рослини гетерозиготні.
2. Розщеплення на три фенотипових класи не відповідає розщепленню при моногенному успадкуванні, оскільки єдиний варіант при цьому 1:2:1. Припускаємо дигенне успадкування.
3. Знаходимо величину однієї можливої комбінації гамет в розщепленні - $92:16=5,75$. Розщеплення в досліді - $67:5,75=11,6$; $19:5,75=3,3$; $6:5,75=1$, тобто приблизно 12:3:1. Перевірка H_0 про дигенне успадкування 12:3:1 по χ^2 її не заперечує. Отже, забарвлення визначається взаємодією двох генів по типу домінантного епістазу, коли кожен неепістатичний генів має свій фенотипів прояв.
4. Введем умовне позначення: I – епістатичний ген, який подавляє будь-яке забарвлення, в його присутності плоди білі; i – відсутність епістазу; B - жовте забарвлення; b - зелене забарвлення. Оба типи забарвлення проявляються лише в присутності алеля a - aaB- - жовте, aabb - зелене.
5. Оскільки вихідні рослини мали білі плоди, в їх генотипі є алель I. Поява у нащадків жовтих плодів свідчить про наявність у вихідних рослин алеля B, поява зелених плодів вказує на гетерозиготність вихідних рослин по обох генах, отже, генотип вихідних рослин IiBb.
6. Характер розщеплення свідчить про незалежне успадкування генів A і B.
7. Схрещування вихідних рослин IiBb з зеленоплідними - aabb - є аналізуючим. В $F_{ан}$ можливе утворення чотирьох генотипів з однаковою імовірністю: IiBb, Iibb, iiBb, iibb. Особини з генотипами IiBb і Iibb будуть мати білі плоди, розщеплення в $F_{ан}$ 2 біл.:1 жовт.:1 зел.

Висновки:

1. Забарвлення плодів у гарбуза контролюється двома генами, які взаємодіють по типу домінантного епістазу з розщепленням 12:3:1, гени успадковуються незалежно.
2. Генотип вихідних рослин IiBb.
3. При схрещуванні вихідних рослин з зеленоплідними з F_1 відбудеться розщеплення - 2 біл.:1 жовт.:1 зел.

Приклад № 2. При схрещуванні курей з горохоподібним гребенем з півнями з трояндоподібним гребенем, в F_1 всі курчата мали горохоподібний гребінь, а в F_2 відбулося розщеплення: 279 курчат з

горіхоподібним, 118 з горохоподібним, 103 з трояндоподібним і 35 з простим. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних птахів і гібридів F_1 . Що можна отримати, якщо схрестити вихідних півнів з трояндоподібним гребенем і курей з простим гребенем з F_2 ?

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: Кури

Ознака: успадкування форми гребеня.

P ♀ горохоподіб. гр. x ♂ трояндопод. гр.

F_1 трояндопод. гр.

F_2 279 горіхопод.

118 горохопод.

103 трояндопод.

35 простий

$\Sigma 535$

Як успадковується ознака? Визначте генотипи P і F_1 . Результати схрещування вихідних півнів з трояндоподібним гребенем і курей з простим гребенем з F_2 ?

Р о з в ' я з о к

1. В F_1 одноманітність і новий прояв ознаки - P очевидно гомозиготні, ознака контролюється, імовірно, не однією парою алелей.

2. В F_2 розщеплення не моногенного типу - 4 фенотипових класи. Допускаємо дигенне успадкування. Визначаємо величину одного можливого поєднання гамет в розщепленні - $535:16=33,4$. Розщеплення в досліді - $279:33,4=8,4$; $118:33,4=3,5$; $103:33,4=3,0$; $35:33,4=1,0$, тобто приблизно 9:3:3:1. Перевірка по χ^2 гіпотези про дигенне успадкування з розщепленням 9:3:3:1 її не заперечує. Отже, ознака визначається комплементарною взаємодією двох генів: A-B- - горіхоподібний гребінь. A-bb - горохоподібний. aaB- - трояндоподібний і aabb - простий. Характер розщеплення свідчить про незалежне успадкування генів A і B.

3. Генотипи P: горохоподібний AAbb, трояндоподібний - aaBB, генотип гібридів F_1 - AaBb.

4. Запишемо схрещування вихідних півнів з трояндоподібним гребенем і курей з простим гребенем з F_2 ?

P ♀ aabb x ♂ aaBB

G ab aB

F₁ aaBb - трояндоподібний

При схрещуванні ♂ з генотипом aaBB (трояндоподібний гребінь), з ♀ з генотипом aabb (простий гребінь) всі особини будуть мати трояндоподібний гребінь.

Висновки:

1. Форма гребеня у курей контролюється двома ознаками, які успадковуються незалежно, взаємодіють по типу комплементарності з розщепленням 9:3:3:1. Генотип півнів aaBB, курей AAbb, генотип гібридів AaBb.
2. При схрещуванні вихідних півнів з трояндоподібним гребнем з курками з F₂ з простим гребенем всі курчата будуть мати трояндоподібний гребінь (aaBb).

Приклад № 3. Схрещуються дві рослини духмяного горошку – з білими пазушними і білими верхівковими квітами. В F₁ всі рослини з пурпуровими пазушними квітами, в F₂ розщеплення: 145 рослин з пурпуровими пазушними квітами, 140 з пурпуровими верхівковими, 350 з білими пазушними і 95 з білими верхівковими. Як успадковуються ознаки? Визначте генотипи вихідних рослин і гібридів F₁.

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: духмянний горошок.

Ознака Успадкування ознаки і розміщення квітів.

P біл. паз. x біл. верх.

F₁ пур. паз.

F₂ 415 пурпур. паз.

140 пурпур. верх.

350 біл. паз.

95 біл. верх.

1000

Як успадковуються ознаки?

Генотипи вихідних рослин і гібридів F₁.

Р о з в ' я з о к

1. Аналізуємо успадкування по кожній ознаці. Перша ознака - забарвлення квітів.

2. За цією ознакою F_1 одноманітні із появою фенотипу, відмінного від батьківських. Очевидно, вихідні рослини або однакові за генотипом, або гомозиготні. В F_2 розщеплення: пурпур. біл.

415	350
<u>140</u>	<u>95</u>
555	445

3. Розщеплення не моногенного типу (не 3:1). Допускаємо дигенне успадкування.

4. Знаходимо величину одного можливого поєднання гамет в розщепленні – $1000:16=62,5$. Визначаємо розщеплення в досліді: $555:62,5=8,9$; $445:62,5=7,1$, тобто приблизно 9:7. Перевірка H_0 по χ^2 її не заперечує. Отже, ознака контролюється двома генами, які взаємодіють по типу комплементарності: пурпурове - результат взаємодії домінантних алелей двох генів – А- пропігмент і В – активний фермент, що розщеплює пропігмент і зумовлює появу забарвлення. Отже кожен з домінантних генів окремо не дає забарвлення.

5. Введемо умовні позначення: А- пропігмент, а – відсутність пропігменту; В – активний фермент, що розщеплює пропігмент і зумовлює появу забарвлення, в – неактивний фермент. Генотипи вихідних рослин: ААbb і aaBB, так як обі рослини мають білі квіти, а в F_1 квіти пурпурові, генотип гібридів F_1 AaBb. Однак, з досліді не можна точно визначити, який з батьків має генотип ААbb, а який aaBB.

6. Розглянемо успадкування другої ознаки - розміщення квітів. В F_1 одноманітність з фенотипом однієї з батьківських форм. Отже, вихідні рослини гомозиготні. В F_2 розщеплення:

пазуш.	верх.
415	140
<u>350</u>	<u>95</u>
765	235

Оскільки розщеплення на два фенотипових класи з успадкуванням батьківських ознак і переважанням приблизно в 3 рази пазушного розміщення над верхівковим, допускаємо моногенне успадкування.

7. Знаходимо величину одного можливого поєднання гамет в розщепленні: $1000:4=250$. Розщеплення в досліді - $765:250=3,1$; $235:250=0,9$, тобто приблизно 3:1. Отже ознака успадковується моногенно, а взаємодія між генами – повне домінування пазушного розташування квітки над верхівковим. Перевірка гіпотези про моногенне розщеплення у співвідношенні 3:1 по χ^2 її не

заперечує.

8. Вводимо позначення алелей: С - пазушн., с - верх., генотипи вихідних рослин СС - пазушн., сс - верх. Гібриди F₁ - Сс.

9. Аналізуємо розщеплення за двома ознаками. Н₀: ознаки успадковуються незалежно, оскільки в поколінні F₂ спостерігається комбінування ознак. Згідно теорії імовірності повинно бути наступне розщеплення: (3 паз.:1 верх.) x (9пурпур.:7біл.) = 27 пурпур.паз.:21 біл.паз.:9 пурпур.верх.:7 біл.верх. Знаходимо величину одного можливого поєднання гамет в розщепленні - 1000:64=15,6. Розщеплення в досліді - 415:15,6=26,6; 140:15=8,9; 350:15,6=22,4; 95:15,6=6,1, тобто приблизно 27:9:21:7. Перевірка гіпотези по χ^2 її не заперечує.

Висновки:

1. Забарвлення квітів контролюється двома генами, що незалежно успадковуються і взаємодіють по типу комплементарності з розщепленням 9 пурпур.:7біл.

2. Розміщення квітів на стеблі контролюється одним геном з домінуванням пазушного розміщення над верхівковим.

3. Ознаки успадковуються незалежно, гени не зчеплені.

4. Генотипи вихідних рослин: біл.пазуш. AabbCC або aaBBCC, біл.верх. - aaBBcc або AAbbcc, генотип гібридів F₁ - AaBbCc.

Приклад №4 Висота рослини сорго, гомозиготної по рецесивним алелям трьох генів карликовості, дорівнює 30 см. Висота рослини, гомозиготної по домінантним алелям цих трьох генів дорівнює 210 см. Припустимо, що різниця у висоті стебла контролюється в рівній мірі всіма трьома генами, при чому їх дія носить кумулятивний характер. Рослину генотипу A₁A₁a₂a₂A₃A₃ схрещували з рослиною a₁a₁a₂a₂a₃a₃. Яка висота стебла у кожної з батьківських форм? Яка очікувана висота рослин F₁? Вкажіть очікувані межі мінливості висоти рослин у F₂ і очікувану частоту рослин для кожного класу висоти. Яка середня висота рослин F₂?

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: сорго.

Ознака: висота рослини.

висота a₁a₁a₂a₂a₃a₃ – 30.

висота A₁A₁A₂A₂A₃A₃ – 210.

взаємодія між генами – кумулятивна полімерія

$P \ A_1A_1a_2a_2A_3A_3 \times \ a_1a_1a_2a_2a_3a_3$

Яка висота P , F_1 ? Межі, середня висота, частота для кожного класу висоти F_2 ?

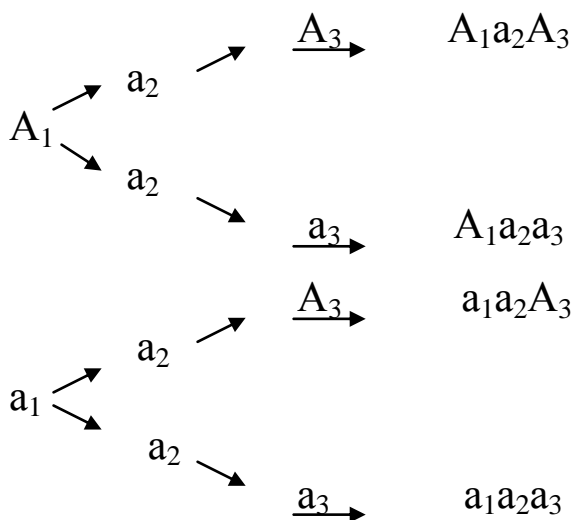
Розв'язок

1. З умови задачі випливає, що висота стебла успадковується за типом кумулятивної полімерії. Знайдемо висоту, яка контролюється одним доміантним геном. Різниця у висоті стебла гомозиготних форм становить: $210\text{см} - 30\text{см} = 180\text{см}$. Така висота контролюється шістьма доміантними генами. Один доміантний ген визначає $180:6 = 30\text{см}$.

2. Визначимо висоту батьківських форм: $\text{♀ } A_1A_1a_2a_2A_3A_3 = 30\text{см} + (4 \times 30) = 150\text{см}$, $\text{♂ } a_1a_1a_2a_2a_3a_3 = 30\text{см}$.

3. Запишемо генотип $F_1 - A_1a_1a_2a_2A_3a_3$ і визначимо висоту: $30\text{см} + (2 \times 30) = 90\text{см}$.

4. Визначимо всі показники для F_2 . Для цього запишемо типи гамет, які утворюють гібриди F_1 за допомогою дихотомічної схеми. Гібриди F_1 є дигетерозиготами, отже утворюють $2^2 = 4$ типи гамет.



Зі схеми видно, що кожен гібрид $A_1a_1a_2a_2A_3a_3$ утворює $\frac{1}{4}$ гамет з двома доміантними генами та $\frac{2}{4}$ гамет з одним доміантним геном, а також $\frac{1}{4}$ гамет з трьома рецесивними генами. Отже кількість частин потомства з чотирма доміантними генами становить $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$, з трьома доміантними генами – $(\frac{1}{4} \times \frac{2}{4}) \times 2 = \frac{4}{16}$, з двома доміантними генами – $(\frac{2}{4} \times \frac{2}{4}) + (\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}) = \frac{6}{16}$, з одним доміантним геном – $(\frac{2}{4} \times \frac{1}{4}) \times 2 = \frac{4}{16}$, без доміантних генів – $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

4. Зі схеми видно, що в поколінні F_2 є генотипи з чотирма доміантними алелями, висота яких складає $30\text{см} + (4 \times 30) = 150\text{см}$ і гомозиготний рецесив, висота якого складає 30см . Отже, межі коливання ознаки в другому поколінні від 30 до 150см .

Середня висота буде характерна для особин, у генотипі яких є два домінують гена, і складає $30\text{см} + (2 \times 30) = 90\text{ см}$.

Висновок:

1. Висота батьківських форм: ♀ $A_1A_1a_2a_2A_3A_3 = 150\text{ см}$, ♂ $a_1a_1a_2a_2a_3a_3 = 30\text{ см}$.

Висота $F_1 - A_1a_1a_2a_2A_3a_3 = 90\text{см}$.

2. Межі коливання ознаки в F_2 від 30 до 150 см. Середня висота = 90 см.

Задачі для самостійного розв'язування

1. При схрещуванні кукурудзи з білими зморшкуватими зернинами з рослиною, яка має пурпурні гладкі, у F_2 виникло розщеплення: 808 - білих гладких, 249 - білих зморшкуватих, 202 - білих зморшкуватих, 202 - пурпурних гладких, 50 - пурпурних зморшкуватих. В аналізуючому схрещуванні отримали: 135 білих гладких, 150 - білих зморшкуватих, 40 - пурпурних гладких, 52 - пурпурних зморшкуватих. Як успадковуються ці ознаки? Які генотипи батьків F_1 і рослини-аналізатора?

2. При схрещуванні рослин цибулі з жовтими цибулинами (N1) з двома рослинами, які мали білі цибулини (N2, N3) були отримані наступні результати: від схрещування рослин N1 та N2 у F_1 всі рослини були з жовтими, а у F_2 - 54 з жовтими та 15 з білими цибулинами. Від схрещування рослин N1 та N3 всі рослини - з червоними, а у F_2 - 71 з жовтими, 89 - з білими, 195 - з червоними цибулинами. Поясніть результати, визначте генотипи вихідних рослин.

3. Схрещували дві форми гороху - з рожевими та білими квітами, в F_1 отримали рослини з пурпурними квітами, а в F_2 - 87 рослин з пурпурними, 36 - з білими та 29 з рожевими квітами. Поясніть результати схрещування та визначте генотипи вихідних рослин. Що ми отримаємо, якщо рослини з F_1 схрестити з батьківськими формами?

4. Під час схрещування рослин гороху, що мають темно-фіолетове забарвлення незрілих бобів, із рослинами, боби яких зеленого кольору, в F_1 отримали темно-фіолетові боби. У F_2 відбулося розщеплення : 58

темно-фіолетових і 37 зелених. Як успадковується ознака? Які генотипи вихідних рослин? Що буде отримано в аналізуючому схрещуванні і які рослини Ви будете використовувати в якості аналізатора?

5. При самозапиленні рослини зеленого гороху було отримано 544 зелених і 45 хлорофільних світло-зелених рослин. Поясніть розщеплення, визначте генотипи вихідних рослин. Як можна використати мутантні рослини для подальшої селекційної роботи, якщо вони будуть життєздатні?

6. При схрещуванні червоноколосої рослини пшениці з білоколосою в F_1 відбулося розщеплення: 42 рослини були з червоним і 15 - з білим колосом. При схрещуванні тієї ж білоколосої рослини з іншою червоноколосою у F_1 також відбулося розщеплення: 54 - з червоним та 18 - з білим колосом. Коли схрестили між собою вихідні червоноколосі рослини, то у F_1 82 рослини мали червоний, а 5 - білий колос. Поясніть отримані результати і визначте генотипи вихідних батьківських форм.

7. При схрещуванні рослин з червоним щільним колосом з рослинами з білим розпушеним колосом у F_1 отримали червоний колос середньої щільності, а в F_2 - розщеплення: 185 червоних з щільним колосом, 360 червоних середньої щільності, 182 червоних з розпушеним колосом, 12 білих з щільним колосом, 25 білих середньої щільності, 10 білих з розпушеним колосом. Всього - 774. Як успадковуються ознаки? Які генотипи вихідних рослин? Як можна перевірити вірність Вашого припущення?

8. Висота рослини сорго, гомозиготного по рецесивним алелям чотирьох генів карликовості, дорівнює 40 см. Висота рослини, гомозиготної по домінантним алелям цих чотирьох генів дорівнює 240 см. Припустимо, що різниця у висоті стебла контролюється в рівній мірі всіма чотирма генами, при чому їх дія носить кумулятивний характер. Рослину генотипу $A_1A_1A_2A_2A_3A_3a_4a_4$ схрещували з рослиною $a_1a_1a_2a_2a_3a_3A_4A_4$. Яка висота стебла у кожної з батьківських форм? Яка очікувана висота рослин у F_1 ? Вкажіть очікувані межі мінливості висоти рослин у F_2 і очікувану частоту рослин для кожного класу висоти? Яка середня висота

рослин F_2 ?

9. В F_1 від схрещування рослин квасолі з пурпуровим насінням одержали 331 пурпурову, 140 білих, 114 коричневих насінин - всього 585. Поясніть результати схрещування, визначте генотипи вихідних рослин. Як можна перевірити правильність Вашого припущення?

10. Від схрещування рослин жита з червоними вушками на листках і жовтим зерном з рослинами з білими вушками і білим зерном в F_1 одержали рослини з червоними вушками і зеленим зерном, в F_2 пройшло розщеплення: 360 з червоними вушками і зеленим зерном, 117 з червоними вушками і жовтим зерном, 164 з червоними вушками і білим зерном, 122 з білими вушками і зеленим зерном, 42 з білими вушками і жовтим зерном, 54 з білими вушками і білим зерном. Всього - 859. Як успадковуються ознаки? Визначте генотипи вихідних рослин. Як можна перевірити правильність Вашого припущення?

11. Рослину, гомозиготну по трьох парах рецесивних генів висотою 32 см, схрещували з рослиною гомозиготною по домінантним алелям цих генів, висотою 50 см. припустимо, що вплив окремих домінантних генів на ріст у всіх випадках однаковий і їх дія сумується. В F_2 від схрещування цих рослин отримано 192 особини. Скільки з них буде мати генетично обумовлений ріст в 44 см?

12. При схрещуванні рослин суниці озимого типу без вусиків з рослинами ярового типу без вусиків у F_1 одержали рослини озимого типу з вусиками, а у F_2 - 381 озимих з вусиками, 102 ярових з вусиками, 270 озимих без вусиків і 110 ярових без вусиків. Від схрещування гібридів F_1 з вихідною яровою формою без вусиків одержали: 181 озимих з вусиками, 210 ярових з вусиками, 201 озимих без вусиків і 188 ярових без вусиків. Як успадковуються ознаки? Визначте генотип вихідних рослин.

13. При схрещуванні курей і півнів з опереними ногами з двох різних ліній в F_1 всі курчата мали оперені ноги, а в F_2 - 64 курчат мали оперені ноги і 5 голі ноги. Коли схрестили особини з F_1 з голоногими особинами F_2 , то отримали 37 курча з опереними і 11 з голими ногами. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних півнів і курей.

14. При схрещуванні курей і півнів, які мають гороховидний гребінь, одержали 279 курчат з гороховидним гребенем, 116 – з горіховидним, 105 з розовидним і 35 з простим. Поясніть результати, визначте генотип вихідних кур і півнів. Яка частина нащадків з розовидним гребенем з F₂ гомозиготна?

15. Під час схрещування білого півня з забарвленою куркою у F одержано 3/8 забарвлених і 5/8 білих курчат. Поясніть розщеплення. Визначте генотипи вихідних курей.

16. У вівса темне забарвлення насіння контролюється домінантним геном А, світле – домінантним геном В. Ген А епістатичний відносно гена В, і останній в його присутності не має фенотипового вияву. При відсутності в генотипі рослин обох домінантних генів виявляється біле забарвлення зернівок. Визначте забарвлення зернівок у рослин з такими генотипами: а) aaBb; б) aabb в) Aabb г) AaBb д) Aabb е) aaBB.

17. При схрещуванні коней сірої та рудої масті в першому поколінні всі лошата виявились сірими. В другому поколінні серед 16 лошат виявлено 12 сірих, 3 вороних, 1 руде. Визначте тип успадкування масті у коней і встановіть генотипи зазначених тварин.

18. Визначте колір зерна у рослин, які дістали в результаті таких схрещувань:

а) $A_1a_1A_2A_2$ x $a_1a_1A_2a_2$; б) $A_1a_1A_2a_2$ x $a_1a_1a_2a_2$ в) $a_1a_1A_2A_2$ x $a_1a_1A_2a_2$
г) $A_1a_1a_2a_2$ x $A_1a_1A_2A_2$. При цьому треба врахувати, що колір насіння успадковується за типом кумулятивної полімерії (4 домінантних алеля – темно-червоне, 3 – червоне, 2 – рожеве, 1 – світло-рожеве, повний рецесив – біле).

19. У пшениці ярість конторолується двома домінантними полімерними генами А₁ і А₂, а озимість – їх рецесивними алелями а₁ а₂ по типу кумулятивної полімерії. Встановіть генотипи та фенотипи росли у таких варіантах схрещувань: а) $A_1a_1A_2a_2$ x $a_1a_1a_2a_2$; б) $A_1a_1A_2A_2$ x $a_1a_1A_2a_2$; в) $A_1a_1a_2a_2$ x $A_1A_1A_2A_2$.; г) $a_1a_1A_2A_2$ x $a_1a_1A_2a_2$

20. У норок відомі дві рецесивні мутації, які визначають колір шерсті: платинова сіро-блакитна і платинова імперська. Норок, які несуть ці мутації схрестили між собою. В першому поколінні всі щенята мали

коричневий колір, а в другому виявлено 19 коричневих і 13 платинових. Поясніть одержані результати. Чи алельні гени, які визначають платиновий колір? Яке схрещування треба поставити, щоб перевірити гіпотезу?

21. Від схрещування індійських дубових шовкопрядів жовтого та блакитного кольорів отримано перше покоління зеленого кольору. В другому поколінні виявлено таких нащадків: 1832 – зелені, 616 – жовті, 611 – блакитні, 205 – мигдалеві. Як успадковується ознака? Визначте генотипи батьків та нащадків.

22. При схрещуванні рослин вівса з червоними та білими лусочками зерна, в першому поколінні одержали рослини з червоними, а в другому – 139 з червоними, 33 з сірими та 14 з білими лусочками. Як успадковується ознака? Які генотипи вихідних рослин?

23. У грициків плоди бувають трикутної й овальної форми. У потомстві від схрещування рослин з трикутними плодами виявили рослини двох фенотипових класів, кількість яких складала – 147 рослин з трикутними плодами та 13 з овальними. Визначте характер успадкування ознаки та генотипи рослин.

24. Гібриди F_1 від схрещування рослин пшениці з червоними та білими зернами мали червоні зерна. У другому поколінні відбулося розщеплення – 660 з червоними та 40 з білими зернами. Як успадковується ознака? Які генотипи вихідних рослин? Якими будуть нащадки, якщо гібриди F_1 схрестити з білозерною рослиною?

УСПАДКУВАННЯ ПРИ ЗЧЕПЛЕНІ ГЕНІВ ТА КРОСИНГОВЕРІ

Теоретична частина

Явище зчепленого успадкування було досліджено Т.Х. Морганом із співробітниками. В досліджах на дрізофілах показано, що всі гени цих комах виявляли тенденцію до успадкування групами. Т. Морган ввів поняття *зчеплені гени* у зв'язку з їх локалізацією в одній хромосомі. Усі разом вони утворюють *групу зчеплення*. Кількість груп зчеплення у організмів дорівнює кількості хромосом у гаплоїдному наборі виду (закон Моргана).

Гени, які розташовані в одній хромосомі, успадковуються зчеплено, з утворенням кількості фенотипових класів та характером розщеплення подібним до моно генного схрещування.

Т. Морган, К. Бріджес, А. Стертевант у досліджах на дрізофілі показали, що в природі існує *повне* і *неповне* зчеплення генів. При цьому повне зчеплення, при якому гени передаються завжди разом, у природі зустрічається рідко. Частіше спостерігається неповне зчеплення. Останнє зумовлене перехрестом гомологічних хромосом і рекомбінацією генів, що називається *кросинговером* (від англ. crossingover – перехрестя). Регулярність обмінів генами між гомологічними хромосомами доведена дослідженнями Т. Моргана та його школи. За неповного зчеплення схрещування гетерозиготних особин генотипу $\frac{AB}{ab}$ з гомозиготним рецесивом $\frac{ab}{ab}$ призводить до появи не двох, як при повному зчепленні, а чотирьох класів фенотипів і генотипів: $\frac{AB}{ab}$, $\frac{ab}{ab}$, $\frac{Ab}{ab}$, $\frac{aB}{ab}$. Проте кількісне співвідношення особин різних класів за неповного зчеплення під час аналізуючого схрещування не відповідають співвідношенню **1:1:1:1**, тобто спостерігається порушення менделівського розщеплення за незалежного успадкування ознак. Це пояснюється утворенням меншої кількості рекомбінантних гамет типу *Ab* і *aB*, ніж батьківських гамет типу *AB* і *ab*, частка яких завжди більше 50%. На протилежність менделівському незалежному успадкуванню кількість і співвідношення між фенотиповими класами залежить від відстані між досліджуваними генами та силою зчеплення між ними.

Співвідношення класів гамет за розщепленням ознак у нащадків дигібридів за незалежного та зчепленого успадкування

Генотип дигетерозигот	Гамети дигетерозиготи та їх співвідношення	Фенотипи F ₂ , їх співвідношення	Фенотипи F _a , їх співвідношення
Незалежне комбінування			
$\frac{A}{a} \quad \frac{B}{b}$	AB, ab, Ab, aB = 1:1:1:1	AB, ab, Ab, aB = 9:3:3:1	AB, ab, Ab, aB = 1:1:1:1
Повне зчеплення			
$\frac{AB}{ab}$	Ab, ab = 1:1	Ab, ab = 3:1	Ab, ab = 1:1
Неповне зчеплення			
$\frac{AB}{ab}$	AB, ab, Ab, aB ≠ 1:1:1:1	AB, ab, Ab, aB ≠ 9:3:3:1	AB, ab, Ab, aB ≠ 1:1:1:1

Співвідношення класів гамет за неповного зчеплення: батьківські форми: AB+ab > 50%, рекомбінантні: Ab+aB < 50%, тобто AB = ab, Ab = aB

Хромосоми та, відповідно, гамети, які утворюються у процесі кросинговеру внаслідок реципрокних обмінів генетичним матеріалом, називаються *кросоверними*, або *рекомбінантними*.

Величина кросинговеру вимірюється відношенням кількості кросоверних (рекомбінантних) особин до загальної кількості нащадків аналізуючого схрещування, вираженим у процентах.

$$K = A / B \times 100\%,$$

де A – сума кросоверних нащадків, яких отримано у досліді;

B – загальна кількість нащадків (сума кросоверних і некросоверних особин).

Маючи інформацію про кількість подвійних гомозигот за рецесивними алелями у F₂, можна розрахувати коефіцієнт рекомбінації за формулою для фази відштовхування:

$$r = 2 \times \sqrt{\text{частка подвійних рецесивних гомозигот}}$$

та для фази протягування:

$$r = 1 - 2 \times \sqrt{\text{частка подвійних рецесивних гомозигот}}$$

r – характеризує половину кросоверних гамет. Частота кросинговеру становить 2r.

Визначення відстані між генами за результатами мейозу дріжджової клітини проводять по ідентифікації батьківських та небатьківських дитипів (НБД) та тетратипів (Т) серед асків з використанням формули для розрахунку частоти рекомбінації (RF) між генами:

$$RF = (НБД + (0,5 \times Т)) / \text{загальну кількість асків}$$

Величина кросинговеру коливається залежно від досліджуваних маркерних генів, об'єктів дослідження та інших причин. Стертевант припустив, що частота кросинговеру між генами, локалізованими в одній хромосомі, пропорційна відстані між цими генами. Отже, показник частоти кросинговеру можна використати для визначення відстані між генами та їх взаємного розташування у хромосомі, тобто для побудови генетичних карт.

При цьому необхідно дотримуватись наступного:

1. Визначити частоту кросинговеру за багатофакторного аналізу (полі гетерозиготи).
2. Визначити коефіцієнт коінциденції.
3. Проаналізувати отримані величини кросинговеру та визначити локус генів у хромосомі.
4. Провести розрахунок відстані між генами.

Генетична відстань, на якій кросинговер здійснюється з частотою 1%, на честь Т. Моргана названа **сантиморганом (сМ)**, який слугує одиницею виміру кросинговеру. Одна сантиморганіда відповідає частоті рекомбінації між генами 0,01, або 1 %.

Приклади розв'язку задач

Приклад № 1. Особи, гомозиготна за генами А і В схрещена з особиною аб. Гібридів F₁ від цього схрещування зворотньо схрестили з подвійним рецесивом. Від цього схрещування отримано наступних нащадків: 902 АВ; 98 Аб; 102 аВ і 898 аб. Поясніть отримані результати та проведіть відповідні розрахунки.

Короткий запис умови задачі.

P	ААВВ	х	аabb
F ₁	АаВв	х	аabb
F _{ан}	902 АВ		
	98 Аб		
	102 аВ		
	898 аб		
	Σ 2000		
Як успадковуються ознаки?			

Р о з в ' я з о к

1. Нащадки аналізуючого схрещування дегетерозиготи дали в розщепленні 4 фенотипових класи. Якщо б гени А і В успадковувались незалежно, то слід чекати розщеплення у співвідношенні 1:1:1:1. Переважанням форм з фенотипом батьків свідчить про зчеплене успадкування. Нащадки рекомбінантного типу Ab і aB могли виникнути в результаті кросинговеру між генами А і В у гетерозиготи.

2. Визначаємо відсоток кросинговеру та відстань між генами:

$$\frac{(102+98) \times 100\%}{2000} = 10\%$$

Отже відстань між генами А і В дорівнює 10 сМ

Висновок: Гени А і В локалізовані в одній хромосомі на відстані 10 сМ.

Приклад №2. Проведіть генетичний аналіз результатів аналізуючого схрещування тригетерозиготи AaBbCc:

ABC	126
ABc	10
AbC	64
Abc	62
aBC	68
aBc	70
avC	14
abc	<u>133</u>
	Σ 578

Р о з в ' я з о к

1. Для визначення характеру успадкування генів розглянемо фенотипові класи та їх співвідношення в кожній парі генів. Для цього виберемо попарно різні поєднання неалельних генів (А і В; В і С; А і С – для спрощення наведені поєднання тільки домінантних генів) з визначенням кількості особин кожного фенотипового класу.

2. Розщеплення за генами А і В має чотири фенотипових класи:

AB	Ab	aB	ab
126	64	68	133
<u>10</u>	<u>62</u>	<u>70</u>	<u>14</u>
Σ 136	126	138	147

Розщеплення близьке до розщеплення 1:1:1:1, можна допустити, що

гени успадковуються незалежно. Перевірка по χ^2 не заперечує даного припущення.

3. Розщеплення за генами В і С:

BC	Bc	bC	bc
126	10	64	133
<u>68</u>	<u>70</u>	<u>14</u>	<u>62</u>
$\Sigma 194$	80	78	195

Оскільки розщеплення не відповідає розщепленню при незалежному успадкуванні (не 1:1:1:1), можна стверджувати, що гени зчеплені, некросовери BC і bc, отже, гени входили в схрещування в стані "притягування" й фенотипи кросоверів Bc і bC.

Розраховуємо відсоток кросинговеру:

$$\frac{(80 + 78) \times 100\%}{578} = 26,6\%$$

Відстань між генами В і С – 26,6 сМ

4. Розщеплення за генами А і С:

AC	Ac	aC	ac
126	62	14	133
<u>64</u>	<u>10</u>	<u>68</u>	<u>70</u>
$\Sigma 190$	72	82	203

Аналогічно попередньому, можна сказати, що гени А і С зчеплені, некросовери AC і ac, гени входили в схрещування у фазі "притягування" і фенотипи кросоверів Ac і aC.

Розрахуємо відсоток кросинговеру:

$$\frac{(72 + 82) \times 100\%}{578} = 27,3\%$$

Відстань між генами А і С складає 27,3 сМ

5. Оскільки ген А зчеплений з геном С і В зчеплений з С, гени А і В також зчеплені, гени входили в схрещування у фазі "притягування", фенотип кросоверів Ab і aB.

Розрахуємо відсоток кросинговеру

$$\frac{(126 + 138) \times 100\%}{578} = 45,7\%$$

Відстань між генами А і В складає 45,7 сМ

6. Розрахуємо відсоток подвійного кросоверів $(10+14)/578 \times 100=4,1\%$

Отже відстань між генами А і В складає $45,7 + (2 \times 4,1) = 53,9$ сМ

7. Визначаємо порядок розміщення генів у хромосомі. Оскільки найбільший відсоток кросинговеру між генами А і В, можна сказати, що гени А і В лежать на кінцях досліджуваної області хромосоми, а ген С - посередині, дещо ближче до В.

А 27,3 С 26,6 В

№ 3. Визначте віддаль гена а від центромери на основі порядку розміщення спор в 100 асках нейроспори:

Кількість асків	Спори			
	1+2	3+4	5+6	7+8
44	а	а	+	+
48	+	+	а	а
2	а	+	а	+
3	а	+	+	а
2	+	а	+	а
1	+	а	а	+

Р о з в ' я з о к

Порядок розміщення спор аа++ і ++аа свідчить про відсутність кросинговеру між геном а і центромерою (розходження алелів в першому поділі мейозу); всі решта типи розміщення спор в асці свідчать про те, що пройшов кросинговер між геном а і центромерою (розходження алелів в другому поділі мейозу). Відсоток кросоверних асків дорівнює:

$$\frac{(2+3+2+1) \times 100\%}{100} = 8\%$$

Однак, в кожній кросоверній асці лише 50% спор є кросоверними. Отже, віддаль між геном а і центромерою дорівнює 4% кросинговера.

З а д а ч і д л я с а м о с т і й н о г о р о з в ' я з к у

1. У томатів високий ріст рослин домінує над низьким, гладкий епідерміс - над шорохуватим. Від схрещування двох рослин отримали розщеплення: 208 високих гладких, 9 високих шорохуватих, 6 низьких гладких, 195 низьких шорохуватих. Поясніть розщеплення. Визначте генотипи вихідних рослин і їх фенотипи. Проведіть відповідні розрахунки.

2. У томатів високий ріст стебла домінує над карликовим, кулеподібна форма плода - над грушевидною. Схрещено гомозиготну високу рослину з кулеподібними плодами з гомозиготною карликовою, що має грушевидні плоди. В F_2 отримано розщеплення: 1650 - високих з кулеподібними плодами, 230 - високих з грушевидними плодами, 220 - карликових з кулеподібними плодами, 400 - карликових з грушевидними плодами. Всього-2500. Поясніть результати, визначте фенотип рослин F_1 . Яке розщеплення ви очікуєте отримати в аналізуючому схрещуванні і які рослини ви будете використовувати в цьому схрещуванні?

3. У томатів опушеність стебла домінує над відсутністю опушеності, вузлуватість стебла - над гладкостебельністю, стійкість - над чутливістю до грибів. Гомозиготні опушені, вузлуваті чутливі рослини схрещували з гомозиготними неопушеними, гладкостебельними стійкими рослинами. Гібриди F_1 використовували в аналізуючому схрещуванні, в якому отримали таке розщеплення: 342 - опушених вузлуватих чутливих, 80 - опушених вузлуватих стійких, 11-опушених гладкостебельних чутливих, 84-опушених гладкостебельних стійких, 78-неопушених вузлуватих чутливих, 7-неопушених вузлуватих стійких, 72 - неопушених гладкостебельних чутливих, 326-неопушених гладкостебельних стійких. Всього 1000. Який характер наслідування ознак? Якщо гени зчеплені, то визначте відстань між ними та порядок їх розташування в хромосомі.

4. У дрозофіли ген кіноварного забарвлення очей знаходиться в локусі 33, а ген розсіченого крила - в локусі 65 статевої хромосоми. Обидві ознаки - рецесивні. Незаймана гомозиготна самка з кіноварними очима та нормальними крилами схрещувалась з самцем, який мав нормальне забарвлення очей та розсічені крила. Визначити генотипи та співвідношення фенотипів (по самкам та самцям окремо) в F_1 та F_2 .

5. Ген кольорової сліпоти (дальтонізм) і ген нічної сліпоти, що успадковуються через X хромосому, знаходяться на відстані 50 морганід один від одного. Обидві ознаки рецесивні. Визначити ймовірність народження дітей одночасно з обома аномаліями в сім'ї, де жінка має нормальний зір, але її мати страждала нічною сліпотою, а батько - кольоровою сліпотою. Чоловік цієї жінки є нормальним у відношенні обох ознак.

6. Ген кольорової сліпоти (дальтонізм) і ген нічної сліпоти, що успадковуються через X хромосому, знаходяться на відстані 50 морганід один від одного. Обидві ознаки рецесивні. Визначити ймовірність народження дітей одночасно з обома аномаліями в сім'ї, де жінка гетерозиготна по обом ознакам і обидві аномалії успадкувала від свого батька, а чоловік має обидві форми сліпоти.

7. Проведіть генетичний аналіз результатів аналізуючого схрещування тригетерозиготи $AaBbCc$: авс - 133, авС - 14, аВс - 70, аВС - 68, Авс - 62, АвС - 64, АВс - 10, ABC - 126. Всього - 547.

8. Проведіть генетичний аналіз результатів аналізуючого схрещування тригетерозиготи $AaBbCc$: авс - 64, авС - 2, аВс - 11, аВС - 18, Авс - 17, АвС - 14, АВс - 3, ABC - 71. Всього - 200.

9. Гомозиготна по гену *cinnabar* (сн, яскраво-червоні очі)самка схрещена з самцем *black* (b,чорне тіло). Яке розщеплення можна очікувати в F_2 і аналізуючому схрещуванні, якщо відстань між цими генами дорівнює 10 морганід?

10. По результатам тетрадного аналізу на тетрадах визначити як успадковуються гени В і С (схрещування $BC \times bc$)

Число асків	Спори			
	1,2	3,4	5,6	7,8
108	BC	BC	bc	bc
60	BC	Bc	bC	bc
30	BC	bc	BC	bc
2	bC	bC	Bc	Bc

11. На основі поданих нижче даних про процент кросинговеру між різними парами генів побудуйте генетичну карту ділянки, на якій локалізовані ці 7 генів:

$a - b$ -- 13% $b - c$ -- 38% $c - d$ -- 33% $d - e$ -- 17%
 $a - c$ -- 25% $b - d$ -- 5% $c - e$ -- 48% $d - k$ -- 37%
 $a - d$ -- 8% $b - e$ -- 12% $c - k$ -- 4% $d - l$ -- 36%
 $a - e$ -- 25% $b - k$ -- 42% $c - l$ -- 49% $e - k$ -- 48%
 $a - k$ -- 29% $b - l$ -- 31% $e - l$ -- 19%
 $a - l$ -- 44% $k - l$ -- 49%

12. У дрософіли білі очі та пожмакані крила обумовлені рецесивними генами, які локалізовані в статевій хромосомі. Відстань між ними 15 % кросинговеру. Якими будуть нащадки від схрещування гомозиготної червоноокої, довгокрилої самки дрософіли з білооким самцем з пожмаканими крилами? Якими будуть нащадки від схрещування самки F_1 з білооким самцем з пожмаканими крилами? Якими будуть нащадки від схрещування самця F_1 з білоокою самкою з пожмаканими крилами.

13. У кукурудзи забарвленість насіння домінує над незабарвленістю, а гладкий ендосперм домінує над зморщеним. Схрещена рослина з забарвленим гладким насінням з рослиною що має незабарвлене зморщене насіння. В F_1 все насіння було забарвлене і гладкі. В результаті аналізуючого схрещування з гібридом першого покоління отримано чотири типа насіння: 4032 - забарвлених гладких, 149 - забарвлених зморщених, 152 - незабарвлених гладких, 4035 - незабарвлених зморщених. Поясніть результати, визначте генотип вихідних форм. Яке розщеплення ви очікуєте отримати в F_2 від схрещування гібридів першого покоління?

14. В аналізуючому схрещуванні від гетерозиготи $AaBb$ були одержані наступні результати: AB - 903, Ab - 101, aB - 98, ab - 898. всього - 2000. Поясніть розщеплення. Якщо гени зчеплені, то в якому стані "притягування" чи "відштовхування" вони знаходяться в гетерозиготі?

15. Гени A , B і C локалізовані в одній хромосомі у вказаному порядку. Відсоток перехресту між A - B дорівнює 30, а між B - C - 20. Яке потомство получится при схрещуванні гомозиготної особини ABC з гомозиготною abc і при схрещуванні гібридів F_1 з вихідною особиною abc ?

16. В аналізуючому схрещуванні від дигетерозиготи $AaBb$ отримано: AB - 243, Ab - 762, aB - 758, ab - 237, всього - 2000. Який характер спадкування генів? Якщо вони зчеплені, то яка відстань між ними? Визначте генотип гетерозиготи. Яке співвідношення фенотипів було б в потомстві аналізуючого схрещування, якщо б початково схрещували гомозиготні особини $AABB$ і $aabb$?

17. В аналізуючому схрещуванні дигетерозиготи відбулося розщеплення на 4 фенотипових класи у співвідношенні: 42,4% - AB ,

6,9% - Ав, 7,0% - аВ і 43,7% - ав. Як успадковуються гени? Що отримаємо, коли дигетерозиготи схрестити між собою?

18. Від схрещування самців дрозофіли з темно-коричневими очима та волосатим тілом з самками дикого типу в F_1 всі мухи були дикого типу. У зворотньому схрещуванні самок з F_1 з вихідними самцями одержали розщеплення: 1264 мухи дикого типу, 8 з червоними очима і волосатим тілом, 5 з темно-коричневими очима і нормальним тілом і 1277 з темно-коричневими очима і волосатим тілом. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних мух і гібридів F_1 . Яке розщеплення ви очікуєте одержати в потомстві від схрещування гібридів F_1 між собою?

19. При схрещуванні високої рослини томату з грушевидними плодами з карликовою рослиною з шаровидними плодами в F_1 всі рослини виявилися високими з шаровидними плодами. Яке розщеплення повинно відбутися в F_2 , якщо всі ознаки контролюються моногенно, гени локалізовані в одній хромосомі і відстань між ними 16% кросинговеру?

20. Рослина китайської примули з короткою приймочкою і кремовим забарвленням квіточок, при схрещуванні з рослиною з довгою приймочкою і червоним віночком, дало в F_1 рослини з короткою приймочкою і кремовими квітками, які були повторно схрещені з рослиною з довгою приймочкою і червоними квітами. Результати цього схрещування наведені нижче: 1697 – з короткою приймочкою та кремовими квітками; 195 – з короткою приймочкою та червоними квітами; 234 – з довгою приймочкою та кремовими квітами; 1558 – з довгою приймочкою і червоними квітами. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних рослин.

21. Гомозиготні рослини гороху, які стеляться і мають забарвлення квітки схрещуються з гомозиготною кущистою рослиною з білими квітами. В F_2 одержали наступні результати: 20 сланких з білими квітами, 128 сланких з забарвленими квітами, 30 – кущистих з білими квітами, 22 кущистих з забарвленими квітами, всього 200. Поясніть результати схрещування, визначте генотипи вихідних рослин, генотипи і фенотипи рослин F_1 .

УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ

Теоретична частина

Стать більшості тварин і рослин генетично відрізняється однією парою хромосом, які називаються *статевими*. Статеві хромосоми (X, Y), як правило, відрізняються морфологією та набором генів і тому вважаються гетерологічними. Відповідно до зазначеного розрізняють гомо- чи гетерогаметну стать. Решта хромосом ідентично представлені в клітинах обох статей і мають назву *аутосоми*.

У різностатевих організмів в основному стать визначається хромосомно за:

- чисельною відмінністю статевих хромосом (X, 0),
- наявністю статевих гетерохромосом (X, Y),
- відмінностями щодо хромосомних наборів (*гапло* – *діпlobіонти n, 2n*),

В цілому, належність особин до тієї чи іншої статі визначається багатьма неалельними генами, що містяться не тільки у статевих хромосомах, але й в аутосомах. Тому особливості каріотипу не завжди збігаються з наявністю тих чи інших статевих ознак. Певне співвідношення між генами статевих потенцій, розташованих в аутосомах і X-хромосомі, визначальне у формуванні відповідної статі у дрозофіли. Цей факт знаходиться в основі балансової теорії визначення статі.

Залежно від хромосомної локалізації гена спостерігаються особливості успадкування ознаки. Якщо гени локалізовані у статевих хромосомах, тоді характер успадкування зумовлений поведінкою статевих хромосом у мейозі та під час запліднення. Успадкування ознак, гени яких знаходяться у статевих хромосомах, називається *успадкуванням, яке зчеплене зі статтю*. Це явище відкрите Т. Морганом у дослідах на дрозофілі, а в подальшому встановлено для рослин, багатьох тварин і людини.

Установлені певні особливості успадкування та розщеплення за фенотипом ознак, зчеплених зі статтю, залежно від гомо- чи гетерогаметності нащадків:

- різні результати за реципрокного схрещування;
- кріс-крос успадкування, коли ознака від матері передається синам, а від батька – донькам за умови розташування рецесивного алеля гену в X хромосомі у гомогаметної статі;

- голандричне успадкування – гени розташовані в У хромосомі й передаються від батька до сина;
- неповне зчеплення зі статтю пов'язано з наявністю обох алелів генів у статевих хромосомах (X і У).

В окремих випадках може відбуватися нерозходження статевих хромосом, що може змінювати як фенотип статевих ознак , так і звичайний характер успадкування ознак, зчеплених зі статтю.

У різностатевих організмів може бути неоднакова доза генів, що зумовлено різною їх кількістю в гетерологічних статевих хромосомах (X та У) і відсутністю відповідних алелів у більшості генів. У зв'язку з цим існують різні механізми дозової компенсації генів. Наприклад, у плацентарних ссавців (миша, кішка, людина) дозова компенсація здійснюється за рахунок інактивації однієї з двох X-хромосом з утворенням в інтерфазних ядрах соматичних клітин гетерохроматинових *тілець Барра*, кількість яких в диплоїдних клітинах дорівнює кількості X-хромосом мінус одиниця ($B = X - 1$). Отже, у жінок у нормі в кожному ядрі повинно бути одне тільки статевого хроматину. У чоловіків статевого хроматину практично немає.

Приклади розв'язку задач

Приклад № 1. Дві червоноокі довгокрилі особини дрозофіли при схрещуванні між собою дали наступних нащадків:

самки: 154 червоноокі довгокрилі, 48 червоноокі з зачатковими крилами;

самці: 98 червоноокі довгокрилі, 25 червоноокі з зачатковими крилами, 95 білоокі довгокрилі, 32 білоокі з зачатковими крилами. Як успадковуються ознаки? Визначте генотипи батьків і нащадків.

Короткий запис умови задачі.

Об'єкт: Дрозофіла.

Ознака Успадкування забарвлення очей і форми крил.

P ♀ червоноок. довгокрил. x ♂ червонок. довгокрил.

F ₁ :	самки	самці
	154 червоноок. довгокрил.	98 червоноок. довгокрил.
	48 червоноок. зачат. кр.	25 червоноок. зачат. кр.
	Σ 202	95 білоок. довгокрил.
		32 білоок. зачат.кр.
		Σ250

Як успадковуються ознаки? Генотипи батьків і нащадків.

Р о з в ' я з о к

1. Проаналізуємо успадкування за кожною ознакою. Перша ознака – забарвлення очей. Оскільки в F_1 розщеплення спостерігається лише у самців, допускаємо зчеплення ознаки зі статтю. Розщеплення у самців:

червоонк.	білоок.
98	95
<u>25</u>	<u>32</u>
123	127

Розщеплення 1:1, відхилення дуже мале, так що нема необхідності перевіряти значимість відхилення по χ^2 . Розщеплення 1:1 свідчить про моногенне успадкування ознаки і про гетерозиготність вихідної самки. Оскільки ознака зчеплена зі статтю, домінування можна встановити по гетерозиготності самки, отже, домінує червоне забарвлення над білим. Вводимо алелі: X^A - черв., X^a - біл., генотип самки- $X^A X^a$ генотип самця - $X^A Y$.

2. Проаналізуємо успадкування за другою ознакою - довжиною крил. В F_1 розщеплення у самок і самців:

	довгокрил.	зачат. кр.
самці:	98	25
	<u>95</u>	<u>32</u>
	Σ 193	57
самки:	154	48
Σ по ♀ і ♂	347	105

Розщеплення свідчить про гетерозиготність вихідних мух, про незчепленні ознаки зі статтю. Оскільки спостерігається розщеплення на два класи з переважанням ознаки довгих крил. Допускаємо моногенне успадкування. Визначаємо величину одного поєднання гамет в розщепленні: $452:4=113$, визначаємо розщеплення в досліді: $347:113=3,1$; $105:113=0,9$, тобто приблизно 3:1. Перевірка гіпотези про моногенне успадкування по χ^2 її не заперечує. Вводимо позначення алелів: B - довгокр., b - зачат.кр., генотипи самки і самця по цій ознаці Bb .

3. Аналіз розщеплення за двома ознаками. H_0 : Ознаки успадковуються незалежно, так як одна з них зчеплена зі статтю, а друга успадковується за аутосомним типом. Очікуване розщеплення: по самцях: (1 червоноок.:1 білоок.) x (3 довгокр.:1 зачат.кр) = 3 червоноок.довгокр.:3 білоок.довгокр.:1 червоноок.зачат.кр.:1 білоок.зачат.кр.

У самок розщеплення відбувається лише за аутосомним

геном, який контролює довжину крил у співвідношенні 3 довгокр.:1 зачат.кр.

Перевірка розщеплення по χ^2 не заперечує гіпотези.

Висновки.

1. Забарвлення очей контролюється одним геном, локалізованим в X-хромосомі, червоне забарвлення домінує над білим.
2. Довжина крил контролюється одним геном, локалізованим в аутосомі, довгі крила домінують над зачатковими.
3. Ознаки успадковуються незалежно.

Генотипи вихідних мух: самка $X^A X^a$, самця - $X^A Y$.

Приклад № 2. Дівчина, яка має нормальний зір, батько якої страждав дальтонізмом, виходить заміж за чоловіка з нормальним зором, батько якого теж був дальтоніком. Який зір може бути у дітей від цього шлюбу?

Короткий запис умови задачі

Об'єкт: Людина

Ознака Успадкування кольорового зображення

P: ♀ норм. зір x ♂ норм.зір

Батько жінки – дальтонік і батько чоловіка – дальтонік

Який зір у дітей цього шлюбу?

Р о з в ' я з о к.

1. Відомо, що дальтонізм – рецесивна ознака зчеплена зі статтю, яка контролюється одним геном. Введемо позначення алелів: X^D – нормальний зір, X^d – дальтонізм. Ознака, зчеплена зі статтю, обов'язково проявляється у чоловіків, так як вони гемізіготні по цій ознаці. Отже, можна записати генотипи всіх чоловіків: батьки-дальтоніки мають генотип $X^d Y$, чоловік з нормальним зором $X^D Y$. Жінка має нормальний зір, отже, в її генотипі наявний алель D. оскільки одну X-хромосому жінка завжди отримує від батька, вона гетерозиготна, її генотип $X^D X^d$, і вона є носієм дальтонізму. Отже обоє батьків можуть утворювати два типи гамет.

2. Запишемо схему схрещування:

P ♀. $X^D X^d$ x ♂ $X^D Y$

G X^D, X^d X^D, Y

F₁ $X^D X^D$ (♀), $X^D X^d$ (♀), $X^D Y$ (♂), $X^d Y$ (♂)

Фенотипово нащадки будуть наступні: всі дівчатка з нормальним зором (50% - носії дальтонізму) та 50% здорових хлопчиків і 50 % - дальтоніки.

Висновки.

Від цього шлюбу можуть народитися дівчатка з нормальним зором, причому половина з них – носії дальтонізму; серед хлопчиків половина виявиться дальтоніками.

Задачі для самостійного розв'язку

1. Здатність розрізняти смак фенілтіокарбаміду (ФТК) домінує над нездатністю розрізняти смак цієї речовини. Жінка з нормальним зором, яка розрізняє смак ФТК одружилася з дальтоніком нездатним розрізняти смак ФТК. У них було дві доньки, які не хворіли на дальтонізм і розрізняли смак ФТК, і чотири сини, жоден з яких не страждав дальтонізмом, причому два розрізняли смак ФТК, а два не розрізняли. Які генотипи батьків і дітей?

2. Здоровий (не гемофілік) чоловік з групою крові IV одружився зі здоровою жінкою з групою крові I, батько якої страждав гемофілією. Визначте їх генотипи. Які фенотипи можна очікувати у нащадків цього подружжя і з якою імовірністю?

3. У нащадків від схрещування півня, який рано оперився, з куркою, яка оперилась пізно, виявлено 20 півників, що оперелись пізно та 22 рано оперені курочки. В оберненому схрещуванні у півника і курочки пір'я з'явилося пізно. Як успадковується ознака? Які результати ви очікуєте в F_2 при реципрокному схрещуванні?

4. При схрещуванні півня з курчавим пір'ям і зеленими ногами з куркою, що мала нормальне пір'я і жовті ноги, в F_1 усі півні були з курчавим пір'ям і жовтими ногами, а курочки – з курчавим пір'ям і зеленими ногами. В F_2 з'явилися півники і курочки чотирьох фенотипів: 73 – з курчавим пір'ям і жовтими ногами, 71 – з курчавим пір'ям і зеленими ногами, 21 – з нормальним пір'ям і жовтими ногами, 18 – з нормальним пір'ям і зеленими ногами. Як успадковуються ознаки? Які фенотипи в F_1 і F_2 оберненого схрещування?

5. Від чорної кішки і рудого kota народилось троє кошенят: кішка з черепаховим забарвленням і два чорних kota. Як це можна пояснити? (Забарвлення шерсті у котів контролюється одним геном з неповним домінуванням, який локалізований в Х-хромосомі).

6. При схрещуванні самки дрозофіли з коричневими очима і нормальними крилами з червоноооким самцем з обрізаними крилами у F_1 всі самки і самці мали червоні очі та нормальні крила, а у F_2 відбулося розщеплення: самки – 161 з червоними очима і нормальними крилами, 42 – з коричневими очима і нормальними крилами; самці – 76 з червоними очима і нормальними крилами, 80 з червоними очима і обрізаними крилами, 26 з коричневими очима і нормальними крилами, 18 з коричневими очима і обрізаними крилами. Як успадковуються ознаки? Визначте генотипи вихідних мух і нащадків в F_1 . Що буде отримано в F_1 і F_2 оберненого схрещування?

7. Дві червоноокі довгокрилі особини дрозофіли при схрещуванні між собою дали наступне потомство: самки - 154 червоноокі довгокрилі, 48 червоноокі з зародковими крилами; самці - 98 червоноокі довгокрилі, 95 білоокі довгокрилі, 25 червоноокі з зародковими крилами, 32 білоокі з зародковими крилами. Яка генетична обумовленість цих ознак? Які генотипи батьків і нащадків?

8. При схрещуванні білого самця акваріумної рибки медакі з червоною самкою в першому поколінні всі самці і самки були червоними, а в F_2 - 117 червоних обох статей і 43 білих самців. В оберненому схрещуванні в F_1 появилось 197 білих самців і 130 червоних самок. Як успадковується ознака? Визначте генотипи вихідних риб. Яке розщеплення ви очікуєте одержати в F_2 зворотного схрещування серед 200 нащадків?

9. Відсутність потових залоз у людей успадковується як рецесивна ознака зчеплена зі статтю. Юнак, який не страждає цим захворюванням, одружився на здоровій дівчині, батько, якої не мав потових залоз, а мати і її пращури здорові. Яка імовірність того, що сини і дочки від цього шлюбу будуть страждати відсутністю потових залоз? Якщо дружини синів і чоловіки дочок будуть здоровими, чи будуть здорові їхні діти?

10. Чоловік з блакитними очима і нормальним зором, батьки якого мали сірі очі і нормальний зір, одружився на нормальній по зору жінці з сірими очима. Батьки жінки мали сірі очі і нормальний зір, а блакитноокий брат був дальтоніком. Від цього шлюбу народилась дівчинка з сірими очима і нормальним зором і два блакитнооких хлопчики, один з яких був дальтоніком. Складіть родовід і визначте генотипи всіх членів цієї сім'ї.

11. Жінка з групою крові А і нормальним згортанням крові (здорова) виходить заміж за здорового чоловіка з групою крові В. Від цього шлюбу народилося троє дітей: Катя - здорова, з групою крові А; Вітя - здоровий з групою крові 0; Микола - гемофілік з групою крові А. Відомо, що батьки жінки були здоровими, мати мала групу крові 0, а батько - АВ. У чоловіка батько і мати здорові, їх групи крові А і В відповідно. Поясніть від кого Микола успадкував гемофілію. Визначте генотипи всіх членів сім'ї.

12. У нормальної по зору жінки батько страждає кольоровою сліпотою. Двоє її братів, а також дядько по материнській лінії хворі гемофілією. Чоловік цієї жінки дальтонік, їх син страждає гемофілією, а дочка - дальтонік. Визначте генотипи членів цієї сім'ї. Яка імовірність того, що дочка є носієм гемофілії?

13. У людини відсутність потових залоз проявляється як рецесивна ознака зчеплена зі статтю. Альбінізм обумовлений аутосомним рецесивним геном. В одній подружньої пари, нормальної за даними ознаками, народився син з обома вказаними аномаліями. Вкажіть імовірні генотипи батьків. Яка імовірність того, що у другого сина також проявляться обидві ці аномалії? Яка імовірність того, що їх третя дитина буде нормальною дівчиною?

14. Чоловік з групою крові АВ, який страждає дальтонізмом, одружився з дівчиною з нормальним зором і групою крові 0. Батько дівчини дальтонік і має групу крові А. від цього шлюбу народилося двоє дітей: дівчинка з нормальним зором і групою крові А і хлопчик з нормальним зором і групою крові В. Складіть родословну сім'ї, вкажіть генотипи всіх членів сім'ї. Яка імовірність народження у цих людей дітей-дальтоніків? Чи можуть народитися діти з групою крові батьків?

15. Чорна та жовта пігментація хутра котів контролюється парою алелів, C (чорний) і c (жовтий), які знаходяться на X-хромосомі. Самці чорні ($X^C Y$) або жовті ($X^c Y$), а самки - гомозиготні чорні ($X^C X^C$) або гомозиготні жовті ($X^c X^c$), або гетерозиготні ($X^C X^c$). Фенотип гетерозиготних - мозаїка з чорних і жовтих ділянок хутра. (Білі смуги, які звичайно присутні у свійських котів контролюються окремим геном). Які генотипи та фенотипи належить очікувати в нащадків від схрещення чорної кішки з жовтим котом? Серед восьми кошенят є дві мозаїчні самки, одна жовта самка, два чорні та три жовті самця. Які генотипи та фенотипи батьків?

16. Деякі породи курей мають золотисто-руде пір'я завдяки рецесивному алелю g на W-хромосомі (пташиний еквівалент X-хромосоми ссавців). Присутність домінантного алелю G дає сріблясте забарвлення. Аутомсомний рецесивний алель s дає шовковисте м'яке пір'я. Які генотипи та фенотипи для кожної статі можна очікувати від схрещення рудого півня, гетерозиготного за геном s із куркою, яка має шовковисте сріблясте пір'я? (Пригадайте, що у птахів самки є гетерогаметною статтю WZ , а самці – гомогаметною WW).

17. Миші з однією X хромосомою та без Y хромосоми (тобто з набором статевих хромосом XO) -фертильні самки. Враховуючи, що для життєздатності потрібна як мінімум одна X-хромосома, яке співвідношення статей варто очікувати серед життєздатних нащадків схрещення XO (самка) x XY (самець)?

18. Батько дівчини дальтонік, а мати, як і всі її предки, відрізняє кольори нормально. Дівчина виходить заміж за здорового хлопця. Якими будуть їх діти та онуки за умови, що сини і дочки не будуть вступати в шлюб з носіями гена дальтонізму? При відповіді на запитання зазначте стать та здатність розрізняти кольори.

19. Самок дрозофіли з нормальними очима схрестили з самцями, що мали білі очі. У F_1 отримали самок і самців дикого типу. При схрещуванні гібридних самок з першого покоління із червоноокими самцями отримали 530 самок з червоними очима, 230 самців з червоними очима та 255 білооких самців. Як успадковується ознака? Визначте генотипи батьків та нащадків.

ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦІЙ

Теоретична частина

Систематичні групи організмів (вид, популяція) займають певну територію, яка має назву ареал. У межах ареалу виду є відповідні ділянки з більш щільним розташуванням особин. Такі внутрішньовидові територіальні угруповання називаються **популяціями**. Зародження нових видів починається з генетичних перебудов, які відбуваються в окремих популяціях. **Популяції** – це сукупність організмів певного виду, які мають спільне походження (спорідненість), здатні до схрещування (гібридизації) з утворенням плодючих нащадків і мешкають на одній території.

Популяції в залежності від способу розмноження поділяються на три типи: **апогамні популяції** – рослини й тварини, що розмножуються вегетативно; **автогамні популяції** – самозапильовальні рослини та само запліднювальні тварини; **алогамні популяції** – перехреснозапильовальні рослини та перехресно запліднювальні тварини.

Генетична структура зазначених популяцій відрізняється. В кожній з них генетична перебудова у часі йде за своїми власними законами. Апогамні популяції складаються із окремих клонів. Генетична структура кожного клону, ступінь його гомозиготності чи гетерозиготності визначаються особливостями генотипу попередника. Генетична неоднорідність організмів в межах одного клону може бути зумовлена виникненням мутантних форм. Автогамні популяції складаються із чистих, але генетично різноманітних ліній, які не схрещуються між собою і не обмінюються генетичною інформацією. Генетична різноманітність організмів зазначених популяцій зумовлена незначною часткою перехресного схрещування та виникненням мутацій. Алогамні популяції є гетерогенними за рахунок перехресного запліднення, генетичної рекомбінації, поліалельності, утворення мутації. Ознаки і властивості особин зберігаються і розподіляються в популяції за закономірностями, встановленими Г. Менделем і Т. Морганом.

Для вивчення генетичної структури популяцій можна використовувати будь-які ознаки, що характеризуються в даній популяції мінливістю. Однак мінливість їх повинна певною мірою відображати генотипову мінливість особин.

Популяція за своєю генетичною структурою підпорядковується

менделівським законам спадковості, які проявляються не в межах окремого схрещування, а в цілісній сукупності особин. **За наявності в популяції двох або більше альтернативних форм гена (алелів) їх частота залишається постійною протягом нескінченної кількості генерацій.** Це положення відоме як **закон Харді–Вайнберга** і справджується щодо ідеальних популяцій. Для останніх характерна **панміксія** – нескінченно велика чисельність особин за умов відсутності добору, мутацій і міграцій. Таку популяцію можна вважати пулом гамет, які формують зиготи – наступну генерацію. При цьому для будь-якого аутосомного локусу імовірність того, що до однієї зиготи можуть потрапити два будь-які алелі (імовірність утворення того або іншого генотипу), згідно з правилом помноження ймовірностей, буде дорівнювати подвоєному добутку частот цих алелів $2p_Aq_a$, а якщо це один алель, то в цьому випадку імовірність дорівнюватиме квадрату його частоти (p^2_{AA} або q^2_{aa}).

Незалежно від вихідного співвідношення генотипів (і фенотипів) за будь-якого конкретного співвідношення частот алелів даного аутосомного гена внаслідок схрещування формується перше покоління з таким співвідношенням генотипів і фенотипів, яке згодом буде зберігатися протягом необмежено великої кількості поколінь. Це правило зветься **законом стабілізуючого схрещування Харді–Пірсона**, саме схрещування – **стабілізуючим**, частоти генотипів і фенотипів, що сформувалися, – **рівноважними**, а стан популяції, за яким частоти алелів і генотипів зберігаються сталими у ряду генерацій, зветься **генетичною, або популяційною рівновагою.**

У загальних випадках для позначення частот алелів використовують літеру p із відповідним індексом: p_A – означає частоту алеля A , p_a – частоту алеля a тощо. Якщо ми маємо справу з двома алелями, їхні частоти позначаються літерами p і q ; якщо ж алелів три, то використовують позначення p , q і r . Сума частот усіх алелів одного гена дорівнює одиниці:

$$p + q = 1.$$

За випадкового комбінування гамет частоти генотипів, що формуються, будуть визначатися згідно з правилами множення ймовірностей:

$$(p + q)(p + q) = (p + q)^2 = p^2_{AA} + 2pq_{Aa} + q^2_{aa} = 1,$$

де p^2 , $2pq$ і q^2 відповідно дорівнюють частотам генотипів AA , Aa , aa .

Вираз $p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa) = 1$ – *формула Харді–Вайнберга* для двох алелів аутосомного локусу.

Частоти генотипів для будь-якої кількості алелів здобувають піднесенням відповідного виразу до квадрата.

Вивчаючи структуру популяцій, дослідник завжди має справу з фенотипами. Визначення частот генотипів за *кодомінування* (коли кожному конкретному фенотипу відповідає конкретний генотип) труднощів не викликає. Якщо ж має місце домінування, то в такому випадку частоти генотипів визначаються за формулою Харді–Вайнберга. При цьому виходять із частот генів, які обчислюють за частотами фенотипів, припускаючи, що означена популяція перебуває у стані рівноваги й відповідає ідеальній популяції.

Природна популяція завжди підлягає тиску тих чи інших чинників, які з часом призводять до змін і дивергенції біологічних форм. В основі генетичної мінливості популяцій лежать процеси мутаційної та комбінаційної мінливості, які є причиною змін частот алелів і генотипів. Ці процеси можуть супроводжуватись певними відхиленнями від формули Харді-Вайнберга. Найбільш значні порушення генетичної структури популяцій спричиняють такі фактори динаміки: відсутність або обмеження панміксії; значне обмеження чисельності популяцій (дрейф генів); міграція особин (змішування популяцій або потік генів); мутаційний процес (тиск мутацій); вплив добору. А в популяціях людини, крім того, часто *панміксія* пов'язана з тим, що шлюби утворюються на основі суспільного становища, релігійних, расових, національних та інших поділів суспільства.

Зміна генетичної будови будь-якої реально існуючої популяції являє собою інтегральний результат спільної дії всіх факторів. Відносне значення кожного фактора може значно змінюватись залежно від виду організмів, вихідної генетичної структури популяції, від біотичних і абіотичних умов, що склалися. Для визначення стратегії розвитку популяції використовують закон Харді – Вайнберга і отримані результати порівнюють з імовірними теоретичними розрахунками. Найчастіше популяційні дослідження проводять з метою обґрунтування промислового використання ресурсів лісу та водойм, розрахунку частоти всіх генів і генотипів в популяції в тому числі за множинного алелізму, розрахунку частоти генотипів у різностатевих організмів у випадку успадкування зчепленого зі статтю.

Приклади розв'язку задач

Приклад № 1. В популяції 10% особин володіє групою крові М. Допускаючи панміксію і відсутність відбору, визначте, який відсоток особин у цій популяції має групи крові N і MN.

Р о з в ' я з о к

Частота людей з групою крові М є частотою гомозигот ММ. Вона дорівнює $p^2 = 0,10$ (10%). Звідси p , тобто частота гену М у популяції, дорівнює $\sqrt{p^2} = \sqrt{0,1} = 0,32$. Тоді, по закону Харді-Вайнберга, частота гену N у цій популяції дорівнює $1 - 0,32 = 0,68$, отже, частота генотипу NM за формулою дорівнює $2pq = 2 \cdot 0,32 \cdot 0,68 = 0,435$ (43,5%), частота генотипу NN $q^2 = 0,462$ (46,2%).

Висновок : особини з групою крові N складають 46,2%, а групою крові MN – 43,5%.

Приклад № 2 У популяції зайців на 1000 сірих зустрічається 10 білих особин. Визначте концентрації алелів А (сіре забарвлення) і а (біле забарвлення), а також кількість гомозиготних та гетерозиготних особин.

Р о з в ' я з о к

1.Визначимо сумарну кількість особин в популяції зайців частоту білих особин: $1000+10 = 1010$ – загальна кількість особин. Частота фенотипу білих зайців складає $10: 1010 = 0,0099$.

2.За умовами задачі між алельними генами повне домінування. Отже визначення частот алелів гену необхідно використати формули Харді-Вайнберга. Частота рецесивного генотипу (q^2) співпадає із частотою рецесивного і складає 0,0099. Частота алеля а (q) = $\sqrt{q^2} = \sqrt{0,0099} = 0,099$. Частота алеля А (p) = $1 - q = 1 - 0,099 = 0,901$.

3.Визначимо частоту доміnantних гомозигот і гетерозигот. Частота АА (p^2) = $0,901^2 = 0,812$. Частота гетерозигот Аа ($2pq$) = $2 \times 0,099 \times 0,901 = 0,178$.

4.Визначимо кількість гомозиготних та гетерозиготних особин: АА = $1010 \times 0,812 = 820$; Аа = $1010 \times 0,178 = 180$; аа = $1010 \times 0,0099 = 10$.

Висновок: Частота алеля а (q) = 0,099, алеля А (p) = 0,901. Кількість гомозиготних та гетерозиготних особин: АА = 820; Аа = 180; аа = 10.

Приклад № 3. Дальтонізм у людини визначається рецесивним алелем Х-хромосоми. Припустимо, що частота чоловіків-дальтоніків у популяції становить 0,004. Обчисліть частоти фенотипів у цій популяції.

Р о з в ' я з о к

1. У разі рецесивних ознак, зчеплених зі статтю, частота осіб чоловічої статі дорівнює частоті рецесивного алеля в популяції ($q=0,004$).

2. Частка здорових чоловіків: $1-0,004 = 0,996$.

3. Частота жінок-дальтоніків: $q^2 \times 100\% = 0,0016\%$, а частота здорових жінок: $p^2 + 2pq = 0,996^2 + 2 \times 0,996 \times 0,004 = 0,999984 \times 100\% = 99,9984\%$.

Приклад № 4. Серед 1000 обстежених людей кров груп М, MN та N мали відповідно 300, 500 та 200 осіб. Обчисліть частоти алелів.

Р о з в ' я з о к

1. Приналежність крові до груп системи MN визначають два алелі одного гену $L^M L^N$. Можливі три генотипи $L^M L^M$ (група М), $L^M L^N$ (група MN) та $L^N L^N$ (група NN). Особини з групою крові М мають по два алелі L^M , з групою крові MN – по одному алелю L^M та L^N , з групою крові N мають по два алелі L^N . Отже, загальна кількість алелів L^M у досліджуваній виборці становить $(300 \times 2) + 500 = 1100$.

2. Оскільки кожна особа має по два алелі гена L, то загальна кількість алелів цього гену $1000 \times 2 = 2000$.

3. Отже, частота алеля L^M становить $1100/2000 = 0,55$

4. Аналогічно визначаємо частоту алеля L^N :

$$((200 \times 2) + 500)/2000 = 0,45$$

Висновок: Частота алеля L^M (p) = 0,55, алеля L^N (q) = 0,45.

Задачі для самостійного розв'язку

1. З 84 тисяч дітей, які народились протягом 10 років в пологових будинках міста К., у 210 дітей знайдено паталогічну рецесивну ознаку. Популяція цього міста відповідає умові панмікси. Визначте її генетичну структуру і частоту рецесивного алеля даної популяції.

2. Спадкова метгемоглобінемія (збільшення вмісту метгемоглобіну в крові внаслідок дефекту ферменту діафрази) успадковується як рецесивна ознака. В популяції ескімосів Аляски хвороба зустрічається з частотою 0,9%. Визначте частоту гетерозигот в популяції.

3. В певній популяції альбіноси (генотип aa) зустрічаються з частотою 0,00005. Визначте частоти алелей і різних генотипів в даній популяції.

4. При дослідженні групи крові в місті встановлено, що серед 4200 людей 1218- з групою M, 882 людини - з групою N та 2100 -з групою MN. Визначіть частоти алелей і генотипів.

5. Група особин складається з 30 гетерозигот і 1000 гомозигот AA. Визначте частоти алелей A і a в популяції і частоти генотипів в ній в наступному поколінні при умові панміксії.

6. У популяціях Європи частота альбінізму (генотип aa) становить $7 \cdot 10^{-5}$. На яку кількість людей у популяції припадає один альбінос? Один носій гена альбінізму?

7. У популяції населення одного приморського міста протягом двадцяти років народилося 26 тисяч дітей, з яких 11 були гомозиготами за рецесивним геном th , який спричинює анемію Кулі (таласемію). При цій хворобі порушується синтез гемоглобіну й еритроцити набувають форми мішені. Визначте генетичну структуру популяції, тобто частоту генотипів $ThTh$, $Thth$, $thth$.

8. Фруктозія спричинюється рецесивним геном f , зустрічається з частотою $7 \cdot 10^{-6}$. Визначте частоту алелів F і f .

9. Домінантний ген R зумовлює розвиток у людини здатності згортати язик трубочкою, а його рецесивний алель такої здатності не надає. Як можна обчислити частоту алеля, що зумовлює здатність згортати язик трубочкою, якщо відомо, що 64% опитаних жителів міста Балтімора (США) володіють цією здатністю, а 36% - ні?

10. У популяції лисиць за кольором хутра зустрічаються червоні, чорно-бурі й сиводушки. В одній популяції, що складається з 176

особин, виявлено 86,4% червоних особин. Визначте відсоток чорнобурих лисиць і сиводушок.

11. У США близько 70% населення відчуває гіркий смак фенілтіокарбаміду (ФТК), а 30% не відрізняє його на смак. Здатність відчувати смак ФТК визначається домінантним геном А. Визначте частоту алелів А і а, а також генотипів АА і аа у даній популяції.

12. У Великобританії на 20 000 дітей народжується один альбінос. Визначте частоту алелів А і а, а також кількість гомозиготних і гетерозиготних особин у даній популяції за геном альбінізму.

13. У корів шортгорн червона масть неповно домінує над білою. Гібриди від схрещування червоних особин з білими мають чалу масть. У регіоні, що спеціалізується на розведенні шортгорнів, зареєстровано 4169 червоних тварин, 3780 чалих і 756 білих. Визначте частоту генів, що зумовлюють червону і білу масті у даному регіоні.

14. Альбінізм зустрічається з частотою 1:20 000. Визначте кількість гетерозигот у популяції.

15. Фенілкетонурія в Данії зустрічається з частотою 1:50 000 населення. Визначте кількість гетерозигот серед населення.

16. Визначте частоту (р) домінантного алеля і частоту (q) рецесивного алеля у вибірках з популяцій: а) 400 особин АА і 50 особин аа; б) 500 особин Вв і 25 вв; в) 700 особин СС і 350 особин Сс; г) 60 особин DD і 40 особин dd.

17. У вибірці з 84 000 рослин жита 210 – альбіноси. Визначте генетичну структуру популяції та кількість рослин-носіїв мутантного гену альбінізму.

18. Визначте число носіїв мутантного гена, якщо відомо, що в популяції зустрічається один хворий на 800 особин. Як зміниться генетична структура популяції, якщо частота рецесивного гену зменшиться у два рази?

19. Визначте частоту (р) домінантного алеля А і частоту (q)

рецесивного алеля a в популяціях:

а) AA - 36%, Aa – 48%, aa – 16%;

б) AA 72%, Aa – 13%, aa – 15%;

в) AA 24%; Aa – 60%, aa – 16%.

Який тип добору діє в кожній з цих популяцій?

20. Рецесивний алель X -хромосоми визначає у людини нездатність розрізняти кольори (дальтонізм). Частота чоловіків-дальтоніків у певній популяції становить 0,008. Обчисліть частоти фенотипів у цій популяції.

21. У популяції 1300 осіб мають кров групи 0; 800 – А, 300 – В, 100 – АВ. Обчисліть частоти алелів I^A , I^B , i^0 у цій популяції.

22. У популяції нічної красуні *Mirabilis jalapa* три рослини мають червоні квіти, 44 – рожеві, а 55 – білі. Обчисліть частоти алелів, які визначають колір квітів у цій популяції.

23. При вивченні панміктичної популяції встановлено частоту особин гомозиготних за декількома рецесивними генами: aa – 5%, bb – 0,5%, cc – 0,05%, dd – 0,005%, ee – 0,0005%. Обчисліть частоту домінантних і рецесивних алелів цих генів і частоту генотипів.

24. В одній панміктичній популяції частота алеля b становить 0,4, а в іншій – 0,8. Яка кількість носіїв рецесивного гену в кожній популяції, якщо загальна кількість особин складає 1000? Зазначте еволюцію цих популяцій за умови дії рушійного добору на користь рецесивного алеля.

МІНЛИВІСТЬ

Теоретична частина

Мінливість – здатність живих організмів набувати нових ознак за дії зовнішніх і внутрішніх факторів. Мінливість поділяється на: спадкову (генотипову), неспадкову (модифікаційну, фенотипову) і онтогенетичну. **Модифікація** – це фенотипова різниця, що зумовлена зовнішніми факторами й пов'язана зі спадковістю через детермінування норми реакції. **Генотипова мінливість** може бути **комбінативна та мутаційна**. Джерелом комбінативної мінливості є: незалежне розходження гомологічних хромосом в першому мейотичному поділі; генетична рекомбінація при кросинговері; випадкове злиття гамет при заплідненні. **Мутації** – структурні зміни генетичного матеріалу, що призводять до порушень біохімічного гомеостазу і в кінцевому результаті – до появи нових властивостей у клітини чи організму. За зміною спадкового матеріалу мутації класифікують на **генні** (точкові) які пов'язані зі зміною кодону; **хромосомні**, які пов'язані зі зміною кількості чи положення генів у хромосомах, та **геномні**, які пов'язані зі зміною кількості хромосом у каріотипі.

Наслідком **генних мутацій**, що призводять до заміни одного нуклеотиду на інший в триплеті можуть бути: нейтральні мутації - змістове значення кодона не змінюється у зв'язку з виродженістю коду (завдяки йому одна й та ж АК може кодуватись декількома триплетами); місенс-мутації - змістове значення кодона змінюється (заміна в кодоні одного нуклеотиду на інший супроводжується амінокислотною заміною в поліпептидному ланцюзі); нонсенс-мутації - заміна одного нуклеотиду в кодоні перетворює цей кодон в один з трьох можливих термінуючих триплетів.

Наслідком **хромосомних мутацій** є утворення незбалансованих гамет, що порушує процеси кросинговеру та проходження мейозу в цілому й, в окремих випадках, утворюються гемізиготні особини з проявом рецесивних генів

Наслідком **геномних мутацій** є утворення **поліплоїдних** особин (кількість хромосом каріотипу збільшується кратно у декілька разів) чи **анеуплоїдних** особин (збільшується чи зменшується кількість окремих хромосом каріотипу). Серед поліплоїдів розрізняють **автополіплоїди**

(кратне збільшення хромосом одного виду), які можуть бути **парними** (збільшення галоїдного набору хромосом кратно 2: тетраплоїд, гексаплоїд тощо) і **непарними** (збільшення галоїдного набору хромосом не кратно 2: триплоїд, пентаплоїд тощо) і **аллополіплоїди** (кратне збільшення хромосом різних видів). Аллополіплоїдія відіграла основну роль у виникненні в природі нових видів злакових, сливових тощо. Створення аллополіплоїдів – це головний метод, який використовують для виведення нових сортів злакових, овочевих та плодових культурних рослин.

У автополіплоїдів при наявності одного локуса з алелями A і a можливі декілька варіантів генотипів. Зокрема, у автотетраплоїда за таких умов можливі п'ять генотипів:

$AAAA$ - **квадриплекс**

$AAAa$ - **триплекс**

$AAaa$ - **дуплекс**

$Aaaa$ - **симплекс**

$aaaa$ - **нулліплекс**.

При цьому розщеплення в квадриплексі і нулліплексі не відбувається. В інших випадках можливо утворення різних сортів гамет та їх співвідношення (в залежності від генотипу). Для розуміння хромосомного розщеплення з утворенням гамет а при їх злитті - генотипів пронумеруємо хромосоми. За таких умов генотипи автотетраплоїдів та гамет будуть мати вигляд:

Таблиця 3.

Генотип автотетраплоїда	Генотипи гамет	Співвідношення гамет
$A_1A_2A_3a$ - триплекс	$A_1A_2, A_1A_3, A_1a_4, A_2A_3, A_2a_4, A_3a_4$	$1 AA : 1 Aa$
$A_1A a_3a_4$ - дуплекс	$A_1A_2, A_1a_3, A_1a_4, A_2a_3, A_2a_4, a_3a_4$	$1AA : 4Aa : 1aa$
$A_1a_2a_3a_4$ - симплекс	$A_1a_2, A_1a_3, A_1a_4, a_2a_3, a_2a_4, a_3a_4$	$1 Aa : 1 aa$

Фенотипові відношення у автотетраплоїдів при умові повного прояву домінантного алеля в одній дозі залежить від генотипів батьків і може бути наступним:

Таблиця 4.

№ п/п	Батьки	Співвідношення гамет	Співвідношення фенотипів
1	$A_1A a_3a_4 x$ $A_1A a_3a_4$	$1AA : 4Aa : 1aa$	$35 A : 1 a$
2	$A_1A a_3a_4 x$ $A_1a_2a_3a_4$	$1AA : 4Aa : 1aa;$ $1 Aa : 1 aa$	$11 A : 1 a$
3	$A_1A a_3a_4 x$ $a_1a_2a_3a_4$	$1AA : 4Aa : 1aa;$ <i>всі aa</i>	$5 A : 1 a$
4	$A_1a_2a_3a_4 x$ $A_1a_2a_3a_4$	$1 Aa : 1 aa$	$3 A : 1 a$
5	$A_1a_2a_3a_4 x$ $a_1a_2a_3a_4$	$1 Aa : 1 aa;$ <i>всі aa</i>	$1 A : 1 a$

Серед анеуплоїдів розрізняють: **тетрасоміків** ($2n+2$), **трисоміків** ($2n+1$), **моносоміків** ($2n-1$), **нулесоміків** ($2n-2$).

В методичному посібнику представлені задачі на геномні мутації. При розв'язуванні задач з поліплоїдії треба мати на увазі, що характер розщеплення у поліплоїдів відрізняється від диплоїдів. Якщо при схрещуванні за однією ознакою (моногогібридне) у диплоїда розщеплення в F_2 буде 3:1, то в тетраплоїда – 35:1 (дивись таблицю). Також в задачах необхідно звернути увагу на термінологію. Зокрема прийнято вживати термін «основне» (базове) число хромосом (x), яке свідчить про кількість гаплоїдного набору хромосом у вихідного виду. Так у пшениці однозернянки (вихідна форма) основне число хромосом = 7. Другим терміном є «гаплоїдне число» (n), яке дорівнює гаплоїдному набору хромосом даного виду. У вищезазначеній рослині гаплоїдне число співпадає з основним = 7, а диплоїдне $2n = 14$. Тверда пшениця має $2n = 28$, а $n = 14$.; м'яка пшениця відповідно – 42 і 24 хромосоми.

Приклади розв'язку задач

Приклад № 1. Яке співвідношення фенотипів і генотипів ви очікуєте отримати від схрещування двох тетраплоїдів з генотипом AAaa, якщо має місце повне домінування і випадкове хромосомне розщеплення?

Розв'язок

При випадковому хромосомному розщепленні тетраплоїди з генотипом ААаа можуть дати три типи гамет у співвідношенні: 1АА:1аа:4Аа. Отже, у нащадків від схрещування таких особин повинно пройти наступне розщеплення:

♂/♀	АА	4Аа	аа
АА	АААА	4АААа	ААаа
4Аа	АААа	16ААаа	4Аааа
аа	ААаа	4Аааа	аааа

Співвідношення фенотипів у розщепленні при умові повного домінування: 35А:1а; співвідношення генотипів: 1АААА:8АААа:18ААаа:8Аааа:1аааа.

Приклад № 2. Які фенотипи і в якому співвідношенні можуть виникнути в реципрокному схрещуванні трисомиків з генотипами Ааа і ААа при умові повного домінування; необхідно пам'ятати, що у батьківських рослин життєздатні лише гаплоїдні гамети.

Розв'язок

Пряме схрещування ♀ Ааа х ♂ ААа

Материнська рослина може утворювати чотири, а батьківська - два типи гамет у співвідношенні:

♂ / ♀	2Аа	2а	А	аа
2А	4ААа	4Аа	2АА	2Ааа
а	2Ааа	2аа	Аа	ааа

Співвідношення генотипів у нащадків: 17А:1а.

Зворотнє схрещування ♀ ААа х ♂ Ааа

Материнська рослина може утворювати чотири, а батьківська - два типи гамет у наступному співвідношенні:

♂ / ♀	2Аа	2А	АА	а
2аа	4Аааа	4Ааа	2ААаа	2ааа
А	2ААа	2АА	ААА	Аа

Співвідношення генотипів у нащадків: 8А:1а.

Задачі для самостійного розв'язку

1. Які фенотипи і в якому співвідношенні могли би виникнути при реципрокних схрещуваннях трисомиків з генотипом ААа при умові повного домінування? Необхідно враховувати, що у чоловічих особин життєздатні тільки гаплоїдні гамети.
2. Які фенотипи і в якому співвідношенні могли би виникнути при реципрокних схрещуваннях трисомиків з генотипом ааа та Ааа за умов повного домінування. Необхідно враховувати, що у чоловічих особин життєздатні тільки гаплоїдні гамети.
3. У дрозофіли зустрічається життєздатні трисоміки по IV хромосомі. Самка з нормально розвинутими очима, трисомик по IV хромосомі з генотипом ААа, схрещується з білооким самцем з генотипом аа. Яких нащадків буде отримано від даного схрещування?
4. Яке співвідношення генотипів та фенотипів ви очікуєте отримати від схрещування автотетраплоїдів з генотипами Аааа та ААаа, якщо має місце повне домінування і випадкове хромосомне розщеплення?
5. Яке співвідношення генотипів та фенотипів ви очікуєте отримати від схрещування автотетраплоїдів з генотипами АААа та Аааа, якщо має місце повне домінування і випадкове хромосомне розщеплення?
6. Яке потомство по забарвленню плодів повинно бути отримано при самозапиленні тетраплоїдної рослини томата з рожевими плодами з генотипом ААаа, при випадковому хромосомному розщепленні і кумулятивній дії алелей? АААА - темно-червоне забарвлення, АААа - червоне, ААаа - рожеве, Аааа - світло-рожеве, аааа - біле.
7. *Яке співвідношення фенотипів ви очікуєте отримати в потомстві, одержаному при самозапиленні автотетраплоїда ААааВВbb, якщо має місце незалежне успадкування, повне домінування за обидвома генами і випадкове хромосомне розщеплення?
8. Види пшениці (*Triticum*) складають поліплоїдний ряд з основним числом $x=7$. Користуючись ознаками x і n , позначте диплоїдне та гаплоїдне число: а) диплоїдного; б) тетраплоїдного; в) гексаплоїдного; г) октаплоїдного видів.

9. Схрещуються дві автотераплоїдні рослини львиного зеву з генотипами АААА і аааа. Визначте забарвлення квітки в F_1 і розщеплення по фенотипу у F_2 , якщо має місце кумулятивна дія алелей і випадкове хромосомне розщеплення? АААА - темно-червоне забарвлення квітки, АААа - червоне, ААаа - світло-червоне, Аааа - рожеве, аааа - біле.

10. Вкажіть очікуване співвідношення генотипів і фенотипів в потомстві від наступного реципрокного схрещування диплоїдів кукурудзи з трисоміками при умові домінування червоного забарвлення зерна над білим: а) Ааа х аа; б) аа х Ааа; в) Ааа х Аа; г) Аа х Ааа; д) ААа х Аа; е) Аа х ААа. (У батьківській рослині життєздатні лише гаплоїдні гамети).

11. При схрещуванні двох тетраплоїдних рослин дурману з пурпуровими квітками одержали 350 рослин з пурпуровими і 33 з білими. Визначте генотипи вихідних рослин і поясніть розщеплення (дивись таблицю теоретичній частині).

12. Яке розщеплення за фенотипом буде при аналізуючому схрещуванні тетраплоїда: а) триплекса; б) дуплекса; в) симплекса? Необхідно врахувати, що ген має кумулятивну дію.

13. Яке співвідношення фенотипів ви очікуєте отримати від схрещування автотераплоїда ААаа з диплоїдом Аа при умові повного домінування і випадкового хромосомного розщеплення у поліплоїда?

14. В якому поколінні і з якою імовірністю з'являться білоквіткові рослини від схрещування тетраплоїдних гомозиготних пурпуровоквіткових і білоквіткових рослин дурману при умові повного домінування і випадкового хромосомного розщеплення?

15. Встановлено, що вид слива (*Prunus*) є аллотетраплоїдом, який виникає від спонтанного схрещування терну (*Prunus spinosa*, $2n=32$) з аличею (*Prunus cerasifera*, $2n=16$) шляхом злиття не редукованих гамет цих видів. Скільки хромосом має слива, якщо відомо, що вона є гексаплоїдом?

16. Види щавлю (*Rumex acetosa*) складають поліплоїдний ряд з

основним числом $x = 10$. Користуючись ознаками x і n , позначте диплоїдне та гаплоїдне число: а) диплоїдного; б) тетраплоїдного; в) гексаплоїдного; г) октаплоїдного видів.

17. *Топінамбур або земляна груша (*Helianthus tuberosus*) – гексаплоїдний вид ($2n=102$). Визначте гаплоїдне (n), основне або базове (x) число хромосом.

18. *Один з видів картоплі (*Solanum*) – гексаплоїдний вид ($2n=72$). Визначте гаплоїдне (n), основне або базове (x) число хромосом.

19. Автотетраплоїд триплекс (*AAAa*) схрещується з автотетраплоїдом симплекс (*Aaaa*). Яке співвідношення фенотипів буде у покоління, якщо має місце кумулятивна дія гена і випадкове хромосомне розщеплення?

20. При схрещуванні двох тетраплоїдних рослин дурману з пурпуровими квітками одержали 3226 рослин з пурпуровими і 92 з білими. Визначте генотипи вихідних рослин і поясніть розщеплення (дивись таблицю в теоретичній частині).

21. Тетраплоїдна рослина томату невідомого походження при запиленні пилюком рослини з жовтими плодами дала 50% нащадків з червоними і 50% нащадків з жовтими плодами. Визначте генотипи батьків і нащадків, враховуючи, що червоний колір плодів домінує над жовтим.

22. При схрещуванні гібридної рослини з пурпуровими квітками одержали з рослиною з білими, отримали 430 рослин з пурпуровими і 82 з білими. Який генотип батьківських форм і поясніть розщеплення (дивись таблицю в теоретичній частині).

ГЕНЕТИКА ЛЮДИНИ

Теоретична частина

Людина – складова частина біосфери і продукт її еволюції, тому закономірності біологічних процесів, які проходять у клітині та мають універсальне значення, повною мірою стосуються і людини.

Проте необхідно враховувати деякі особливості людини як об'єкта дослідження, що змушує шукати нетрадиційні шляхи та методи наукових досліджень.

Основні генетичні закони та закономірності мають універсальне значення та повністю можуть бути застосовані до людини, хоча як об'єкт генетичних досліджень людина має ряд особливостей.

Проте для людини характерні всі відомі в генетиці типи успадкування ознак і взаємодії між генами. У зв'язку з цим вивчення генетики людини базується, в основному, на використанні специфічних методів аналізу спадковості та мінливості. Одним з них є - *генеалогічний метод*, основа якого – складання родоводу та його наступний аналіз.

Умовні позначення для складання родоводів

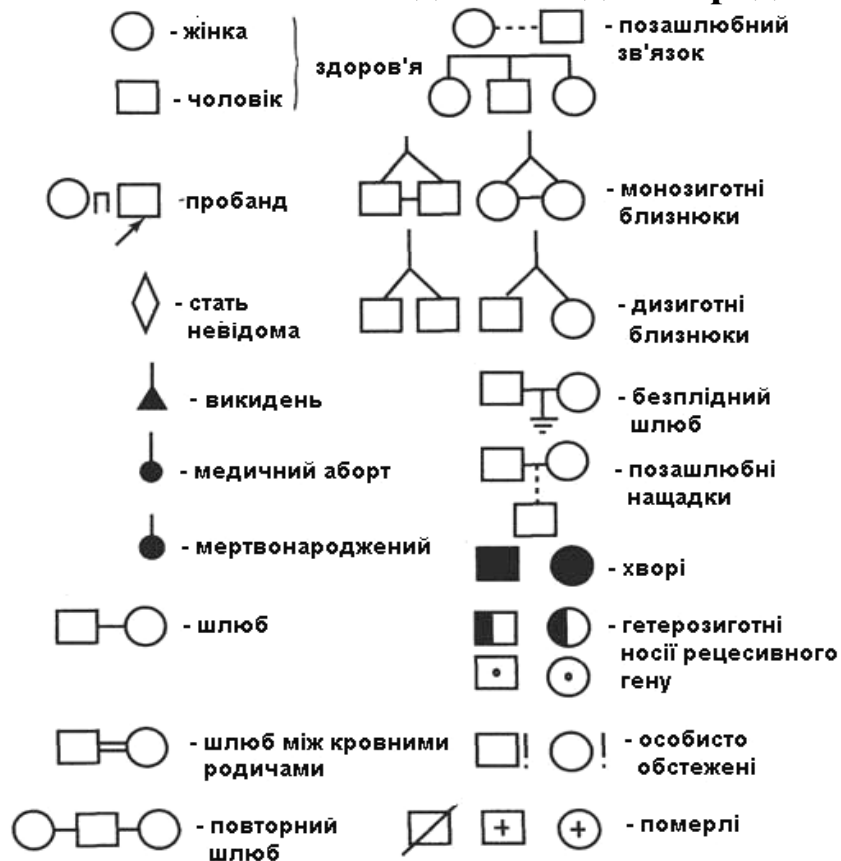


Рис 1. Умовні позначення для складання родоводів

Зазначеним методом установлюють спадковий характер ознаки, тип успадкування та взаємодії генів.

Для реалізації генеалогічного методу необхідно застосувати загальноприйняті позначення і скласти родовід, аналіз якого проводити з урахуванням *розміру вибірки, можливості виникнення в людей фенотипі мутацій, вищеплення хворих нащадків, експресивності та пенетрантності окремих ознак.*

Методика складання родоводів:

1. Складання родоводів починається з *пробанда*.
2. брати і сестри (сибси) розташовуються в порядку народження зліва направо, починаючи зі старшого;
3. всі члени родоходу розташовуються чітко в межах одного покоління в один ряд;
4. покоління позначаються римськими цифрами зліва від родоходу зверху вниз;
5. арабськими цифрами нумеруються нащадки одного покоління (один ряд) зліва направо;
6. в зв'язку з тим, що деякі хвороби проявляються в різні періоди життя, вказують вік членів сім'ї;
7. помічають членів родоходу, які особисто обстежені.

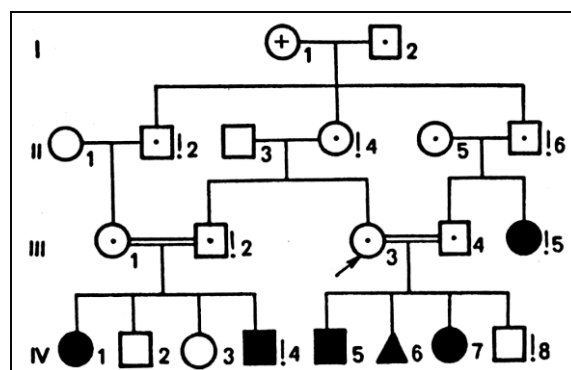


Рис 2. Приклад графічного зображення родоходу з альбінізмом

Аналіз родоводів

Генетичний аналіз родоводів – це встановлення спадкового характеру захворювання й типу успадкування, виявлення гетерозиготних носіїв мутантного гену, прогноз народження хворих

дітей в сім'ях із спадковою патологією. Аналіз включає наступні етапи:

1. Встановлення, чи є захворювання поодиноким в сім'ї чи це «сімейний характер»

2. Визначення типу успадкування ознаки. Для цього треба враховувати: чи однакова частота захворювання у осіб обох статей і у осіб якої статі воно зустрічається частіше; особинам якої статі передається ознака від хворого батька чи хворої матері; чи є випадки, коли у обох здорових батьків народились хворі діти, або навпаки у хворих батьків – здорові діти; чи в усіх поколіннях та у більшості членів родоуду захворювання є; яка частка нащадків має ознаку, коли в родині хворіє один з батьків.

Розрізняють декілька типів успадкування ознак у людини, які мають специфічність передачі ознак нащадкам. **Аутосомно-домінантне** - мутантний ген зв'язаний з аутосомою і проявляється як в гомозиготному так і в гетерозиготному стані. Характеризується це наступними особливостями:

1. Патологія передається від хворих батьків до дітей.
2. Обидві статі хворіють з однаковою частотою.
3. Здорові члени родини як правило мають здорових нащадків.
4. Батько і мати однаково передають мутантний ген донькам і синам.
5. Якщо хворий один з батьків, то можливі варіанти частоти народження хворих нащадків від 100% (гомозигота) до 50% (гетерозигота). Якщо хворі обидва батьки, то така варіація може бути 75-100% в залежності від гетерозиготності чи гомозиготності батьків відповідно.
6. За такого типу успадкування часто має місце варіюючі експресивність, пенетрантність і залежність важкості захворювання від гомо- чи гетерозиготного стану особини.

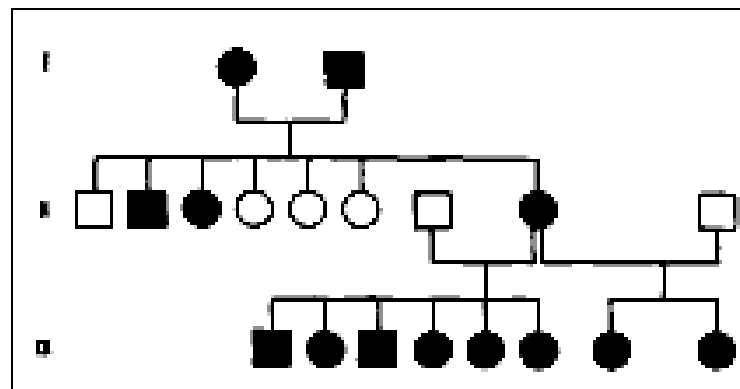


Рис 3. Приклад графічного зображення родоуду за аутосомно-домінантного успадкування

Аутосомно-рецесивне успадкування характеризується:

1. Мутантний ген проявляється тільки у гомозигот;
2. Хворіють рідко та не в кожному поколінні;
3. Імовірність прояву хвороби однакова в особин чоловічої та жіночої статі;
4. У здорових батьків можуть бути хворі діти;
5. Частота захворювання залежить від частоти гена в популяції та коливається у різних етносів;
6. Можлива різна експресивність і пенетрантність.

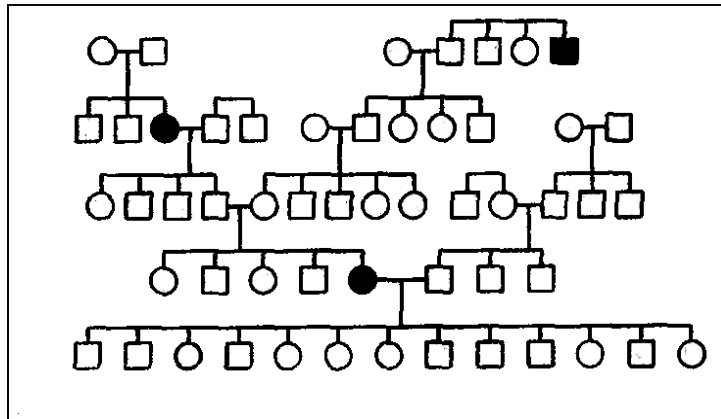


Рис 4. Приклад графічного зображення родоводу за аутосомно-рецесивного успадкування

Успадкування захворювань, зчеплених зі статтю, визначається тим, що мутантний ген розташований в X чи Y-хромосомі. В залежності від розташування гена в статевих хромосомах розрізняють X-зчепне та Y-зчепне успадкування. Для X-зчепного успадкування особливості прояву хвороби залежать від мутації домінантного чи рецесивного гена.

X-зчепне рецесивне успадкування характеризується:

1. Захворювання частіше зустрічаються в особин чоловічої статі;
2. від здорових батьків можуть народитися хворі діти (за умови гетерозиготності матері за мутантним геном);
3. хворі чоловіки не передають захворювання своїм синам, але їх доньки стають гетерозиготними носіями хвороби;
4. хворі жінки можуть родитися тільки в сім'ях, де батько хворий, а мати гетерозиготна за мутантним геном.

Можлива частота народження₈₃дітей в залежності від генетики

батьків:

- здорова ♀ і хворий ♂ - 100% здорові діти, доньки – носії
- носій ♀ і здоровий ♂ - 25%- хворих синів, 25% - здорових синів, 50%- здорових дочок, половина з яких є носіями мутантного гену;
- носій ♀ і хворий ♂ - 25% - хворих синів, 25% - здорових синів, 25% - хворих дочок, 25% - здорових дочок-носій

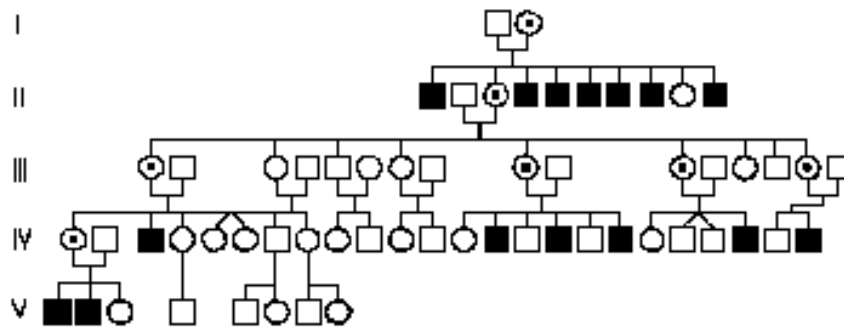


Рис 5. Приклад графічного зображення родоводу за X-зчепленого рецесивного успадкування

X-зчепне домінантне успадкування характеризується:

1. Хворіють як чоловіки так і жінки, однак хворих жінок в два рази більше ніж хворих чоловіків;
2. захворювання прослідковуються в кожному поколінні;
3. якщо хворий батько, то всі його доньки будуть хворі, а всі сини здорові;
4. якщо мати хвора, то імовірність народження хворої дитини дорівнює 50% незалежно від статі;
5. хворі діти будуть тільки тоді, коли хворий один з батьків;
6. у здорових батьків всі діти будуть здорові.

У-зчепне успадкування характеризується

1. Хвороба передається від батька до сина (голандричне успадкування).
2. Хворі всі особини чоловічої статі в кожному поколінні.

Характеристики різних захворювань людини та типи успадкування наведені у додатку

Приклади розв'язку задач

Приклад № 1. Віра і Люба – одно яйцеві сестри близнюки, які вийшли заміж за одно яйцевих братів близнюків – Володю та Євгена. Через певний час у них народилися сини. Чи будуть їх діти настільки схожими, як однойцеві близнюки?

Розв'язок

Батьки у хлопчиків (мамами й татусі) є одно яйцевими близнюками. Для того, щоб хлопчики, які народилися в такий сім'ях були схожі, як одно яйцеві близнюки, необхідно, щоб вони отримали однаковий набір генів від своїх батьків. Теоретично це можливо. Обчислимо ймовірність цієї події.

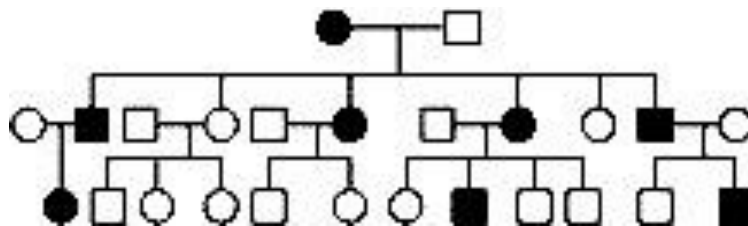
Ймовірність того, що в яйцеклітину відійдуть такі самі хромосоми, що отримав від матері перший хлопчик дорівнює $(1/2)^{23}$. Ймовірність того, що утвориться сперматозоїд з таким самим набором хромосом, що отримав від батька перший хлопчик дорівнює $(1/2)^{22}$ (У-хромосоми ідентичні у обох хлопців, тому ми розглядаємо пере комбінацію інших 22 пар хромосом). Ймовірність того, що саме ця яйцеклітина заплідниться саме цим сперматозоїдом – $(1/2)^{23} \times (1/2)^{22} = (1/2)^{506}$, або приблизно з ймовірністю $4,77 \times 10^{-153}$. Отже ймовірність того, що два хлопці будуть схожі, як одно яйцеві близнюки дуже мала. Явище кросинговеру ще зменшує реальну ймовірність отримання хлопцями однакового набору генів. Ці двоюрідні брати будуть скоріше схожі між собою, як рідні.

Приклад № 2. Чоловік, хворий на брахідактилію має доньку з таким самим захворюванням. Його дружина здорова. Відомо, що мати пробанда теж мала цю хворобу. Його брат і двоє з чотирьох сестер, які всі перебувають у шлюбі зі здоровими людьми, хворі на брахідактилію. Одна із здорових сестер незаміжня, інша має двох здорових дочок та сина. Одна із хворих сестер має здорових дочку та сина. У іншої два сини та дочка здорові й хворий син. Брат має двох синів, один з яких хворий на брахідактилію. Який тип успадкування хвороби? Яка ймовірність народження хворих онуків у пробанда, якщо його донька вийде заміж за здорового чоловіка?

Розв'язок

Складаємо родовід пробанда у загальноживаних символах.

Починаємо з про банди, якого позначаємо стрілкою.

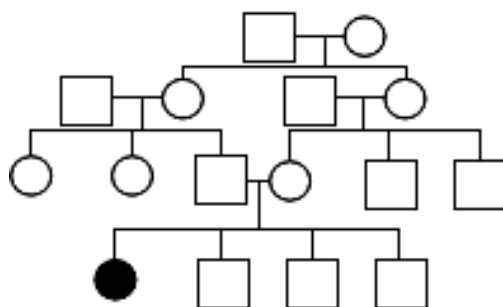


Проводимо аналіз графічного зображення родоводу. Захворювання спостерігається у всіх трьох поколіннях незалежно від статі, що свідчить про його домінантність та аутосомно локалізацію гена, що за нього відповідає. Донька про банди – гетерозигота, оскільки її мати здорова. Якщо вона вийде заміж за здорового юнака, то імовірність народження у неї хворої дитини складає 50% так як половині своїх потомків вона передасть ген, що відповідає за брахідактилію.

Приклад № 3. Двоюрідні брат і сестра вступили в шлюб і у них народилося четверо дітей: три здорових хлопчики та дівчинка хвора на пігментну ксеродерму. Двоє рідних сестер чоловіка та двоє рідних братів жінки, а також їх матері, які були рідними сестрами, та батьки і дідусь з бабуся по материнській лінії – здорові. Встановіть тип спадкування пігментної ксеродерми. Яка імовірність народження хворих онуків, якщо дівчинка візьме шлюб із здоровим чоловіком, що не має родинних зв'язків з цією сім'єю?

Р о з в' я з о к

Складаємо родовід пробанди у загальноживаних символах.



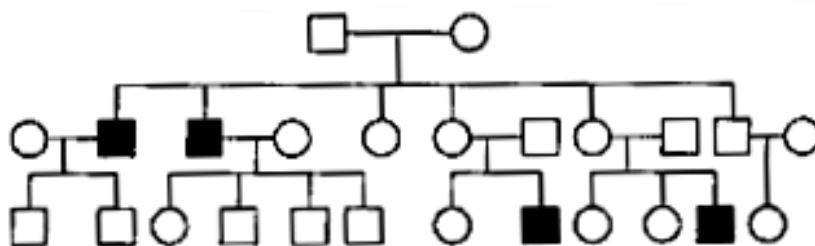
Проводимо аналіз графічного зображення родоводу. Враховуючи, що батьки хворої дівчинки двоюрідні брат і сестра й протягом чотирьох поколінь не було в сім'ї випадків захворювання пігментною ксеродермою, можна зробити висновок про аутосомно-рецесивне спадкування цієї хвороби та гомозиготність хворої дівчини за

алелем, що відповідає за дану патологію. Якщо хвора дівчинка вийде заміж за здорового юнака, що не має родинних зв'язків з цією сім'єю, тобто не буде гетерозиготним за цим геном, всі народжені ними діти будуть здоровими гетерозиготами.

Приклад № 4. Здорові чоловік та жінка мають троє дочок та троє синів, два з яких не розрізняють кольорів (дальтоніки). Одна із сестер не заміжня. Всі інші брати і сестри мають здорових чоловіків та жінок. Здоровий брат має здорову доньку. Один з хворих братів має два здорових сини, інший – три здорових сини і доньку. Одна із сестер має здорову доньку та хворого сина, інша – двох здорових доньок і хворого сина. Як успадковується ознака кольорової сліпоти?

Р о з в' я з о к

Складаємо родовід сім'ї.

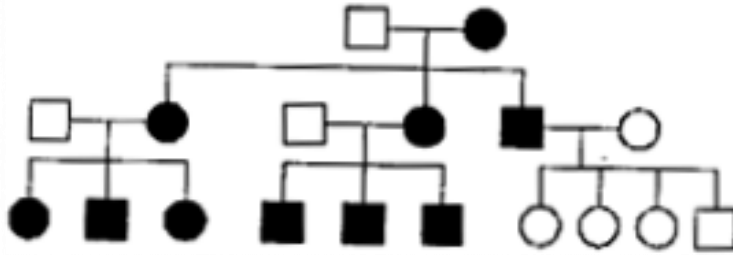


Проводимо аналіз графічного зображення родоводу. Хвороба є в двох поколіннях, але хворіють тільки чоловіки. Хвороба передається по материнській лінії: хворідадьки мають хворих племінників. Отже ген, що відповідає за захворювання, рецесивний, зчеплений зі статтю та розташований в X-хромосомі.

Приклад № 5. Низькоросла жінка виходить заміж за високого чоловіка. В них народилось троє дітей: двоє хлопчиків і дівчинка, всі маминого росту. Діти вступили в шлюб з нормальними за зростом людьми. У дочок всі народжені діти були низькорослими (двоє дівчат та хлопчик у одному випадку та троє хлопчиків в іншому), а у сина – нормального зросту. Який тип спадкування ознаки? Якого росту будуть онуки у низькорослого сина?

Розв'язок

Складемо родовід сім'ї.



Проводимо аналіз графічного зображення родоводу. Ознака спостерігається у трьох поколіннях, але передається тільки по материнській лінії (діти низькорослого сина всі нормального зросту). Отже, ген, що відповідає за цю ознаку розташований поза хромосомами і передається з цитоплазмою яйцеклітини. Виходячи з цього можна стверджувати, що онуки низькорослого сину будуть нормальні на зріст, якщо його дружина буде нормального росту, або низькорослі, якщо його дружина буде низькорослою.

Задачі для самостійного розв'язку

1. Пробанд страждає легкою формою серповидноклітинної анемії. Його жінка здорова. Вона має дочку також з легкою формою анемії. Мати і бабка пробанда страждали цією ж формою серповидноклітинної анемії, решта сибсів матері і її батько здорові. У жінки пробанда є сестра, яка хвора легкою формою анемії, друга сестра померла від анемії. Мати і батько жінки пробанда страждали анемією, крім того відомо, що у батька було два брата і сестра з легкою формою анемії і що в сім'ї сестри батька двоє дітей померли від серповидноклітинної анемії. Визначить ймовірність народження дітей з важкою формою анемії в сім'ї доньки пробанда, якщо вона одружиться з таким же чоловіком, як її батько.

2. Пробанд здоровий. Батько пробанда хворий епідермолізом булезним. Мати і її родичі здорові. Дві сестри пробанда здорові, один брат хворий. Три дядьки з боку батька і їх діти здорові, а три дядьки і одна тітка - хворі. У одного хворого дядьки від першого шлюбу є хворий син і здорова донька, а від другого шлюбу хворі син і донька. У другого хворого дядьки є двоє здорових доньки і хворий син. У третього хворого дядьки - два₈₈ хворих сина і дві хворі доньки.

Бабка по батьковій хвора, а дід здоровий, здорові були і три сестри і два брата бабки. Визначить імовірність народження хворих дітей в сім'ї пробанда при умові, що він одружиться із здоровою жінкою.

3. Пробанд страждає дефектом нігтів та колінної чашечки, а його брат нормальний. Цей синдром був у батька пробанда, а мати була здорова. Дід пробанда по лінії мами з синдромом, а бабка здорова. Батько пробанда має трьох братів і чотирьох сестер, з них два брата і дві сестри з синдромом. Хворий дядько по лінії батька одружений з здоровою жінкою і має двох дочок і сина. Всі вони здорові. Визначте ймовірність появи дітей з захворюванням в сім'ї пробанда, якщо його дружина буде здорова.

4. Пробанд – юнак, який страждає глухотою. Його сестра з нормальним слухом. Мати і батько пробанда також з нормальним слухом. У матері пробанда 5 сестер з нормальним слухом і один глухий брат. Три сестри матері одружені з нормальними чоловіками. У однієї сестри матері пробанда здорова дочка, у другій - здоровий син, у третій здорова дочка і глухий син. Бабка пробанда по лінії матері здорова, її чоловік також здоровий. У бабки пробанда по лінії матері три здорові сестри, один здоровий і один глухий брат. Здорові сестри бабки по лінії матері мають здорових чоловіків, а здоровий брат був одружений з здоровою жінкою. У першій сестри бабки пробанда 4 здорових доньки і 1 глухий син. У другій сестри бабки здорова донька і глухий син. У третій сестри бабки здорова донька, один здоровий і один глухий син. Батько і мати бабки пробанда по лінії матері здорові. Визначте ймовірність народження глухих дітей в сім'ї пробанда при умові, що його дружина буде мати такий же генотип, як і його мати.

5. Пробанд – юнак, який страждає рахітом. Його сестра здорова. Мати хвора, батько здоровий. У матері пробанда є троє братів, всі здорові. Дід пробанда по лінії матері хворий, бабка здорова. Дід мав двох здорових братів і одного хворого. У здорових братів діда від здорових дружин було 5 синів (у одного - 4, у іншого -1) . У хворого брата діда дружина була здорова. У них було 3 хворі доньки і два здорових сина. У двох хворих доньок брата діда пробанда від здорових чоловіків було по одній здоровій доньці. Ще в одній хворій доньки брата діда пробанда, яка було одружена з здоровим чоловіком було два сина, один з яких хворий і хвора донька. У здорових синів брата діда

пробанда дружини здорові, здорові і їх діти. Визначте вірогідність народження хворих на рахіт дітей в родині пробанда у випадку, якщо він одружиться зі своєю хворою троюрідною сестрою.

6. Пробанд страждає нічною сліпотою. Двоє його братів також хворі. По лінії батька пробанда, таких що страждали нічною сліпотою не було. Мати пробанда хвора. Дві сестри та двоє братів матері пробанда здорові. Вони мають лише здорових дітей. По материнській лінії відомо: бабуся хвора, дід здоровий; сестра бабусі хвора, а брат здоровий; прадідусь (батько бабусі) хворів нічною сліпотою, сестра і брат прадідуся були хворі; прапрадідусь хворів, його брат, який мав хвору дочку та двох хворих синів, також хворів. Жінка пробанда, її батьки та родичі здорові. Визначте імовірність народження хворих дітей у сім'ї пробанда.

7. Наречені нормально володіють правою рукою. В сім'ї жінки було ще дві сестри, які нормально володіли правою рукою, і три брати - лівші. Мати жінки - правша, батько - лівша. У батька є сестра і брат лівши та сестра і два брати правши. Дід по лінії батька правша, бабця - лівша. У матері жінки є два брата і сестра - всі правші. Мати чоловіка - правша, батько - лівша. Бабки та дідусі з боку матері і батька чоловіка нормально володіли правою рукою. Визначте імовірність народження у цій сім'ї дітей, які володіють лівою рукою.

8. Пробанд – здорова жінка має двох здорових братів та двох братів, які хворі алькаптонурією (виділення з сечею гомогентизованої кислоти). Мати пробанда здорова і має двох здорових братів. Батько пробанда хворий акальптонурією і є двоюрідним дядьком своєї жінки. У нього здоровий брат та здорова сестра. Бабця по лінії батька була хворою і одружена зі своїм двоюрідним здоровим братом. Бабця і дід пробанда по лінії матері здорові, батько і мати діда також здорові, при цьому мати діда приходиться рідною сестрою діда пробанда з боку батька. Встановіть імовірність народження хворих дітей в сім'ї пробанда при умові, якщо вона вийде заміж за здорового чоловіка, мати якого страждала алькаптонурією.

9. Пробанд – здорова жінка має п'ять сестер, дві з яких однойцеві близнюки, дві - двояйцеві близнюки. Всі сестри мають шість пальців на руці. Мати пробанда нормальна, батько шестипалий. З боку матері

всі предки нормальні. У батька два брата і чотири сестри - всі нормальні п'ятипалі бабця по лінії батька шестипала. В неї було дві шестипалі сестри та одна п'ятипала. Дід по лінії батька на всі його родичі нормально п'ятипалі. Визначте ймовірність народження в сім'ї пробанда шестипалих дітей при умові, якщо вона вийде заміж за нормального чоловіка.

10. Пробанд – здорова жінка. Її сестра також здорова, а двоє братів страждають дальтонізмом. Мати і батько пробанда здорові. Чотири сестри матері пробанда здорові, чоловіки їх також здорові. Про двоюрідних сибсах з боку матері пробанда відомо: в одній сім'ї один хворий брат, дві сестри і брат здорові; в двох інших сім'ях по одному хворому брату та одній здоровій сестрі; в четвертій сім'ї - одна здорова сестра. Бабуся пробанда з боку матері здорова, дід страждає дальтонізмом. З боку батька пробанда хворих дальтонізмом не відмічено. Визначте імовірність народження в сім'ї пробанда хворих дальтонізмом дітей при умові, якщо вона вийде заміж за нормального чоловіка.

11. Пробанд і п'ять братів його здорові. Мати і батько пробанда глухонімі. Два дяді та тітка з боку батька також глухонімі, з боку матері чотири тітки і дядько здорові та одна тітка і один дядько глухонімі. Бабця по матері здорова, а дід хворий. Бабця і дід по батькові глухонімі. Бабця по батькові має глухонімого брата та двох глухонімих сестер. Дід по батькові має двох братів, один з яких здоровий, другий - глухонімий, і п'ять сестер, дві з яких глухонімі. Мати і батько дідуся з боку батька - здорові, мати і батько бабусі з боку батька - глухонімі. Визначте імовірність народження дітей глухонімих в сім'ї пробанда, якщо він одружиться з нормальною у відношенні глухонімоти жінкою, яка походить із здорової в цьому відношенні сім'ї.

12. Пробанд має нормальні по забарвленню зуби. В його сестри зуби коричневі. У матері пробанда зуби коричневі, у батька - нормального забарвлення. Сім сестер матері пробанда з коричневими зубами, а четверо братів - з нормальними. Одна тітка пробанда по лінії матері, яка має коричневі зуби, одружена з чоловіком з нормальними зубами. В них троє дітей: дочка і син з коричневими зубами та дочка з нормальними зубами. Двоє дядів пробанда по лінії матері одружені на жінках без аномалії в забарвленні зубів. В одного з них два сини і

дочка, в другого - дві дочки і син. Всі вони з нормальними зубами. Коричневі зуби мав дід пробанда по лінії матері, а бабка по лінії матері мала нормальні зуби. Два брата діда по лінії матері з нормальним забарвленням зубів. Прабабуся (мати діда по лінії матері) і прапрабабуся (мати цієї прабабусі) мали коричневі зуби, а їх чоловіки були з нормальним забарвленням зубів. Визначте які діти можуть бути у пробанда, якщо він одружиться з жінкою, гетерозиготною за даною ознакою.

13. Пробанд - хвора мозочковидною атаксією жінка. Її чоловік здоровий. У них 6 синів і 3 дочки. Один син та одна дочка хворі мозочковою атаксією, решта дітей здорові. Пробанд має здорову сестру і трьох хворих братів. Здорова сестра одружена зі здоровим чоловіком і має здорову дочку. Троє хворих братів пробанда одружені на здорових жінках. В сім'ї одного брата два здорових сина і одна здорова дочка, в сім'ї другого брата здоровий син і хвора дочка, в сім'ї третього - два сини і три дочки - всі здорові. Батько пробанда хворий, а мати здорова. Яка імовірність появи хворих дітей у хворої дочки пробанда, якщо вона вийде заміж за здорового чоловіка?

14. Пробанд хворий вродженою катарактою. Він одружений зі здоровою жінкою і має хвору дочку та здорового сина. Батько пробанда хворий катарактою, а мати здорова. Мати пробанда має здорову сестру та здорових батьків. Пробанд має по лінії батька здорових рідних тітку та дядю. Дядя одружений на здоровій жінці. Троє їхніх синів (двоюрідні брати пробанда по лінії батька) здорові. Яка імовірність появи у сім'ї дочки пробанда хворих онуків, якщо вона вийде заміж за гетерозиготного по катаракті цього типу чоловіка?

15. У пробанда полідактілія (шестипалість). Батько його також багатопалий, а мати з нормальною будовою кисті. Подальша родословна відома лише по лінії батька. У батька є брат і сестра з нормальною будовою кисті і брат з сестрою багатопалі. Багатопалий дядько пробанда був двічі одружений на жінках з нормальною будовою кисті. Від одного шлюбу у нього була дочка з полідактілією, від другого було 6 дітей: 2 дочки і 1 син з полідактілією і 2 сина і 1 дочка здорові. Тітка пробанда з нормальною кистю була одружена з чоловіком без аналізуючої аномалії. У них було 3 хлопчика і 3 дівчинки здорові. Дід пробанда без аномалії, а бабуся багатопала. Яка

імовірність появи у сім'ї пробанда багатопалих дітей, якщо він одружиться з жінкою, у якої нормальна будова кисті?

16. Роза і Алла - рідні сестри і обидві, як і їхні батьки, страждають нічною сліпотою. У них є ще сестра з нормальним зором, а також сестра і брат, хворі нічною сліпотою. Роза і Алла вийшли заміж за здорових чоловіків. У Алли було 2 дочки і 4 сина, які страждали нічною сліпотою. У Розі - 2 сина і дочка з нормальним зором, і ще один син, хворий. Визначте генотип Розі і Алли, їх батьків і всіх дітей. Яка імовірність появи у Розі і Алли внуків, що страждають нічною сліпотою, при умові, що всі їхні діти одружаться зі здоровими людьми?

17. Пробанд нормального росту має сестру з ахондроплазією (спадкова карликовість). Мати пробанда нормальна, а батько ахондропласт. По лінії батька пробанд має двох нормальних тіток, одну тітку з ахондроплазією і одного дядька з ахондроплазією. Тітка, яка має ахондроплазію, одружена зі здоровим чоловіком. У них є син кралик. Здорові тітка від здорового чоловіка має 2 хлопчики і 2 дівчинки - всі вони здорові. Дядя карлик одружений на здоровій жінці. У них нормальні дівчинки і син кралик. Дідусь по лінії батька карлик, а бабуся нормальна. Визначте імовірність появи карликів в сім'ї пробанда, якщо його жінка буде мати такий же генотип, як і він сам. Яка імовірність появи карликів у сім'ї сестри пробанда, якщо вона одружиться з здоровим чоловіком?

18. Пробанд - здоровий юнак - має 4 братів, хворих м'язевою дистрофією типу Дюшенна. Мати і батько пробанда здорові. У матері пробанда дві здорові сестри, один здоровий брат і два брата хворих м'язевою дистрофією. Бабуся і дід з боку матері пробанда здорові. У бабусі були три здорові сестри, два здорових брата і один хворий брат. Всі здорові брати і сестри бабусі мали здорових подружжів. У обох братів було по 5 дітей - всі дівчатка і хлопчики були здорові. У одній із сестер бабусі був хворий дистрофією син, у другій сестри - з здорових сина і 1 здорова дочка. Третя сестра бабусі виходила заміж декілька разів за здорових чоловіків. Від першого шлюбу у неї народився хворий дистрофією син, від другого шлюбу - один син здоровий і один син хворий, від третього шлюбу - один здоровий син, здорова дочка і два хворих дистрофією сина. Батьки бабусі пробанда по лінії матері були здорові. Яка імовірність появи в сім'ї пробанда хворих дітей, якщо

його жінка буде мати такий же генотип, як мати пробанда?

19. Пробанд - юнак, який страждає нічною сліпотою. Його сестра і брат мають нормальний зір. Мати і батько пробанда також мають нормальний зір. Мати пробанда має 5 братів і 1 сестру. У сестри матері нормальний зір. Вона одружена з нормальним по зору чоловіком і має сина з кольоровою сліпотою. Три брати матері страждають одночасно нічною сліпотою і кольоровою сліпотою, один брат - тільки нічною, і один брат - тільки кольоровою. Бабка пробанда по лінії матері має нормальний зір і одружена з нормальним по зору чоловіком. У бабки один брат з нічною сліпотою і ще один брат і 5 сестер з нормальним зором. Всі сестри бабки одружені за чоловіками з нормальним зором. У двох сестер бабки по одному сину, який страждає одночасно кольоровою і нічною сліпотою. У третьої сестри - два сина з кольоровою сліпотою і дочка з нормальним зором, яка має від шлюбу з чоловіком з нормальним зором сина також з нормальним зором. У четвертої сестри 4 сина з нічною сліпотою.

ДОДАТКИ

Кількісні показники за ди- та полігібридного схрещування

Показник	Моно-	Ди-	Три-	полігібридне
Кількість паралелей у гетерозиготі	1А, а	2А, а, В,в	3А,а,В,в,С,с	n
Кількість типів гамет (їх генотипи)	2^1	$2^2 = 4$	$2^3 = 8$	2^n
Кількість можливих поєднань гамет у гетерозиготі	4^1	$4^2 = 16$	$4^3 = 64$	4^n
Кількість фенотипових класів	2^1	$2^2 = 4$	$2^3 = 8$	2^n
Формули розщеплення за фенотипом	$(3:1)^1$	$(3:1)^2 = 9:3:3:1$	$(3:1)^3 = 27:9:9:9:3:3:3:1$	$(3:1)^n$
Кількість генотипових класів	3^1	$3^2 = 9$	$3^3 = 27$	3^n
Формули розщеплення за генотипом	$(1:2:1)^1$	$(1:2:1)^2$	$(1:2:1)^3$	$(1:2:1)^n$

Формули розщеплення

Моногенне успадкування

1. Моногібридне схрещування.

1.1 Повне домінування:

- 3:1 – розщеплення за фенотипом
- 1:2:1 – розщеплення за генотипом
- 1:1 – розщеплення в аналізуючому схрещуванні

1.2 Неповне домінування:

- 1:2:1 – розщеплення за фенотипом і генотипом

2. Дигібридне схрещування

2.1 Повне домінування:

- 9:3:3:1 - розщеплення за фенотипом
- 1:2:1:2:4:2:1:2:1 – розщеплення за генотипом
- 1:1:1:1 – розщеплення в аналізуючому схрещуванні

2.2 Неповне домінування:

- 1:2:1:2:4:2:1:2:1 – розщеплення за генотипом і фенотипом

Дигенне успадкування

1. Комплементарність

- 9:3:3:1 – обидва домінантних гени мають фенотиповий прояв
- 9:7 – обидва домінантних гени не мають фенотипового прояву
- 9:6:1- обидва домінантних гени мають однаковий фенотиповий прояв
- 9:3:4 - один домінантний ген має, а інший не має фенотипового прояву

2. Епістаз

- 13:3 – домінантний епістаз, при якому домінантний не епістатичний ген має фенотиповий прояв, а рецесивний ні.
- 12:3:1 - домінантний епістаз, при якому домінантний і рецесивний не епістатичні гени мають фенотиповий прояв.

3. Полімерія

- 15:1 – некумулятивна полімерія
- 1:4:6:4:1 – кумулятивна полімерія

Алгебраїчні формули розщеплення

Кількість фенотипових класів залежить від типу взаємодії в кожній парі алельних генів

➤ Повне домінування в кожній парі алельних генів:
 $(3A- + 1aa)(3B- + 1bb) = 9 A-B- + 3 A-bb + 3aaB- + 1 aabb$
 (4 фенотипових класи)

➤ В першій парі алельних генів – повне домінування, в другій парі – неповне домінування

$(3A- + 1aa)(1BB + 2 Bb + 1bb) = 3A-BB + 6A-Bb + 3 A-bb + 1 aaBB + 2 aaBb + 1 aabb$
 (6 фенотипових класів)

Характер успадкування деяких ознак у тварин і рослин

Назва	Домінантна ознака	Рецесивна ознака
Тварини		
Шовковичний шовкопряд	Жовті кокони	Білі кокони
Кури	Короткі ноги	Нормальні ноги
	Трояндоподібний гребінь	Простий гребінь
	Горохоподібний гребінь	Простий гребінь
	Біле оперення порід: леггорн, корніш, російські білі	Забарвлене оперення різних порід
	Забарвлене оперення	Біле оперення порід: плімутроки, віандоти, мінорли, дорксенги
	Забарвлене оперення	Біле оперення порід: плімутроки, віандоти, мінорли, дорксенги
Велика рогата худоба	Безрогість	Рогатість
	Чорно-ряба, чорна масть	Червона масть
Миша	Коротка шерсть	Довга шерсть
	Забарвлена шерсть дикого типу	Альбінізм, чорна шерсть
	Чорна шерсть	Коричнева шерсть

	Королівська шерсть (пряма, густа)	Гладенька шерсть
	Довгі вуха	Короткі вуха
	Скручений хвіст	Прямий хвіст
Норка	Коричневе (стандартне) хутро	Платинове, сіро-голубе хутро
Морська свинка	Чорна шерсть	Біло шерсть
	Кошлата шерсть	Гладенька шерсть
Вівця	Сіра вовна	Чорна вовна
	Жовте забарвлення жиру	Біле забарвлення жиру
Свиня	Біла щетина	Чорна щетина
	Зрослопала нога	Нормальна нога
Хом'як	Золотисте забарвлення шерсті	Рожеве, біле забарвлення шерсті
	Рожеве забарвлення шерсті	Біла шерсть
Рослини		
Кавун	Темний плід з малюнками	Світлий плід без малюнка
Блекота	Дворічна форма	Однорічна форма
Горох	Високий	Карликовий
	Нормальні стебла	Зрослі стебла
	Листки з вусиками	Листки без вусиків, як у білої акації
	Прилисники нормальні	Прилисники дуже зменшені
	Пурпурові квітки	Фіолетові, жовтувато- рожеві, рожево-білі квітки
	Сизі боби	Смарагдові (не сизі) боби
	Гладеньке насіння	Зморщене насіння
	Жовте забарвлення сім'ядолей	Зелене забарвлення сім'ядолей
	Насіннева шкірочка забарвлена рівномірно	Насіннева шкірочка плямиста

	Рубчик чорний	Рубчик непігментований
Дурман	Пурпурові квітки	Білі квітки
	Колюче насіння	Гладеньке насіння
	Лежача форма куща	Пряма форма куща
Чина запашна, горошок запашний	Висока	Карликова
	Темні пазухи листків	Світлі пазухи листків
	Листок з вусиком	Листок акацієподібний
	Пізнє цвітіння	Раннє цвітіння
	Пурпурові квітки	Червоні квітки
	Забарвлені квітки	Білі квітки
	Інтенсивне забарвлення квітки	Слабке забарвлення квітки
	Зрощений кіль	Нормальний кіль (нормальна квітка)
	Прямий парус	Парус у вигляді капюшона
	Пиляки фертильні	Пиляки стерильні
	Пилкові зерна довгасті	Пилкові зерна круглі
	Зелені боби	Жовті боби
	Кругле насіння	Зморшкувате насіння
Суниці	Червоні ягоди (неповне домінування)	Білі ягоди
Левкой	Високий	Карликовий
	Гіллястий тип	Негіллястий тип
	Без залозок на листках	Із залозками на листках
	Синє забарвлення зародка	Жовте забарвлення зародка
	Біла насіннева шкірка	Світло-жовта насіннева шкірка
Ротики	Червоне забарвлення квіток (неповне домінування)	Біле забарвлення квіток
	Нормальні квітки	Пелоричні квітки
	Високі рослини	Низькорослі рослини
Мак	Червоні квітки (неповне домінування)	Білі квітки

Персик	Плід опушений	Плід голий
	М'якуш плоду білий	М'якуш плоду жовтий
	Великі квітки (неповне домінування)	Дрібні квітки
	Ниркоподібні залозки на листках (неповне домінування)	Без залозок
Соняшник	Гіллясте стебло	Негіллясте стебло
	Високе стебло	Низьке стебло
	Висока лузжистість	Низька лузжистість
	Висока олійність	Низька олійність
	Стійкість до вовчка (неповне домінування)	Вразливість вовчком
Томати	Високе стебло	Карликове стебло
	Звичайний карликовий	Надто карликовий
	Пурпурове забарвлення стебла	Зелене забарвлення стебла
	Розсічені листки	Цілокраї листки
	Звичайний листок	Картопляний листок
	Зелені листки	Жовті листки
	Нормальне суцвіття	Суцвіття з листками
	Завиток простий	Завиток гіллястий
	Круглі плоди	Грушоподібні плоди
	М'якуш червоний	М'якуш жовтий або жовтогарячий
	Шкірка плоду жовта	Шкірка плоду прозора
	Шкірка плоду гладенька	Шкірка плоду опушена
	Плід з темно-зеленою плямою біля основи	Плід без плями біля основи
	Форма плоду правильна	Фасційований плід
	М'ясистий плід (неповне домінування)	Малом'ясистий плід
	Двогніздні плоди	Одногніздні плоди
Скоростиглість	Пізньостиглість	
Пшениця	Фіолетове забарвлення сходів	Зелене забарвлення сходів
	Карликова форма	Нормальна форма

	Антоціанове забарвлення стебла	Стебло без антоціанового забарвлення
	Яра форма	Озима форма
	Короткий колосок (неповне домінування)	Довгий колосок
	Чорна ость	Біла ость
	Опушений колосок	Гладенький колосок
	Червоне зерно	Біле зерно
	Червоний колосок	Білий колосок
	Звичайний колосок	Гіллястий колосок
	Безостість (неповне домінування)	Остистість
	Зерно скловидне	Зерно борошністе
Жито	Фіолетові проростки	Зелені проростки
Ячмінь	Чорний колосок	Білий колосок
	Фіолетове зерно	Біле зерно
	Вразливість до іржі	Імунність до іржі
	Зерно щільно вкрите квітковими лусками	Голе зерно
	Зазублені остюки	Незазублені остюки
	Яра форма	Озима форма
	Ранньостиглість	Пізньюстиглість
	Дворядний колосок	Багаторядний колосок
	Остистість	Безостість
Кукурудза	Фіолетове зерно	Біле зерно
	Вразливість до іржі	Імунність до іржі
	Зерно щільно вкрите квітковими лусками	Голе зерно
	Зазублені остюки	Незазублені остюки
	Зелене забарвлення рослин	Білі рослини (альбінізм)
	Фертильна волоть	Стерильна волоть (ядерна стерильність)
	Червоний стрижень качана	Білий стрижень качана
	Високий відсоток протеїну в зерні	Низький відсоток протеїну в зерні

Овес	Нормальна висота	Гігантизм
	Ранньостиглість	Пізньюстиглість
	Розлога волоть	Одногрива волоть
	Імунність до іржі	Вразливість іржею
	Імунність до сажки	Вразливість сажкою

Характер успадкування деяких ознак у людини

Ознака	
домінантна	рецесивна
Волосся, шкіра, зуби	
Темне волосся	Світле волосся
Не руде волосся	Руде волосся
Кучеряве волосся	Пряме волосся
Тіло дуже вкрите волоссям	Тіло не дуже вкрите волоссям
Раннє облісіння, домінантне у чоловіків	Нормальний термін облісіння
Біле пасмо у волоссі	Волосся одного кольору
Плямистість (на шкірі й волоссі білі плями)	Однокольоровість
Нормальна пігментація шкіри, волосся й очей	Альбінізм
Чорна шкіра (контролюється двома парами генів, домінування неповне)	Біла шкіра
Іхтіоз (луската шкіра)	Нормальна шкіра
Відсутність емалі на зубах	Нормальні зуби
Нормальна шкіра	Відсутність потових залоз
Очі	
Карі	Голубі або сірі
Світло-карі або зелені	Голубі або сірі
Короткозорість	Нормальний зір
Далекозорість	Нормальний зір
Астигматизм	Нормальний зір
Глаукома	Нормальний стан
Аніридія (відсутність райдужної оболонки)	Нормальні очі

Нормальне око	Атрофія зорового нерва (ознака зчеплена зі статтю)
Нормальне око	Мікрофтальм
Риси обличчя	
Вільні мочки вух	Прирослі мочки вух
Товсті губи	Тонкі губи
Великі очі	Маленькі очі
Довгі вії	Короткі вії
Широкі ніздрі	Вузькі ніздрі
“Римський” ніс	Прямий ніс
Скелет і м'язи	
Низький зріст (зумовлений багатьма генами)	Високий зріст
Ахондроплазія (карликовість)	Нормальний стан
Полідактилія (більше п'яти пальців на руках або ногах)	Нормальна кількість пальців
Брахідактилія (короткопалість)	Нормальні пальці
Синдактилія (зрощення двох або більше пальців)	Нормальні пальці
Прогресивна м'язова атрофія	Нормальний стан
Системи кровообігу й дихання	
Групи крові А, В, АВ	Група крові 0
Гіпертонія (високий кров'яний тиск)	Нормальний стан
Нормальний стан	Гемофілія (зчеплена зі статтю)
Видільна система	
Багатокамерні нирки	Нормальні нирки
Ендокринна система	
Нормальний стан	Цукровий діабет
Травна система	
Розширення товстої кишки (хвороба Гіршпрунга)	Нормальний стан
Нервова система	
Здатність відчувати смак фенілтіокарбаміду	Не здатність відчувати смак фенілтіокарбаміду
Нормальний слух	Природжена глухота
Нормальний стан	Спинно-мозкова атаксія
Хорея Гентінгтона	Нормальний стан

Нормальний стан	Амавротична ідіотія
Мігрень (головний біль)	Нормальний стан
Нормальний стан	Фенілкетонурія
Дрижачий параліч	Нормальний стан
Злоякісні пухлини (онкозахворювання)	
Нормальний стан	Пігментна ксеродерма
Хвороба Реклінгаузена (нейрофіброматоз)	Нормальний стан
Нормальний стан	Гліома сітківки

Генотипи груп крові людини

Групи крові (фенотип)	ген	генотип	Сивороткові антитіла
O (I)	i^O	$i^O i^O$	Анти А Анти В
A (II)	I^A	$I^A I^A$ $I^A i^O$	Анти В
B (III)	I^B	$I^B I^B$ $I^B i^O$	Анти А
AB (IV)	I^A, I^B	$I^A I^B$	Відсутні

$$I^A > i^O; I^B > i^O$$

Явище кодомінування характерне для *популяційного рівня*

Деякі з відомих мутацій *Drosophila melanogaster*

№ п/п	Назва гена	Позначення	Розташування	Фенотиповий прояв
I (статевая пара хромосом – X-хромосома)				
1.	<i>yellow</i>	<i>y</i>	0,0	Жовтий колір тіла, ротовий апарат коричневий
2.	<i>giant</i>	<i>gt</i>	0,9	Гігантські личинки, лялечки та мухи
3.	<i>white</i>	<i>w</i>	1,5	Білі очі; вічка, мальпігієві судини та сім'яники без кольору
4.	<i>apricote</i>	<i>w^a</i>	1,5	Очі кольору стиглих плодів абрикоса, алель <i>w</i>
5.	<i>cut</i>	<i>ct</i>	20,0	Обрізаний край крила
6.	<i>singed</i>	<i>sn</i>	21,0	Присмалений; щетинки й волоски загнуті
7.	<i>vermilion</i>	<i>v</i>	33,0	Кіноварні очі; вічка без кольору
8.	<i>miniature</i>	<i>m</i>	36,1	Мініатюрний; крила сильно зменшені, темні
9.	<i>wavy</i>	<i>wv</i>	41,9	Крила хвилеподібно закручені та загнуті
10.	<i>small-wing</i>	<i>sl</i>	53,5	Крила короткі, подовгуваті; очі збільшені
11.	<i>Bar</i>	<i>B</i>	57,0	Смужкоподібні очі (дуже звужені), дуплікація
12.	<i>short-wing</i>	<i>sw</i>	64,0	Крила вкорочені, очі зменшені, грубі
II пара хромосом				
1.	<i>expanded</i>	<i>ex</i>	0,1	Розчепирені крила; очі грубі
2.	<i>gigant-4</i>	<i>t-4</i>	24,0	Гігантські мухи
3.	<i>black</i>	<i>b</i>	48,5	Чорний колір тіла; крила, щетинки, ніжки, жилки дуже темні
4.	<i>jaunty</i>	<i>j</i>	48,7	Закручені доверху крила
5.	<i>bright</i>	<i>bri</i>	54,3	Яскраво-червоний колір очей
6.	<i>light</i>	<i>lt</i>	55,0	Світлоокі; жовтуватого-рожевий колір очей

№ п/п	Назва гена	Позначення	Розташування	Фенотиповий прояв
7.	<i>cinnabar</i>	<i>cs</i>	57,5	Очі кольору кіноварі, яскраві, шарлахові (стиглих плодів шипшини)
8.	<i>vestigial</i>	<i>vg</i>	67,0	Зачаткові крила; мухи не здатні до польоту
9.	<i>chubby</i>	<i>ch</i>	72,5	Личинки, лялечки, дорослі особини дуже вкорочені
10.	<i>roof</i>	<i>rf</i>	81,0	Дахоподібний; крила звисають по боках
11.	<i>narrow</i>	<i>nw</i>	83,0	Звужені крила. Плодючість знижена
12.	<i>speck</i>	<i>sp</i>	107,0	Плямистий. Чорна плямка в основі крила
III пара хромосом				
1.	<i>sepia</i>	<i>se</i>	26,0	Коричнево-червоний колір очей, що темніють із віком
2.	<i>scarlet</i>	<i>st</i>	44,0	Шарлахово-червоні очі
3.	<i>pink</i>	<i>p</i>	48,0	Рожевоокий, блідо-рубіновий колір очей
4.	<i>sprineless</i>	<i>ss</i>	58,5	Усі щетинки вкорочені та зменшені
5.	<i>eboni</i>	<i>e</i>	70,7	Чорне тіло (кольору ебоніту)
6.	<i>crumpled</i>	<i>cr</i>	93,0	Зморшкуватокрилі. Крила зменшені
IV пара хромосом				
1.	<i>bent</i>	<i>bt</i>	0,0	Крила вигнуті донизу, ніжки вузлуваті. Оптимум 29°

КОРОТКИЙ ОПИС СПАДКОВИХ ХВОРОБ І АНОМАЛІЙ ЛЮДИНИ

1. ЗАХВОРЮВАННЯ, ЩО УСПАДКОВУЮТЬСЯ ЗА АУТОСОМНО-РЕЦЕСИВНИМ ТИПОМ

➤ **Акалазія (акаталаземія)** зумовлена відсутністю каталази у крові та тканинах. У половини носіїв генів у юнацькому віці розвиваються виразки на деснах, у інших каталаземія проходить безсимптомно.

➤ **Альбінізм** загальний зумовлений інактивацією тиронази, внаслідок чого меланоцити не здатні утворювати мелангін. У таких випадках шкіра має молочно-білий колір, волосся дуже світле, внаслідок відсутності пігменту в сітківці просвічуються кровоносні судини й очі мають червонувато-рожевий колір, підвищену чутливість до світла. Іноді альбінізм – складова частина складних синдромів, наприклад, галактоземії.

➤ **Алькаптонурія** супроводжується виділенням із сечею гомогентизинової кислоти, підлужена сеча при цьому швидко темніє. Проявляється забарвленням хрящової тканини, у похилому віці розвивається артрит.

➤ **Амавротична сімейна ідіотія** має декілька форм. Форма Тей-Сакса починається у віці до року й закінчується летально у віці 4–5 років унаслідок змін у нервових клітинах, в основному кори великих півкуль і мозочка.

➤ **Афібриногенемія** пов'язана з відсутністю фібриногену у крові. Характеризується кровотечами шлунково-кишкового тракту, сечостатевого шляхів тощо. Відмічаються крововиливи під шкіру і в м'язах, особливо при хірургічних втручаннях. Тяжкі кровотечі часто закінчуються смертю.

➤ **Вільсона хвороба, або гепато-церебральна дистрофія**, пов'язана з порушенням синтезу білка церулоплазміну, який транспортує мідь, що в надлишку відкладається в печінці, мозку, нирках, рогівці та інших органах. Розвивається цироз печінки, відбуваються дегенеративні зміни тканин мозку, порушується перенесення глюкози, амінокислот, сечової кислоти й фосфату в печінкових каналцях. Захворювання, як правило, починається у віці 10–15 років.

➤ **Галактоземія** зумовлена нездатністю використовувати галактозу внаслідок зниження активності галактозо-1-фосфатуридилтрансферази. Проявляється комплексом ознак: жовтіння, похудіння, цироз печінки, катаракта та ін.

➤ **Гемералопія** – нічна, або куряча сліпота. Нездатність бачити при нічному освітленні. Переважно є складовою частиною інших синдромів. В основному успадковується як рецесивна, зчеплена з X-хромосомою ознака. К. Штерн (1965) наводить випадок аутосомно-домінантного успадкування нічної сліпоти.

➤ **Гіпофосфатемія** – захворювання кісткової системи, що нагадує рахіт. Зумовлена зниженою активністю лужної фосфатази печінки. Із сечею виділяється фосфоетаноламін, іноді підвищений вміст кальцію у крові.

➤ **Парагемофілія** – одна з форм незгортання крові, зумовлена відсутністю проакселерину. Характеризується сильними кровотечами при малих травмах, схильністю до шкірних і носових кровотеч.

➤ **Фенілкетонурія** пов'язана з відсутністю ферменту, який перетворює фенілаланін на тирозин. У результаті порушення у крові різко підвищується вміст фенілаланіну, зате зменшується вміст тирозину. Фенілаланін перетворюється в фенілпіровиноградну кислоту, яка видаляється з сечею. Розвивається недоумкуватість, яка є наслідком враження центральної нервової системи. Переведення немовляти на дієту, позбавлену фенілаланіну, запобігає розвитку захворювання.

2. ЗАХВОРЮВАННЯ, ЩО УСПАДКОВУЮТЬСЯ ЗА АУТОСОМНО-ДОМІНАНТНИМ ТИПОМ

➤ **Ангіоматоз оболонки сітківки** – частина системного захворювання очей і головного мозку. Виражається різким розширенням і новоутворенням судин сітківки та дегенерацією нервових елементів. Успадковується за аутосомно-домінантним типом із пенетрантністю 50 %.

➤ **Анемія**. Існує ряд форм анемії, зумовлених різними порушеннями у ферментативних системах крові:

○ **анемія мікроцитарна**, або анемія Кулі, або таласемія, зумовлена розладом синтезу нормального “дорослого” гемоглобіну. Крім порушення морфології еритроцитів, спостерігається різним ступенем виражена жовтяниця, зміни у скелеті та ін. Гомозиготи в 90–95 % випадків гинуть у ранньому віці, у гетерозигот таласемія проходить субклінічно;

○ **анемія серпоподібноклітинна** зумовлена мутацією гена нормального гемоглобіну на S-гемоглобін. Аномальна молекула гемоглобіну за низьких концентрацій кисню у клітині переходить у стан геля, еритроцити набувають форми серпа або півмісяця. Виражена

гіпоксія, порушений внутрішньоклітинний метаболізм. Гомозиготи рідко доживають до статевої зрілості, у гетерозигот клінічна картина виражена нечітко. Наслідується аутосомно з неповним домінуванням;

○ *метгемоглобінемія спадкова* – третя форма анемії зумовлена порушенням відновлення метгемоглобіну в гемоглобін. Вона має дві форми. Одна пов'язана з мутацією нормального гемоглобіну в гемоглобіни Бостон, Чикаго та деякі інші. Наслідується за аутосомно-домінантним типом і характеризується складними патологіями організму. Друга форма пов'язана з дефіцитом ферменту діафрази в еритроцитах, у більшості випадків не дає чітко вираженої картини.

➤ **Аніридія** характеризується відсутністю райдужної оболонки. Переважно двобічне захворювання. Супроводжується помутнінням рогівки й кришталика, зниженням гостроти зору, іноді катарактою, світлобоязливістю.

➤ **Аноніхія** характеризується неповним розвитком нігтів, іноді супроводжується аномаліями кісток і стопи з відсутністю одного-двох або більше пальців.

➤ **Арахнодактилія**, або **синдром Марфана**. Поєднання різних скелетних, очних і вісцеральних аномалій: довгі та тонкі кінцівки з дуже довгими й тонкими пальцями, вивих кришталика, аневризма аорти, виведення з сечею певних амінокислот. Астенічна конституція. Аутосомно-домінантне наслідування з пенетрантністю 30 %.

➤ **Ахондроплазія**, або хондріострофія плоду, починається розвиватись у ранньому ембріональному періоді. Характеризується непропорційно короткими кінцівками при нормально розвиненому тулубі, карликовим ростом, ніс часто сидлоподібної форми. Переважна частина дітей гине внутрішньоутробно, а ті, що народилися, життєздатні.

➤ **Близькозоркість** має багато проявів. Досить широко розповсюджена робоча, або шкільна близькозоркість, яка розвивається в юнацькому віці, і надалі не прогресує. А.А. Малиновський (1970) вказує, що дві форми цієї близькозоркості успадковуються незалежно одна від одної як домінантні аутосомні ознаки. За наявності генів помірної та високої близькозоркості фенотипово виявляється лише висока.

➤ **Брахідактилія**, або короткопалість. Проявляється по-різному, часто вкорочуються всі пальці за рахунок певних фаланг. Є форми брахідактилії, коли вкорочуються певні фаланги пальців рук і ніг, або вкорочуються тільки п'ясть і плюсни. У більшості випадків короткопалі нижчі на зріст, ніж їхні брати та сестри з нормальними кінцівками.

➤ **Ван дер Хеве синдром** містить три важливих ознаки: підвищену

ламкість кісток, блакитну склеру й глухоту. Кожна із трьох ознак, яка визначається цим геном, має свою пенетрантність. Тому збіг усіх трьох аномалій коливається від 7 до 44 %.

➤ **Вивих кульшового суглоба** успадковується як аутосомно-домінантна ознака. Експресивність змінна, середня пенетрантність складає 25 %. У дівчаток вивих стегна зустрічається у 6 раз частіше, ніж у хлопчиків.

➤ **Гіперхолестеринемія** пов'язана з дефектом обміну холестерину. Біохімічний аналіз крові показує підвищений рівень холестерину, вітаміну D й каротину. Успадковується через аутосоми як домінантна ознака (у гомозиготному стані прояв захворювання різко підвищується).

➤ **Міопатія** – прогресивна атрофія мускулатури – має декілька форм. Плече-лопатково-лицьова форма належить до пізніх форм і супроводжується характерним враженням лицьової мускулатури. Успадковується як аутосомно-домінантна ознака. Міопатія Дюшенна частіше успадковується як рецесивна, зчеплена зі статтю, рідше – як аутосомно-рецесивна ознака.

➤ **Нейрофіброматоз** – хронічне захворювання, що характеризується численними утвореннями пухлин нервових стовбурів. Такі пухлини можуть локалізуватися в будь-яких органах і тканинах (у тому числі і в ЦНС), частіше зустрічаються на шкірі, де мають вигляд пігментованих бородавок із надлишковим ростом волосся. До симптомів захворювання належать також відставання фізичного та розумового розвитку.

➤ **Підагра** зумовлена порушенням обміну сечової кислоти, внаслідок чого концентрація її в організмі підвищена. Відбувається відкладання уратів у різних тканинах, проявляється приступами артритів і утворенням ниркових каменів. Клінічна картина виявлена незавжди і лише в похилому віці. Передається як аутосомно-домінантна ознака з пенетрантністю 20% у чоловіків і майже повністю не проявлена у жінок.

➤ **Полідактилія** – багатопалість. Ступінь вираженості ознаки може сильно варіювати; 6 пальців може бути на всіх кінцівках або лише на одній, двох, трьох. Іноді буває по 7 пальців. Успадковується за аутосомно-домінантним типом.

➤ **Синдактилія** – зростання пальців. Ступінь вираженості ознаки варіює. Успадковується за аутосомно-домінантним типом.

3. РЕЦЕСИВНЕ УСПАДКУВАННЯ, ЗЧЕПЛЕНЕ ЗІ СТАТТЮ

➤ **Агамаглобулінемія** має декілька форм. Одна з форм – хвороба Брутона: різке пониження стійкості до бактеріальних захворювань

(пневмонія, отити, сепсис), що зумовлено недостатністю гама-глобуліну. Дефіцит гама-глобуліну наслідуються як рецесивна ознака, зчеплена зі статтю.

➤ **Ангідрозна ектодермальна дисплазія** характеризується комплексом ознак: відсутністю потовиділення та частини зубів, слабким оволошінням, порушенням терморегуляції.

➤ **Гемофілія** – незгортання крові. Вона пов'язана з відсутністю різних факторів згортання крові, які беруть участь в утворенні плазматичного тромбoplastина. Успадковується як рецесивна, зчеплена зі статтю ознака. На даний момент розрізняють 4 види гемофілії: Гемофілія А и В – успадкування рецесивне, зчеплене зі статтю (Х-хромосоною) захворювання. Частіше чоловіки, а жінки є носіями захворювання. Генетичні дефекти характеризуються недостатнім синтезом чи аномалією факторів VIII (коагуляційна частина) - гемофілія А або фактора IX - гемофілія В. Інші види гемофілії успадковуються за аутосомно-домінантним і аутосомно-рецесивним типам.

➤ **Дальтонізм** (ахроматопія), або часткова кольорова сліпота. Розрізняють протанопію – сліпоту на червоний колір, дейтеронопію – сліпоту на зелений і тританопію – сліпоту на синій колір. Успадковується як рецесивна, зчеплена зі статтю ознака. Існують форми, що успадковуються за аутосомно-рецесивним типом.

➤ **Діабет нецукровий** – гіпофункція гіпофіза – призводить до різкого зневодження організму, яке у новонароджених сповільнює розвиток, різко порушує стан психіки, викликає кахексію, а іноді – смерть.

➤ **Пігментна ксеродерма** – злякисні новоутворення; надзвичайна чутливість до УФ-променів, під впливом яких на відкритих ділянках тіла з'являються пігментизовані плями спершу у вигляді веснянок, поступово збільшуючися до великих родимих плям на ніжках (папілом) різної величини і форми, і, нарешті, пухлин. Для 2/3 хворих пігментна ксеродерма закінчується летально до настання статевої зрілості.

4. ДОМІНАНТНЕ УСПАДКУВАННЯ, ЗЧЕПЛЕНЕ ЗІ СТАТТЮ

➤ **Гіоплазія емалі** виявляється різким стиранням емалі, супроводжується зміною кольору зубів. Успадковується як домінантна, зчеплена зі статтю ознака.

➤ **Рахіт** (фосфат-діабет). Характерне викривлення довгих трубчастих кісток, гомілкового й колінного суглобів. За відсутності лікування діти втрачають здатність ходити. Спостерігається надзвичайно низький рівень

неорганічного фосфору у крові.

➤ **Резус-фактор** – одина з численних антигенних властивостей крові. У простішому варіанті резус-позитивний домінує над резус-негативним. Однак ряд досліджень показали, що резус-фактор визначається рядом тісно зчеплених генів, що зумовлює велику різноманітність варіантів резус-несумісності.

5. ЗАХВОРЮВАННЯ, ЩО УСПАДКОВУЮТЬСЯ ЗА ОБОМА ТИПАМИ

➤ **Глаукома** пов'язана з порушенням відтоку внутрішньоочної рідини через куток передньої камери, що веде до різних патологічних змін і в кінцевому результаті до втрати зору. Існує багато форм, різних за характером прояву і за типом успадкування. Частина успадковується за аутосомно-домінантним типом, частина – за аутосомно-рецесивним, існують форми з неповною пенетрантністю. Зустрічаються неспадкові форми – фенкопії.

➤ **Дегенерація рогівки** – зміни в різних ділянках тканини рогівки, що призводить до втрати зору внаслідок порушення її прозорості. Існує кілька форм захворювання, що відрізняються характером морфологічних змін, термінами настання дегенерації та типом успадкування. Більшість форм успадковується за аутосомно-домінантним типом, рідше зустрічаються аутосомно-рецесивні.

➤ **Іхтіоз вроджений** характеризується різкими змінами шкірних покривів. Простий та епідермальний іхтіоз успадковується за аутосомно-домінантним типом. Існують форми іхтіозу, що передаються як аутосомно-рецесивні ознаки. Більшість форм летальні. Ген однієї з форм іхтіозу зчеплений з X-хромосою та передається як рецесивна ознака.

➤ **Катаракта** – помутніння кришталика, має багато різних форм. Вроджені катаракти успадковуються як за аутосомно-домінантним, так і за аутосомно-рецесивним типом. Зустрічаються фенкопії вроджених катаракт. Пізні катаракти успадковуються за аутосомно-домінантним типом.

➤ **Міоплегія** – паралічі, які періодично повторюються, пов'язані з втратою м'язевими клітинами калію. Існує декілька форм. Починається у віці 20-40 років, успадковується за аутосомно-домінантним і аутосомно-рецесивним типами. Інша форма починається в дитячому віці та успадковується за аутосомно-

домінантним типом.

➤ **Пігментний ретиніт** характеризується прогресуючим звуженням поля зору, що призводить до посилення нічної сліпоти, а потім повної втрати зору. Існує ряд спадкових форм, які передаються за аутосомно-домінантним, аутосомно-рецесивним типами та як зчеплена зі статтю ознака.

ГЕНЕТИЧНИЙ СЛОВНИК

Аутосома — нестатева хромосома.

Аутосомно-домінантне успадковування — тип успадковування ознаки, яка контролюється домінантним геном, розміщеним у нестатевій хромосомі.

Аутосомно-рецесивне успадковування — тип успадковування ознаки, яка контролюється рецесивним геном, розміщеним у нестатевій хромосомі.

Агенезія — повна природжена відсутність органа.

Аденін — пуринова основа нуклеотидів ДНК та РНК.

Акроцефалія — "крута" голова, що нагадує башту; високий череп конічної форми.

Алель — форма стану одного гена, який займає ідентичні локуси гомологічних хромосом і зумовлює різні фенотипи.

Алель летальний — зумовлює загибель організму, який є його носієм.

Альбінізм — генетично зумовлена відсутність пігмента меланіну в шкірі, волоссі, райдужній оболонці ока.

Анеуплоїдія — геномна мутація; некрратне гаплоїдному набору збільшення або зменшення кількості хромосом; наприклад: $2n - 1$ або $2n + 1$, де n — кількість хромосом у гаплоїдному наборі.

Аніридія — відсутність райдужної оболонки ока.

Аномалія — відхилення від нормального розвитку.

Аноніхія — відсутність нігтя на одному, кількох чи на всіх пальцях.

Антиген — речовина, яка сприяє синтезу антитіл в організмі, з якими вона вступає в специфічну реакцію.

Антикодон — ділянка молекули тРНК, яка має три нуклеотиди та впізнає відповідну ділянку з трьох нуклеотидів (кодон) у молекулі іРНК. А. комплементарно взаємодіє з кодоном.

Антипаралельність — протилежна орієнтація двох полінуклеотидних ланцюгів молекули ДНК.

Арахнодактилія — довгі, тонкі пальці кистей та стоп.

Ахондропластична карликовість — спадкове захворювання, яке супроводжується розвитком коротких кінцівок за нормальної довжини тулуба.

Біваленти — пара кон'югуючих гомологічних хромосом у зиготені I профазі мейозу. У нормі кількість бівалентів дорівнює кількості гаплоїдного набору хромосом.

Близнюки — двоє (і більше) дітей, народжених від однієї вагітності.

Близнюки дизиготні (двояйцеві) — організми, які розвиваються з двох різних зигот унаслідок запліднення двох різних яйцеклітин (можуть бути однієї чи різної статі, генотипи різні).

Близнюки монозиготні (однойцеві, ідентичні) — організми, які розвиваються з однієї зиготи (однієї статі, мають однакові генотипи).

Близнюки з'єднані — організми, з'єднані між собою будь-якою частиною тіла внаслідок їхнього аномального розвитку.

Брахідактилія — короткопалість.

Брахіцефалія — збільшення поперечного розміру голови.

Буфтальм — природжена глаукома.

Галактоземія — спадкове моногенне захворювання, яке супроводжується порушенням обміну галактози.

Гамета — зріла статеві клітина, яка містить гаплоїдний набір хромосом (n) і здатна до запліднення.

Гаплоїдія — явище кратного зменшення в два рази кількості хромосом у каріотипі, який містить $2n$ хромосом.

Гемізіготність — представлення деяких генів у диплоїдній клітині тільки одним алелем. Термін використовують для позначення генотипу чоловіка. Він стосується ознак, зчеплених зі статтю, оскільки чоловік має лише один набір генів, зчеплених з X-хромосою.

Гемофілія — спадкове захворювання, за якого порушується

механізм згортання крові.

Ген — це ділянка молекули ДНК (у деяких вірусів РНК), яка кодує первинну структуру поліпептиду, молекул рРНК та тРНК або взаємодіє з регуляторним білком.

Генеалогічний метод — метод вивчення й аналізу родоводів.

Генетичний моніторинг — спостереження за типом та спектром мутаційного процесу.

Генетичний тягар — сукупність генів у популяції, що знижують життєздатність організму та спричинюють хвороби.

Генна терапія — метод лікування моногенних хвороб за допомогою методів генної інженерії.

Генокопії — подібні фенотипи, які сформовані під впливом різних неалельних генів.

Геном — сукупність генів, які містяться в гаплоїдному наборі хромосом даного організму

Генотип — сукупність взаємодіючих генів організму.

Генофонд — сукупність генів усіх особин пререпродуктивного та репродуктивного віку даної популяції.

Гетерогаметна стать — організм, який продукує статеві хромосоми двох типів. Так, гамети чоловіка містять Х-хромосому або У-хромосому.

Гетерозигота — клітина чи організм, які містять два різні алелі в ідентичних локусах хромосом гомологічної пари; організм дає розщеплення ознак у нащадків, тому що утворює два типи гамет.

Гетерохроматин — генетично інертні, або неактивні хромосоми.

Гібрид — нащадок від схрещування двох генетично різних організмів.

Гіпертрихоз — надмірний ріст волосся.

Гістон — білок хроматину, багатий на лізин та аргінін, асоційований з ДНК.

Гомогаметна стать — організм, який продукує статеві хромосоми одного типу. Так, у жінок всі гамети містять Х-хромосому.

Гомозигота — клітина чи організм, які мають два однакові алелі в ідентичних локусах пари гомологічних хромосом; організм не дає розщеплення ознаки, бо утворює один тип гамет; синонім — чиста лінія.

Гуанін — пуринова основа в нуклеотидах ДНК або РНК.

Дальтонізм — спадкова хвороба, яка пов'язана з неспроможністю розрізняти деякі кольори (червоний, зелений). Ген, що спричинює хворобу, локалізований в X-хромосомі.

Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) — біополімер, який міститься в хромосомах, мітохондріях і пластидах. У ДНК закодована спадкова інформація про первинну структуру молекул поліпептидів.

Делеція — хромосомна чи генна мутація, за якої втрачається певна ділянка хромосоми, хроматиди чи гена.

Дерматогліфіка — наука, що вивчає папілярні лінії та візерунки шкіри.

Диплоїд — клітина тканини чи організм, які мають диплоїдний набір хромосом. У нормі соматична клітина людини містить подвійний набір хромосом (2п), який становить 46 хромосом.

Домінантна ознака — така, що проявляється в гетеро- та в гомозиготному станах.

Дуплекс (AAaa) – автотетраплоїд, в геномі якого є два домінантних гена А.

Дуплікація — хромосомна аберація, за якої подвоюється частина хромосоми.

Екзон — ділянка молекули ДНК еукаріот, яка містить інформацію про амінокислотний склад білків.

Експресивність — ступінь фенотипового прояву ознаки.

Ензимопатія (ферментопатія) — група моногенних спадкових захворювань, за яких порушується синтез ферментів, що спричинює порушення метаболізму і розвиток хвороби.

Епікантус — вертикальна складка шкіри біля внутрішнього кута ока.

Епістаз — взаємодія неалельних генів, за якої один алель пригнічує дію іншого.

Еукаріот — організм, у якого клітини мають чітко визначене ядро, яке відмежоване від цитоплазми оболонкою.

Еухроматин — активні ділянки хромосом, які беруть участь у транскрипції.

Збалансована транслокація — структурна реорганізація хромосом,

за якої після мейозу та запліднення кількість генетичного матеріалу не змінюється.

Збалансований поліморфізм — два різних генетичних варіанти, які стабільно наявні в популяції.

Зворотна транскрипція — синтез ДНК на матриці РНК.

Зчеплення — рівень зв'язку алелів різних генів у мейозі чи генетичному схрещуванні.

Інбридинг — схрещування між спорідненими особами. Крайнім варіантом інбридингу є самозапилення.

Інверсія — вид хромосомної аберації, за якої частина хромосоми перевернута на 180° .

Інсерція — генна мутація, за якої відбувається вставка одного нуклеотиду. Це призводить до зсуву рамки зчитування та порушує всю амінокислотну послідовність.

Інтерфаза — частина клітинного циклу, період між двома мітотичними поділами, протягом якого синтезуються речовини, необхідні для існування клітини та її наступного поділу.

Інтрон — некодуючі нуклеотидні послідовності гену еукаріот, які розташовані між екзонами (внутрішньогенні) чи між генами (міжгенні) в геномі.

Іхтіоз — спадкове захворювання, яке супроводжується тріщинами та лускатістю шкіри.

Каріотип — сукупність хромосом соматичної клітини чи організму із зазначенням їхніх кількості, розмірів і форми; К. індивідуальний для кожного виду живих організмів.

Квадриплекс (AAAA) - автотетраплоїд, в геномі якого є чотири домінантних гена *A*.

Клинодактилія — викривлення пальців.

Клон — усі клітини, які утворюються від однієї клітини шляхом послідовних мітотичних поділів, вони мають однаковий генотип.

Код генетичний — система запису та збереження генетичної інформації в молекулах нуклеїнових кислот у вигляді послідовності нуклеотидів.

Кодон — три суміжних нуклеотиди в молекулі ДНК, мРНК, які

кодують одну з амінокислот або ініціюють початок та закінчення біосинтезу білка.

Комплементарність — просторова відповідність поверхонь взаємодіючих молекул чи їхніх частин. Унаслідок комплементарної взаємодії пуринових і піримідинових основ (А —Т; Г—Ц) утворюється вторинна структура молекули ДНК.

Криптофтальм — природжене недорозвинення або відсутність очного яблука, повік, очної щілини.

Кровноспоріднений шлюб — шлюб між кровними родичами, які мають спільного предка.

Кросинговер — явище перехресту й обміну ділянками гомологічних хромосом, яке відбувається в профазі I поділу мейозу, завдяки чому утворюються унікальні гамети.

Локус — місце розміщення гена в хромосомі.

Макроглосія — патологічне збільшення язика.

Мейоз — тип клітинного поділу, за якого з однієї диплоїдної материнської клітини утворюються чотири гаплоїдних дочірніх клітини. Даний поділ має місце при утворенні статевих клітин (гамет).

Мікроаномалії розвитку — морфологічні зміни органів, які не порушують функцію органів; не потребують косметичної корекції.

Мікрофтальм — зменшення всіх розмірів ока.

Мікроцефалія — зменшення розмірів головного мозку і мозкової частини черепа.

Місенс-мутація — генна мутація, за якої проходить заміна одного нуклеотиду на інший і при цьому змістове значення кодона змінюється. Заміна в кодоні одного нуклеотиду на інший супроводжується амінокислотною заміною в поліпептидному ланцюзі.

Мітоз — основний непрямий спосіб поділу соматичних клітин у еукаріот, унаслідок якого з однієї материнської клітини утворюються дві генетично ідентичні дочірні клітини.

Мозаїк — особа, в якій внаслідок соматичної мутації чи мітотичного кросинговеру частина клітин стала генетично й фенотипово відрізнятися від інших клітин. М. може утворитись також внаслідок компактизації X-хромосоми в особин жіночої статі.

Моносомік — організм або₁₁₉клітина, у каріотипі яких відсутня

одна хромосома ($2n - 1$).

Множинний алелізм — різні мутантні стани одного й того самого гена, який займає певний локус у хромосомі. Наприклад, гени, що контролюють різні групи крові у людини, та ін.

Морганіда — одиниця відстані між генами в хромосомах. 1 морганіда дорівнює 1 % кросинговеру.

Мутагени — агенти хімічної, фізичної, біологічної природи, які здатні спричинювати мутації.

Мутація — стійка раптова зміна гена, структури та кількості хромосом.

Нейтральні мутації — генні мутації, за яких відбувається заміна одного нуклеотиду на інший і при цьому змістове значення кодона не змінюється у зв'язку з виродженістю коду (завдяки йому одна й та ж АК може кодуватись декількома триплетами).

Нонсенс-мутації — генні мутації, за яких відбувається заміна одного нуклеотиду на інший і при цьому відбувається перетворення кодону в один з трьох можливих термінуючих триплетів (УАГ, УАА, УГА).

Норма реакції — відповідь генотипу на конкретні умови середовища; фенотиповий прояв організму, який формується на основі даного генотипу за різних умов середовища.

Нуклеїнові кислоти — фосфоровмісні полінуклеотиди.

Нуклеосома — основна структурна одиниця хроматину еукаріот. Має вигляд дисків діаметром до 10 нм.

Нуклеотиди — фосфорні ефіри нуклеозидів. Складаються з азотної основи (пуринової чи піримідинової) вуглеводу (рибози чи дезоксирибози) і залишків фосфорної кислоти. Н.— мономери нуклеїнових кислот.

Нуліплекс (*aaaa*) — автотетраплоїд, в геномі якого відсутні домінантні гени *A*.

Нулесомік — організм або клітина, у каріотипі яких відсутня дві хромосоми ($2n - 2$).

Ознаки, зчеплені зі статтю — такі, за яких гени розташовані в статевих хромосомах.

Ознаки, не зчеплені зі статтю — такі, за яких гени розташовані в

аутосомах. Фенотиповий прояв їх не залежить від статі.

Оперон — структурна одиниця геному прокариот, що складається з сукупності структурних та регуляторних генів, які здійснюють каскадний характер метаболічних процесів і функціонують як єдине ціле.

Пенетрантність — частота фенотипового прояву гена в його носіїв.

Полігенні ознаки — такі, що кодуються багатьма генами, кожний з яких окремо незначно впливає на ступінь прояву ознаки.

Полідактилія (багатопалість) — збільшення кількості пальців на кистях чи стопах.

Полімерія — взаємодія неалельних генів, які контролюють одну ознаку.

Поліплоїдія — явище кратного збільшення кількості хромосом у каріотипі.

Пробанд — особа, яка звернулася за допомогою до медико-генетичної консультації, та від якої починається складання родоводу.

Прогенія — надмірний розвиток нижньої щелепи, масивне підборіддя.

Прогерія — патологічний стан, що супроводжується передчасним старінням організму.

Прогнатія — надмірний виступ верхньої щелепи.

Птоз — опущення верхньої повіки.

Процесинг — другий етап реалізації генетичної інформації, або експресії генів у еукаріот. П. - «дозрівання» попередника мРНК (первинного транскрипту) і перетворення його у зрілу мРНК. Складається з трьох етапів: кепування (додавання «кепу» на 5' кінці мРНК), поліаденілювання (додавання послідовності поліА на 3' кінці мРНК) та сплайсингу.

Репарація — виправлення порушень первинної структури ДНК.

Рецесивна ознака — така, що пригнічується; проявляється в гомо-та гемізіготному станах.

Родовід — схема, що демонструє родинні зв'язки між членами однієї родини в поколіннях.

Сибси — брати та сестри пробанда.

Синдактилія — повне чи часткове зрощення двох чи більше пальців

на руках чи ногах.

Синдром — стійка сукупність симптомів, об'єднаних єдиним патогенезом.

Скринінг (просіювання) — ідентифікація в популяції осіб з відповідною хворобою або носіїв відповідних генів.

Симплекс (*Aaaa*) — автотетраплоїд, в геномі якого присутній один домінуючий ген *A*.

Соматична клітина — нестатева клітина організму.

Сперматогенез — розвиток і дозрівання чоловічих гамет.

Сплайсинг — видалення інтронів і з'єднання екзонів у мРНК. Відбувається в еукаріот під час процесингу.

Статевий хроматин — неактивна деспіралізована X-хромосома соматичних клітин жінок.

Статеві хромосоми — визначають стать: У більшості тварин і рослин, в тому числі людини та дрозофіли, це X- та Y-хромосоми.

Стоп-кодони (УАГ, У А А, УГА) — сигнали припинення транскрипції.

Тератоген — чинник, який спричинює природжені вади.

Транзиції — генні мутації, за яких відбувається заміна одного пуринового (піримидинового) нуклеотиду на інший пуриновий (піримидиновий) нуклеотид.

Трансверсії — генні мутації, за яких відбувається заміна пуринового (піримидинового) нуклеотиду на інший піримидиновий (пуриновий) нуклеотид.

Транслокація — реципрокні обміни між негомологічними хромосомами

Транспозиції (нереципрокні обміни) — переміщення гену з одного місця хромосоми в інше або з однієї хромосоми в іншу. Такі гени називають мобільними генетичними елементами або стрибаючими генами (МГЕ).

Транскрипція — перший етап реалізації генетичної інформації або експресії генів, за якого відбувається переписування послідовності нуклеотидів з ділянки одного ланцюга молекули ДНК на молекулу РНК. Т. відбувається в ядрі за участі ферменту РНК-полімерази, чотирьох

нуклеотидів (АТФ, ЦТФ, ТТФ, ГТФ) і факторів транскрипції.

Трансляція — у прокариот другий, а у еукариот – третій етап реалізації генетичної інформації, або експресії генів, під час якого відбувається переведення послідовності нуклеотидів мРНК у відповідну послідовність амінокислот поліпептиду. Т. відбувається у цитоплазмі на рибосомах і матрицею слугує мРНК.

Триплекс (*АААа*) — автотетраплоїд, в геномі якого є три домінантних гена *А*.

Тетрасомік ($2n+2$) — організм або клітина, у каріотипі яких присутні дві додаткових хромосоми.

Трисомік ($2n+1$) — організм або клітина, у каріотипі яких присутня одна додаткова хромосома.

Трисомія — наявність додаткової хромосоми в каріотипі, унаслідок цього в ядрі соматичної клітини є три гомологічних хромосоми.

Фенокопії — неспадкові фенокопічні модифікації, що імітують подібний фенотип спадкової мутації.

Фенотип — сукупність зовнішніх і внутрішніх ознак організму та його властивостей, які формуються внаслідок взаємодії генотипу з умовами середовища.

Хорея Гентінгтона — моногенне спадкове захворювання, яке супроводжується розумовою відсталістю та розладом рухів.

Хроматиди — структурні елементи хромосоми; синтезуються в інтерфазі клітинного циклу. Під час мітозу сестринські хроматиди розтягуються до різних полюсів клітини і стають самостійними хромосомами.

Хроматин — комплекс ДНК з гістоновими та негістоновими білками; в інтерфазному ядрі хроматин перебуває у деконденсованому стані, у мітозному ядрі — у конденсованому стані. Розрізняють транскрипційно активний еухроматин та частково конденсований гетерохроматин (транскрипційно не активний).

Хромосомна аберація — порушення структури хромосоми, яке призводить до порушення нормального протікання процесів збереження і передачі спадкової інформації: утворюються незбалансовані гамети, порушується процес кроссинговеру, проявляються у зиготі рецесивні гени (гемізіготність).

Хромосомний набір — сукупність хромосом у ядрі соматичної або статевій клітині.

Центромера — первинна перетяжка на хромосомі, яка не має хроматину. З'єднує хроматиди у хромосомі під час поділу клітини. Є місцем приєднання хромосоми до веретина поділу.

Цитоплазматична спадковість — передача ознак, яка зумовлена генами, розташованими в органелах (мітохондріях, пластидах) чи у вигляді ендосимбіонтів або екстрахромосомних елементів (плазмід) у цитоплазмі клітини. Передається як правило через яйцеклітину.

ВІДПОВІДІ НА ЗАДАЧІ

Моногібридне схрещування

1. Від схрещування гомозиготних імунних і вразливих головною рослини потомство буде гомозиготним імунним. Від схрещування між собою гібридів першого покоління буде отримано фенотипове розщеплення 3:1 (3 частини нащадків будуть мати імунність та 1 частина буде вразливою), з них $\frac{1}{4}$ гомозиготи імунні, $\frac{2}{4}$ гетерозиготи і $\frac{1}{4}$ гомозиготи вразливі. Зворотнє схрещування F_1 з батьківською імунною формою дасть імунних нащадків, 50% з яких будуть гомозиготами і 50% - гетерозиготами.

2. Рослини першого покоління від схрещування гомозиготних високих рослин із карликовими будуть одноманітними – високими гетерозиготами. Від схрещування гібридів F_1 між собою потомство матиме розщеплення за фенотипом 3:1 (3 частини рослин високого росту та 1 частина - карликові). За генотипом $\frac{1}{4}$ домінантні гомозиготи, $\frac{2}{4}$ – гетерозиготи, $\frac{1}{4}$ - рецесивні гомозиготи.

3. Оскільки у всіх рослин F_1 забарвлення плодів червоне (домінантна ознака), то ознака успадковується за типом повного домінування. Генотипи вихідних сортів: AA x aa, F_1 – Aa. Для перевірки гіпотези необхідно провести аналізуюче схрещування з рецесивною гомозиготою. При цьому для 125 рослин результат буде приблизно 62 : 63.

4. 1) покоління буде одноманітне: гетерозиготи червоного кольору. 2) співвідношення генотипів та фенотипів буде 1:1 (50% червоних та 50% жовтих плодів). 3) співвідношення генотипів буде 1AA : 2Aa : 1aa, а

співвідношення фенотипів – 3:1 (3 червоного кольору : 1 жовтого). 4) F_1 буде одноманітним: гомозиготи жовтого кольору. 5) співвідношення за генотипами буде $1AA : 1Aa$, а за фенотипом всі вони будуть червоного кольору.

5. Під час схрещування між собою рослин суниці з рожевими ягодами розщеплення за генотипами та фенотипами становитиме: $1AA$ (червоні ягоди) : $2Aa$ (рожеві ягоди) : $1aa$ (білі ягоди). У зворотньому схрещуванні рослини F_1 з рослинами з червоними ягодами буде спостерігатись розщеплення 1:1 (50% рослин з червоними ягодами та 50% з рожевими). При схрещуванні F_1 з рецесивною гомозиготою буде спостерігатись розщеплення 1:1 (50% рослин з рожевими плодами та 50% з білими).

6. Оскільки у F_1 всі рослини одноманітні, а у F_2 розщеплення складе $2,7:0,8$ ($\approx 3:1$), то ми маємо справу з повним домінуванням. Рослини першого покоління мають фіолетовий колір.

7. Тип успадкування ознаки - повне домінування. Рослини F_1 мали генотип Aa , а рослини F_2 дали розщеплення за генотипом: $1AA : 2Aa : 1aa$. Для перевірки припущення варто поставити аналізуюче схрещування, при цьому можна очікувати розщеплення 1:1 (50% з нормальним листям та 50% з гофрованим).

8. Тип успадкування ознаки - повне домінування. Вихідні рослини мали такі генотипи: $AA \times aa$. У F_2 $1/3$ рослин з червоими вушками повинна бути гомозиготною за цією ознакою.

9. Карликовість успадковується за типом повного домінування. Карликові рослини серед нормальних могли з'явитись за умов, що деякі рослини були гетерозиготами (Aa), отже їх нащадки із гомозиготним рецесивним генотипом могли бути карликовими (в $1/4$ випадків).

10. Оскільки в F_1 всі телята чорні, а в F_2 іде розщеплення 3:1, можна зробити висновок, що чорний колір – домінуюча ознака. А червоний – рецесивна. Ознака успадковується за типом повного домінування. Для перевірки гіпотези треба поставити аналізуюче схрещування, в якому очікується розщеплення 1:1 (50% чорних телят та 50% червоних). Фенотип бика – чорний колір, а корів – червоний колір.

11. Чорне хутро є домінуючою ознакою, а коричневе – рецесивною. Успадкування моногенне, відбувається за типом повного домінування. Генотип першої самки Aa , другої самки – AA , самця – aa . При схрещуванні нащадки другої самки між собою будемо саостерігат розщеплення за генотипом $1AA : 2Aa : 1aa$, за фенотипом $3/4$ чорних: $1/4$ коричневих мишей.

12. Генотипи батьків – Аа, генотипи цуценят – АА, Аа, аа. Імовірність того, що продане цуценя є гетерозиготою складає 50% серед усіх цуценят або 2/3 серед зрячих цуценят.

13. Розщеплення у F₁ можна пояснити тим, що коні з забарвленням паломіно є тільки гетерозиготами, отже спостерігається неповне домінування алельних генів при моногенному успадкуванні ознак. Забарвлення паломіно у коней при схрещуванні гнідих коней та альбіносів успадковується за типом неповного домінування та моногенного успадкування.

14. Сріблясто-голубе забарвлення шерсті успадковується за типом повного домінування та моногенного успадкування. Коричневе забарвлення шерсті являється домінантною ознакою, а сріблясто-голубе – рецесивною. Для збільшення кількості сріблясто-голубих норок у потомстві потрібно поставити схрещування рецесивних – сріблясто-голубих – гомозигот між собою (всі нащадки будуть сріблясто-голубими) або рецесивних гомозигот з гетерозиготою (50% нащадків матимуть коричневу шерсть і 50% - сріблясто-голубу).

15. Оскільки за вкорочені ноги відповідає домінантний алель А, і домінантна гомозигота є летальною, то генотип батьків може бути тільки Аа. При повному домінуванні розщеплення складає 2 Аа : 1аа, оскільки АА – летальні. Якщо народилось всього 3000 курчат, з яких 2/3 є коротконогими, то їх кількість складає 2000.

16. Кучеряве оперення курей успадковується за типом неповного домінування та моногенного успадкування алельних генів. Генотипи батьківських форм: Аа (кучеряво оперені) та аа (нормальні); генотипи F₁: Аа та аа. Від схрещення сильно кучеряво оперених курей з нормальними очікуються кучеряво оперені кури.

17. Оскільки частка горностаєвих курчат складає 50% від усіх, то їх генотип – Аа при успадкуванні забарвлення пір'я моногенно за типом неповного домінування.

18. Ознака успадковується за повним домінуванням. Генотип вихідних риб: АА х аа, генотип гібридів F₁ – Аа; F₂ – 1АА : 2Аа : 1аа.

19. Ознака успадковується моногенно за типом неповного домінування. Генотипи вихідних рослин: АА х аа. Якщо схрестити гібридів F₁ з жовтолистими рослинами, то буде отримане розщеплення за фенотипом 1:1 (50% рослин з жовтим листям і 50% - із золотистим).

20. У чоловіка генотип I^AI^B. Оскільки в умові сказано, що народилась дитина з групою крові I^Bi, то мати має генотип I^Ai. Сумнів викликає поява дитини з першою групою крові, оскільки у даної пари не могло б

народитись такої дитини.

21. а) Генотипи батьків: $I^A I^A$ і $I^B I^B$; б) генотипи батьків: $I^A i$ і $I^B I^B$; в) генотипи батьків: $I^A I^A$ і $I^B i$; г) генотипи батьків: $I^A i$ і $I^B i$.

22. За умови, що ознака контролюється одним геном, колір очей успадковується за типом повного домінування. Карий колір очей являється домінантною ознакою, а блакитний – рецесивною, оскільки батьки матері були кароокими. З огляду на те, що в Наталі блакитні очі, а у хлопців – карі, можна зробити висновок, що батько – гетерозиготний із карими очима. Генотипи членів родини: дідусь та бабуся – $Aa \times Aa$, мати – aa , батько – Aa , сини – Aa , дочка – aa .

23. Судячи з того, що всі діти народились кароокими, при тому, що мама має блакитні очі, батько дітей – гомозиготний домінантний за цією ознакою. Отже, генотипи матері і батька $aa \times AA$ відповідно, генотипи дітей – Aa .

24. Генотипи членів родини: мати – Aa , батько – aa , діти – Aa і aa , батько матері мав генотип AA або Aa .

Ди- та полігібридне схрещування

1. Всі 288 рослин будуть однакові за генотипом та фенотипом ($AaBb$ – рослини з нормальним листям та восковим нальотом). Незалежне моногенне успадкування ознак, повне домінування кожної пари алелей.

2. $\frac{1}{4}$ всіх нащадків буде гомозиготною за даними ознаками ($aabb$ – кремові лійкоподібні квіти). Генотипи вихідних рослин: $AaBb$ і $aabb$.

3. Оскільки всі нащадки мали кулеподібну форму плода, то можемо зробити висновок, що обидва батьки були рецесивними гомозиготами за даною ознакою. Оскільки ж розщеплення за кольором складає 3:1, то робимо висновок, що обидва батьки гетерозиготи за другою ознакою. Отже, генотипи вихідних форм однакові і виглядають $AaBb$.

4. Дана рослина утворює 4 типи гамет: AB , Ab , aB і ab . При схрещуванні даної рослини з рослиною із генотипом $AaBB$, то утворюються 2 фенотипи: $A_B_$ і $aaB_$ із співвідношенням 3:1. Під час самозапилення цієї рослини буде 9 генотипів у співвідношенні $1AABB : 2AABb : 1AAbb : 2AaBB : 4AaBb : 2Aabb : 1aaBB : 2aaBb : 1aabb$. $\frac{1}{8}$ частина нащадків від запилення цієї рослини буде гомозиготною з обома генами.

5. Дана рослина утворює 4 типи гамет: ABc , Abc , aBc і abc . При самозапиленні цієї рослини у F_1 буде отримано 4 фенотипи у співвідношенні $9 A_B_cc : 3 A_bbcc : 3 aaB_cc : 1 aabbcc$. При

схрещуванні цієї рослини з рослиною, яка має генотип $AabbCc$ буде отримано 12 генотипів із співвідношенням $1AABbCc : 1AAbbCc : 2AaBbCc : 2AabbCc : 1AABbcc : 1AAbbcc : 2Aabbcc : 1aaBbCc : 1aabbCc : 2AaBbcc : 1aabbcc : 1aaVbcc$.

6. Від даного шлюбу всі нащадки будуть кароокими, проте за іншою ознакою розщеплення складає 1:1 (50% правші і 50% лівші).

7. Генотипи батьків: $aaVb$ і $AABb$. Якщо схрестити курку з нащадком, який має оперені ноги і простий гребінь, отримаємо розщеплення у потомстві за генотипом і фенотипом 1:1:1:1 ($1AaVb : 1aaVb : 1Aabb : 1aabb$).

8. Оскільки серед нащадків є діти з першою групою крові, то обидва батьки мають бути гетерозиготами. Також, оскільки з'являється 2 та 4 група крові, то батько має 2 групу крові. Також, оскільки частина дітей може розрізняти смак ФТК, а частина – ні – то батько має бути гетерозиготою за цією ознакою. Отже, генотипи батьків: $I^B i a a$ і $I^A I A a$.

9. Дана рослина утворює 8 типів гамет: $ABC, ABc, Abc, AbC, aBC, aBc, abC, abc$. При самозапиленні цієї рослини, за умови, що ознаки успадковуються за повним домінуванням, утвориться 8 фенотипів рослин за таким співвідношенням: $27A_B_C_ : 9aaV_C_ : 9A_bbC_ : 9A_B_cc : 3aabbC_ : 3A_bbcc : 3aaV_cc : 1aabbcc$. Під час самозапилення цієї рослини буде 27 генотипів у такому співвідношенні: $1AABVCC : 2AABVCCc : 1AABVcc : 2AaBVCC : 3AaBVCCc : 2AaBVcc : 3AABbCC : 4AABbCCc : 2AABbcc : 3AaBbCC : 8 AaBbCc : 5AaBbcc : 2AAbbCc : 1AAbbcc : 4AabbCc : 2Aabbcc : 1AAbbCC : 2AabbCC : 1aaBVCC : 2 aaBVCCc : 2aaBbCC : 4aaBbCc : 1aaBbcc : 2aaBbcc : 1aabbCC : 2aabbCc : 1aabbcc$. При самозапиленні цієї рослини, за умов, що ознаки успадковуються за неповним домінуванням над геном V , утвориться 12 фенотипів рослин за таким співвідношенням: $18A_VbC_ : 9A_VVC_ : 9A_bbC_ : 6aaVbC_ : 6A_Vbcc : 3A_VVcc : 3A_bbcc : 3aabbC_ : 3aaVVC_ : 1aaVbcc : 1aaVVcc : 1aabbcc$.

10.* Успадкування ознак моногенне, незалежне. Форма гребеня успадковується за повним домінуванням, а колір пір'я – за неповним. Різниця результатів виникла через те, що у перших двох курей, як і у півня, генотип $AaVb$, а у третьої курки – $AABb$. При цьому фенотипово вони однакові. Якщо півня з чорним забарвленням та простим гребенем схрестити з з першими двома курками, то вийде розщеплення: $1AaVV : 1AaVb : 1aaVb : 1aabb$. Якщо ж його схрестити з третьою куркою, розщеплення буде: $1AaVV : 1AaVb$. Якщо схрестити півня з білим забарвленням та простим гребенем з першими двома курками, то вийде

розщеплення: 1AaBb: 1Aabb: 1aaBb :1aabb. Якщо ж його схрестити з третьою куркою, розщеплення буде: 1AaBb :1Aabb.

11. Моногенне, незалежне успадкування ознак. За всіма трьома парами алелей розщеплення відбувається за повним домінуванням. Генотип вихідних рослин: AaBBcc та AabbCc.

12. Генотипи вихідних рослин: AaBb та aaBb.

13. Генотипи вихідних рослин: AABb та aaBb.

14. У F₂ потрібний генотип будуть мати 9/16 рослин. 1/16 частина з них буде гомозиготною за трьома ознаками. Для перевірки треба провести аналізуюче схрещування.

15. Генотипи вихідних рослин: AAbb x aaBB. Домінантними є білі квіти блюдцеподібної форми. У F₂ розщеплення за фенотипом становить: 9A_V_ : 3A_bb : 3aaV_ : 1aabb; за генотипом: 1AABB : 2AABb : 1AAbb : 2AaBB : 4AaBb : 2Aabb : 1aaBB : 2aaBb : 1aabb.

16. Генотипи вихідних рослин: AAbb x aaBb. У F₁ співвідношення фенотипів буде: 3A_V_ : 3A_bb : 1aaV_ : 1aabb; співвідношення генотипів: 1AABb : 2AaBb : 1AAbb : 2Aabb : 1aaBb : aabb.

17. Ранньостиглі гіганти з'являться у другому поколінні з імовірністю 3/16 (18,75%).

18. Ознаки успадковуються незалежно та за повним домінуванням. Генотипи вихідних рослин AABB x aabb. Генотип F₁: AaBb. З усіх нащадків серед F₂ 1/16 частина рослин буде гомозиготами з гіллястим колосом та червоними вушками. Серед усіх рослин з гіллястим колосом та червоними вушками кількість гомозигот складатиме 1/3.

19. Ознаки успадковуються незалежно, моногенно. Остистість – за повним домінуванням, а щільність колоса – за неповним. Генотипи вихідних форм: aaBB x AAbb. Генотип F₁ – AaBb. 1/16 частина з усіх рослин матиме остистий пухкий колос у F₂

20. Ознаки успадковуються незалежно за повним домінуванням, моногенно. Генотипи вихідних рослин: AABB x aabb. ¼ частина усіх рослин у F₂ буде гетерозиготною за обома ознаками. При аналізуючому схрещуванні гібридів F₁ отримаємо розщеплення за генотипом і фенотипом 1AaBb : 1Aabb : 1aaBb : 1aabb. В якості аналізатора необхідно взяти рецесивну гомозиготу за двома алелями, тобто білоосту пшеницю.

21. Генотипи батьків: AaBb x Aabb, генотип F₁ - AaBb, генотипи F₂: AABb : 2AaBb : AAbb : 2Aabb : aaBb : aabb. Зазначені ознаки успадковуються незалежно за повним домінуванням, моногенно.

22.* Оскільки на фермі всі качки забарвлені, а це домінантна ознака,

то батьки могли мати генотип трьох типів: 1) обидва AADd, 2) обидва AaDd, 3) один AADd і один AaDd. Тоді у першому випадку у нащадків генотип буде 2AADd : AAdd. $\frac{1}{4}$ частина (600 шт.) яєць не випупиться. Всі нащадки будуть мати забарвлення, при цьому $\frac{2}{3}$ частини (1200) матимуть чубок і $\frac{1}{3}$ (600) буде без нього. У другому випадку генотипи у першому поколінні виживши нащадків будуть такими: 4AaDd : 2 Add : 2Aadd : 2aDd : 1AAdd : 1aadd. $\frac{1}{4}$ частина (600 шт.) яєць не випупиться. $\frac{7}{10}$ отриманих нащадків (1260) матимуть забарвлення, $\frac{3}{10}$ (340) будуть білими. При цьому $\frac{3}{5}$ з них (1080) матимуть чубок, і $\frac{2}{5}$ (720) будуть без нього. У третьому випадку серед виживших нащадків будуть такі генотипи: 2AADd : 2AaDd : 1AAdd : 1Aadd. $\frac{1}{4}$ частина (600 шт.) яєць не випупиться. Всі нащадки матимуть забарвлення, при цьому $\frac{2}{3}$ частини з них (1200) матимуть чубок та $\frac{1}{3}$ частина (600) будуть без нього.

Дигенне успадкування. Взаємодія неалельних генів.

1. А – пурпурове забарвлення, а – біле забарвлення; І – не дозволяє проявитись забарвленню, і – дозволяє проявитись; В – гладкі зерна, в – зморшкуваті зерна. Оскільки співвідношення білих квітів до пурпурних становить 13:3, то робимо висновок про дигенне успадкування ознак та епістатичну взаємодію неалельних генів. Гладкість успадковується за повним домінуванням, моногенно. Генотипи батьків: ПААВВ х ііаabb, генотипи F₁ – ІіАаВb, генотип аналізатора – ііаabb.

2. Такі результати можуть бути в тому випадку, коли присутня комплементарність. Наявність одночасно в генотипі А і В призводить до утворення червоного кольору. Оскільки у першому випадку (схрещування №1 х №2) немає червоного кольору, то батьки рецесивні за алелем В. Їхній генотип: АAbb і aabb. Що ж стосується другого випадку (схрещування №1 х №3) в F₂ розщеплення складає 9:3:4 (16 зигот) – значить там є дигенне успадкування ознак, отже з'являється комплементарна взаємодія ознак. Це значить, що цибуля №3 має нести домінуючий ген В. Оскільки червоних цибулин найбільше, то генотип цибулі №3 – aaBB.

3. Результати схрещувань свідчать про дигенне успадкування ознак, комплементарну взаємодію неалельних генів. Оскільки у F₁ є рослини з пурпурним забарвленням, генотипи батьків: АAbb х aaBB. Якщо рослини з F₁ схрестити з першою батьківською формою (АAbb), то отримаємо розщеплення за співвідношенням 1:1 (50% з пурпурними

квітами та 50% з рожевими). Якщо ж гібрид F_1 схрестити з другою батьківською формою (aaBB), то отримаємо розщеплення із співвідношенням 1:1 (50% з пурпурними квітами та 50% з білими).

4. Перевірка H_0 про дигенне розщеплення у співвідношенні 9:7 за методом χ^2 гіпотезу не заперечує. Отже, забарвлення контролюється двома генами, дигенне успадкування ознаки, комплементарна взаємодія генів. Генотипи батьків: мати – AABb, батько – aabb. Генотипи нащадків: F_1 – AaBb, F_2 – 9A_B_ : 3A_bb : 3aaB_ : 1 aabb. Фенотипи F_2 – 9 пурпурних : 7 зелених – кожен з домінантних генів окремо не дає забарвлення. В аналізую чому схрещуванні використовують зелені рослини aabb, розщеплення в $F_{ан}$ становитиме: $\frac{1}{4}$ -фіолетові рослини, $\frac{3}{4}$ - зелені.

5. Таке розщеплення може бути при некумулятивній полімерії. Генотипи вихідних рослин однакові – $A_1a_1A_2a_2$. Мутантні рослини за умови життєздатності можна використати для встановлення генотипу генотипу рослин в якості аналізатора при схрещуванні.

6. Оскільки від схрещування червоної рослини №1 з червоною рослиною №2 вийшло розщеплення 15:1, то робимо висновок, що тип успадкування – дигенне, незалежне, некумулятивна полімерія. Для того, щоб вийшло таке розщеплення, необхідно, щоб обидва батьки були дигетерозиготами. Отже, їхній генотип – $A_1a_1A_2a_2$. При схрещуванні кожної з червоних рослин з білою в обидвох випадках співвідношення буде 1:3, значить біла рослина була подвійним рецесивом і її генотип – $a_1a_1a_2a_2$.

7. Ознаки успадковуються незалежно. Оскільки розщеплення за кольором показує співвідношення 15:1, то ми маємо справу з некумулятивною полімерією; дигенне успадкування. Співвідношення розщеплення за щільністю – 1:2:1 – моно генне, неповне домінування. Генотипи вихідних рослин: $A_1A_1A_2A_2BB$ і $a_1a_1a_2a_2bb$. Для перевірки результатів варто провести аналізуюче схрещування з використанням рецесивної гомозиготи за двома ознаками.

8. Висота стебел у батьківських форм – 60 і 240 см. Висота рослин в F_1 – 150 см. Межі мінливості росту рослин в F_2 коливаються від 60 до 240 см. Середня висота рослин у F_2 – 150 см.

9. Таке розщеплення (9:4:3) можливе за умови комплементарності. При цьому генотипи вихідних рослин – AaBb. Для перевірки правильності даного припущення необхідно оцінити величину відхилення за методом χ^2 .

10. Ознаки успадковуються незалежно. Колір вушок за повним

домінуванням, моногенне успадкування: червоне забарвлення – домінуюча ознака, біле – рецесивна. Колір зерна – дигенне успадкування, комплементарна взаємодія генів. Генотипи вихідних рослин – ААВВсс і ааbbСС. Правильність припущення можна перевірити за допомогою схрещування з рецесивною гомозиготою.

11. У F₂ у 45 рослин з 192 буде генетично обумовлений ріст 44 см.

12. Ознаки успадковуються незалежно.. Час дозрівання – моногенно, за повним домінуванням: озимі – домінуюча ознака, ярові – рецесивна. Наявність вусиків – дигенне успадкування, комплементарна взаємодія генів. Генотипи вихідних рослин: ААВВсс х ааbbСС.

13. Дана ознака успадковується дигенно, за типом некумулятивної полімерії. Генотипи вихідних курей – ААbb х aaВВ.

14. Ознака успадковується дигенно, за типом комплементарної взаємодії генів. Оскільки маємо розщеплення 9:3:3:1, то робимо висновок, що батьки – дигетерозиготи за двома парами алелей, а отже їхній генотип – АaВb. 1/3 частина серед курей з трояндоподібним гребенем буде гомозиготна (1/16 серед усіх курей).

15. Дигенне успадкування, домінуючий епістаз. Півень – дигетерозигота - АaIi , курка – Aaіi. А – забарвлене пір'я, а – біле, I – інгібує прояв забарвлення, i - дозволяє

16. Забарвлення вівса: а) світле, б) біле, в) темне, г) темне, д) темне, е) світле.

17. Тип успадкування масті – дигенне, епістаз. Забарвлення визначається взаємодією двох генів за типом домінуючого епістазу. Генотипи вихідних форм – ААІІ х аaіi.

18. Колір зерна у рослин: а) 1 червоне: 2 рожеве : 1 світло-рожеве; б) 1 рожеве : 2 світло-рожеве : 1 біле; в) 1 рожеве: 1 світло-рожеве; г) 1 червоне : 2 рожеве : 1 світло-рожеве.

19. а) Генотипи: А₁a₁А₂a₂ : А₁a₁a₂a₂ : a₁a₁А₂a₂ : a₁a₁a₂a₂ (3 ярі : 1 озимі); б) А₁a₁А₂А₂ : А₁a₁А₂a₂ : a₁a₁А₂А₂ : a₁a₁А₂a₂ (всі ярі); в) А₁А₁А₂a₂ : А₁a₁А₂a₂ (всі ярі); г) a₁a₁А₂А₂ : a₁a₁А₂a₂ (всі ярі).

20. Такі результати можна отримати під час дигенного успадкування, комплементарної взаємодії генів. Гени, що визначають платиновий колір не є алельним. Для перевірки гіпотези треба провести аналізуючи схрещування – з подвійним рецесивом – платинове забарвлення.

21. Ознака успадковується дигенно, комплементарна взаємодія генів. Генотипи батьків: aaВВ х ААbb, F₁ - АaВb.

22. Ознака успадковується дигенно, домінуючий епістаз. Генотипи вихідних рослин: ААІІ х аaіi.

23. Ознака успадковується дигенно, неалельна взаємодія генів, за некумулятивною полімерією. Генотипи вихідних рослин однаковий – $A_1a_1A_2a_2$; фенотип F_1 – 15:1.

24. Ознака успадковується дигенно, неалельна взаємодія генів за типом некумулятивної полімерієї. Генотипи вихідних рослин: $A_1A_1A_2A_2$ х $a_1a_1a_2a_2$. Якщо схрестити гібридів F_1 з білозерною рослиною, то буде розщеплення за співвідношенням 3:1 (3 рослин з червоними зернами : 1 з білими).

Зчеплене успадкування. Кросинговер

1. Неповне зчеплення генів. Генотипи вихідних рослин – $AB//ab$ х $ab//ab$, фенотипи – високий ріст і гладкий епідерміс х низький ріст і горохуватий епідерміс. Відстань між генами 3,6 сМ.

2. Такі результати можна отримати за умови неповного зчеплення генів. Відстань між генами – 20 сМ. Фенотип рослин F_1 – високе стебло та круглоподібна форма плодів. Для аналізуючого схрещування необхідно взяти карликові грушеподібні томати ($ab//ab$), при цьому співвідношення буде $4AB//ab : 4ab//ab : 1Ab//ab : 1aB//ab$.

3. Зчеплене успадкування ознак. $K_{AB}=18\%$, $K_{BC}=17\%$, $K_{AC}=31,4\%$. З урахуванням подвійних рекомбінантів $K_{AC}=35\%$. Розташування генів таке: ABC, де А – ген опушеності стебла, В – ген вузлуватості стебла, С – ген стійкості до грибів.

4. Самки F_1 – $X^{aB}X^{Ab}$ – нормальні очі і крила. Самці F_1 : $X^{aB}Y$ – кіноварні очі і нормальні крила. Самки F_2 – $17X^{aB}X^{aB} : 17X^{Ab}X^{aB} : 8X^{AB}X^{aB} : 8X^{ab}X^{aB}$ (1 кіноварні очі і нормальні крила : 1 нормальні очі і крила). Самці F_2 – $17X^{aB}Y : 17X^{Ab}Y : 8X^{AB}Y : 8X^{ab}Y$ (17 кіноварні очі і нормальні крила : 17 нормальні очі і розсічені крила : 8 нормальні очі і крила : 8 кіноварні очі і розсічені крила).

5. У цієї пари імовірність того, що народиться дитина з двома аномаліями одночасно становить $1/8$ серед усіх дітей (або $1/4$ серед хлопчиків). При чому такою дитиною буде лише хлопчик.

6. Імовірність того, що в сім'ї народиться дитина з двома аномаліями одночасно складає $1/4$. При цьому це можуть бути як дівчатка так і хлопчики.

7. Гени розташовані на 1 хромосомі у порядку ACB $K_{AC}=28,1\%$, $K_{BC}=28,9\%$, $K_{AB}=48,2\%$. З урахуванням подвійних рекомбінантів $K_{AB}=56,8\%$.

8. Гени розташовані на 1 хромосомі у порядку ACB. $K_{AB}=30\%$,

$K_{BC}=15\%$, $K_{AC}=20\%$. З урахуванням подвійних рекомбінантів $K_{AB}=35\%$.

9. Розщеплення у F_2 для самок за складає: $9X^{aB}X^{aB} : 9X^{Ab}X^{aB} : 1X^{AB}X^{aB} : 1X^{ab}X^{aB}$ (всі самки матимуть сіре тіло, при цьому у 50% будуть очі кольору кіноварі і у 50% - нормального кольору). Самці F_2 – $9X^{aB}Y : 9X^{Ab}Y : 1X^{AB}Y : 1X^{ab}Y$ (9 кіноварні очі і сіре тіло : 9 нормальні очі і чорне тіло : 1 нормальні очі і сіре тіло : 1 кіноварні очі і чорне тіло). У F_a , коли аналізатор самець, розщеплення самок і самців буде таким самим, як і у F_2 . У F_a , коли аналізатор самка, всі самки матимуть кіноварні очі і сіре тіло, а самці – кіноварні очі і чорне тіло.

10. Гени успадковуються зчеплено. $K_{BC}=16\%$.

11. C-k-a-d-b-e-l

12. Нащадки у F_1 : самки і самці з червоними очима і довгими крилами. Нащадки у F_2 : самки і самці – 43 з червоними очима і довгими крилами : 43 з білими очима і пожмаканими крилами : 7,5 з червоними очима і пожмаканими крилами : 7,5 з білими очима і довгими крилами. Нащадки у F_3 : самки – з червоними очима і довгими крилами, самці – з білими очима і пожмаканими крилами.

13. Такі результати можливі при неповному зчеплені генів, що знаходяться на одній хромосомі. Генотипи вихідних форм: $AB//AB$ х $ab//ab$. У F_2 від схрещування гібридів F_1 розщеплення буде таким: 73,1% забарвлених насінин з гладким ендоспермом : 1,75% незабарвлених насінин із зморшкуватим ендоспермом : 1,75% з забарвленим насінням і зморшкуватим ендоспермом : 23,2% з незабарвленим насінням і гладким ендоспермом.

14. Гени успадковуються зчеплено $AB//ab$. $K_{AB}=9.95\%$. Гени знаходяться у фазі притягування.

15. У F_1 ABC/abc . У $F_{ан}$ $ABC=25\%$, $abc=25\%$, $aBC=8,5\%$, $Abc=8,5\%$, $ABc=13,5\%$, $abC=13,5\%$, $AbC=3\%$, $aBc=3\%$.

16. Гени успадковуються зчеплено. Відстань між генами – 24 сМ. Генотип гетерозиготи – $Ab//aB$. Якщо б початково схрещували гомозиготних особин $AABB$ та $aabb$, то надалі в аналізуючому схрещуванні, співвідношення фенотипів було б $38AB//ab : 38ab//ab : 12Ab//ab : 12aB//ab$

17. Гени успадковуються зчеплено. Якщо схрестити між собою дигетерозигот, то отримаємо розщеплення за фенотипом: $68,5A_//_B : 18,5ab//ab : 6,5Ab//_b : 6,5aB//a_$.

18. Ознака успадковується зчеплено. Генотип вихідних форм: $AB//AB$ х $ab//ab$, генотип F_1 – $AB//ab$. При схрещуванні гібридів F_1 між собою розщеплення за фенотипом становитиме: 74,875% з червоними очима і

нормальним тілом : 24,875% з темно-коричневими очима і волосатим тілом : 0,125% з червоними очима і волосатим тілом : 0,125% з темно-коричневими очима і нормальним тілом.

19. Фенотипове розщеплення у F_2 буде таким: 50,64% з високим ростом і грушеподібними плодами : 24,36% карликових з кулеподібними плодами : 24,36% з високим ростом і кулеподібними плодами : 0,64% карликових з грушеподібними плодами.

20. Ознака успадковується зчеплено. Генотипи вихідних рослин – $AB//AB$ х $ab//ab$, відстань між генами 11,6 сМ.

21. Неповне зчеплення генів. Генотипи вихідних рослин – $AB//AB$ х $ab//ab$. Генотип F_1 – $AB//ab$ – сланкі рослини із забарвленими квітами. Відстань між генами = 23 сМ.

Зчеплене зі статтю успадкування

1. Генотипи батьків: $x^D x^D Aa$; $x^d yaa$. Генотипи дітей: $x^D x^d Aa$, $x^D yAa$, $x^D yaa$.

2. Генотипи батьків: $X^H X^{h;i}$; $X^H Y I^A I^B$. Серед нащадків цього подружжя можна отримати такі фенотипи: всі дівчатка будуть здоровими, при цьому половина з них матиме другу групу крові, а половина – третю. Серед хлопчиків половина буде здоровою, а половина – матиме гемофілію. При цьому у 50% з них буде друга група крові, і у 50% – третя.

3. Ознака успадковується моногенно, зчеплено зі статтю. Пізнє оперення – домінантна ознака. За реципрокного схрещування всі півні будуть пізньооперені, а у курочок буде розщеплення: 50% - ранньо- і 50% пізньооперених.

4. Колір ніг успадковується зчеплено зі статтю, а кучерявоперість – моногенно, за аутосомно-домінантним успадкуванням. Генотипи F_1 за оберненого схрещування: $z^B z^B Aa$; $z^B wAa$. Фенотипи F_2 за оберненого схрещування: всі самці матимуть жовті ноги, при цьому $\frac{3}{4}$ матимуть курчаве пір'я, і $\frac{1}{4}$ - нормальне. Розщеплення самок становитиме: $\frac{3}{8}$ – матимуть жовті ноги та кучеряве пір'я, $\frac{1}{8}$ – жовті ноги та нормальне пір'я, $\frac{3}{8}$ матимуть матимуть зелені ноги та кучеряве пір'я та $\frac{1}{8}$ – зелені ноги та нормальне пір'я.

5. Черепахове забарвлення з'являється за неповного домінування. Ознака зчеплена зі статтю.

6. Колір очей успадковується за аутосомним типом, моногенне успадкування, а довжина крил – зчеплено зі статтю. Генотип вихідних мух: $X^B X^B aa$; $X^B Y AA$, генотипи F_1 - $X^B X^b Aa$ $X^B Y Aa$. За оберненого

схрещування фенотипи в F_1 будуть самки з червоними очима і нормальними крилами, самці з червоними очима і обрізаними крилами. У самок і самців фенотипи F_2 будуть мати співвідношення: 3 з червоними очима і нормальними крилами : 3 з червоними очима і обрізаними крилами : 1 з коричневими очима і нормальними крилами : 1 з коричневими очима і обрізаними крилами.

7. Колір очей успадковується зчеплено зі статтю, а довжина крил – за аутосомним типом, моногенно, незалежно. Генотипи батьків: $X^A X^a Vb$; $X^A Y Vb$. Червоні очі та довгі крила – домінантні ознаки, білі очі та зародкові крила – рецесивна. В F – всі самки з червоними очима, з них $1/4$ з зародковими, а $3/4$ з довгими крилами; серед самців – $1/2$ з червоними, $1/2$ - з білими очима, з них $1/4$ з зародковими, а $3/4$ з довгими крилами.

8. Ознака успадковується зчеплено зі статтю. Генотипи вихідних риб: $X^A X^A$; $X^a Y$. Внаслідок зворотного схрещування у F_2 серед 200 нащадків розщеплення буде таким: 50 червоних самок : 50 білих самок : 50 червоних самців : 50 білих самців.

9. Всі дочки в F_1 будуть здоровими, але 50% з них будуть носіями хвороби. 50% синів будуть здоровими, інші – хворітимуть. У випадку **a** і **б** всі діти будуть здоровими. Випадок **в** аналогічний до батьків. І розщеплення буде таке ж. У випадку **г** всі діти будуть здоровими, проте 100% дівчат будуть носіями рецесивного гену.

10. Генотипи батьків чоловіка: $AaX^D X^D$ х $AaX^D Y$. Генотипи батьків жінки: $AaX^D X^d$ х $AaX^D Y$. Генотип чоловіка: $aaX^D Y$, генотип жінки: $AaX^D X^d$, генотипи їх дітей: $aaX^D Y$, $aaX^d Y$ і $AaX^D X^-$.

11. Микола успадкував гемофілію від мами, яка є носієм рецесивного гену (як і бабуся Миколи). Генотипи батьків жінки: $iiX^H X^h$ х $I^A I^B X^H Y$. Генотипи батьків чоловіка: $I^B iX^H X^H$ х $I^A iX^H Y$. Генотип жінки: $I^A iX^H X^h$; чоловіка: $I^B iX^H Y$; Катерини: $I^A iX^H X^-$; Віктора: $iiX^H Y$; Миколи: $I^A iX^h Y$.

12. Імовірність того, що донька – дальтонік-носій гемофілії складає 50%.

13. Генотипи батьків: $X^B X^b Aa$ х $X^B Y Aa$. Імовірність того, що у другого сина також з'явиться 2 аномалії становить $1/8$ (12,5%). Імовірність того, що третя дитина буде нормальною дівчинкою становить $7/8$ (87,5%).

14. Генотип жінки – $X^D X^d ii$, чоловіка – $X^d Y I^A I^B$. Імовірність народження у цих людей дітей-дальтоніків становить 50%. Діти з групою крові батьків народитись не можуть.

15. Генотипи: $X^C X^c$: $X^C Y$, фенотипи – мозаїчні самки : чорні самці. Генотипи батьків: $X^C X^C$ х $X^c Y$, їх фенотипи – мозаїчна кішка та жовтий

самець.

16. Генотипи курей: W^gZSs : W^gZss ; генотипи півнів: $W^G W^g ss$: $W^G W^g Ss$. Фенотипи півнів будуть такими: 50% срібних із звичайним пір'ям і 50% золотистих з шовковистим пір'ям. Всі кури матимуть золотисте пір'я, при цьому 50% з них будуть з шовковистим пір'ям, а 50% - ні.

17. Співвідношення статей буде 2:1 (2 самки : 1 самець).

18. У F_1 хлопчик буде здоровим, а дівчинка – носієм гену дальтонізму. Якщо ця дівчинка вийде заміж за здорового чоловіка, то ймовірність народження хворого хлопчика складає $\frac{1}{2}$ і дівчинки-носія – $\frac{1}{2}$. Якщо хлопчик з F_1 вступить в шлюб із здоровою жінкою, то всі їхні діти будуть здоровими і не будуть носіями.

19. Ознака успадковується зчеплено зі статтю. Генотипи батьків: $X^A X^A$ х $X^a Y$; F_1 - $X^A X^a$ і $X^A Y$; F_2 - $X^A X^A$: $X^A X^a$: $X^A Y$: $X^a Y$.

Генетика популяцій

1. Генетична структура: $q^2=0,0025$; $p^2=0,9025$; $2pq=0,095$. Частота рецесивного алеля такої популяції складає $0,05 = 5\%$.

2. Частота гетерозигот у популяції складає $0,163$ або $16,3\%$.

3. Частота алеля $q=0,007$; алеля $p=0,993$. Частота генотипів $aa=0,005\%$; $Aa=1,3\%$; $AA=98,6\%$.

4. Частота алелю $p=0,54$; алелю $q=0,46$. Частота генотипів $MM=29\%$; $NN=21,3\%$; $MN=49,7\%$.

5. Частота алелю $a=0,0145$; $A=0,985$. Частота генотипів $aa=0,0212\%$, $Aa=2,8683\%$, $AA=97,0225\%$.

6. Один альбінос припадає на 14285 населення. Один носій гену альбінізму припадає на 60 людей.

7. Частота генотипу $ThTh=95,96\%$, $Tht h=3,9\%$, $thth=2,04\%$.

8. Частота алелю $f=0,0026$; $F=0,9974$.

9. Частота алеля $R=0,4=40\%$.

10. Чорно-бурих лисиць $13,19\%$, сиводушок – $0,5\%$.

11. Частота алелю $A=0,452$; $a=0,548$. Частота генотипу $AA=20,4\%$, $aa=30\%$.

12. Частота алелю $A=0,9929$, $a=0,007$. Кількість гетерозигот складає 280, а гомозигот – 19718.

13. Частота генів $A=0,696$, $a=0,304$.

14. Кількість гетерозигот у популяції складає $1,39\%$ або 278 людей на 20000 населення.

15. Кількість гетерозигот у популяції складає 0,89% або 445 чоловік на 50000 населення.

16. а) $p=0,8888$, $q=0,1111$; б) $p=0,4762$, $q=0,5238$; в) $p=0,83333$, $q=0,16667$; г) $p=0,6$, $q=0,4$.

17. Генетична структура: $AA=90,25\%$, $Aa=9,5\%$, $aa=0,25\%$. Кількість рослин-носіїв гену альбінізму складає 9,5% або 7980 рослин на 84000.

18. Число носіїв мутантного гена складає 6,81% або 54,48 людей на 800 населення. Якщо частота рецесивного гена зменшиться в 2 рази, то число носіїв мутантного гена складатиме 3,458%.

19. а) $p=0,6$, $q=0,4$; б) $p=0,848$, $q=0,152$; в) $p=0,489$, $q=0,511$.

20. Частка здорових чоловіків $p=0,992$. Частота жінок-дальтоніків: $q^2=0,0064\%$, а частота здорових жінок: $p^2+2pq=99,99\%$.

21. $p(r^A)=0,1954$; $q(r^B)=0,078$; $r(r^0)=0,7211$.

22. Частота гену $A=0,7549$, $a=0,245$.

23. а) $p=0,7764$, $q=0,2236$; $AA=60,27\%$, $Aa=37,72\%$, $aa=5\%$;

б) $p=0,9293$, $q=0,0707$; $BB=86,35\%$, $Bb=13,14\%$, $bb=0,5\%$;

в) $p=0,9777$, $q=0,0223$; $CC=95,58\%$, $Cc=4,36\%$, $cc=0,05\%$;

г) $p=0,9929$, $q=0,00707$; $DD=98,58\%$, $Dd=1,4\%$, $dd=0,005\%$;

д) $p=0,9978$, $q=0,0022$; $EE=99,56\%$, $Ee=0,43\%$, $ee=0,0005\%$.

24. У першій популяції 160 особин є гомозиготами за рецесивним геном і 480 – носії цього гену. У другій популяції гомозигот за рецесивним геном є 640 і 320 особин є носіями цього гену.

Мінливість

1. Співвідношення фенотипів $17A : 1a$.

2. За прямого схрещування у нащадків будуть фенотипи $1A : 2a$, за зворотнього – $1A : 1a$.

3. Серед нащадків будуть 50% трисомиків і 50% дрозофіл з 2-ма алелями. При цьому співвідношення за фенотипом буде: 5 червонооких : 1 білооких.

4. Співвідношення фенотипів: $11A:1a$, генотипів: $1AAAa : 5AAaa : 5Aaaa : 1aaaa$.

5. Фенотипово всі будуть А. Співвідношення генотипів: $1AAAa : 2AAaa : 1Aaaa$.

6. Співвідношення фенотипів у F_1 : 1 темно-червоне : 8 червоне : 18 рожеве : 8 світло-рожеве : 1 біле.

7. *Співвідношення фенотипів буде $64AB : 8A : 8B : 1ab$.

8. а) $2n=2x=14$; б) $2n=4x=28$; в) $2n=6x=42$; г) $2n=8x=56$.

9. Фенотипове співвідношення у F_1 – світло-червоне забарвлення; у F_2 – 1 темно-червоні : 8 червоні : 16 світло-червоні : 8 рожеві : 1 білі.

10. а) генотипи: $1AA : 1aaa : 2Aaa : 2aa$; фенотипи: $1A : 1a$; б) генотипи: $2Aa : 4aa : Aaa : 2aaa$; фенотипи: $1A : 1a$; в) генотипи: $1AA : 2AAa : 3Aaa : 3Aa : 2aa : 1aaa$; фенотипи: $3A : 1a$; г) генотипи: $1A : 3Aa : 1AAa : 2Aaa : 2aa$; фенотипи: $7A : 2a$; д) генотипи: $1AAAa : 3Aa : 3AAa : 2AA : 2Aaa : 1aa$; фенотипи: $11A : 1a$; е) генотипи: $2AA : 3Aa : 2AAa : 1aa : 1Aaa$; фенотипи: $8A : 1a$.

11. Генотипи вихідних рослин $AAaa \times Aaaa$. Розщеплення за фенотипом $11A : 1a$

12. а) $1AAaa : 1Aaaa$; б) $1AAaa : 1aaaa : 4Aaaa$; в) $1Aaaa : 1aaaa$.

13. Співвідношення фенотипів становитиме $11A : 1a$.

14. Рослини з білими квітами з'являються у другому поколінні у співвідношенні $35A : 1a$.

15. Слива має 48 хромосом.

16. а) $2n=2x=20$; б) $2n=4x=40$; в) $2n=6x=60$; г) $2n=8x=80$.

17. $2n=6x=102$; $n=51$; $x=17$.

18. $2n=6x=72$; $n=36$; $x=12$.

19. Співвідношення фенотипів: $1AAAa : 2AAaa : 1Aaaa$.

20. Генотипи вихідних рослин однакові – $AAaa$, Розщеплення за фенотипом $35A : 1a$

21. Генотипи батьків та нащадків однакові: $Aaaa$ і $aaaa$.

22. Генотипи вихідних рослин пурпурова – $AAaa$, біла – $aaaa$. Розщеплення за фенотипом $5A : 1a$

Генетика людини

1. Серповидноклітинна анемія передається за аутосомно-домінантним типом успадкування. Якщо людина народжується гетерозиготою – вона живе, якщо доміантною гомозиготою – гине. Імовірність того, що у дочки пробанда від шлюбу з хворим чоловіком народиться дитина з важкою формою анемії складає $\frac{1}{4}$ або 25%.

2. Бульозний епідермоліз – захворювання, що успадковується за аутосомно-домінантним типом. Якщо пробанд і його дружина здорові, то їхні генотипи – aa . Імовірність народження у цієї пари хворих дітей складає 0%.

3. Дефект нігтів і колінної чашечки успадковується за аутосомно-домінантним типом. Якщо пробанд одружиться на здоровій жінці, то

імовірність народження дитини із захворюванням складає 50%.

4. Глухота успадується зчеплено зі статтю. Глухими є люди, в яких присутні рецесивні гени (чоловіки) або 2 гени (жінки). Імовірність того, що у пробанда в сім'ї народяться глухі діти складає 50% (як для дівчат, так і для хлопчиків).

5. Рахіт – хвороба, що успадковується зчеплено зі статтю за домінантним типом. Якщо пробанд одружиться на своїй хворій двоюрідній сестрі, то імовірність народження хворої людини складає 75% з усіх дітей. При цьому всі дівчатка будуть хворі, а хлопчики – 50% хворих і 50% здорових.

6. Нічна сліпота успадковується за аутосомно-рецесивним типом. Імовірність того, що у пробанда будуть хворі діти складає 0%.

7. Імовірність того, що в сім'ї пробанда народяться діти-лівші складає 25%.

8. Алькаптонурія – хвороба, що передається за аутосомно-рецесивним типом. Імовірність того, що в сім'ї пробанда народиться дитина з такою хворобою складає 25%.

9. Полідактилія – захворювання, що передається за аутосомно-домінантним типом. Імовірність того, що в сім'ї пробанда народяться хворі діти становить 0%.

10. Дальтонізм – рецесивне захворювання, зчеплене зі статтю. Якщо у дівчинки генотип $X^D X^D$, то всі її діти будуть здоровими. Якщо ж її генотип $X^D X^d$, то 50% хлопчиків будуть хворими. Всі дівчатка будуть здоровими, але 50% з них будуть носіями гену дальтонізму.

11. Глухонімота передається за аутосомно-домінантним типом. Якщо пробанд одружиться на здоровій жінці, всі їхні діти будуть здоровими.

12. Коричневе забарвлення зубів передається домінантно зчеплено зі статтю. Якщо пробанд одружиться на гетерозиготі за цією ознакою, то їхні діти будуть мати такий фенотип: 50% хлопчиків хворих і 50% здорових, 50% дівчаток будуть гетерозиготами за даною ознакою і 50% з нормальними зубами.

13. Мозочкоподібна атаксія – аутосомно-рецесивне захворювання, тобто генотип хворої дочки пробанда – aa . Якщо вона вийде заміж за здорового чоловіка з генотипом AA , всі її діти будуть здоровими носіями гену. Якщо ж чоловік буде гетерозиготою за даною ознакою, то 50% дітей будуть хворими і 50% - носіями рецесивного гену.

14. В даному випадку катаракта успадковується за аутосомно-домінантним типом. Дочка пробанда – гетерозигота за даною ознакою, її чоловік – також. В такому випадку імовірність народження в їх сім'ї

дитини з катарактою складає 75%.

15. Полідактилія – захворювання, що передається за аутосомно-домінантним типом. Якщо пробанд одружиться на здоровій жінці, то імовірність народження дитини з полідактилією складає 50%.

16. В даному випадку нічна сліпота успадковується за аутосомно-домінантним типом. Тому, якщо хворий син Рози одружиться на здоровій дружині – імовірність народження хворої дитини складає 50%, а якщо інші її діти одружаться на здорових людях – всі їх діти будуть здорові. Якщо всі діти Алли одружаться на здорових людях, то 50% її внуків будуть хворими на нічну сліпоту.

17. Андрохоплазія – захворювання, що передається за аутосомно-домінантним типом. Якщо пробанд одружиться на жінці з таким самим генотипом, то всі їхні діти будуть здоровими. Якщо сестра пробанда вийде заміж за здорового чоловіка, то імовірність народження в них хворої дитини складає 50%.

18. М'язова дистрофія Дюшена – рецесивне, зчеплене з Х-хромосомою захворювання. Якщо пробанд одружиться на жінці з таким самим генотипом, то всі їхні діти будуть здорові.

19. Нічна і кольорова сліпота – хвороби, що передаються з Х-хромосомою і проявляються у рецесивних гомозигот. У пробанда генотип $X^{aD}Y$ і якщо він одружиться із здоровою гомозиготою, то всі їхні діти будуть здоровими, але 50% дівчаток будуть носіями гену нічної сліпоти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

Основна література

1. Тоцький В.М. Генетика. – Одеса: Астропринт, 2008. – 710 с.
2. Ніколайчук В.І., Вакерич М.М. Генетика. – Ужгород: Гражда, 2013. – 504 с.
3. Терновська Т.К. Генетичний аналіз: Навч. посібник з курсу "Загальна генетика". - К.: Вид. дім "Києво-Могилянська академія", 2010. - 335 с.
4. Сиволоб А.В., Рушковський С.Р., Кир'яченко С.С., Афанасьєва В., Безруков Ф. Генетика; за ред. А.В. Сиволоба. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008. – 320 с.
5. Голда Д.М., Демідов С.В., Решетняк Т.А. Задачі з генетики. – Київ: Фітосоціоцентр, 2004. – 173 с.

Додаткова література

6. Андріанов В.Л. Біологія: Розв'язування задач з генетик. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 1966. – 127 с.
7. Айала Ф. Введение в популяционную и эволюционную генетику. М.: Мир, 1984. – 232 с.
8. Айяла Ф., Хайгер Дж., Современная генетика. – М.: Мир, 1987. – Т. 1. – 295 с. – Т. 2. – 368 с. – Т. 3. – 335с.
9. Алиханян С.Й., Акифьев А.П., Чернин Л.С. Общая генетика. – М.: Высшая шк., 1985. – 448 с.
10. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. М.: Наука, 1989. – 327 с.
11. Гершензон С.М. Основы современной генетики. – К.: Наук.думка, 1983. – 560 с.
12. Гуляев Г.В. Генетика. – М.: Колос, 1984. – 351 с.
13. Дубинин Н.П. Общая генетика. – М.: Наука, 1986. – 559 с.
14. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. – М.: Высшая шк., 1989. – 591 с.
15. Орлова Н.Н. Генетический анализ. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 316 с.
16. Орлова Н.Н. Сборник задач по общей генетике. – М.: Изд-во Моск.ун-та, 1982. – 128 с.
17. Стрельчук С.І., Демідов С.В., Бердишев Г.Д., Голда Д.М. Генетика з

- основами селекції. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 292 с.
18. Тихомирова М.М. Генетический анализ. Учеб. пособие. – Л.: ЛГУ, 1990. – 280 с.
 19. Ткачук З.Ю., Морозова М.М., Пилипчук О.Я. Основы загальної генетики. Навчальний посібник для вузів. – К.: Вища школа, 1995. – 178 с.
 20. Фолконер Д.С. Введение в генетику количественных признаков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 486 с.
 21. Хайруллин Р.Х. Математические методы в генетике. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1988. – 183 с.
 22. Хелевин В.Н. и др. Задачник по общей и медицинской генетике. – М.: Высшая школа, 1984. – 159с.
 23. Graw J. Genetik. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 852 S.
 24. Snustad D.P., Simmons M.J. Principles of genetics, 6th ed. - John Wiley & Sons, Inc, 2011. – 767 p.
 25. Brooker R. Genetics: analysis and principles, 5th ed. - McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2014. – 864 p.
 26. Hartwell L., Goldberg M. Genetics: From Genes to Genomes, 5th ed. - McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2014. – 816 p.

Навчальне видання

Роман Анатолійович **Волков**
Людмила Степанівна **Язловицька**

ГЕНЕТИКА

збірник задач

Відповідальний за випуск Волков Р.А.

Технічний редактор Фердей Т.В.