

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	5
I. МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ І ГЕНЕТИКА	6
ПРИКЛАДИ.....	10
Задачі і вправи для самостійного розв'язування	13
II. МОНОГІБРИДНЕ СХРЕЩУВАННЯ. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, НЕОБХІДНІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ВПРАВ І ЗАДАЧ З ГЕНЕТИКИ.....	15
Загальні вимоги до розв'язку задач	18
ПРИКЛАДИ.....	19
Задачі для самостійного розв'язування	22
III. ДИГІБРИДНЕ І ПОЛІГІБРИДНЕ СХРЕЩУВАННЯ	24
ПРИКЛАДИ.....	28
Задачі для самостійного розв'язування	31
IV. АНАЛІЗУЮЧЕ СХРЕЩУВАННЯ.....	34
ПРИКЛАДИ.....	35
Задачі для самостійного розв'язування	38
V. МНОЖИННІ АЛЕЛІ.....	40
ПРИКЛАДИ.....	42
Задачі для самостійного розв'язування	44
VI. ГЕНЕТИКА СТАТІ. УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ	45
ПРИКЛАДИ.....	48
Задачі для самостійного розв'язування	49
VII. ЗЧЕПЛЕНЕ УСПАДКУВАННЯ. КРОСИНГОВЕР	52
Задачі для самостійного розв'язування	56
VIII. ГЕНОТИП ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА. ВЗАЄМОДІЯ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ	59
ПРИКЛАДИ.....	61
Задачі для самостійного розв'язування	67

ІХ. ЗАДАЧІ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ..... 70

АНОТАЦІЯ

Даний посібник містить набір задач і вправ для самостійного розв'язання з усіх розділів загальної генетики. На початку кожного розділу подано стислий його зміст, а також практичні рекомендації з пояснення і аналізом розв'язання типових задач і вправ.

ВСТУП

Ефективним засобом поглиблення загальнобіологічної підготовки, розвитку пізнавальної зацікавленості, самостійного мислення і формування творчих здібностей є розв'язання генетичних ситуаційних задач і вправ. З цією метою підібрані типові генетичні задачі і вправи із таких розділів: молекулярна біологія і генетика, моногібридне схрещування, дигібридне схрещування, аналізуюче схрещування, множинні алелі, успадкування ознак, зчеплених зі статтю, зчеплення генів і кросинговер, взаємодія неалельних генів, задачі комбінованого типу.

Кожний розділ даного посібника має роз'яснювальну частину, в якій відповідно до назви розділу в стислій формі розглядається суть генетичних процесів, явищ, законів; приклади розв'язання і пояснення типових задач і вправ різних варіантів, що сприяє формуванню вмінь самостійного вирішення поставлених питань, логічного мислення, опануванню раціональних шляхів розв'язування задач і вправ.

Для закріплення набутих знань у кожному розділі пропонуються задачі і вправи для самостійного розв'язання, які мають різний ступінь складності.

РОЗДІЛ I

МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ І ГЕНЕТИКА

Генетика - наука, яка вивчає закономірності спадковості і мінливості на всіх рівнях організації живої матерії.

Збереження спадкової інформації та її реалізація на молекулярному рівні відбувається за класичною схемою: ген → білок → фермент → біохімічна реакція → ознака.

Тому для вивчення спадковості та мінливості на молекулярному рівні необхідне знання молекулярних механізмів генетичних процесів, структури і функції білків, нуклеїнових кислот, а також їх синтезу. Це питання розглядають такі галузі природознавства як молекулярна біологія та молекулярна генетика.

Відомо, що матеріальними носіями спадковості є нуклеїнові кислоти: ДНК (дезоксирибонуклеїнова кислота) – носій генетичної інформації у багатьох вірусів, про- і еукаріотичних клітин; РНК (рибонуклеїнова кислота) — носій генетичної інформації у певної групи вірусів, водночас з цією нуклеїновою кислотою у всіх живих систем пов'язані процеси переносу і реалізації генетичної інформації.

Нуклеїнові кислоти є біополімерами, мономерними ланками яких є нуклеотиди. Нуклеотиди складаються з трьох компонентів: азотиста основа, вуглевод пентоза (рибоза для РНК і дезоксирибоза для ДНК), залишок фосфорної кислоти. Азотисті основи в нуклеїнових кислотах здебільшого присутні у вигляді двох пуринових похідних: аденіну (А) і гуаніну (Г) і трьох піримідинових – цитозину (Ц), тиміну (Т) і урацилу (У). До складу одного нуклеотиду входить тільки одна азотиста основа, яка і визначає назву цього нуклеотиду.

Структура ДНК відкрита у 1953 році Дж. Уотсоном і Ф. Кріком і являє собою подвійну спіраль, тобто спіраль із двох полінуклеотидних ланцюгів, розміщених симетрично відносно однієї і тієї ж осі. До складу ДНК входить чотири такі нуклеотиди: аденіловий (А), гуаніловий (Г), цитидиловий (Ц), тимідиловий (Т). Послідовне з'єднання нуклеотидів у полінуклеотидний ланцюг здійснюється за рахунок вуглеводно-фосфатних зв'язків, а з'єднання полінуклеотидних ланцюгів між собою – за рахунок водневих зв'язків, які виникають між протилежно розміщеними комплементарними азотистими основами: А - Т – два водневі зв'язки; Ц – Г – три

водневі зв'язки.

Основні функції ДНК еукаріот: зберігання спадкової інформації, реалізація спадкової інформації, передача спадкової інформації.

I. Зберігання спадкової інформації.

Спадкова інформація закодована в нуклеотидній послідовності ДНК, що виражається у понятті «генетичний код». Генетичний код – система кодування амінокислотного складу поліпептиду (його первинної структури) у нуклеотидній послідовності ДНК, тобто нуклеотидна послідовність ДНК зумовлює послідовність амінокислот, що в цілому визначає кількісний і якісний склад білкових молекул.

Генетичний код має певні властивості, і насамперед:

1. Триpletність: одна амінокислота кодується трьома поруч розміщеними нуклеотидами, які йменуються як триplet або кодон.

2. Надлишковість (виродженість): будь-яка амінокислота може кодуватись не одним, а кількома триpletами.

3. Універсальність: має двояке тлумачення.

а) у всіх живих систем кодування спадкової інформації здійснюється через нуклеотидну послідовність ДНК або РНК (у РНК-вмісних вірусів);

б) одна і та ж сама амінокислота кодується одним і тим же триpletом, незалежно від рівня організації живої матерії.

4. Наявність беззмистовних (безглузвих) кодонів, або нонсенс кодонів: такі кодони, наприклад АТТ, АТЦ, АЦТ, не кодують ніякої амінокислоти, а сигналізують про початок або закінчення синтезу певного поліпептиду.

5. Специфічність: певний триplet кодує відповідну амінокислоту.

І це далеко не повний перелік властивостей генетичного коду. Структурною і функціональною одиницею спадковості є ген. Ген – це ділянка молекули ДНК, яка складається з певного числа нуклеотидів, і визначає відповідну первинну структуру поліпептиду. Або, ген – це ділянка молекули ДНК, яка несе генетичну інформацію про склад будь-якого білка.

Використовуючи дані генетичного коду, можна за структурою ДНК або РНК розшифрувати послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу і навпаки.

При розв'язуванні задач і вправ з питань синтезу білка необхідно користуватись

додатком, де вміщена таблиця генетичного коду.

II. Реалізація спадкової інформації.

Утворення певних білкових молекул, необхідних клітині в кожний конкретний момент її життєвого циклу, є закономірним завершенням зазначеної функції і здійснюється під контролем і при безпосередній участі ДНК. Визначальними подіями в перебігу численних біохімічних матричних реакцій синтезу білка є процеси транскрипції і трансляції.

Транскрипція – це процес синтезу і – РНК на певній ділянці ДНК (один чи декілька генів) за принципом комплементарності. Тому синтезована і – РНК є генетичною копією цієї ділянки ДНК, має той самий нуклеотидний склад, що ДНК, і, отже, несе тотожну спадкову інформацію про первинну будову поліпептиду.

Відбувається цей процес у ядрі клітини за участю ферменту РНК-полімерази.

Трансляція – це процес «трансформації» нуклеотидної послідовності і – РНК в амінокислотну послідовність поліпептиду. Здійснюється цей процес теж за принципом комплементарності, що забезпечує утворення білкової молекули відповідно до спадкової інформації (нуклеотидної послідовності) певної ділянки ДНК.

Процес трансляції відбувається позаядерно в рибосомах (полі рибосомах) з участю певних ферментних систем.

III. Передача спадкової інформації.

Здійснюється ця функція в процесі реплікації ДНК, що відбувається за принципом комплементарності і в оптимальних для клітини умовах існування забезпечує в нормі утворення двох тотожних молекул ДНК з послідовним утворенням двох генетично ідентичних клітин з тим же набором ДНК (хромосом), який властивий для вихідної материнської клітини.

РНК (рибонуклеїнова кислота) складається з одинарного полінуклеотидного ланцюга, до складу якого входять чотири такі нуклеотиди: аденіловий (А), гуаніловий (Г), цитидиловий (Ц), урациловий (У). Послідовне з'єднання нуклеотидів у полінуклеотидний ланцюг здійснюється за рахунок вуглеводно-фосфатних зв'язків. Винятком є t-РНК, у якої, окрім вуглеводно-фосфатних зв'язків, існують водневі зв'язки, що з'єднують певні комплементарні ділянки цієї нуклеїнової кислоти і

надають їй форму листа конюшини.

На відміну від ДНК, розрізняють три типи РНК: і-РНК, t-РНК, r-РНК.

1. і-РНК синтезується на певній ділянці ДНК за принципом комплементарності і несе спадкову інформацію про первинну структуру поліпептиду від ядра в цитоплазму і є матрицею для синтезу поліпептиду в полірибосомі.

2. t-РНК транспортує із цитоплазми до рибосоми відповідну до її антикодона амінокислоту. Антикодон – це трійка нуклеотидів, яка діаметрально протилежна ділянці, до якої приєднується активована амінокислота.

3. r-РНК є складовим компонентом рибосом і виконує певну регуляторну функцію в процесах трансляції.

Отже, для розв'язування вправ і задач із зазначеного розділу необхідно усвідомити:

1. Для всіх ДНК комплементарними азотистими основами є А-Т, Г-Ц, які з'єднані водневими зв'язками (між А і Т – два водневі зв'язки, між Ц і Г – три водневі зв'язки).

2. $A + G = T + C$ (вміст пуринових азотистих основ – аденіну і гуаніну дорівнює вмісту піримідинових азотистих основ – тиміну і цитозину).

3. До складу нуклеотидів усіх РНК входить А, Г, Ц, У (урацил замість азотистої основи тимін).

4. Кожен «крок» подвійної спіралі ДНК становить 3,4 нм і в ньому укладається 10 пар азотистих основ (або нуклеотидів). Тобто довжина одного нуклеотиду, або відстань між двома сусідніми нуклеотидами вздовж осі ДНК, становить 0,34 нм.

5. Середня молекулярна маса одного нуклеотиду дорівнює 345 умовних одиниць.

6. Середня молекулярна маса однієї амінокислоти дорівнює 100 умовних одиниць.

7. Кожну амінокислоту в білковій молекулі кодує триплет нуклеотидів і-РНК (під час трансляції).

8. Для визначення довжини гена (L_г) враховують кількість нуклеотидів, яка міститься в одному ланцюгу ДНК.

9. Для визначення молекулярної маси гена (M_г) враховують кількість

нуклеотидів, що містяться у двох ланцюгах ДНК.

10. **Екзони** – інформативні ділянки ДНК (їхня інформація реалізується під час трансляції), **інтрони** – неінформативні ділянки ДНК.

11. Трансляція здійснюється згідно з генетичним кодом. Користуючись таблицею генетичного коду, можна встановити послідовність амінокислот у поліпептидній молекулі.

12. За даними елементарного (до складу білків можуть входити атоми металів – Cu, Fe, Zn та ін.) чи амінокислотного складу можна обчислити молекулярну масу низькомолекулярних білків, користуючись формулою:

$$M = \frac{\dot{a}}{\hat{a}} 100, \text{ де } M \text{ – мінімальна молекулярна маса білка}$$

\dot{a} – атомна, або молекулярна маса

\hat{a} – процентний склад компонента.

Звичайно вибирають амінокислоту, вміст якої в білковій молекулі мінімальний.

Дійсну молекулярну масу білка розраховують, помноживши значення мінімальної на число компонентів.

ПРИКЛАДИ

1) Фрагмент правого ланцюжка ДНК-вмісного вірусу складається з таких нуклеотидів: А - Ц - Т - Г - А - Г - Ц - Ц - Т - А - Ц - Ц - Ц - Г - Ц - Т - А - Т - Г - Ц - Т. Визначити нуклеотидну послідовність фрагмента лівого ланцюжка ДНК та його молекулярну масу. Молекулярна маса одного нуклеотиду 345 ум. од.

Розв'язок

А - Ц - Т - Г - А - Г - Ц - Ц - Т - А - Ц - Ц - Ц - Г - Ц - Т - А - Т - Г - Ц - Т.

Т - Г - А - Ц - Т - Ц - Г - Г - А - Т - Г - Г - Г - Ц - Г - А - Т - А - Ц - Г - А

Молекулярна маса: $345 + 21 = 7245$ ум. од.

2) Фрагмент одного із ланцюжків ДНК має таку послідовність нуклеотидів:

Ц - Т - Г - А - А - Ц - Г - Т - Ц - А - Ц - Г - Т - А - А - Т - Ц - Г - Ц - Г - Г - А - Г - А

Визначити: а) нуклеотидну послідовність і-РНК, синтезованої на цьому фрагменті ДНК; б) кількість триплетів синтезованої і-РНК; в) довжину синтезованої і-РНК. Довжина одного нуклеотиду 0,34 нм.

Розв'язок

ДНК Ц-Т-Г-А-А-Ц-Г-Т-Ц-А-Ц-Г-Т-А-А-Т-Ц-Г-Ц-Г-Г- А-Г-А

іРНК Г-А-Ц-У-У-Г-Ц-А-Г-У-Г-Ц-А-У-У-А-Г-Ц-Г-Ц-Ц-У-Ц-У

б) 8 триплетів

в) $l = 0,34 \cdot 24 = 8,16$

3) і-РНК складається з таких триплетів: УЦГ - ГЦА - АУЦ - АЦА - УУГ - ЦГГ - ГУГ - АЦГ. Визначити послідовність триплетів відповідної ділянки обох ланцюгів ДНК та її молекулярну масу.

Розв'язок

УЦГ - ГЦА - АУЦ - АЦА - УУГ - ЦГГ – ГУГ – АЦГ (і-РНК)

АГЦ - ЦГТ – ТАГ – ТГТ - ААЦ - ГЦЦ - ЦАЦ - ТГЦ (ДНК)

ТЦГ - ГЦА - АТЦ - АЦА - ТТГ – ЦГГ – ГТГ – АЦГ (II ланцюг)

Оскільки середня молекулярна маса 1 нуклеотиду дорівнює 345 ум. од., то:

$345 \cdot 24 = 8250$ ум. од.

$8280 \cdot 2 = 16560$ ум. од.

4) Фрагмент фермента ДНК-полімерази складається з 224 амінокислот. Визначити: а) кількість нуклеотидів і-РНК, якою кодується цей фрагмент ДНК-полімерази; б) довжину і молекулярну масу відповідного гена.

Розв'язок

1) $224 \cdot 3 = 672$ нуклеотиди.

2) $672 \cdot 0,34 = 228,48$ нм. довжина гена

3) $672 \cdot 345 = 231840$ ум. од.

5) Фрагмент фермента рибонуклеази складається з 245 амінокислот. Визначити: а) кількість триплетів і-РНК, якою кодується цей фрагмент фермента рибонуклеази; б) молекулярну масу і довжину відповідного гена.

Розв'язок

1) Оскільки 245 амінокислот, а кожна кодується триплетом, то і триплетів буде 245.

2) кількість нуклеотидів: $245 \cdot 3 = 735$

3) довжина гена: $735 \cdot 0,34 = 249,9$ нм.

4) молекулярна маса: $735 \cdot 245 = 180\,075$ ум. од.

6) До складу білка В входить 215 амінокислот. Визначити, що важче і у скільки разів – молекула білка В чи ген, який його кодує.

Розв'язок

1) маса білка: $215 \cdot 100 = 21\,500$ ум. од.

2) кількість нуклеотидів гена: $215 \cdot 3 = 645$ нуклеотидів.

3) маса гена: $(645 \cdot 345) \cdot 2 = 445\,050$ ум. од.

4) $\frac{445\,050}{21\,500} = 20,7$ рази.

Отже, ген важчий у 20,7 рази.

7) Фрагмент молекули ДНК містить 240 аденілових нуклеотиди, що становить 16% від загальної кількості нуклеотидів. Визначити: а) кількість у даному фрагменті тимідилових, цитидилових та гуанілових нуклеотидів; б) процентний вміст зазначених нуклеотидів; в) молекулярну масу фрагмента молекули ДНК.

Розв'язок

$A - 240 = 16\%$

1) Оскільки за принципом комплементарності кількість $A = T$, то і тимідилових нуклеотидів теж 240.

$$240 + 240 = 480$$

2) Процентний вміст $A + T = 16\% + 16\% = 32\%$

3) Процентний вміст G і C : $100\% - 32\% = 68\%$

4) Кількість нуклеотидів G і C :

$$480 = 32\% \quad \text{звідси} \quad x = \frac{480 \cdot 68\%}{32\%} = 1\,020$$
$$x = 68\%$$

5) Кількість G і C : $\frac{1\,020}{2} = 510$

6) Процентний вміст G і C : $\frac{68\%}{2} = 34\%$

7) Загальна кількість нуклеотидів: $240 + 240 + 510 + 510 = 1\,500$

8) Молекулярна маса фрагменту молекули ДНК:

$$1\,500 \cdot 345 = 517\,500 \text{ ум. од.}$$

8) Ген білка X (одноланцюгова ділянка ДНК) складається з 1 857 нуклеотидів. Визначити: а) кількість амінокислот, що кодуються цим геном; б) молекулярну масу білка, до складу якого входять ці амінокислоти.

Розв'язок

1) Кількість амінокислот, що кодуються: $\frac{1857}{3} = 619$ амінокислот.

2) Молекулярна маса білка: $619 \cdot 100 = 61900$ ум. од.

Задачі і вправи для самостійного розв'язання

1) Молекулярна маса поліпептиду 71800 ум. од. Визначити: довжину гена, який кодує зазначений поліпептид.

2) Визначити молекулярну масу гена ДНК, який кодує білок молекулярною масою 3400 ум. од.

3) Білок М складається з 134 амінокислот. Визначити: а) кількість нуклеотидів гена, який кодує цей білок (одноланцюгова ділянка ДНК); б) довжину і молекулярну масу відповідного гена.

4) З якої кількості нуклеотидів складається ланцюжок і-РНК, що кодує білкову молекулу з 125 амінокислот, і, окрім цього, містить три безглузді триплети (нонсенс - кодони).

5) Визначити кількість нуклеотидів і довжину одноланцюгової ділянки ДНК, що кодує 236 амінокислот, і, окрім цього, містить п'ять безглузких триплетів (нонсенс - кодони).

6) У гені (одноланцюгової ділянки ДНК) білка D міститься 6 екзонних ділянок, які складаються з 159, 84, 135, 117, 126 та 807 нуклеотидів. Визначити: а) кількісний амінокислотний склад білка D; б) довжину екзонних ділянок гена; в) молекулярну масу цих ділянок.

7) У гені білка X (одноланцюгової ділянки ДНК) міститься 8 екзонних (у сумі 1881 нуклеотидів) і 3 інтронні ділянки (у сумі 621 нуклеотидів). Визначити: а) кількісний амінокислотний склад білка X; б) довжину зазначеного гена.

8) З якої кількості нуклеотидів складається ланцюжок ДНК, який кодує поліпептид із 140 амінокислот, якщо 10% триплетів входить до складу інтронів.

9) Яку сумарну молекулярну масу мають екзонні ділянки гена, що кодує

поліпептид із 190 амінокислот, якщо 20% триплетів входить до складу інтронів?

10) З якої кількості нуклеотидів складається ланцюжок ДНК, що кодує поліпептид з 144 амінокислот, якщо 72% нуклеотидів входить до складу екзотів? Яка довжина цього ланцюжка?

11) Ген білка D складається з 2 034 нуклеотидів. Визначити молекулярну масу і кількісний амінокислотний склад даного білка, якщо 140 триплетів входить до складу інтронів?

12) Фрагмент фермента ДНК-лігази складається з таких амінокислот: гліцин - валін - тирозин - метіонін - цистеїн - гістидин - фенілаланін. Визначити: а) нуклеотидний склад і-РНК, яка кодує цей фрагмент; б) довжину і молекулярну масу даної і-РНК. Визначення за другим триплетом генетичного коду.

13) Фрагмент фермента ДНК-полімерази складається з таких амінокислот: пролін - триптофан - фенілаланін - аланін - гліцин - ізолейцин - треонін - тирозин. Визначити: а) нуклеотидний склад і-РНК; б) молекулярну масу і нуклеотидний склад ділянки ДНК, що кодує даний фрагмент фермента. Визначення за другим триплетом генетичного коду.

14) Фрагмент молекули ДНК має таку нуклеотидну послідовність: ААЦ - ЦГА - АГЦ - ГГГ - ТГТ - ЦЦА - АЦЦ - ТТЦ. Визначити кількісний і якісний амінокислотний склад поліпептиду, що кодує даний фрагмент ДНК та його молекулярну масу.

15) Початкова ділянка і-РНК має таку нуклеотидну послідовність: УЦУ - ЦУГ - ГАЦ - УАЦ - АУЦ - ГЦЦ - ГГЦ - АЦА - ЦУЦ. Визначити кількісний і якісний амінокислотний склад поліпептиду, що кодується даною ділянкою і-РНК та його молекулярну масу.

16) Довжина екзонних фрагментів ДНК 261,12 нм. Визначити кількість амінокислот, закодованих у цій ділянці ДНК.

17) Довжина фрагменту ДНК 240,72 нм. Визначити кількість амінокислот, що закодовано в цій ділянці ДНК, якщо сумарна довжина інтронних ділянок 40,8 нм.

РОЗДІЛ II

МОНОГІБРИДНЕ СХРЕЩУВАННЯ.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, НЕОБХІДНІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ВПРАВ І ЗАДАЧ З ГЕНЕТИКИ

Для успішного розв'язування задач цього типу необхідно засвоїти основні теоретичні положення генетики і вміти користуватися генетичною символікою.

Будь-яка ознака організму – морфологічна чи фізіологічна – визначається (детермінується) генами, які локалізовані в хромосомах.

Сукупність усіх генів (вірніше, їх система) організму називається **генотипом**, а сукупність усіх його зовнішніх та внутрішніх морфологічних і фізіологічних ознак – **фенотипом**. А оскільки живий організм – це відкрита біологічна система, то можна сказати, що **фенотип** – це реалізація (зовнішній прояв) генотипу організму в конкретних умовах його існування.

При статевому розмноженні відбувається передача від батьків дітям не готових ознак, а генів, які містяться в галоїдному наборі хромосом статевих клітин (гамет). Новий організм розвивається із зиготи, яка внаслідок запліднення має вже не гаплоїдний, а диплоїдний набір хромосом. І тому кожна ознака визначається, як правило, не одним, а двома генами, один з яких отримано від батьківського організму, а другий – від материнського організму.

Цитологічною основою цього явища є парність гомологічних хромосом у соматичних клітинах.

Гомологічні хромосоми – це хромосоми, які мають однакову форму, розміри і однаковий набір генів (тобто простежується подібність на молекулярному рівні).

Гени, які знаходяться в одній парі гомологічних хромосом, розміщені в однакових ділянках (локусах) цих хромосом, визначають одну і ту ж саму ознаку, складають алельну пару і мають назву **алельних генів** (алелі). Отже, одна ознака детермінується принаймні двома алельними генами.

У генетичних схемах прийнято позначати кожний алельний ген однією буквою латинського алфавіту, а алельну пару – двома буквами. Два алельні гени взаємодіють між собою за принципом домінування, тобто один ген може пригнічувати дію другого алельного йому гена. Такий ген називається домінантним, а ген, дія якого

пригнічується, називається рецесивним.

Відповідно до стану алельних генів мають назву ті чи інші ознаки, які визначаються цими генами.

Домінантні гени позначають великими буквами (А, В, С, D і т. д.), а рецесивні малими (а, b, c , d і т. д.). Кожна алельна пара може мати три різні сполучення алелів, наприклад: AA, Aa, aa (на першому місці завжди записується домінантний алель).

Організм, у соматичних клітинах якого присутні два домінантні або два рецесивні алелі даної пари генів (AA або aa), називається **гомозиготним**.

Організм, у соматичних клітинах якого алельна пара генів є сполученням домінантного і рецесивного алелів (Aa), називається **гетерозиготним**.

Взаємодія алельних генів може мати такий характер: повне домінування, рецесивність, неповне домінування, кодомінування.

При повному домінуванні гетерозигота Aa за фенотипом тотожна гомозиготі AA. Ознака, яка детермінується рецесивним геном а, проявляється в гомозиготному стані (aa).

При неповному домінуванні прояв ознаки у гетерозиготи Aa буває проміжним, тобто середнім між проявом ознак у гомозигот AA і aa. За умов такої взаємодії алельних генів гетерозиготу прийнято позначати так: $\bar{A}a$.

Явище кодомінування розглядається у відповідних розділах підручників для студентів вищих навчальних закладів.

При розв'язуванні вправ і задач на схрещування використовують генетичну символіку.

A – домінантний алель

a – рецесивний алель

P – батьківські організми (від латинського Parenta - батьки)

♀ - жіноча стать (дзеркало Венери)

♂ - чоловіча стать (стріла і щит Марса)

X – символ схрещування

F – гібриди, потомство (від латинського Fili – діти)

F₁, F₂ – цифрами позначають порядковий номер гібридних нащадків.

У схемі схрещування генотип жіночого організму прийнято писати на

першому місці (наприклад, P: ♀Aa × ♂Aa).

Моногібридним схрещуванням називають схрещування організмів, які відрізняються між собою однією парою альтернативних (контрастних) ознак. Наприклад, така ознака як форма плодів у томатів має альтернативні прояви – кулясті і грушоподібні плоди; у людини ознака товщини губ має альтернативні прояви – товсті і тонкі губи; у кроликів ознака кольору хутра має альтернативні прояви – чорне та біле хутро і т.д.

Закономірності моно-, ди- і полігібридного схрещування вперше були встановлені Г. Менделем у 1865 році і сформульовані ним у вигляді правил або законів. Виявлення закономірностей спадковості пов'язане із застосуванням цим ученим **гібридологічного методу**, суть якого така:

1. При схрещуванні організмів до уваги береться не вся сукупність ознак, а точно визначена кількість пар альтернативних ознак: одна, пара альтернативних ознак – моногібридне схрещування; дві пари альтернативних ознак – дигібридне схрещування і т. д. Іншими ознаками, окрім визначених, нехтують.

2. Суворо математична (статистична) обробка одержаного матеріалу в кожному гібридному поколінні.

3. Спадкування визначених ознак простежується в кількох поколіннях.

Перший закон має назву **одноманітності гібридів першого покоління**. Його суть: при схрещуванні двох організмів, які відрізняються однією парою альтернативних ознак, у першому гібридному поколінні спостерігається одноманітність як за генотипом, так і за фенотипом (усі гібриди першого покоління є гетерозиготами і мають домінуючу ознаку).

Другий закон має назву **закону розщеплення**. Його суть: при схрещуванні двох організмів, які відрізняються однією парою альтернативних ознак, у другому гібридному поколінні спостерігається розщеплення ознак у співвідношенні 3:1 за фенотипом (3 частини потомства з домінуючою ознакою і 1 частина потомства з рецесивною ознакою) і 1:2:1 за генотипом (1AA : 2Aa : 1aa).

У практиці відомі відхилення від закону розщеплення. Це має місце, наприклад, при неповному домінуванні.

Неповне домінування – це явище, при якому домінуючий ген неповністю

пригнічує активність рецесивного алельного йому гена, і в потомстві спостерігається успадкування проміжної ознаки. Наприклад, при схрещуванні рослин нічної красуні з червоними квітками (гомозигота за домінантною ознакою) і рослин нічної красуні з білими квітками (гомозигота за рецесивною ознакою) всі гібриди першого покоління будуть мати рожеве забарвлення квіток. А при схрещуванні між собою цих гібридів у потомстві спостерігається розщеплення у співвідношенні 1:2:1 як за фенотипом, так і за генотипом.

Відхилення від закону розщеплення можливе за наявності в генотипі летальних (від латинського *letalis* — смертельний) генів, які призводять до загибелі організмів на різних етапах їх онтогенезу. Такі гени, як правило, детермінують певну ознаку і одночасно впливають на життєдіяльність організмів залежно від їхнього стану (гомозигота за домінантною чи рецесивною ознакою, гетерозигота). Описане явище є прикладом **множинної дії генів** (явище плейотропії). Якщо летальним є рецесивний ген, то при схрещуванні між собою гібридів першого покоління розщеплення матиме такий характер: 1AA: 2Aa: 1aa (гинуть), тобто всі гібриди другого покоління за фенотипом матимуть домінантну ознаку, а за генотипом спостерігається розщеплення у співвідношенні 2:1.

Якщо ж летальним буде домінантний ген, то при схрещуванні між собою гібридів першого покоління розщеплення буде мати інший характер: 1AA (гинуть): 2Aa: 1aa, тобто за фенотипом і генотипом відбувається розщеплення у співвідношенні 2:1.

Загальні вимоги до розв'язку задач

1. Наявність короткого запису умови задачі за допомогою загальноприйнятих у генетиці символів та позначень. Невідомий генотип записують у вигляді фенотипного радикалу (наприклад: A-, B-, A-B-).

2. Наявність схеми схрещування з дотриманням установленого порядку:

а) у першому рядку після літери P пишуть жіночий, а потім чоловічий генотипи;

б) у другому рядку в колонку записують і обводять гамети батьківських форм;

в) у третьому рядку після літери F записують через кому генотипи

потомства (гібридів); при значній кількості гамет, а, отже, і генотипів;

3. Нижче проводять фенотипний і генотипний аналіз одержаного потомства (моно- та дигібридне схрещування); за наявності у потомстві більше 4 (чотирьох) генотипних класів зазначають тільки їх кількість.

4. У комбінованих задачах у разі одержання значної кількості потомства (понад 4-х генотипних і фенотипних варіантів) їх аналіз наводиться в решітці Паннета з наступним висновком.

5. Задачі, які підпорядковані законам Менделя чи аналізуючого схрещування, розв'язуються і (або) пояснюються у всіх можливих варіантах, тобто раціональним і нераціональним методом.

6. Наявність повної, біологічно грамотної відповіді із зазначенням типу задачі.

ПРИКЛАДИ

1. У людини далекозорість — домінантна ознака (А), нормальний зір - рецесивна ознака (а). Який генотип можуть мати: а) люди з нормальним зором; б) далекозорі люди?

Розв'язок

Дано

А – ген далекозорості	а) аа
а – ген нормального зору	б) Аа, АА
Р – ?	

2. У людини багатопалість — домінантна ознака (В), нормальна кількість пальців - рецесивна ознака (в). Які типи гамет може продукувати: а) людина з нормальною кількістю пальців; б) гомозиготна багатопала людина; в) гетерозиготна багатопала людина.

Розв'язок

Дано

В – ген багатопалості	а) вв, гени → в
а – ген нормальної кількості пальців	б) ВВ → В
	в) Вв → В, в

3. У людини вільна мочка вуха - домінантна ознака (D), приросла мочка вуха - рецесивна ознака (d). Які типи гамет може продукувати жінка з вільною мочкою вуха, якщо її батько мав прирослу мочку вуха?

Розв'язок

Дано

Д – ген вільної мочки	Генотип ♀ Dd → D, d
д – ген прирослої мочки	

4. Шість організмів мають такі генотипи: BB, bb, Dd, RR, Rr, Nn. Які з них: а) гомозиготи; б) гетерозиготи?

Розв'язок

Гомозиготи: BB, bb, RR

Гетерозиготи: Dd, Rr, Nn.

5. У морських свинок ген довгої шерсті домінує над геном короткої шерсті. Скільки типів гамет продукують: а) гомозиготні довгошерсті морські свинки; б) гетерозиготні довгошерсті морські свинки; в) короткошерсті морські свинки?

Розв'язок

А – ген довгої шерсті	а) AA – А (1)
а – ген короткої шерсті	б) Aa – А, а (2)
	в) aa – а (1)

6. У дрозозфіл нормальна довжина крил є домінантною ознакою, зачаткові крила - рецесивною. Яку довжину крил матиме потомство в першому і другому поколінні від схрещування гомозиготних мушок з нормальною довжиною крил і мушок із зачатковими крилами?

Розв'язок

А – ген нормальної довжини крил	Р: ♀ AA × ♂ aa
а – ген зачаткових крил	Гамети: А ← а
F ₁ – ?	F: Aa – 100% нормальні крила

$F_2 - ?$	$P: \text{♀}Aa \times \text{♂}Aa$
$P: \text{♀}AA$	Гамети $A \quad A$
$\text{♂}aa$	$a \quad a$
	$F: AA, aa, Aa, Aa - 3:1$
	75% – нормальні крила, 25 – зачаткові крила

7. У вівса ген ранньостиглості домінує над геном пізньостиглості. Який фенотип будуть мати рослини, одержані внаслідок запилення?

Розв'язок

A – ген ранньостиглості	$P: \text{♀}AA \times \text{♂}aa$
a – ген пізньостиглості	Гамети: $A \leftarrow a$
$F - ?$	$F: Aa$
$\text{♀}AA$	За фенотипом всі ранньостиглі 100%
$\text{♂}aa$	

8. У кроликів ген чорного кольору шерсті домінує над геном білого. Гомозиготного чорного кролика схрестили з білими кролицями. У першому гібридному поколінні всі кролики були чорними; в другому гібридному поколінні було отримано 56 кроликів. Яка ймовірність того, що серед них буде хоча б один білий кролик?

Розв'язок

A – ген чорного кольору	$P: \text{♀}aa \times \text{♂}AA$
a – ген білого кольору	Гамети: $a \leftrightarrow A$
$F_1 - ?$	$F_1: Aa - 100\% \text{ чорні}$
$\text{♀}aa$	$P: \text{♀}Aa \times \text{♂}Aa$
$\text{♂}AA$	Гамети: $A \quad A$
$F_2 - ?$	$a \quad a$
	$F_2: AA, Aa, Aa, aa - 3:1$
	75% – чорні, 25% – білі. Отже: $56:4=14$. Звідси: 14 білих.

Задачі для самостійного розв'язання

1) При схрещуванні між собою чорних мишей завжди дістають чорне потомство. При схрещуванні між собою жовтих мишей частина потомства виявляється чорною, а частина – жовтою. Яка ознака домінує? Висновок підтвердити схемою схрещування.

2) Чоловік і його дружина з нормальною пігментацією шкіри гетерозиготні за геном альбінізму. Яка ймовірність, що їхня перша дитина буде альбіносом? Домінантною ознакою є нормальна пігментація, а відсутність пігментації (альбінізм) – рецесивна ознака.

3) У гарбузів біле забарвлення плодів – домінантна ознака, жовте забарвлення плодів – рецесивна ознака. Яке потомство слід очікувати в першому і другому поколінні від схрещування гомозиготних білоплідних гарбузів з жовтоплідними гарбузами?

4) Кошлате хутро у кроликів є домінантною ознакою, гладеньке хутро – рецесивна ознака. Які генотипи вихідних форм, якщо на звірофермі одержали 75% кроликів з кошлатою шерстю і 25% кроликів з гладенькою шерстю?

5) У мишей довгі вуха – домінантна ознака, а короткі вуха – рецесивна ознака. Яке потомство слід очікувати від схрещування гібридів першого покоління між собою?

6) У мушок-дрозофіл нормальні крила є домінантною ознакою, а загнуті крила – рецесивна ознака. У лабораторії отримано гібридне покоління, серед якого 367 мушок з нормальними крилами і 122 мушки із загнутими крилами. Встановити фенотип і генотип вихідних форм.

7) У томатів ген нормального росту домінує над геном карликовості. В парнику із гібридного насіння вирощено розсаду. 5248 кущів цієї розсади були нормального росту і 1750 кущів – карликовіло росту. Скільки приблизно кущів розсади були гетерозиготами?

8) На птахофермі від схрещування гібридних курей з опереними ногами одержано 2466 курчат. Скільки приблизно курчат мали голі ноги? Ген оперених ніг домінує.

9) На звірофермі від гібридних кролів з чорним хутром одержали приплід у 646

голів. Визначити, скільки приблизно кролів у даному приплоді є гомозиготними? Чорне хутро – домінантна ознака, біле хутро – рецесивна ознака.

10) У морських свинок кошлата шерсть є домінантною ознакою (А), а гладенька шерсть – рецесивна ознака (а). Двох морських свинок-самок з кошлатою шерстю схрещували із самцем, який теж мав кошлату шерсть. Одна самка в кількох приплодах дала 22 нащадки з кошлатою шерстю і 7 нащадків з гладенькою шерстю. Друга самка в загальній сукупності дала 30 нащадків з кошлатою шерстю. Визначити генотипи батьківських форм і потомства.

11) Чоловік і жінка з темним волоссям є гетерозиготами. Яка ймовірність, що їхня перша дитина теж буде темноволосою? Темне волосся – домінантна ознака, світле волосся – рецесивна ознака.

12) Така ознака як ластовиння на обличчі є домінантною, а відсутність ластовиння – рецесивною ознакою. Батьки мають ластовиння на обличчі, а у їхньої дитини ластовиння відсутнє. Визначити генотипи всіх членів цієї родини.

13) У багатопалих батьків (домінантний тип успадкування) народилась дитина з нормальною кількістю пальців. Яка ймовірність, що і наступна дитина теж буде без зазначеної вади?

14) У людини короткозорість – домінантна ознака, а нормальний зір – рецесивна ознака. Яка ймовірність, що діти від шлюбу гетерозиготних короткозорих чоловіка і жінки будуть фенотипно подібними до своїх батьків?

15) Злиття нижніх молочних зубів у людини є рецесивною ознакою. За яких умов діти будуть мати злиті нижні молочні зуби, якщо їхній батько не мав цієї вади, але був гетерозиготним за вказаною ознакою?

16) Установити генотипи батьків, якщо в їхній родині $\frac{3}{4}$ дітей були з нормальним слухом і $\frac{1}{4}$ – із спадковою глухотою. Нормальний слух – домінантна ознака.

17) У людини кучеряве волосся є домінантною ознакою, пряме волосся – рецесивна ознака. Гетерозиготи за вказаною ознакою мають хвилясте волосся. Визначити фенотип дітей, якщо їхні батьки мали хвилясте волосся?

18) Ген нормальної величини очного яблука неповністю домінує над геном відсутності очного яблука. Від шлюбу чоловіка і жінки, у яких зменшені очні

яблука, народилась дитина без очних яблук. У родині знову чекають на дитину. Яка ймовірність, що і наступна дитина теж успадкує цю ваду?

19) У декоративних рослин ротики садові з широким листям при схрещуванні між собою завжди дають потомство лише з широким листям, а у рослин з вузьким листям – потомство лише з вузьким листям. Від схрещування широколистих рослин з вузьколистими з'являються рослини з листям проміжної ширини. Яке потомство слід очікувати у F_1 і F_2 від схрещування широколистих рослин з вузьколистими?

20) При схрещуванні чорних півнів з білими курками потомство завжди має строкате забарвлення. На птахофермі проведено схрещування строкатих півнів з курками, які теж мали строкате оперення. Яка ймовірність одержання потомства, фенотипно подібного до батьківських форм?

21) У певних порід курей ген чорного забарвлення неповністю домінує над геном білого забарвлення: гетерозиготи мають блакитне забарвлення. На птахофермі від схрещування блакитних півнів з курками, які теж мали блакитне забарвлення, одержано 886 курчат.

а) Скільки курчат успадкувало блакитне забарвлення?

б) Яка ймовірна кількість білих курчат?

в) Яка ймовірна кількість чорних курчат?

РОЗДІЛ III

ДИГІБРИДНЕ І ПОЛІГІБРИДНЕ СХРЕЩУВАННЯ

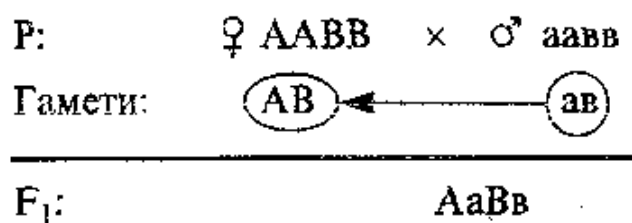
Дигібридним схрещуванням називають схрещування організмів, які відрізняються між собою двома парами альтернативних (контрастних) ознак. Наприклад два сорти гарбузів можуть відрізнятися за двома парами таких ознак як колір і форма плодів (білі дископодібні плоди і жовті кулясті плоди), породи великої рогатої худоби – колір шерсті і забарвлення голови (чорні з білою головою корови і червоні з суцільним забарвленням голови корови), у людини форма носа і колір волосся («римський» ніс і темне волосся – прямий ніс і світле волосся).

При полігібридному схрещуванні організми відрізняються за декількома парами альтернативних ознак (три і більше). При ди- і полігібридному схрещуванні кожна пара алельних генів детермінує певну ознаку і позначається різними

літерами. Наприклад, якщо чорний колір хутра у кроликів (домінантна ознака) позначити літерою А, то білий колір хутра (рецесивна ознака) слід позначити через а. Неалельна їм пара генів, яка визначає іншу ознаку, зокрема, положення вух, позначається іншою літерою: стоячі вуха (домінантна ознака) – В, капловухість (рецесивна ознака) – в. У наведеному прикладі до уваги брали успадкування двох пар альтернативних ознак, тобто мова йшла про дигібридне схрещування. Якщо взяти до уваги ще і третю пару альтернативних ознак (наприклад, кошлата і гладенька шерсть), то мова буде йти про тригібридне схрещування і ця пара ознак матиме інше літерне позначення, зокрема, С – кошлата шерсть, а с – гладенька шерсть.

При символічному записі генотипів у таких випадках можливі різні варіанти сполучення генів, наприклад, ААВВ, аавв, АаВв, Аавв, ААВВСС, ааввсс, АаВвСс, ААВВССДД і т. ін. Організми з генотипом ААВВ мають назву дигомозигот за домінантними ознаками, аавв – дигомозигота за рецесивними ознаками, АаВв – дигетерозигота, АаВвСс – тригетерозигота і т.д. Отже, введення кількості літерних позначень з метою символічного запису генотипів організмів чи їхніх гамет, а також з метою запису схеми схрещування перебуває в прямій залежності від кількості пар аналізованих альтернативних ознак.

При завершенні гаметогенезу зрілі статеві клітини внаслідок мейозу мають гаплоїдний набір хромосом і, отже, – одинарний набір алелів, тобто з кожної пари алельних генів у гаметі присутній лише один ген. Гомозиготні організми продукують лише один сорт гамет. Наприклад, дигомозигота ААВВ дає гамети типу АВ, а дигомозигота аавв – гамети ав, тригомозигота ААВВСС – гамети АВС. У гетерозиготних організмів кількість утворених гамет відповідає формулі 2^n , де n – число альтернативних пар ознак. Наприклад, дигетерозигота АаВв дає 4 типи гамет ($2^2 = 4$), а тригетерозигота – 8 типів гамет ($2^3 = 8$) і т.д. Схема дигібридного схрещування {об'єкт дослідження – горох: А – жовтий, а – зелений колір насіння; В – гладенька, в – зморшкувата форма насіння):



Унаслідок схрещування таких дигомозиготних організмів усі гібриди першого покоління одноманітні як за генотипом (усі дигетерозиготи), так і за фенотипом (усі мають обидві домінантні ознаки; в даному випадку – жовте гладеньке насіння). Одержані результати відповідають I закону Менделя – закону одноманітності гібридів першого покоління.

Гібриди першого покоління є дигетерозиготами і тому продукують чотири типи гамет. Для того, щоб правильно виписати всі типи гамет при схрещуванні дигетерозиготних організмів, необхідно скомбінувати спочатку домінантний алельний ген першої пари з домінантним алелем другої пари. Таке сполучення генів становить гамету першого типу. Потім домінантний алель першої пари комбінують з рецесивним алелем другої пари – отримують другий тип гамет. Далі аналогічно комбінують рецесивний алель першої пари з домінантним і рецесивним алелем другої пари і отримують гамети третього і четвертого типу. Схематично це можна зобразити так:

AaBb:	типи гамет	1 – AB
		2 – Ab
		3 – aB
		4 – ab

Щоб правильно виписати всі типи гамет у тригетерозиготного організму (8 типів), необхідно спочатку виписати чотири типи гамет за першими двома парами алелів (як для дигетерозиготи), а потім у кожній гаметі дописати по домінантному алелю третьої пари. А потім повторити запис чотирьох типів гамет за першими двома парами алелів і до них дописати вже по рецесивному алелю третьої пари.

Потім гібриди першого покоління схрещують між собою:

P: ♀ AaBb × ♂ AaBb

Гамети:	AB	AB
	Ab	Ab
	aB	aB
	ab	ab

F₂:

Для правильного запису всіх можливих комбінацій гамет, а також з метою полегшення аналізу одержаного потомства використовують графічний прийом, який свого часу запропонував генетик Пеннет і який зараз відомий під назвою решітки Пеннета. Якщо батьківські організми продукують по рівній кількості типів гамет (наприклад, обидва батьки мають по 4 типи гамет), то решітка Пеннета має форму квадрата; якщо ж кількість типів гамет різна (наприклад, один з батьків – 8 типів гамет, а другий – 4) то решітка Пеннета має прямокутну форму. В решітці Пеннета по вертикалі вписують жіночі, а по горизонталі – чоловічі гамети. На перехресті вертикальних і горизонтальних ліній вписують утворені генотипи. У даному випадку їх буде 16.

$\begin{matrix} \text{♀} \\ \text{♂} \end{matrix}$	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB ж. гл.	AABb ж. гл.	AaBB ж. гл.	AaBb ж. гл.
Ab	AABb ж. гл.	AAbb ж. зм.	AaBb ж. гл.	Aabb ж. зм.
aB	AaBB ж. гл.	AaBb ж. гл.	aaBB з. гл.	aaBb з. гл.
ab	AaBb ж. гл.	Aabb ж. зм.	aaBb з. гл.	aabb з. зм.

Аналіз одержаних результатів показує, що в другому гібридному поколінні відбулося розщеплення як за генотипом (на 9 класів), так і за фенотипом (на 4 класи). Розщеплення за фенотипом відбулось у співвідношенні 9:3:3:1. При цьому частина потомства успадкувала батьківське і прабатьківське сполучення ознак (насіння жовте гладеньке і насіння зелене зморшкувате), а частина потомства мала перекомбіновані ознаки (насіння жовте, але зморшкувате і насіння зелене, але гладеньке): 9A-B- – жовте гладеньке насіння, 3A-bb – жовте зморшкувате насіння, 3aaB- – зелене гладеньке насіння, 1aabb – зелене зморшкувате насіння. Закономірності дигібридного схрещування виявив чеський вчений Грегор Мендель (при схрещуванні рослин гороху) і сформулював у вигляді III закону – **закону незалежного успадкування ознак**. Суть закону: при схрещуванні двох

гомозиготних організмів, які відрізняються за двома парами альтернативних ознак, у другому гібридному поколінні внаслідок незалежного успадкування ознак з'являються особини з новим сполученням ознак, яке не властиве ні батьківським, ні прабатьківським формам (організмам). Цитологічні основи III закону Менделя:

1. Гени, які детермінують альтернативні ознаки, знаходяться в різних парах негомологічних хромосом.

2. У гаметі з кожної пари алельних генів присутній лише один.

3. Нові комбінації ознак у гібридних організмів можливі внаслідок таких явищ:

а) незалежне розходження хромосом у анафазі I мейозу;

б) випадковий характер злиття гамет при заплідненні.

Таким чином, закономірності третього закону Менделя (закону незалежного успадкування ознак) спостерігаються в тому випадку, коли пари алельних генів знаходяться в різних парах негомологічних хромосом. При полігібридному схрещуванні співвідношення різних фенотипних класів виражається формулою $(3:1)^n$, де n - число пар ознак, або ступінь гетерозиготності.

ПРИКЛАДИ

1. Які типи гамет продукує далекозора жінка з товстими губами, якщо її мати мала нормальний зір, а батько – тонкі губи? Далекозорість і товсті губи – домінантні ознаки, а нормальний зір і тонкі губи — рецесивні ознаки.

Розв'язок

D – ген далекозорості	P: DR, Dr, dR, dr
d – ген нормального зору	
R – ген тонких губів	
r – ген товстих губів	

2. Які типи гамет утворюють морські свинки таких генотипів:

а) CcDd; б) CCDD; в) CcDd; г) ccDD?

Розв'язок

а) CcDd → Cd, cd

б) ССДд → СД, сд

в) СсДд → СД, Сд, сд, сД

г) ссДД → сД

3. Які типи гамет утворюють рослини таких генотипів: а) АаВвСС; б) ААВвсс; в) АаВвСс; г) ааВвСС?

Розв'язок

а) АаВвСС → АВС, АвС, аВС, авС

б) ААВвсс → АВс, Авс

в) АаВвСс → АВС, аВС, Авс, авс, Авс, АВс, АвС, авС

г) ааВвСС → аВС, авС

4. Який відсоток гамет типу FCr продукує тригетерозиготний кіт? Визначити кількість комбінацій гамет, якщо цього кота схрестити з кішкою, яка має такий самий генотип.

Розв'язок

FfCcRr	Оскільки це тригетерозигота, то:
% гамет FCr	$2^3 = 8$ гамет
	Така гамета буде становити:
	8 – 100%
	1 – x% $x = 12,5\%$
	Кількість комбінацій гамет: $8 \times 8 = 64$
	Оскільки обидва батьки три гетерозиготні, то: $8 \times 8 = 64$ комбінацій гамет.

5. У науковій лабораторії проведено схрещування дигетерозиготних мушок дрозофіл, які мали сіре тіло і нормальну довжину крил. Яка частина потомства успадкувала батьківські ознаки? Сірий колір тіла і нормальна довжина крил – домінантні ознаки, а чорний колір тіла і зачаткові крила – рецесивні ознаки.

Розв'язок

А – ген сірого кольору	Р: ♀ АаВв × ♂ АаВв
а – ген чорного кольору	Гамети: $2^2 = 4$
	АВ АВ

В – ген нормальних крил
в – ген зачаткових крил

Ав Ав
аВ аВ
ав ав

♀ АаВв

♂ АаВв

♀ \ ♂	АВ	Ав	аВ	ав
АВ	ААВВ с.н.	ААВв с.н.	АаВВ с.н.	АаВв с.н.
Ав	ААВв с.н.	ААвв с.з.	АаВв с.н.	Аавв с.з.
аВ	АаВВ с.н.	АаВв с.н.	ааВВ ч.н.	ааВв ч.н.
ав	АаВв с.н.	Аавв с.з.	ааВв ч.н.	аавв ч.з.

Аналіз за фенотипом:

9 – сірі, нормальні крила

3 – сірі, зачаткові

3 – чорні, нормальні

1 – чорні, зачаткові

9:3:3:1

4 × 4 = 16 комбінацій

Генотип:

16 – 100%

9 – x%

$x = 56,25\%$ або $\frac{9}{16}$, тому, що утворилось 16

комбінацій.

6. У людини біле пасмо волосся і карі очі є домінантними ознаками, а відсутність білого пасма і сірі очі – рецесивні ознаки. Кароокий юнак без білого пасма одружився з сіроокою дівчиною, яка мала біле пасмо і була гетерозиготною за цією ознакою. У матері юнака були сірі очі. Які за фенотипом можуть бути їхні діти?

Розв'язок

А – ген білого пасма

а – ген відсутності пасма

В – ген каро окості

в – ген сіро окості

♀ Аавв; ♂ ааВв

Р: ♀ Аавв × ♂ ааВв

Гамети: Ав аВ

ав ав

АаВв, аавв, ааВв, Аавв

б.п.к б.п.с б.п.к б.п.с.

F – ?

1:1:1:1

Аналіз за фенотипом: 25% карооких з білим пасмом, 25 – без пасма карооких, 25% – сіроокі без пасма, 25% – з білим пасмом сіроокі

Задачі для самостійного розв'язання

1. У людини темна емаль зубів і нормальний слух – домінантні ознаки, нормальний колір емалі і спадкова глухота – рецесивні ознаки. Яка ймовірність народження дітей з нормальним кольором емалі і нормальним слухом від шлюбу дигетерозиготних батьків, які мали темну емаль зубів і нормальний слух?

2. Від схрещування чорних кошлатих кроликів одержано таке потомство: 47 чорних кошлатих кроленят, 16 чорних кроленят з гладеньким хутром, 15 білих кошлатих кроленят і 5 білих кроленят з гладеньким хутром. Як успадковуються у кроликів колір хутра і форма хутряного покриву? Відповідь підтвердити схемою схрещування.

3. У томатів кулясті плоди і пурпурове стебло – домінантні ознаки, а грушоподібні плоди і зелене стебло – рецесивні ознаки. Провели схрещування томатів з кулястими плодами і пурпуровим стеблом з томатами, які теж мали кулясті плоди, але стебло було зеленим. У потомстві одержано $\frac{3}{8}$ рослин з кулястими плодами і пурпуровим стеблом, $\frac{3}{8}$ рослин з кулястими плодами і зеленим стеблом, $\frac{1}{8}$ рослин з грушоподібними плодами та пурпуровим стеблом і $\frac{1}{8}$ рослин з грушоподібними плодами та зеленим стеблом. Визначити генотип батьківських форм.

4. Від схрещування гороху з жовтим насінням і високим стеблом $\frac{1}{16}$ потомства мала зелене насіння і карликове стебло. Установити генотипи батьківських форм. Відповідь підтвердити схемою схрещування. Слід зазначити, що жовте насіння і високе стебло – домінантні ознаки, а зелене насіння і карликове стебло – рецесивні ознаки.

5. Яка ймовірність одержання чорних коротковусих і брунатних довговухих мишенят унаслідок схрещування дигетерозиготних чорних довговухих мишей? Чорний колір шерсті і довгі вуха – домінантні ознаки.

6. Один із сортів гороху має червоне забарвлення віночка і високе стебло (домінантні ознаки), а другий – біле забарвлення віночка і низьке стебло (рецесивні ознаки). Провели схрещування гомозигот за такою схемою: високорослі рослини з білими віночками і низькорослі рослини з червоними віночками.

Далі гібриди розмножувались шляхом самозапилення. У F_2 одержано 1312 рослин. Скільки серед них (теоретично) повинно бути високорослих рослин з

червоними віночками?

7. У свиней біла щетина і коротконогість – домінантні ознаки, а чорна щетина і ноги нормальної довжини – рецесивні ознаки. На свинофермі від схрещування білого кнура з короткими ногами і чорних свиноматок, у яких теж короткі ноги, все потомство було білим, але 86 поросят були коротконогими і 27 поросят мали ноги нормальної довжини. Визначити генотипи батьківських форм.

8. При схрещуванні смугастих півнів, які мали гребінь, і чорних курок без гребеня все потомство було смугастим, але половина курчат була з гребенем, а половина – без гребеня. Визначити генотипи батьків і чи можна при подальшому схрещуванні (F_2 , F_3) одержати потомство, в якому всі курчата (100%) будуть мати гребінь? Смугастість і наявність гребеня – домінантні ознаки.

9. У людини краще володіння правою рукою (правша) і короткопалість – домінантні ознаки, а краще володіння лівою рукою (лівша) і пальці нормальної довжини – рецесивні ознаки. Короткопалий юнак-правша одружився з короткопалою гомозиготною дівчиною-лівшею. Батько юнака мав пальці нормальної довжини, а мати була лівшею. Яка ймовірність народження дитини з фенотипними ознаками юнака?

10. Батько альбінос (рецесивна ознака) з великими, виступаючими зубами (домінантна ознака), а мати з нормальною пігментацією і нормальною величиною і положенням зубів. У цій сім'ї є дитина-альбінос з зубами нормальної величини і нормальним їх положенням і є дитина з нормальною пігментацією і великими, виступаючими зубами. Визначити генотипи батьків.

11. У людини темна емаль зубів і спадкова карликовість – домінантні ознаки, а нормальний колір емалі зубів і нормальний ріст – рецесивні ознаки. Дівчина карликового росту з темною емаллю зубів вийшла заміж за юнака карликового росту (гомозиготного за цією ознакою), який мав нормальний колір емалі зубів. Мати дівчини була нормального росту, а батько мав нормальний колір емалі. Яка ймовірність народження від цього шлюбу дітей, які за фенотипом і генотипом будуть подібні до дівчини?

12. Чоловік страждає на глухоту (рецесивна ознака) і на одну із форм катаракти, яка успадковується як домінантна ознака. У жінки ці вади відсутні, але її

мати була глухою. Яка ймовірність народження від їх шлюбу дітей, фенотипно подібних до жінки, якщо члени родоvodu чоловіка по материнській лінії катаракти не мали?

13. Батько багатопалий (домінантна ознака) і має руде волосся (рецесивна ознака), а мати має нормальну кількість пальців і неруде волосся. Від їх шлюбу народилась багатопала дитина з рудим волоссям. Чи можна стверджувати, що обидві ці ознаки дитина успадкувала лише від батька? Висновок підтвердити відповідним розв'язком.

14. У людини далекозорість і біле пасмо волосся – доміантні ознаки, а нормальний зір і відсутність білого пасма – рецесивні ознаки. Далекозорий юнак (гетерозиготний за цією ознакою) без білого пасма одружився з далекозорою дівчиною, яка мала біле пасмо. Які за фенотипом можуть бути їхні діти, якщо у батька дівчини нормальний зір і відсутнє біле пасмо волосся?

15. Темноволосий чоловік, який страждає на мігрень, одружився з темноволосою (гомозиготною за цією ознакою) дівчиною, яка не мала зазначеної хвороби. Батько юнака був світловолосим і не хворів на мігрень. Яка ймовірність захворювання їхніх дітей на мігрень? Темний колір волосся і захворювання на мігрень — доміантні ознаки.

16. Яка ймовірність народження дітей без ластовиння на обличчі і з товстими губами від шлюбу чоловіка і жінки з ластовинням на обличчі і товстими губами, якщо у чоловіка батько був без ластовиння на обличчі і мав тонкі губи, і такий же фенотип був у матері жінки? Ластовиння на обличчі і товсті губи – доміантні ознаки.

17. Гетерозиготний чоловік з темною емаллю зубів (домінантна ознака) і відсутніми різцями та іклами на верхній щелепі (рецесивна ознака) одружився з дівчиною, у якої темна емаль зубів і нормальна кількість зубів. Яка ймовірність народження від їх шлюбу дітей без обох вказаних вад, якщо батько дівчини мав нормальний колі емалі, а у матері – відсутні різці та ікла?

18. У людини ямки на щоках і монголоїдний розріз очей – доміантні ознаки, а відсутність ямок на щоках і європеоїдний розріз очей – рецесивні ознаки. Від шлюбу чоловіка і жінки, які мали ямки на щоках і монголоїдний розріз очей, народилась

дитина без ямок на щоках і з європеїдним розрізом очей. Установити генотипи батьків.

19. Від шлюбу чоловіка і жінки народилось четверо дітей: кароока дитина з римським носом, кароока дитина з прямим носом, сіроока дитина з римським носом і сіроока дитина з прямим носом. Визначити генотип і фенотип батьків, якщо карі очі і римський ніс – домінантні ознаки.

20. Глухонімиий чоловік з нормальною пігментацією шкіри одружився з дівчиною, яка мала нормальний слух, але була альбіносом. Від їх шлюбу народилась глухоніма дитина-альбінос. У сім'ї знову чекають на дитину. Яка ймовірність, що і друга дитина теж успадкує ці аномалії? Глухонімота і альбінізм – рецесивні ознаки.

РОЗДІЛ IV

АНАЛІЗУЮЧЕ СХРЕЩУВАННЯ

Відомо, що гомозиготні або гетерозиготні за певною парою алелів організми за умов повного домінування фенотипно не відрізняються між собою.

Для встановлення генотипу організмів, які мають домінантну ознаку, звичайно застосовують аналізуюче схрещування. **Аналізуючим схрещуванням** називається таке схрещування, яке дозволяє за фенотипом потомства визначити генотип одного із батьківських організмів. Для цього організм з невизначеним генотипом схрещують з гомозиготним рецесивним за даною парою алелів організмом. Якщо внаслідок такого схрещування спостерігається одноманітність гібридів першого покоління, то аналізований організм є гомозиготним (AA), а якщо в першому гібридному поколінні відбувається розщеплення у співвідношенні 1:1, то аналізований організм – гетерозиготний (Aa). Такий характер розщеплення за фенотипом притаманний моногібридному схрещуванню.

Для дигібридного схрещування в разі дигетерозиготності аналізованого організму розщеплення за фенотипом відбувається у співвідношенні 1:1:1:1.

Аналізуюче схрещування широко застосовується в практичній селекції. Знання закономірностей аналізуючого схрещування використовується і в медичній генетиці з метою визначення генотипів батьків, які мають так звані менделюючі ознаки, тобто ознаки, успадкування яких підпорядковується законам Менделя.

ПРИКЛАДИ

Приклад 1. На птахофермі від схрещування курок з розоподібним гребенем і півнів з простим гребенем одержано 236 курчат з розоподібним гребенем і 239 курчат з простим гребенем. Визначити генотипи батьківських форм. Розоподібний гребінь відносно простого є домінантною ознакою.

Дано:

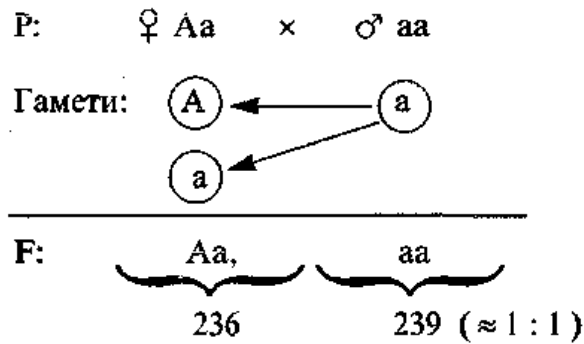
A – ген рогоподібного гребня	
a – ген простого гребня	
P: ♀ A_	
♂ aa	
F: 236 A_	
239 aa	
P – ?	

Розв'язок

I варіант розв'язання

За умовою задачі курки мали домінантну ознаку (рогоподібний гребінь) і тому можливі два варіанти їхнього генотипу: AA або Aa. Півні мали рецесивну ознаку (простий гребінь), яка проявляється фенотипно лише при гомозиготності організму за даною парою алелів: aa. Відповідно до цитологічних основ моногібридного схрещування в генотипі потомства в парі алельних генів один ген спадкується від батька, а другий — від матері. У потомстві були курчата з простим гребенем, отже, їхній генотип — aa. Поява таких курчат можлива лише за умов присутності в генотипі курок рецесивного гена, тобто вони (з урахуванням умови задачі) є гетерозиготними за ознакою, яка вивчається. Характер розщеплення в потомстві (236:239 \approx 1:1) свідчить про те, що в даному випадку має місце аналізуюче моногібридне схрещування.

Висновок підтверджуємо розв'язуванням задачі:



Аналіз одержаного потомства:

фенотип 1:1, тобто 50% курчат з розоподібним гребенем і 50% курчат з простим гребенем;

генотип 1:1, тобто 50% гетерозиготних курчат і 50% гомозиготних курчат за рецесивною ознакою.

II варіант розв'язання

За умовою задачі курки мали домінуючу ознаку (розоподібний гребінь) і тому можливі два варіанти їхнього генотипу: AA або Aa. Півні мали рецесивну ознаку (простий гребінь), яка проявляється фенотипно лише при гомозиготності організму за даною парою алелів: aa. Зважаючи на генотип півнів і характер розщеплення у F₁ (236:239 ≈ 1:1), стає очевидним, що мова йде про аналізуюче моногібридне схрещування, і за таких умов генотип курочок – Aa (тобто вони – гетерозиготи). Розв'язання задачі підтверджує цей висновок.

III варіант розв'язання

236:239 ≈ 1:1, такий характер розщеплення у F₁ спостерігається при аналізуючому моногібридному схрещуванні. Тому не розв'язуючи задачу і зважаючи на її умову, можна відразу сказати, що курки були гетерозиготами (Aa), а півні – гомозиготами за рецесивною ознакою (aa).

Розв'язання задачі підтверджує цей висновок.

Відповідь. За даними умови задачі курки є гетерозиготами (Aa), а півні – гомозиготами (aa). Тип задачі: аналізуюче моногібридне схрещування.

Приклад 2. У томатів червоне забарвлення плодів і опушене стебло – домінуючі ознаки, а жовте забарвлення плодів і неопушене стебло – рецесивні ознаки. В овочевому господарстві провели схрещування дигетерозиготних червоноплідних томатів з опушеним стеблом і жовтоплідних томатів, у яких

неопушене стебло. Визначити фенотип одержаного потомства.

Дано:

Розв'язок

I варіант розв'язання

А – ген червоних плодів
а – ген жовтих плодів
В – ген опушеного стеб-
ла
в – ген неопушеного
стебла
Р: ♀ АаВв
♂ аавв

F – ?

Р: ♀ АаВв × ♂ аавв
Гамети: (АВ) (ав)
(Ав)
(аВ)
(ав)
F: АаВв, Аавв, ааВв, аавв
ч.о. ч. н/о ж.о. ж. н/о
1:1:1:1

Аналіз одержаного потомства:

фенотип 1:1:1:1, тобто 25% рослин з червоними плодами і опушеним стеблом, 25% рослин з червоними плодами і неопушеним стеблом, 25% рослин з жовтими плодами і опушеним стеблом і 25% рослин з жовтими плодами і неопушеним стеблом;

генотип 1:1:1:1, тобто по 25% різних генотипних класів.

II варіант розв'язання

За умовою задачі схрещувані рослини відрізняються за двома парами альтернативних ознак, що вказує на проведення дигібридного схрещування. Крім того, одні батьківські форми є дигетерозиготами (АаВв), а інші — дигомозиготами за рецесивними ознаками (аавв), тобто мова йде про дигібрид не аналізуюче схрещування. Тому, зважаючи на генотипи вихідних батьківських форм і цитологічні основи дигібридного схрещування, в потомстві слід очікувати розщеплення за фенотипом і генотипом у співвідношенні 1:1:1:1. Отже, не розв'язуючи задачі, одразу можна сказати, що в потомстві очікується поява 25% рослин з червоними плодами і опушеним стеблом, 25% рослин з червоними плодами і неопушеним стеблом, 25%

рослин з жовтими плодами і опушеним стеблом, 25% рослин з жовтими плодами і неопушеним стеблом.

Розв'язування задачі підтверджує цей висновок.

Відповідь. Від схрещування дигетерозиготних томатів з червоними плодами і опушеним стеблом і томатів з жовтими плодами і неопушеним стеблом одержали 25% рослин з червоними плодами і опушеним стеблом, 25% рослин з червоними плодами і неопушеним стеблом, 25% рослин з жовтими плодами і опушеним стеблом, 25% рослин з жовтими плодами і неопушеним стеблом. Тип задачі: аналізуюче дигібридне схрещування.

Задачі для самостійного розв'язання

1. Кролики породи шиншила мають своєрідний красивий сірий колір хутра, що цінується в хутровій промисловості. В одному господарстві, яке займається розведенням таких кроликів, від схрещування шиншилових кроликів стали з'являтися пляmistі кролики. Шкурки пляmistих кроликів у натуральному вигляді некрасиві, нерівномірного кольору і тому вибраковуюються. Чим можна пояснити появу пляmistих нащадків від шиншилових кроликів і яким шляхом можна поліпшити склад маточного поголів'я кроликів у цьому господарстві? Слід зазначити, що сірий колір хутра є доміантною ознакою. Відповідь підтвердити відповідною схемою схрещування.

2. У великої рогатої худоби чорний колір шерсті є доміантною ознакою, а червоний колір шерсті – рецесивна ознака. Від схрещування червоного бугая з чорними коровами одержано 89 чорних і 86 червоних телят. Визначити генотипи батьківських форм.

3. При схрещуванні чорних мишей з білими все потомство було чорним. Надалі це потомство схрещували знову з білими мишами. Внаслідок другого схрещування одержали 66 особин, із яких було 34 чорних і 32 білих мишенят. Визначити генотипи вихідних батьківських форм та їхніх нащадків у обох схрещуваннях, якщо відомо, що чорний колір шерсті у мишей є доміантною ознакою.

4. У морських свинок довга шерсть є доміантною ознакою, а коротка шерсть – рецесивна ознака. Від схрещування довгошерстих гетерозиготних морських

свинок з короткошерстими одержано в потомстві 48 особин. Скільки із них успадкувало довгу шерсть?

5. До експерименту взяли 5 морських свинок, які мали кошлату шерсть. Експериментальних морських свинок схрещували з самцем, який мав гладеньку шерсть. У трьох випадках усі нащадки мали кошлату шерсть, а у двох випадках серед 12 нащадків 7 морських свинок мали кошлату шерсть, а 5 – гладеньку шерсть. Визначити генотипи вихідних батьківських форм та їхніх нащадків. Кошлата шерсть є домінантною ознакою, а гладенька шерсть – рецесивна ознака.

6. У гарбузів дископодібна форма плодів – домінантна ознака, а куляста форма плодів – рецесивна ознака. Визначити генотипи батьківських рослин, якщо в потомстві дископодібних і кулястих плодів було порівну.

7. Від схрещування гібридних рослин гороху, які мали червоні віночки (домінантна ознака), і рослин з білими віночками (рецесивна ознака), у потомстві одержано 1856 рослин. Скільки рослин серед нащадків мали білий віночок?

8. У норок коричневий колір хутра – домінантна ознака, а сірий колір хутра – рецесивна ознака. Коричнева норка народила 7 малят, серед яких четверо мали коричневе хутро, а троє – сіре хутро. Визначити генотип батьків.

9. У науковій лабораторії провели схрещування чорних мушок дрозофіл із загнутими крилами з дигетерозиготними мушками, які мали сіре тіло і нормальні крила. Визначити фенотип потомства. Відомо, що сіре забарвлення тіла і нормальні крила у мушок дрозофіл є домінантними ознаками, а чорне забарвлення тіла і загнуті крила – рецесивні ознаки.

10. У тваринницькому господарстві провели схрещування дигете-розиготного білоголового комолого (безрогого) бугая з рогатими коровами, які мали суцільне забарвлення голови. Яка частина потомства фенотипно буде подібна до бугая? Комолість і біла голова – домінантні ознаки, рогатість і суцільне забарвлення голови – рецесивні ознаки.

11. На птахофермі від схрещування сірих курок з опереними ногами і білих півнів з неопереними ногами (голими) отримано потомство: 147 сірих курчат з опереними ногами, 149 сірих курчат з голими ногами, 145 білих курчат з опереними ногами і 146 білих курчат з голими ногами. Встановити генотип курок і яка частина

потомства генотипно подібна до них? Сіре забарвлення пір'я і оперені ноги – домінантні ознаки, біле оперення і голі ноги – рецесивні ознаки.

12. Провели схрещування двох порід шовковичного шовкопряда, які відрізнялися такими ознаками: одні дають однокольорову гусінь, що плете жовті кокони, а другі – смугасту гусінь, що плете білі кокони. Гібриди першого покоління були смугастими і плели жовті кокони. Ці гібриди схрестили з шовковичними шовкопрядами, які дають однокольорову гусінь, що плете білі кокони і одержали в потомстві таке розщеплення: 782 смугастої гусені, що плете жовті кокони, 788 смугастої гусені, що плете білі кокони, 786 однокольорової гусені, що плете жовті кокони і 784 однокольорової гусені, що плете білі кокони. Встановити генотипи батьківських форм, а також генотипи першого і другого поколінь.

РОЗДІЛ V

МНОЖИННІ АЛЕЛІ

Численні дані генетичних досліджень різного рівня свідчать, що ген будь-якої ознаки переважно існує у двох алельних станах. Наприклад, форма насіння гороху визначається сполученням двох алельних генів (домінантного і рецесивного): А – ген гладенької форми, а – ген зморшкуватої форми.

Проте, для значної кількості генів відомі не два, а декілька або навіть багато алельних станів (А, a_1 , a_2 , a_3 і т.д.) Це так звані множинні алелі одного гена. Множинні алелі утворюються внаслідок багаторазової мутації одного і того ж локусу хромосоми. Слід зазначити, що при множинному алелізмі в гаметі або спорі присутній завжди тільки будь-який **один** алель даного гена, а в клітинах тіла вищих рослин, тварин і людини – лише по два (однакових чи різних) алелі цього гена, тому характер розщеплення множинних алелів певної ознаки завжди залишається **моногібридним**. Отже, якщо в популяції і виявиться три, чотири і більше алельних генів, то в генотипі кожного конкретного організму із такої кількості генів будуть присутніми **лише два**.

Взаємодія генів при множинному алелізмі може бути досить різноманітною. Нерідко вони утворюють послідовні ряди домінування, в яких кожний із наведених генів домінує над наступним; $A > a_1 > a_2 > a_3 > a_4$. Тобто ген А домінує над

генами a_1, a_2, a_3, a_4 ; ген a_1 домінує над генами a_2, a_3, a_4 і т.д. Проте, бувають і більш складні комбінації.

За принципом множинного алелізму у тварин і рослин успадковуються такі ознаки: забарвлення шерсті і райдужної оболонки очей у кролів, забарвлення очей у дрозофіл, довжина хвоста у мишей, утворення червоно-фіолетового пігменту антоціану у вегетативних і генеративних органах кукурудзи, серія генів самостерильності у конюшини, тютюну і т.д.

Наприклад, гени забарвлення шерсті у кролів утворюють такий послідовний ряд домінування: $C > c^{ch} > c^m > c^h > c$, де C – ген темної шерсті (дике забарвлення); c^{ch} – ген сірої шерсті (шиншила); c^m – ген світло-сірої шерсті (мардер); c^h – ген горностаєвої шерсті (гімалайська); c – ген відсутності пігменту (альбінос).

У людини за принципом множинного алелізму успадковуються групи крові за системою АВО. Антигенний склад крові за цією системою визначається трьома алельними станами гена I : I^A, I^B, I^O . Гени I^A і I^B є домінантними генами відносно гена I^O . Різні сполучення зазначених генів утворюють чотири групи крові, які мають таку характеристику:

Група крові	Генотип	Антиген еритроцитів	Антитіла крові
I (O)	$I^O I^O$	–, –	α, β
II (A)	$I^A I^A I^A I^O$	A, –	–, β
III (B)	$I^B I^B I^B I^O$	–, B	$\alpha, –$
IV (AB)	$I^A I^B$	A, B	–, –

Ця система крові була виявлена першою (Ладштейнер, 1900). Пізніше була виявлена система MN та інші системи крові, із яких за принципом множинного алелізму спадкується резус (Rh) система. Наявність антигену Rh спадкується як домінантна ознака (D), а його відсутність – рецесивна ознака (d). Тому Rh-позитивні генотипи можуть бути DD або Dd, а Rh-негативні тільки dd. Зараз виявлено, що Rh-фактор визначається трьома парами алелів, які позначаються CDE. Це створює можливість виникнення восьми типів генних триплетів. Однак, хімічна структура зазначених антигенів на сьогодні ще не розкрита, тому питання про механізми успадкування Rh-фактора за такою кількістю пар алелів залишається відкритим, і

при розв'язанні задач до уваги приймається лише одна пара алелей Rh-належності: D – d.

ПРИКЛАДИ

Приклад 1. У кролів можливі такі варіанти забарвлення райдужної оболонки очей: темна (A), світло-коричнева (a_1), дуже світло-коричнева (a_2) і рожева (без пігменту – a). Ці гени утворюють такий ряд послідовного домінування: $A > a_1 > a_2 > a$. Записати всі можливі генотипи кролів, які визначають кожну фенотипну ознаку забарвлення

Дано:	Розв'язок
<p>A – ген темного забарвлення райдужки очей a_1 – ген світло-коричневого забарвлення райдужки очей a_2 – ген дуже світло-коричневого забарвлення очей a – ген рожевого забарвлення очей</p>	<p>Керуючись наведеним рядом послідовного домінування, записуємо всі можливі комбінації алельних генів, які визначають певну фенотипну ознаку. Темне забарвлення райдужки очей кролів: AA, Aa_1, Aa_2, Aa.</p>
Генотипи – ?	<p>Світло-коричневе забарвлення райдужки очей кролів: a_1a_1, a_1a_2, a_1a.</p> <p>Дуже світло-коричневе забарвлення райдужки очей кролів: a_2a_2, a_2a.</p> <p>Рожеве (без пігменту) забарвлення райдужки очей кролів: aa.</p>

Відповідь. Усі можливі генотипи за кожною фенотипною ознакою, зазначеною в умові задачі, наведені в розв'язку. Тип задачі: моногібридне схрещування, множинний алелізм.

Приклад 2. Чоловік II групи крові, мати якого мала I групи крові, одружився з жінкою IV групи крові. Визначте можливі групи крові їхніх дітей.

Дано:	Розв'язок
<p>I^A – ген II групи крові $I^A I^B$ – генотип IV групи крові P: ♀ $I^A I^B$ ♂ $I^A I^0$</p>	<p>P: ♀ $I^A I^B$ × ♂ $I^A I^0$</p> <p>Гамети: (I^A) ← (I^A) (I^B) ← (I^0)</p> <p>F: $I^A I^A$, $I^A I^B$, $I^A I^0$, $I^B I^0$</p> <p>II IV II III</p>
F – ?	

Аналіз одержаного потомства:

фенотип 2:1:1, тобто 50% дітей II групи крові, 25% дітей III групи крові і 25% дітей IV групи крові.

генотип: 1:1:1:1, тобто по 25% різних генотипних класів.

Відповідь. За умовою задачі у дітей можливі такі групи крові: II, III, IV. Тип задачі: моногібридне схрещування, множинний алелізм.

Приклад 3. Від шлюбу жінки з резус-негативною кров'ю II групи і чоловіка з резус-позитивною кров'ю III групи народилася дитина з резус-негативною кров'ю I групи. Встановити генотипи батьків.

Дано:

Розв'язок

I^A – ген II групи крові
 I^B – ген III групи крові
 D – ген Rh – позитивної крові
 d – ген Rh – негативної крові
 $F: I^0I^0dd$
 $P: \text{♀} I^A I^0 dd$
 $\text{♂} I^B I^0 D _$

$P: \text{♀} I^A I^0 dd \times \text{♂} I^B I^0 D _$
 Гамети: $(I^A d)$ $(I^B D)$
 $(I^0 d)$ $(I^B d)$
 $(I^0 D)$
 $(I^0 d)$
 $F:$

$P - ?$	♂	$I^B D$	$I^B d$	$I^0 D$	$I^0 d$
	♀				
	$I^A d$	$I^A I^B Dd$ IVRh+	$I^A I^B dd$ IVRh-	$I^A I^0 Dd$ II Rh+	$I^A I^0 dd$ II Rh-
	$I^0 d$	$I^B I^0 Dd$ III Rh+	$I^B I^0 dd$ III Rh-	$I^0 I^0 Dd$ I Rh+	$I^0 I^0 dd$ I Rh-

Аналіз одержаного потомства:

фенотип – 8 фенотипних класів;

генотип: – 8 генотипних класів.

Знання генотипу дитини і цитологічних основ дигібридного схрещування дало змогу встановити генотипи батьків.

Відповідь. За умовою задачі генотип жінки - $I^A I^0 dd$ (гетерозигота за першою парою ознак і гомозигота за другою парою ознак за рецесивом), чоловіка - $I^B I^0 Dd$ (дигетерозигота). Тип задачі: дигібридне схрещування, множинний алелізм.

Задачі для самостійного розв'язання

1. Жінка IV групи крові вийшла заміж за чоловіка III групи крові. Батько чоловіка мав I групу крові. Які групи крові ймовірні у їхніх дітей?
2. У жінки II група крові, у чоловіка IV. Мати жінки мала I групу крові. Яка група крові виключається у їхніх дітей?
3. Чоловік II групи крові одружився з жінкою III групи крові. Від їх шлюбу народилась дитина I групи крові. Чим можна це пояснити?
4. У дівчинки IV група крові, а у її брата I група крові. Визначити групи крові їхніх батьків.
5. Чоловік I групи крові одружився з жінкою IV групи крові. Яка ймовірність, що діти від цього шлюбу успадкують групу крові матері?
6. У суді слухається справа про стягнення аліментів. У дитини III група крові, у матері дитини I група крові. Чи може бути батьком дитини чоловік із II групою крові? Яка група крові можлива у батька дитини?
7. У сім'ї дітей, які відповідно мають I, II і III групи крові. Встановити групи крові їхніх батьків.
8. До шлюбу вступили резус-позитивна жінка з II групою крові і резус-негативний чоловік з IV групою крові. Визначити можливий фенотип їхніх дітей відносно зазначених ознак, якщо відомо, що батько дівчини мав I групу крові, а мати була резус-негативною.
9. Резус-позитивний чоловік I групи крові, мати якого була резус-негативною, одружився з резус-негативною жінкою IV групи крові. Яка ймовірність, що дитина успадкує обидві ознаки матері?
10. У сім'ї резус-позитивного чоловіка III групи крові і резус-негативної жінки IV групи крові є четверо дітей: резус-негативна дитина II групи крові, резус-позитивна дитина I групи крові, резус-негативна дитина IV групи крові і резус-позитивна дитина теж IV групи крові. Одна дитина позашлюбна. За якою ознакою виключається батьківство? Відомо, що батько чоловіка мав резус-негативну кров I групи.
11. У резус-позитивних батьків з II і III групами крові народилась резус-негативна дитина I групи крові. Визначити генотипи батьків.

12. Гомозиготний резус-позитивний чоловік I групи крові одружився з резус-негативною жінкою IV групи крові. Якими за фенотипом можуть бути їхні діти?

13. Дигетерозиготна резус-позитивна жінка III групи крові вийшла заміж за резус-позитивного чоловіка I групи крові. Яка ймовірність, що їхні діти можуть успадкувати генотип і фенотип батька? Відомо, що батько чоловіка мав резус-негативну кров.

14. З метою вирішення питання про виховання в сім'ї рідної чи прийомної доньки, було проведено судово-медичну експертизу. Дослідження крові членів цієї сім'ї показали, що у жінки резус-позитивна кров I групи, у чоловіка резус-негативна кров IV групи, у дівчини резус-негативна кров III групи. Який висновок дасть експерт? Відповідь аргументувати відповідним розв'язком.

15. До шлюбу вступили дигетерозиготні чоловік і жінка, у яких резус-позитивна кров III групи. Яка ймовірність, що діти від цього шлюбу генотипно і фенотипно будуть подібні до своїх батьків?

РОЗДІЛ VI

ГЕНЕТИКА СТАТІ.

УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ

У хромосомному наборі соматичних клітин переважної більшості організмів розрізняють нестатеві і статеві хромосоми. Нестатеві хромосоми – це парні (гомологічні) хромосоми, вони не пов'язані з визначенням статі організму, містять генетичну інформацію про будь-які ознаки і однакові в кількісному і якісному відношенні у жіночої і чоловічої статі кожного певного виду. Такі парні, однакові для обох статей хромосоми одержали назву **аутосом** і позначаються великою літерою А.

Статеві хромосоми містять генетичну інформацію про стать організму (визначають розвиток первинних статевих ознак). Виявлено два різновиди статевих хромосом, із яких один різновид позначається як Х-хромосома, а другий – як Y-хромосома. Х-хромосома звичайно за формою велика акроцентрична хромосома, Y-хромосома – дрібна субметацентрична хромосома. У певної статі такі хромосоми можуть бути однаковими або різними, як у якісному так і в кількісному відношенні. Так, у людини у хромосомному наборі жіночої статі наявні дві Х-хромосоми, а у

чоловічої статі – одна X-хромосома і одна Y-хромосома. Знаючи наведені позначення аутосом і статевих хромосом, можна записати хромосомні формули будь-якого виду організму. Наприклад, у хромосомному наборі соматичних клітин людини 46 хромосом, із яких 44 аутосоми і дві статеві хромосоми. Тому хромосомні формули жінки і чоловіка такі:

$$\text{♀} = 44\text{A} + \text{XX}; \quad \text{♂} = 44\text{A} + \text{XY}$$

Залежно від співвідношення статевих хромосом у соматичних клітинах, а, отже, і типів гамет, розрізняють **гомо-** і **гетерогаметну стать**. Стать, яка в хромосомному наборі має дві однакові статеві хромосоми і продукує один тип гамет, називається **гомогаметною** статтю. Наприклад, у людини жіноча стать є гомогаметною, бо в її каріотипі наявні дві X-хромосоми (XX) і вона продукує один тип гамет (X), а чоловіча стать є гетерогаметною, бо в її каріотипі наявні X- і Y-хромосоми (XY) і продукує два типи гамет (X, Y).

Крім людини, гомогаметність жіночої статі (XX) спостерігається у всіх ссавців, більшості земноводних, певної частини риб, ракоподібних, більшості комах, червів, більшості дводомних рослин. Чоловіча стать відповідно є гетерогаметною – XY.

У птахів, плазунів, деяких земноводних, частини риб, комах (метелики, волохокрильці), небагатьох дводомних рослин жіноча стать – гетерогаметна, а чоловіча стать – гомогаметна. У таких випадках X-хромосому позначають літерою Z, а Y-хромосому – літерою W. Жіноча стать позначається в такому випадку – ZW, чоловіча – ZZ.

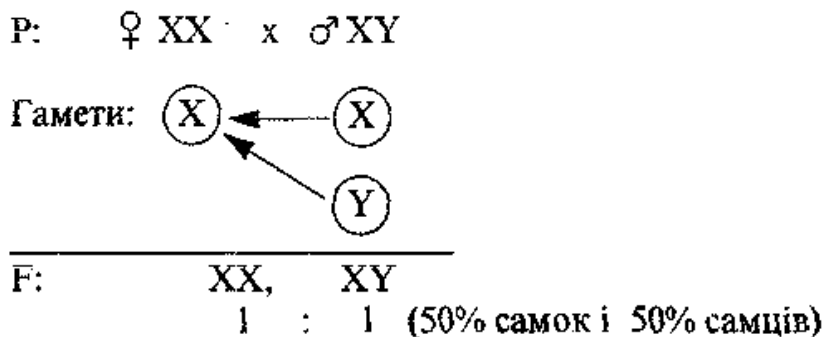
Відмінності за статевими хромосомами у представників одного і того ж виду можуть бути не тільки якісними, що розглянуто вище, але і кількісними. Так, у самців деяких морських червів, клопів, гуртових перетинчастокрилих у хромосомному наборі відсутня Y-хромосома. Проте, і у цих тварин, як і в більшості організмів, гомогаметною є жіноча стать (XX), а гетерогаметною – чоловіча стать (XO).

Дослідження щодо вивчення механізмів детермінації статі виявили, що у роздільностатевих організмів домінуючим типом визначення статі є сингамний тип. При такому типі детермінації статі стать майбутнього організму визначається в момент утворення зиготи і найчастіше залежить від типу гамет, що зливаються.

Тобто, стать організму визначає утвореним при заплідненні генотипом зиготи і не залежить від зовнішніх умов довкілля, що можливо при інших типах детермінації статі, зокрема епігамному.

У організмів із сингамним типом визначення статі ознака статі є менделюючою і підпорядковується закономірностям аналізуючого схрещування.

Наприклад:



Роботами американського вченого Т. Моргана та його співробітниками доведено, що в статевих хромосомах можуть бути локалізовані гени будь-яких ознак, не пов'язаних із визначенням статі. Це знайшло підтвердження в наступних наукових дослідженнях, а ознаки, гени яких локалізовані в статевих хромосомах, одержали таку назву – **ознаки, зчеплені зі статтю**.

Ознаку, зчеплену зі статтю, позначають як правило літерою латинського алфавіту (великою або малою залежно від того, домінантна чи рецесивна це ознака) разом з відповідною статевою хромосомою, наприклад: X^A , X^a , Y^B .

Жіноча стать за ознакою, зчепленою зі статтю, може бути гомозиготною ($X^A X^A$, $X^a X^a$) або гетерозиготною ($X^A X^a$). Чоловіча стать може бути лише гемозиготною, оскільки в її генотипі з пари алельних генів присутній лише один алель – домінантний чи рецесивний ($X^A Y$ чи $X^a Y$), і тому відповідний алель обов'язково проявиться у фенотипі. Це зумовлено тим, що ознаки, зчеплені зі статтю, локалізуються переважно в негомологічних ділянках статевих хромосом. Проте бувають і винятки. Викладене, звісно, має місце при гомогаметності жіночої статі. Природно, при гетерогаметності жіночої статі розглянуте слід тлумачити навпаки.

Ознаки, зчеплені з X-хромосомою, успадковуються за принципом «навхрестя»: синами – від матері, дочками – від батька, оскільки X-хромосому батько передає лише дочкам. Ознаки, зчеплені з Y-хромосомою, зустрічаються винятково в осіб

чоловічої статі, бо Y-хромосому від батька успадковують лише сини (за умов гетерогаметності чоловічої статі). Ознаки, зчеплені з Y-хромосомою, називаються голандричними. У людини за цим типом успадковуються деякі відхилення від норми, зокрема шкірні перетинки між пальцями, густе овоłosіння вушних раковин, утворення рогових лусок на шкірі (іхтіоз) тощо.

З X-хромосомою у людини зчеплено значно більше ознак: гемофілія (знижена згортальна здатність крові), дальтонізм (порушення кольорового світосприймання), відсутність потових залоз, аномалія метаболізму пуринів, певне захворювання шкіри (фолікулярний гіперкератоз), деякі форми агаммаглобулінемії (відсутність або знижений рівень імуноглобулінів у сироватці крові), в числених родовах темна емаль зубів, відсутність малих кутніх зубів, пігментний дерматоз («мармурова» пігментація шкіри), певні форми затримки розумового розвитку і таке інше.

ПРИКЛАДИ

При розв'язанні задач, в яких мова йде про успадкування ознак, зчеплених зі статтю, доцільно (звісно, з урахуванням умови задачі) аналізувати окремо потомство чоловічої і жіночої статі.

Приклад. У людини дальтонізм (порушення кольорового зору) кодується рецесивним геном, локалізованим у X-хромосомі. Чоловік з нормальним кольоровим зором одружився з гетерозиготною за цією ознакою жінкою, яка ймовірність народження в цій сім'ї дітей дальтоніків?

Дано:

Розв'язок

X^D – нормальний кольоровий зір X^d – дальтонізм Р: ♀ $X^D X^d$ ♂ $X^D Y$	Р: ♀ $X^D X^d$ × ♂ $X^D Y$ Гамети: (X^D) ↔ (X^D) (X^d) ↔ (Y) F: $X^D X^D$, $X^D X^d$, $X^D Y$, $X^d Y$
F – ?	

Аналіз одержаного потомства:

фенотип 3:1, тобто 75% дітей з нормальним кольоровим зором і 25% дітей-дальтоніків; генотип 1:1:1:1, тобто по 25% різних генотипних класів.

Відповідь. Імовірність народження в цій сім'ї дітей-дальтоніків 25%. Тип задачі: моногібридне схрещування, ознака, зчеплена зі статтю (з X-хромосомою).

Задачі для самостійного розв'язування

1. Золотисте (коричневе) забарвлення оперення у певних порід курей успадковується як зчеплена з Z-хромосомою доміантна ознака. Сріблясте (біле) оперення – рецесивна ознака. На селекційно-дослідній станції провели схрещування гібридних золотистих півнів із сріблястими курками. Яка частина потомства незалежно від статі успадкувала сріблясте оперення?

2. Золотисте (коричневе) забарвлення оперення у певних порід курей успадковується як зчеплена з Z-хромосомою доміантна ознака. Сріблясте (біле) забарвлення оперення – рецесивна ознака. На птахофермі провели схрещування золотистих курок із сріблястими півнями. Визначити фенотип потомства від цього схрещування.

3. Від схрещування сріблястих курок з гібридними золотистими півнями на птахофермі з'явилось 560 курчат. Скільки від загальної кількості потомства складають із урахуванням статі золотисті курчата? Золотисте (коричневе) забарвлення оперення де термінується доміантним, зчепленим з Z-хромосомою геном, а сріблясте (біле) забарвлення – рецесивним геном.

4. Смугасте забарвлення оперення у певних порід курей успадковується як зчеплена з Z-хромосомою доміантна ознака, а біле забарвлення оперення – рецесивна ознака. На птахофермі одержано 169 смугастих курок, 165 смугастих півнів, 167 білих курок і 166 білих півнів. Визначити генотипи вихідних батьківських форм.

5. У дослідному господарстві проведено кілька серій схрещувань. Спочатку схрещували смугастих курок з білими півнями. А потім гібридних півнів схрещували з білими курками. Визначити фенотипи F_1 і F_2 . Смугасте забарвлення оперення – доміантна, зчеплена з Z-хромосомою ознака, біле забарвлення оперення – рецесивна ознака.

6. Від схрещування гібридних смугастих півнів і смугастих курок на птахофермі одержали 1320 курчат. Яка кількість потомства без урахування статі фенотипно подібна до батьківських форм? Смугасте забарвлення оперення успадковується як зчеплена з Z-хромосомою доміантна ознака, а біле забарвлення оперення – рецесивна ознака.

7. Яка ймовірність появи чорних курчат від схрещування сірих курок і гібридних сірих півнів? Сіре забарвлення оперення детермінується зчепленим з Z-хромосомою домінантним геном, а чорне забарвлення оперення – його рецесивним алелем.

8. Домінантний ген сірого забарвлення оперення у курей плімутрок локалізований у Z-хромосомі, його рецесивний алель визначає чорне забарвлення оперення. За яких умов потомство від схрещування смугастих курок зі смугастими півнями успадкує фенотип батьківських форм?

9. У людини відсутність потових залоз детермінується рецесивним геном, локалізованим у X-хромосомі. В сім'ї здорових чоловіка і жінки відносно вказаної ознаки народилась дитина без потових залоз. Чи можна пояснити причину народження такої дитини?

10. До медико-генетичної консультації звернулось подружжя, стурбоване загрозою народження дитини-гемофіліка. Підставою є те, що рідна сестра чоловіка має хлопчика, який страждає на гемофілію. Наскільки реальна загроза народження в цій сім'ї хворої дитини? Відповідь пояснити. Спадкова гемофілія (знижена згортальна здатність крові) успадковується як зчеплена з X-хромосомою рецесивна ознака.

11. Пігментний дерматоз, одним із проявів якого є «мармурова» пігментація шкіри, успадковується через X-хромосому як домінантна ознака, летальна для чоловіків-гомозигот. У сім'ї здорового відносно цієї ознаки чоловіка і жінки, яка має «мармурову» шкіру, росте теж здорова донька. В родині знову чекають на дитину. Яким може бути прогноз, якщо мати жінки не мала цієї вади?

12. Жінка з нормальним кольоровим зором вийшла заміж за чоловіка-дальтоніка. Які очікувані фенотипи у дітей, які можуть народитися в цій сім'ї? Відомо, що мати жінки мала нормальний кольоровий зір, а батько був дальтоніком. Дальтонізм (аномалія кольорового зору) – рецесивна, зчеплена з X-хромосомою ознака.

13. Одна із форм агаммаглобулінемії (відсутність імуноглобулінів у сироватці крові) успадковується як рецесивна, зчеплена з X-хромосомою ознака. В сім'ї здорової жінки і чоловіка, який страждає на агаммаглобулінемію, є дві здорові

відносно вказаної ознаки дівчинки. Жінка знову чекає на дитину. Пренатальна діагностика свідчить, що це буде хлопчик. Жінка турбується, що він успадкує хворобу батька. Чи є для цього підстави, якщо з боку жінки в декількох поколіннях це захворювання не виявлено? Відповідь пояснити і підтвердити відповідним розв'язком.

14. Одна із форм агаммаглобулінемії (відсутність імуноглобулінів у сироватці крові) успадковується як рецесивна, зчеплена з X-хромосою ознака. Здорова жінка, батько якої страждав на агаммаглобулінемію, вийшла заміж за здорового чоловіка. Від їх шлюбу народився хворий хлопчик. Яка ймовірність, що і друга їхня дитина теж буде страждати на агаммаглобулінемію?

15. Одна із форм агаммаглобулінемії (відсутність імуноглобулінів у сироватці крові) успадковується як рецесивна, зчеплена з X-хромосою ознака. В сім'ї, де батько і мати не страждають на агаммаглобулінемію, є хворий син і здорова донька. У сина дві здорові доньки, а у дочки – четверо синів, двоє із них – хворі на агаммаглобулінемію. Які генотипи всіх вказаних осіб?

16. Відсутність зубів – рецесивна, зчеплена з X-хромосою ознака. В сім'ї чоловіка і жінки, які мали зуби, росте хлопчик без зубів. Від кого він успадкував цю ваду? Відповідь підтвердити розв'язком.

17. Фолікулярний гіперкератоз (надмірне потовщення рогового шару епідермісу в ділянці лійок волосяних фолікулів) успадковується як домінантна, зчеплена з X-хромосою ознака. В сім'ї чоловіка і жінки, які мають зазначену аномалію шкіри, чекають на дитину. Чи можна сподіватись на появу в їхній родині здорової дитини, якщо батько жінки був здоровий щодо вказаної ознаки?

18. Фолікулярний гіперкератоз (надмірне потовщення рогового шару епідермісу в ділянці лійок волосяних фолікулів) успадковується як домінантна, зчеплена з X-хромосою ознака. Жінка з фолікулярним гіперкератозом, батько якої був здоровим у цьому відношенні, вийшла заміж за чоловіка, у якого відсутня ця аномалія. Яка ймовірність, що їхні діти фенотипно будуть подібні до батька?

РОЗДІЛ VII

ЗЧЕПЛЕНЕ УСПАДКУВАННЯ. КРОСИНГОВЕР

Структурною і функціональною одиницею спадковості, згідно з сучасними уявленнями, є ген. Місце локалізації генів – хромосоми. У всіх багатоклітинних організмів нараховуються тисячі генів, тоді як число хромосом досить обмежене (звичайно від декількох до небагатьох десятків). Отже кожна хромосома повинна містити багато генів, що і було доведено численними генетичними і цитологічними дослідженнями.

Відомо, що хромосоми успадковуються як єдине ціле. Тому і гени, локалізовані в одній хромосомі, як правило, успадковуються разом. Гени, локалізовані в одній хромосомі, складають одну групу зчеплення. А спільне успадкування генів, які складають групу зчеплення, називається **зчепленим успадкуванням генів**. Явище зчеплення ознак (генів) відкрили в 1906 р. В.Бетсон і Р.Пенкет, пізніше цим питанням займався цитолог У.Сеттон. Проте розкриття суті цього явища стало можливим завдяки працям Т.Моргана та його співробітників (А.Стертевант, Г.Меллер, К.Бреджес). Закономірності зчепленого успадкування викладені у створеній цими вченими хромосомній теорії спадковості.

Основні положення хромосомної теорії спадковості та їх тлумачення, необхідні для вирішення задач:

Гени локалізуються в хромосомах. Кожний ген у хромосомі займає певну ділянку — локус.

Гени в одній хромосомі згідно з хромосомною теорією розташовані лінійно (по довжині хромосоми).

Гени, локалізовані в одній хромосомі, звичайно, успадковуються разом і складають одну групу зчеплення.

Алельні гени локалізовані в певних ділянках гомологічних хромосом, тому групу зчеплення складають дві гомологічні хромосоми. Отже, на основі принципу гомологічності хромосом, число груп зчеплення звичайно відповідає кількості пар хромосом (гаплоїдній кількості хромосом каріотипу). Наприклад, у мушки дрозофіли диплоїдний набір – 8 хромосом і тому 4 групи зчеплення, у людини 46 хромосом і тому 23 групи зчеплення і т.д. Таке співвідношення кількості груп зчеплення і

гаплоїдного набору хромосом повністю простежується у гомогаметної статі і дещо не збігається у гетерогаметної статі цього ж виду організмів.

При розв'язанні задач щодо визначення кількості груп зчеплення звичайно приймається до уваги диплоїдний набір хромосом, характерний для того чи іншого виду без урахування статі.

З метою полегшення розв'язування задач використовують особливий запис генотипу і гамет, який дає змогу в письмовій формі диференціювати зчеплені ознаки від ознак, гени яких знаходяться в різних хромосомах. Наприклад, генотип дигетерозиготи AaBb можна записати як $\frac{A\hat{A}}{\hat{a}\hat{a}}$ або $\frac{A\hat{a}}{\hat{a}\hat{A}}$.

Дві паралельні лінії символізують гомологічні хромосоми, а комбінації генів над і під цими лініями – групи зчеплення, успадковані організмом від матері (верхня) і від батька (під низом). Гамети з вихідними групами зчеплення (незмінною комбінацією генів) називають **некросоверними**, а гамети з новими комбінаціями генів – **кросоверними**. У запису гамет теж використовують символічні хромосоми.

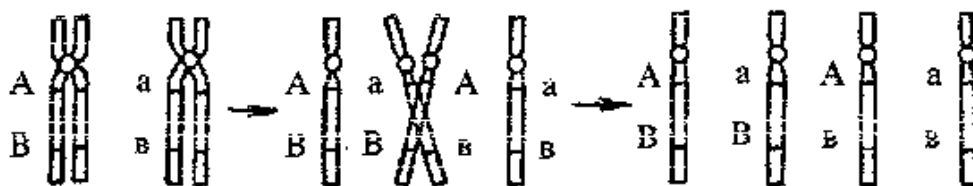
Наприклад, в особини з генотипом $\frac{A\hat{a}}{\hat{a}\hat{A}}$ за умов повного зчеплення утворюються лише некросоверні гамети (AB) і (ab), а за умов неповного зчеплення, окрім уже записаних сортів гамет, утворюються ще і кросоверні гамет (Ab) і (aB). Отже, при повному зчепленні дигетерозиготний організм продукує два сорти гамет, а при неповному зчепленні – чотири сорти гамет.

Такий вид запису генотипів і гамет використовується для позначення зчеплених ознак, гени яких локалізовані в аутосомах.

При зчепленому успадкуванні можливе виникнення нових комбінацій генів у гаметах, що пояснюється явищем кросинговеру. **Кросинговер** (перехрест хромосом) відбувається у профазі першого поділу мейозу, під час якого гомологічні хромосоми (точніше, прилеглі під час кон'югації хроматиди) обмінюються своїми ділянками і утворюються рекомбінантні (кросоверні) хромосоми. Рекомбінантні гомологічні хромосоми містять ділянки (гени) як батьківських, так і материнських хромосом.

Наприклад, дигетерозиготний організм з генотипом $\frac{A\hat{A}}{\hat{a}\hat{a}}$ (за умов неповного

зчеплення) може продукувати чотири типи гамет: (AB), (ab), (Ab), (aB). Гамети типу (Ab) і (aB) утворилися внаслідок кросинговеру, тобто між хроматодами гомологічних хромосом відбувся обмін певними ділянками, що призвело до рекомбінації генетичного матеріалу і появи відмінного від вихідної форми сполучення генів. Схематично це можна зобразити так:



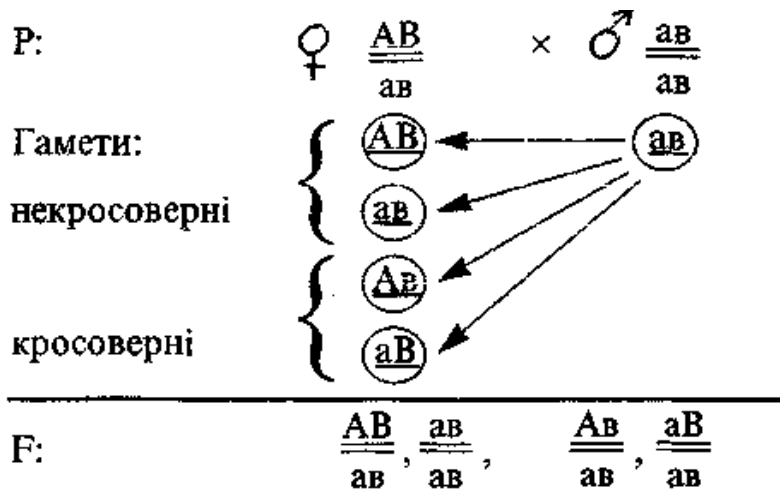
Кожна із утворених хроматид (надалі – самостійні хромосоми) потрапляє в окрему гамету і утворюється чотири їх типи. Проте, співвідношення цих гамет на відміну від вільного комбінування буде нерівним. Пояснюється це тим, що кросинговер відбувається не з постійною частотою і тому рекомбінантні гамети завжди складають не менше 50%.

Частота кросинговеру прямо пропорційна відстані між генами в групі зчеплення: чим далі розташовані один від одного гени, тим частіше спостерігається кросинговер. Отже, чим більша відстань між генами в групі зчеплення, тим вища ймовірність перехресту і розвитку кросоверних гамет і навпаки. Тому некросоверних гамет завжди більша кількість, ніж кросоверних.

Особини, що розвиваються з кросоверних (рекомбінантних) гамет, називають кросоверами (рекомбінантами). Виникають рекомбінантні особини з такою самою ймовірністю, як і кросоверні гамети. І, відповідно, особини, що розвиваються з некросоверних гамет, називають некросоверами (нерекомбінантами).

Процент кросинговеру є мірою відстані між генами. Для визначення цієї відстані використовують винятково аналізуюче схрещування, тобто схрещування з гомозиготним за рецесивними ознаками організмом. При такому схрещуванні процент рекомбінантів дорівнює як частоті кросоверних гамет, так і відстані між відповідними генами. Наприклад, від аналізуючого схрещування дигетерозиготи одержано 12% кросоверів.

Схема схрещування:



некросоверні (нерекомбінанти)

Всього 100% - 12% = 88%, по 44% кожного типу гамет або класу генотипів і фенотипів

кросоверні (рекомбіновані)

Всього: 12%, по 6% кожного типу гамет або класу генотипів і фенотипів

За одиницю відстані між генами у хромосомі прийнята 1 морганіда, яка дорівнює 1% кросинговера. Отже, 12% кросоверів означають, що дигетерозигота утворила 12% кросоверних гамет і що відстань між генами А і В (а також а і в, А і в, а і В) становить 12% або і 2 морганід.

Для розрахунку відносної відстані між генами, які локалізовані в одній хромосомі, використовують формулу:

$$X = \frac{a + c}{n} \cdot 100\% \text{ де}$$

X – процент кросоверів від аналізуючого схрещування;

(a+c) – кількість кросоверів;

n – загальна кількість потомства.

За частотою кросинговеру можна визначити відстань між зчепленими генами, що дозволяє складати генетичні карти. Генетичні карти хромосом – це схеми, на яких вказано порядок розташування генів у хромосомі і відносна відстань між ними. Для складання генетичної карти хромосом будь-якого організму досліджують успадкування не менше трьох генів групи зчеплення.

Розв'язок задач з даного розділу базується на викладеному вище матеріалі. Слід пам'ятати, що у самця дрозофіли, самки шовковичного шовкопряда кросинговер не спостерігається.

Задачі для самостійного розв'язання

1) Чому дорівнює число груп зчеплення у мухи хатньої, таргана, мушки дрозофіли, якщо в ядрі соматичних клітин цих комах відповідно 12,48 і 8 хромосом?

2) Чому дорівнює число груп зчеплення у собаки, кішки, кроля, корови, коня, якщо в ядрі соматичних клітин цих тварин відповідно 78, 38, 44, 60 і 66 хромосом?

3) Чому дорівнює число груп зчеплення у моркви, гороху, томатів, картоплі, цибулі, якщо в ядрі соматичних клітин цих городних культур відповідно 18, 14, 24, 48, 16 хромосом?

4) Чому дорівнює число груп зчеплення у кукурудзи, жита, твердої пшениці, м'якої пшениці, якщо в ядрі соматичних клітин цих злаків відповідно 20, 14, 28, 42 хромосоми?

5) Провели схрещування дигетерозиготи ВвДд з дигомозиготою ввдд. Унаслідок схрещування з'явилися чотири типи нащадків у такому співвідношенні: ВД – 25%, Вд – 25%, вД – 25% і вд – 25%. Чи може це бути зчепленим у спадкуванням? Відповідь пояснити.

б) У дрозофіл червоні очі і сіре тіло є домінантними ознаками (А і В), а кіноварні очі і чорне тіло – рецесивні ознаки (а і в). У науково-дослідній лабораторії провели схрещування червонооких особин, у яких сіре тіло, з особинами, які мали кіноварні очі і чорне тіло. Всі гібриди F_1 мали червоні очі і сіре тіло. Гібридних мушок схрестили з дигомозиготними за рецесивними ознаками самцями. У F_2 одержали такі результати: 256 особин з червоними очима і сірим тілом, 18 особин з червоними очима і чорним тілом, 16 особин з кіноварними очима і сірим тілом і 262 особини з кіноварними очима і чорним тілом. а) Як успадковуються вказані ознаки? б) Запишіть схему проведених схрещувань. в) Визначте відстань між генами вказаних ознак.

7) У кукурудзи нормальні листки і нормальна висота стебла – домінантні ознаки, а скручені листки і карликовість – рецесивні ознаки. Гени цих ознак зчеплені. Від аналізуючого схрещування гібридних рослин з нормальними листками і нормальною висотою стебла в потомстві отримали 689 рослин з нормальними

листями і нормальною висотою стебла, 148 рослин зі скрученими листками і нормальною висотою стебла, 158 карликових рослин з нормальними листками і 705 карликових рослин зі скрученими листками. Запишіть схему аналізуючого схрещування і визначте відстань між вказаними генами.

8) Від схрещування дрозофіл з нормальними ногами і прямими крилами і дрозофіл, які мали короткі ноги і зігнуті крила, одержано потомство з такими ознаками: 535 дрозофіл з нормальними ногами і прямими крилами, 422 – з нормальними ногами і зігнутими крилами, 414 – з короткими ногами і прямими крилами і 529 – з короткими ногами і зігнутими крилами, а) Встановити генотипи вихідних форм. б) Як спадкуються гени вказаних ознак? в) Визначити відстань між цими генами.

9) У певних порід курей оперення ніг і горохоподібний гребінь – домінуючі ознаки, а голі ноги і простий гребінь – рецесивні ознаки. Гени вказаних ознак локалізовані в одній хромосомі і відстань між ними 16% кросинговеру. Який генотип і фенотип буде у курчат від схрещування гомозиготних курок з опереними ногами і простим гребенем і гомозиготних півнів, у яких голі ноги і горохоподібний гребінь? Які типи гамет і в якому процентному співвідношенні продукують такі гібриди?

10) Гібриди F_1 від схрещування кукурудзи із забарвленим насінням і гладеньким ендоспермом і рослин, у яких безбарвне насіння і шерехатий ендосперм, виявилися із забарвленим насінням і гладеньким ендоспермом, а) Якими генами кодуються ці ознаки? б) Яке розщеплення можливе у F_2 від аналізуючого схрещування одержаних гібридів, якщо гени вказаних ознак локалізовані в одній хромосомі на відстані 3,5 морганід?

11) У певних сортів томатів високе стебло і кулеподібні плоди – домінуючі ознаки, а карликове стебло і грушоподібні плоди – рецесивні ознаки. Гени, які детермінують вказані ознаки, локалізовані в одній хромосомі на відстані 20% кросинговеру. В овочевому господарстві висаджено 1340 кущів розсади, вирощеної із насіння, одержаного від аналізуючого схрещування гібридних за обома ознаками томатів. Запишіть схему аналізуючого схрещування і визначте, яка кількість рослин буде мати низьке (карликове) стебло і грушоподібні плоди.

12) У людини рецесивність і еліптоцитоз (овальна форма еритроцитів)

детерміновані домінантними зчепленими аутосомними генами, відстань між якими 3 морганіди. Резус-негативна жінка з нормальною формою еритроцитів вступила в шлюб з резус-позитивним чоловіком, у якого еліптоцитоз. Батько чоловіка був резус-негативним і мав еритроцити нормальної форми. З якими ознаками скоріше (найімовірніше) будуть їхні діти, якщо зчеплення генів повне і одночасний прояв резус-негативності і еліптоцитозу; відсутність обох цих ознак; наявність або резус-належності, або еліптоцитозу?

13) У людини резус-належність і еліптоцитоз (овальна форма еритроцитів) детерміновані домінантними зчепленими аутосомними генами, відстань між якими 3 морганіди. Резус-негативний чоловік з нормальною формою еритроцитів одружився з дигетерозиготною жінкою, яка була резус-позитивною і мала еліптоцитоз. Обидві ці аномалії вона успадкувала від батька. Яка ймовірність народження в цій сім'ї дітей фенотипно подібних до батька за умов порушення зчеплення вказаних генів?

14) Рецесивні гени a і b визначають у людини наявність цукрового діабету і схильність до гіпертонічної хвороби, вказані гени локалізовані в одній хромосомі і перехрест між ними складає 10%. Визначити ймовірність народження дитини з обома аномаліями, якщо генотип матері $\frac{Aa}{aa}$, а батька $\frac{Bb}{bb}$? Відповідь підтвердити

відповідним розв'язком.

15) Синдром дефекту нігтів і надколінків визначається повністю домінантним геном, локалізованим у 9 хромосомі на відстані 10 морганід від локусу, який визначає групу крові за системою АВО. Дигетерозиготна здорова жінка III групи крові вийшла заміж за чоловіка II групи крові, у якого обидва вказані дефекти. Батько чоловіка мав I групу крові і обидва дефекти. Яка ймовірність народження в цій сім'ї дітей з указаними аномаліями (з урахуванням групи крові)?

16) Синдром дефекту нігтів і надколінків визначається повністю домінантним геном, локалізованим у 9 хромосомі на відстані 10 морганід від локусу, який визначає групу крові за системою АВО. Жінка II групи крові з обома дефектами вступила в шлюб з чоловіком I групи крові, який не мав указаних дефектів. Мати жінки була здорова і мала I групу крові. Яка ймовірність, що діти фенотипно будуть подібними до батьків?

17) У великої рогатої худоби чорна шерсть і білоголовість – домінантні ознаки, а руда шерсть і чорноголовість – рецесивні ознаки. Гени цих ознак локалізовані в одній хромосомі і відстань між ними 25 морганід. У племінному господарстві протягом кількох років проводили схрещування рудого чорноголового бугая з чорними білоголовими коровами, у яких наявні гени рудої шерсті і чорноголовості. Загалом одержано 480 телят. Скільки серед них (теоретично) може бути рудих білоголових телят?

РОЗДІЛ VIII

ГЕНОТИП ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА.

ВЗАЄМОДІЯ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ

Генотип будь-якого організму – це складна, еволюційно закріплена система генів, активність і взаємодія яких обумовлює формування фенотипних ознак різного структурно-функціонального рівня в кожний конкретний момент існування організму в певних умовах зовнішнього середовища. Отже, становлення і формування будь-якої ознаки здійснюється в організмі на всіх стадіях його індивідуального розвитку (онтогенезу) і визначається здебільшого не одним геном, а їх сукупністю, а точніше – взаємодією алельних і (або) неалельних генів на молекулярному рівні (ДНК хромосом, білки-ферменти одного метаболічного циклу тощо).

Генетичний аналіз різних типів схрещувань з урахуванням розщеплення в кожному із гібридних поколінь (за фенотипними ознаками) дає можливість судити про характер дії та взаємодії генів. Якщо характер розщеплення відповідає законам Менделя, то мова йде про дигібридне чи полігібридне схрещування, і фенотип організму в даному випадку визначається співвідношенням двох чи декількох паралельних генів, тобто має місце взаємодія алельних генів.

Якщо ж характер розщеплення за фенотипом відхиляється від менделівських співвідношень, то це є достатньою підставою, щоб зробити припущення про взаємодію неалельних генів. Тому, якщо в умові задачі відсутні вказівки щодо взаємодії генів, а присутні цифри розщеплення за фенотипом, відмінні від менделівських, доцільно будувати розв'язок задачі на певному виді взаємодії

неалельних генів. Слід пам'ятати, що в таких задачах сума різних числових співвідношень фенотипів при взаємодії двох пар неалельних генів завжди буде кратною 16 (або 64 при взаємодії трьох пар неалельних генів).

Нагадуємо, що алельні гени – це гени, локалізовані в одній парі гомологічних хромосом в однакових локусах і детермінують одну і ту ж ознаку. Неалельні гени – це гени, які можуть бути локалізовані в одній парі гомологічних хромосом, але в різних локусах, або можуть бути локалізовані в різних парах негомологічних між собою хромосом.

Розрізняють такі основні види взаємодії неалельних генів: комплементарність, епістаз, полімерія.

Компліментарність – це генетичне явище, обумовлене взаємодією домінантних неалельних генів, які при спільному перебуванні в генотипі організму (A-B-) визначають розвиток нової ознаки порівняно з дією кожного гена окремо (A-вв або aaB-). Іншими словами, розвиток певних ознак потребує наявності в генотипі двох (або і більше) неалельних домінантних генів, які прийнято називати комплементарними або доповнюючими генами.

При схрещуванні дигетерозигот спостерігаються різні варіанти розщеплення за фенотипом. Наприклад, розщеплення у співвідношенні 9:7 спостерігається за умов відсутності самотійного прояву обох домінантних комплементарних генів, а рецесивні їхні алелі дають однаковий фенотипний ефект; розщеплення у співвідношенні 9:3:4 – тільки один із двох комплементарних генів має самотійний прояв; розщеплення у співвідношенні 9:6:1 – обидва домінантні комплементарні гени мають самотійний прояв і фенотипи, що утворюються, схожі, а особина з чотирма рецесивними алелями має свій відмінний фенотип; розщеплення у співвідношенні 9:3:3:1 – обидва домінантні комплементарні гени мають самотійний прояв, і фенотипи, ще утворюються, різні, при цьому відмінний фенотип у особини з чотирма рецесивними генами. Останнє співвідношення тільки формально подібне до менделівського розщеплення, оскільки мова йде переважно про успадкування однієї ознаки (наприклад, форма гребеня у курей, забарвлення шерсті у кокер-спанієлів).

ПРИКЛАДИ

Приклад 1. У баклажанів синє забарвлення плодів спостерігається за наявності в генотипі двох домінантних генів (Д і Р). При відсутності будь-якого з них рослини мають білі плоди. Існують білі сорти баклажанів з генотипом DDpp і з генотипом ddPP. При схрещуванні цих сортів між собою всі рослини F₁ мають сині плоди. Яких результатів слід чекати у F₂ від схрещування гібридів F₁ між собою?

Дано:

Розв'язок

(D + p) – білі плоди

(d + P) – білі плоди

(D + P) – сині плоди

(d + p) – білі плоди

P: ♀DDpp

♂ddPP

F₁: D-P- (сині плоди)

F₂-?

P: ♀DDpp × ♂ddPP

Гамети: (Dp) ← (dP)

F₁: DdPp

P: ♀DdPp × ♂DdPp

Гамети: (DP) (DP)

(Dp) (Dp)

(dP) (dP)

(dp) (dp)

F₂:

♂ \ ♀	DP	Dp	dP	dp
DP	DDPP сині	DDPp сині	DdPP сині	DdPd сині
Dp	DDPp сині	DDpp білі	DdPp сині	Ddpp білі
dP	DdPP сині	DdPp сині	ddPP білі	ddPp білі
dp	DdPp сині	Ddpp білі	ddPp білі	ddpp білі

Аналіз одержаного потомства:

фенотип 9:7, тобто 9/16 рослин з синіми плодами і 7/16 рослин з білими плодами

генотип - 9 різних генотипних класів.

Відповідь. У F₂ одержима 9/16 рослин з синіми плодами і 7/16 рослин з білими плодами. Тип задачі: взаємодія неалельних генів, явище комплементарності.

Приклад 2. Для курей характерні чотири форми гребеня, що залежить від взаємодії двох пар генів. Ген Р визначає горохоподібний, ген R – трояндоподібний гребені. За умов наявності в генотипі обох домінантних генів утворюється горіхоподібний гребінь.

Сукупність лише рецесивних алелів цих генів забезпечує розвиток простого листоподібного гребеня. На птахофермі проведено схрещування дигетерозиготних курок з такими ж півнями. Яка ймовірність, що курчата успадкують фенотип батьківських форм?

Дано:

Розв'язок

(P + r) – горохоподібний гребінь
 (p + R) – трояндоподібний гребінь
 (P + R) – горіхоподібний гребінь
 (p + r) – простий листоподібний гребінь
 P: ♀, ♂ PpRr

P: ♀PpRr × ♂PpRr
 Гамети: (PR) (PR)
 (Pr) (Pr)
 (pR) (pR)
 (pr) (pr)
 F:

F—?

♂	PR	Pr	pR	pr
♀	PR	Pr	pR	pr
PR	PPRR горіх	PPRr горіх	PpRR горіх	PpRr горіх
Pr	PPRr горіх	PPrr горох	PpRr горіх	Pprr горох
pR	PpRR горіх	PpRr горіх	ppRR троян	ppRr троян
pr	PpRr горіх	Pprr горох	ppRr троян	pprr прост

Аналіз одержаного потомства:

фенотип 9:3:3:1, тобто 9/16 курчат з горіхоподібним гребенем, 3/16 – з горохоподібним гребенем, 3/16 – з трояндоподібним гребенем і 1/16 – з простим гребенем; генотип – 9 різних генотипних класів.

Відповідь. Імовірність успадкування курчатами фенотипу батьківських форм (горіхоподібний гребінь) складає 9/16 або приблизно 56,3%. Тип задач: взаємодія неалельних генів, явище компле-мсптарності.

Епістаз - це явище пригнічення дії одного гена іншим неалельним йому геном. Епістатична взаємодія генів за своїм характером протилежна компліментарності. Гени, які пригнічують дію інших генів, називають супресорами, або інгібіторами. Розрізняють епістаз домінантний і рецесивний. При домінантному епістазі домінантний алель одного гена пригнічує дію алельної пари іншого гена (A>B). При рецесивному епістазі рецесивний алель одного гена пригнічує дію алельної пари іншого гена (a>B). Розщеплення за фенотипом унаслідок схрещування

дигетерозиготних організмів при домінантному епістазі відбувається у співвідношенні 13:3 або 12:3:1; при рецесивному епістазі – 9:3:4.

Слід зазначити, що гени-супресори можуть не мати помітного самостійного фенотипного вираження, але є випадки, коли такі гени детермінують певну ознаку і водночас пригнічують дію неалельних їм генів.

Приклад 3. У льону поряд з екземплярами, що мають нормальні пелюстки, трапляються рослини з гофрованими пелюстками. Форма пелюсток визначається взаємодією двох пар генів: А – ген гофрованих пелюсток, а – ген нормальної форми пелюсток, І - інгібітор гофрованості, і – ген відсутності пригнічення. В господарстві проведено схрещування гібридних рослин ІіАа, які мали нормальну форму пелюсток. Визначити фенотип рослин, які будуть одержані від цього схрещування.

Дано:

Розв'язок

А – ген гофрованості пелюсток
 а – ген нормальної форми пелюсток
 І – інгібітор гофрованості
 і – відсутність пригнічення ознаки
 Р: ♀, ♂ ІіАа

Р: ♀ ІіАа × ♂ ІіАа
 Гамети: (ІА) (ІА)
 (Іа) (Іа)
 (іА) (іА)
 (іа) (іа)

F–?

F:

♂ \ ♀	ІА	Іа	іА	іа
ІА	ІІАА норм	ІІАа норм	ІіАА норм	ІіАа норм
Іа	ІІАа норм	ІіАа норм	ІіАа норм	Ііаа норм
іА	ІіАА норм	ІіАа норм	ііАА гофр	ііАа горф
іа	ІіАа норм	Ііаа норм	ііАа гофр	ііаа норм

Аналіз одержаного потомства:

фенотип 13:3, тобто 13/16 рослин з нормальною формою пелюсток і 3/16 рослин з гофрованими пелюстками; генотип – 9 різних генотипних класів.

Відповідь. Від схрещування дигетерозиготних батьківських форм буде одержано 13/16 рослин з нормальною формою пелюсток і 3/16 рослин з гофрованими пелюстками. Тип задачі: взаємодія неалельних генів, домінантний тип епістазу.

Приклад 4. У деяких порід собак забарвлення шерсті може бути чорним (В) і коричневим (в). Обидва алелі можуть пригнічуватись домінантним епістатичним геном І (I>B, I>b), унаслідок чого шерсть у собак біла. Рецесивний алель і не перешкоджає прояву алелів В та в. Проаналізувати фенотип F₁ від схрещування коричневих собак з генотипом ііvv і білих собак з генотипом ІІВВ і F₂ від схрещування гібридів першого покоління між собою.

Дано:

Розв'язок

В – ген чорного забарвлення
 в – ген коричневого забарвлення
 І – інгібітор забарвлення
 і – відсутність пригнічення ознаки
 Р: ♀ ііvv
 ♂ ІІВВ
 F₁-? F₂-?

Р: ♀ ііvv × ♂ ІІВВ
 Гамети: (іv) ← (ІВ)
 F₁: ІіVv

Аналіз одержаного потомства F₁:

фенотип – 100% білі цуценята; генотип – 100% дигетерозиготи.

Р: ♀ ІіVv × ♂ ІіVv

Гамети: (ІV) (Іv) (іV) (іv)

F₂:

♂ \ ♀	IV	Iv	iV	iv
IV	IIВВ білі	IIvв білі	IiВВ білі	IiVv білі
Iv	IIВv білі	IIvv білі	IiVv білі	Iivv білі
iV	IiВВ білі	Iivв білі	iiВВ чорні	iiVv чорні
iv	IiVv білі	Iivv білі	iiVv чорні	iivv коричневі

Аналіз одержаного потомства F₂:

фенотип 12:3:1, тобто 12/16 білих цуценят, 3/16 чорних цуценят, 1/16 коричневих цуценят; генотип – 9 різних генотипних класів.

Відповідь. У F_1 усі цуценята білі; у F_2 12/16 білих, 3/16 чорних і 1/16 коричневих цуценят. Тип задачі: взаємодія неалельних генів, домінантний тип епістазу.

Полімерія – явище взаємодії неалельних генів, які визначають розвиток однієї і тієї самої ознаки. Такі гени називають полімерними або множинними, а відповідні ознаки – полігенними (звичайно це кількісні або якісні ознаки).

Оскільки полімерні гени однозначно впливають на одну і ту саму ознаку, було прийнято позначати їх однаковою літерою латинського алфавіту з цифровим індексом відповідних генів. Наприклад, домінантні полімерні гени можна позначити $A_1A_2A_3$ і т. ін., а рецесивні – $a_1a_2a_3$ і т.ін. Відповідно позначають і генотипи організмів, наприклад: $A_1A_1a_2a_2A_3A_3$ або $a_1a_1A_2a_2A_3a_3$ і т.ін.

Розрізняють кумулятивну і некумулятивну полімерію.

Важливою особливістю кумулятивної полімерії є сумація дії (доз) неалельних генів на розвиток мірних (кількісних) ознак, іншими словами, у випадку взаємодії полімерних генів ступінь вираження ознаки, яка визначається ними, залежить від кількості наявних у генотипі генів, що мають однаковий вплив на цю ознаку.

Полігенні ознаки тварин і рослин є цінними для господарської діяльності людини: інтенсивність росту, довжина вовни у овець, молочність, несучість, скоростиглість, цукристість, довжина колоса у злаків, вміст вітамінів, довжина стебла льону, розмір бульб картоплі і качанів у кукурудзи тощо. У людини полігенними ознаками є : пігментація шкіри (детермінується п'ятьма-шістьма генами), зріст (залежить як мінімум від десяти генів), маса тіла, величина артеріального тиску, тривалість життя, основний обмін речовин, ступінь стійкості до інфекційних захворювань тощо.

Розщеплення при полімерній взаємодії неалельних генів варіює залежно від їх кількості. При схрещуванні, наприклад, дигібридів це 15:1, 9:6:1; у тригібридів 63:1 і т. ін.

Приклад 5. Класичним прикладом полімерної взаємодії неалельних генів є дослід шведського генетика Г.Нільсона-Еле щодо схрещування різних рас пшениці, які відрізнялися забарвленням насіння. Установлено, що забарвлення насіння

залежить від двох полімерних генів. Домінантні дигомозиготи $A_1A_1A_2A_2$ мають червоне насіння, а рецесивні дигомозиготи $a_1a_1a_2a_2$ мають біле насіння. Від їх схрещування F_1 має проміжний тип забарвлення насіння (рожеве). Яка ймовірність появи рослин з білим забарвленням насіння від схрещування дигібридних рослин?

Дано:

Розв'язок

A_1, A_2 – гени, які кодують забарвлення

a_1, a_2 – гени, які не кодують забарвлення

P: ♀, ♂ $A_1a_1A_2a_2$

P: ♀ $A_1a_1A_2a_2$ × ♂ $A_1a_1A_2a_2$

Гамети: (A_1A_2) (A_1A_2)

(A_1a_2) (A_1a_2)

(a_1A_2) (a_1A_2)

(a_1a_2) (a_1a_2)

F–?

F:

♂ \ ♀	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$	$A_1A_1A_2a_2$	$A_1a_1A_2A_2$	$A_1a_1A_2a_2$
A_1a_2	$A_1A_1A_2a_2$	$A_1A_1a_2a_2$	$A_1a_1A_2a_2$	$A_1a_1a_2a_2$
a_1A_2	$A_1a_1A_2A_2$	$A_1a_1A_2a_2$	$a_1a_1A_2A_2$	$a_1a_1A_2a_2$
a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$	$A_1a_1a_2a_2$	$a_1a_1A_2a_2$	<u>$a_1a_1a_2a_2$</u> білі

Аналіз одержаного потомства:

фенотип 15:1, тобто 15/16 рослин із забарвленим насінням і 1/16 рослин з білим насінням. Проте інтенсивність забарвлення у 15/16 рослин залежала від кількості домінантних генів: 1/16 рослин мала всі чотири домінантні гени, тому забарвлення насіння найінтенсивніше (червоне); 4/16 рослин мали три домінантні гени, тому забарвлення насіння менш інтенсивне (блідо-червоне); 6/16 рослин мали два домінантні гени, тому забарвлення насіння має проміжний характер (рожеве); 4/16 рослин мали один домінантний ген, тому насіння ледь забарвлене (блідо-рожеве). Іншими словами, якщо брати до уваги інтенсивність забарвлення насіння, то розщеплення за фенотипом в цілому буде таким – 1:4:6:4:1. Генотип – 9 різних генотипних класів

Відповідь. Ймовірність появи рослин з білим насінням складає 1/16 (приблизно 6,3%). Тип задачі: взаємодія неалельних генів, явище полімерії (кумулятивна полімерія).

У разі некумулятивної полімерії гени з однозначною дією визначають якісні, тобто альтернативні ознаки, і ступінь вираженості ознаки не залежить від кількості

домінантних чи рецесивних генів. Так, опереність ніг у певних порід курей є домінантною ознакою і визначається двома парами алелів. Оперені ноги будуть у курей з генотипом $A_1A_1A_2A_2$, A_1-A_2- , $A_1-a_2a_2$, $a_1a_1A_2-$, а неоперені ноги – у курей з генотипом $a_1a_1a_2a_2$. Отже, наявність у генотипі різної кількості домінантних полімерних генів (генів однозначної дії) не змінює ступеня вираженості ознаки. Досить одного будь-якого домінантного алеля з двох генів (A_1 чи A_2), щоб викликати повний розвиток ознаки.

Задачі для самостійного розв'язання

1) У певних сортів томатів червоне забарвлення плодів спостерігається за наявності в генотипі двох домінантних незчеплених генів (R і C). Ген R визначає оранжеве забарвлення плодів, ген C – жовте забарвлення плодів. Рецесивна дигомозигота має проміжне (жовто-оранжеве) забарвлення плодів. Визначити фенотип потомства, одержаного від схрещування дигібридних рослин між собою.

2) У мушки дрозофіли можливі чотири варіанти кольору очей, що обумовлено взаємодією двох пар незчеплених генів. Ген A визначає коричневий колір очей, ген B визначає яскраво-червоний колір очей. При спільному перебуванні в одному генотипі генів A і B у мушок спостерігається червоний колір очей. Сукупність лише рецесивних алелів цих генів визначає білоокість мушок. Від схрещування червонооких самок з такими ж самцями в потомстві одержали 729 мушок з червоними очима, 240 мушок з яскраво-червоними очима, 245 мушок з коричневими очима і 80 мушок з білими очима. Встановити генотипи батьківських форм. Відповідь підтвердити відповідною схемою схрещування.

3) У певних порід свиней спостерігається різне забарвлення щетини: пісочне, червоне і біле. Пісочне забарвлення щетини є рецесивною ознакою по відношенню до червоного забарвлення щетини. Від схрещування свиней, у яких пісочна щетина, з такими ж кнурами з'явилися гібриди з червоною щетиною ($AaBb$). У потомстві від цих гібридів нараховано 216 поросят з червоною щетиною, 144 поросяти з пісочною щетиною і 24 поросят з білою щетиною. Записати схему схрещування, встановити генотипи вихідних батьківських форм і гібридів другого покоління відповідно до вказаних фенотипів. Зазначені гени незчеплені.

4) У запашного горошку червоний колір віночка квітки визначається

наявністю в одному генотипі двох доміантних незчеплених генів (B і D), при відсутності будь-якого із них – віночки білі. Від схрещування рослин з білими віночками, генотип яких BBdd і vvDD, усе потомство мало червоні віночки. Яка ймовірність появи в потомстві від цих гібридів рослин з білими віночками?

5) У запашного горошку червоний колір віночка квітки визначається наявністю в одному генотипі двох незчеплених доміантних генів (B і D), при відсутності будь-якого із них – віночки білі. Яке потомство слід очікувати від схрещування дигетерозиготних рослин з червоними віночками з рослинами, що мають такий генотип: а) Bvdd; б) BBDD; в) vvdd?

6) У собак кокер-спаніель ген А визначає руду масть, ген В – коричневу. Спільна дія цих незчеплених генів (А і В) обумовлює чорну масть. Дигомозиготи за рецесивними алелями мають світло-жовту масть. Від схрещування чорних дигетерозиготних самок з такими ж псами одержали 64 цуценят. Визначити (теоретично) кількісне співвідношення цуценят за мастю.

7) У кролів доміантний ген А визначає пігментацію шерсті, його рецесивний алель (а) – альбінізм. Алелі В і в визначають розподіл пігменту вздовж волосини: В – нерівномірний (зонарний) розподіл пігмента, внаслідок чого кожна шерстинка посередині має жовте кільце, а в основі і на кінці – чорний пігмент; в – рівномірний розподіл пігменту вздовж волосини (пігментація однорідна чорна). Дигетерозиготи мають забарвлення агуті (рудувато-сіре, характерне для диких тварин). а) Указати фенотип кролів, які мають такі генотипи: aaVv, AAVV, aavv, AaVV, AAvv. б) Визначити фенотип потомства, одержаного від схрещування дигібридних кролів з такими ж кролицями.

8) У деяких видів папуг забарвлення пір'я визначається двома парами неалельних генів. Сполучення двох доміантних генів (А і D) визначає зелене забарвлення, наявність одного з доміантних генів – жовте (А) або блакитне (D) забарвлення. Птахи з генотипом aadd мають біле пір'я. При схрещуванні гетерозиготних жовтих папуг з гетерозиготними блакитними папугами одержано 36 папужок. Скільки серед них (теоретично) зелених папужок?

9) У людини одна із форм спадкової глухоти визначається двома рецесивними алелями різних генів р і d. Нормальний слух визначається наявністю двох

домінантних алелів Р і D. Ген Р визначає розвиток завитки, а ген D – розвиток слухового нерва. У сім'ї глухих батьків є троє дітей з нормальним слухом. Встановити генотипи батьків.

10) У людини одна із форм спадкової глухоти визначається двома рецесивними алелями різних генів р і d. Нормальний слух визначається наявністю двох доміантних алелів Р і D. Ген Р визначає розвиток завитки, а ген D – розвиток слухового нерва. Чоловік з нормальним слухом одружився з глухою жінкою. Аналіз родоводу жінки дозволив установити її генотип – ppDd. У їхній сім'ї двоє дітей: одна дитина глуха, а друга має нормальний слух. Жінка знову чекає на дитину. Яка ймовірність, що дитина матиме нормальний слух?

11) У людини існує кілька форм спадкової короткозорості. Помірна форма (від -2,0 до -4,0 діоптрій) і висока форма (більше -5,0 діоптрій) короткозорості успадковується як аутосомні доміантні незчеплені між собою ознаки (А.А.Малиновський, 1970). У людей, які мають гени обох форм короткозорості, проявляється тільки одна - висока форма. А) До шлюбу вступили дигетерозиготні чоловік і жінка з високою формою короткозорості. Яка ймовірність народження у цьому шлюбі дитини з нормальним зором або хоч із помірною формою короткозорості? Б) У одного подружжя є двоє дітей з високою формою короткозорості. Яка ймовірність, що і третя їхня дитина теж матиме таку ваду, якщо у жінки нормальний зір, а у чоловіка висока форма короткозорості? Аналіз родоводу чоловіка свідчить, що його батько був доміантною дигомозиготою, а мати мала нормальний зір.

12) Інтерферон є гуморальним фактором неспецифічного захисту і становить собою білок із противірусною, протипухлинною та імунно-модулюючою дією. Його синтез у клітинах організму людини визначається комплементарною взаємодією двох доміантних аутосомних генів А і В. Ген А локалізований у другій хромосомі, а ген В – у п'ятій. При відсутності в генотипі одного із них спостерігається пригнічення синтезу інтерферону, а) У жінки пригнічений синтез інтерферону зумовлений рецесивним станом гена другої хромосоми, а у чоловіка – рецесивним станом гена п'ятої хромосоми. Яка ймовірність народження в цій сім'ї здорових у цьому відношенні дітей? Установлено, що подружжя по одній парі алелів є гетерозиготами. б) До шлюбу вступають здорові (відносно синтезу інтерферону) чоловік і жінка, які є дигетерозиготами. Визначити

можливі фенотипи їхніх дітей.

РОЗДІЛ ІХ

ЗАДАЧІ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ

1. У цьому розділі підібрані генетичні задачі, для пов'язання яких необхідні знання з тих розділів генетики, де розглядалися основні закономірності різних варіантів успадкування ознак. Задачі такого типу більш складні, і їх вирішення слід починати тільки після того, коли вже набуті досить міцні навички розв'язання задач із попередніх розділів. Розв'язання задач комбінованого типу можна рекомендувати для закріплення всього вивченого матеріалу з генетики, а також для контролю засвоєння відповідного матеріалу.

2. У великої рогатої худоби чорний колір шерсті і комолість (безрогість) – домінантні ознаки (А і В), червоний колір шерсті і рогатість – рецесивні ознаки (а і в). У дослідному господарстві від схрещування чорних комолих корів з такими ж бугаями одержано 728 телят. Скільки серед них мають червоний колір шерсті і є комолими, якщо батьківські форми за парою ознак – гетерозиготи, а за другою – гомозиготи. Гени ознак не зчеплені і локалізовані в аутосомах.

3. Проведено схрещування жовтоплідних дископодібних гарбузів, які є гетерозиготами за другою парою ознак. Визначити фенотипи гібридів і кількісне їх співвідношення. Біле забарвлення плодів і дископодібна форма – домінантні ознаки, жовте забарвлення плодів і куляста форма – рецесивні ознаки. Гени ознак не зчеплені і локалізовані в аутосомах.

4. Від чорних морських свинок з гладенькою шерстю одержано потомство, серед якого 107 чорних з гладенькою шерстю і 36 білих теж з гладенькою шерстю особин. Установити генотипи батьківських форм, якщо біла гладенька шерсть – рецесивні ознаки, а чорна кошлата шерсть – домінантні ознаки. Гени цих ознак не зчеплені і локалізовані в аутосомах.

5. У людини нормальна пігментація шкіри і нормальний слух успадковуються як незчеплені аутосомні домінантні гени. Альбінізм і спадкова глухота – рецесивні ознаки. Яка ймовірність появи глухих дітей- альбіносів у сім'ї глухих батьків з нормальною пігментацією? З родоводу сім'ї стало відомим, що чоловік і жінка – двоюрідні брат і сестра і

є носіями гену альбінізму.

6. До шлюбу вступили чоловік і жінка з прирослою мочкою вуха, які мали темне волосся і були гетерозиготними за цією ознакою. Яка ймовірність, що діти від цього шлюбу успадкують фенотипні ознаки батьків? Вільна мочка вуха і темне волосся детермінуються незчепленими аутосомними домінантними генами, а приросла мочка вуха і світле волосся – рецесивними їх алелями.

7. Злиття нижніх молочних зубів і переважне володіння лівою рукою (лівша) успадковуються у людини як рецесивні аутосомні незчеплені ознаки. Нормальне розміщення нижніх молочних зубів і переважне володіння правою рукою (правша) – домінантні ознаки. В сім'ї лівшів з нормальним розміщенням нижніх зубів (тепер і в дитинстві) народилась дитина, яка згодом мала злиті нижні молочні зуби і була лівшею. Пояснити появу дитини з указаними фенотипними ознаками.

8. У овець сіра вовна і довгі вуха є домінантними аутосомними незчепленими ознаками (A і B), а чорна вовна і безвухість – рецесивні ознаки (a і b). Гетерозиготи за другою парою ознак мають короткі вуха. В дослідному господарстві проведено схрещування сірих гетерозиготних овець з короткими вухами з чорними коротковухими баранами, а) Яка ймовірність, що ягнята будуть сірими довговухими? б) Яка ймовірність, що ягнята і за генотипом, і за фенотипом будуть подібні до овець? в) Яка ймовірність, що ягнята успадкують ознаки баранів? г) Яка ймовірність появи сірих і чорних ягнят без урахування розмірів вух? д) Визначити співвідношення ягнят за розміром вух без урахування кольору вовни.

9. У овець сіра вовна і довгі вуха є домінантними аутосомними незчепленими ознаками (A і B), а чорна вовна і безвухість – рецесивні ознаки (a і b). Гетерозиготи за другою парою ознак мають короткі вуха. На фермі від схрещування дигетерозиготних овець і баранів одержано 368 ягнят, а) Установити (теоретично) кількісний і якісний склад потомства. б) Скільки ягнят успадкували фенотипні ознаки батьківських форм?

10. У овець сіра вовна і довгі вуха є домінантними аутосомними незчепленими ознаками (A і B), а чорна вовна і безвухість – рецесивні ознаки (a і b). Гетерозиготи за другою парою ознак мають короткі вуха. Гомозиготних сірих коротковухих овець схрещували з чорними коротковухими баранами, а) Яка ймовірність, що всі ягнята успадкують фенотипні ознаки овець? б) Яка ймовірність появи ягнят з фенотипними

ознаками баранів?

11. Чорне оперення і трояндоподібний гребінь у певних порід курей є домінантними аутосомними незчепленими ознаками (С і Д), а біле оперення і простий гребінь – рецесивні ознаки (с і д). Гетерозиготи за першою парою (Сс) ознак мають блакитне оперення. На птахофермі проведено схрещування гетерозиготних курей, які мали блакитне оперення і трояндоподібний гребінь, з блакитними півнями, у яких простий гребінь. Яка ймовірність одержання курчат з фенотипними ознаками: а) курей; б) півнів.

12. Чорне оперення і трояндоподібний гребінь у певних порід курей є домінантними аутосомними незчепленими ознаками (С і Д), а біле оперення і простий гребінь – рецесивні ознаки (с і д). Гетерозиготи за першою парою ознак (Сс) мають блакитне оперення. В дослідному господарстві від схрещування блакитних курей, у яких трояндоподібний гребінь, з блакитними півнями, які теж мають трояндоподібний гребінь, одержано 1024 курчат. Серед одержаного потомства 190 чорних курчат з трояндоподібним гребенем, 386 блакитних курчат з трояндоподібним гребенем, 64 чорних курчат з простим гребенем, 129 блакитних курчат з простим гребенем, 191 білих курчат з трояндоподібним гребенем і 64 білих курчат з простим гребенем. Установити генотипи батьківських форм.

13. Чорне оперення і трояндоподібний гребінь у певних порід курей є домінантними аутосомними незчепленими ознаками (С і Д), а біле оперення і простий гребінь – рецесивні ознаки (с і д). Гетерозиготи за першою парою ознак (Сс) мають блакитне оперення. Від схрещування гетерозиготних білих курок з трояндоподібним гребенем і дигетерозиготних півнів одержали 648 курчат. Яка кількість курчат (теоретично) успадкувала фенотипні ознаки півнів?

14. Ротики садові з широким листям (АА) при схрещуванні між собою завжди дають потомство лише з широким листям, а рослини з вузьким листям (аа) – потомство лише з вузьким листям. Унаслідок схрещування рослин з широким і вузьким листям з'являються гібриди (Аа) з листям проміжної ширини. Забарвленість віночка у ротиків садових визначається домінантним незчепленим геном (повне домінування), а його рецесивний алель визначає наявність білого віночка. Визначити фенотип потомства, одержаного від схрещування дигетерозиготних

рослин з рослинами, у яких широке листя і білі віночки.

15. У суниці червоне забарвлення ягід і нормальна форма чашечки визначаються неповністю доміантними аутосомними незчепленими генами. Їхні рецесивні алелі визначають біле забарвлення ягід і листоподібну форму чашечки. Гетерозиготи за кожною парою ознак мають відповідно рожеві ягоди і чашечку проміжної форми. а) У садівничому господарстві провели схрещування суниць, які мали рожеві ягоди і чашечки проміжної форми. З якими фенотипними ознаками одержали потомство від цього схрещування? б) Від схрещування суниць з червоними ягодами і нормальною формою чашечки і суниць, у яких рожеві ягоди і чашечки проміжної форми, одержано 1112 кущів. Скільки серед них мало рожеві ягоди без урахування форми чашечки і з урахуванням форми чашечки? в) Від схрещування суниць з білими ягодами і проміжною формою чашечки і суниць, у яких червоні ягоди і проміжна форма чашечки, одержано 12300 кущів. Скільки серед них мали рожеві ягоди і чашечку нормальної форми?

16. У людини кучерявість волосся і темна емаль зубів визначається доміантними аутосомними незчепленими генами. Рецесивні їхні алелі детермінують пряме волосся і нормальний колір емалі. Відомо, що гетерозиготи за першою парою ознак мають хвилясте волосся. а) У сім'ї, де жінка має хвилясте волосся і нормальний колір емалі зубів, а чоловік – хвилясте волосся і темну емаль зубів, є дві дитини з фенотипними ознаками батька. Яка ймовірність народження в цій сім'ї дитини з генотипними ознаками матері? Відомо що батько чоловіка мав нормальний колір емалі зубів, б) Жінка з прямим волоссям і темною емаллю зубів узяла шлюб з чоловіком, у якого хвилясте волосся і нормальний колір емалі. Якими можуть бути їхні діти щодо цих ознак, якщо родовід жінки невідомий? в) До шлюбу вступили гетерозиготні з темною емаллю зубів кучерява жінка і чоловік із хвилястим волоссям. Яка ймовірність народження дітей генотипно і фенотипно подібних до матері?

17. Відсутність очних яблук і альбінізм у людини є рецесивними ознаками, нормальна величина очного яблука і нормальна пігментація шкіри відповідно доміантні ознаки. Гени цих ознак незчеплені, локалізовані в аутосомах, однак відомо, що гетерозиготи за першою парою ознак мають зменшену величину очного яблука, а) Жінка із зменшеними очними яблуками, гетерозиготна за геном

пігментації, узяла шлюб з чоловіком, у якого нормальні очні яблука і нормальна пігментація. Мати чоловіка була альбіносом. Яка ймовірність появи в цій сім'ї дитини з обома вказаними аномаліями? б) У сім'ї, де батько і мати мали зменшені очні яблука і нормальну пігментацію, народилась дитина-альбінос без очних яблук. Пояснити причину народження дитини з такими аномаліями. в) Чоловік із зменшеними очними яблуками і нормальною пігментацією, батько якого був альбіносом і не мав очних яблук, одружився з жінкою, у якої нормальні очні яблука і нормальна пігментація. У родоводі жінки вказані аномалії не зареєстровані. Подружжя стурбоване щодо успадкування вказаних аномалій їхніми майбутніми дітьми. Чи є для цього підстави?

18. У людини короткопалість і наявність ферменту каталази успадковуються як домінуючі аутосомні незчеплені ознаки. Нормальна довжина пальців і відсутність каталази – рецесивні ознаки. Гетерозиготи за другою парою ознак мають знижену активність каталази. Короткопалий гетерозиготний чоловік із зниженою активністю каталази одружений із жінкою, яка має нормальну довжину пальців і теж знижену активність каталази. В цій сім'ї є вже два хлопчики, у яких відсутня каталаза і один короткопалий, а у другого пальці нормальної довжини. У сім'ї ждуть поповнення. Чи є надія, що їхня третя дитина буде без аномалій?

19. У шлюбі перебувають чоловік і жінка, у яких хвилясте волосся і знижена активність ферменту каталази: а) яка ймовірність, що їхні діти успадкують хвилясте волосся, проте матимуть нормальну активність каталази? б) яка ймовірність, що у їхніх дітей буде відсутня активність каталази (незалежно від форми волосся)? Відомо, що кучеряве волосся і нормальна активність каталази детермінуються неповністю домінуючими аутосомними незчепленими генами.

20. У генетичній лабораторії провели схрещування гетерозиготних самок дрозофіли з нормальними крилами і вкороченим тілом (рецесивна Х-зчеплена ознака) з самцями, у яких недорозвинені крила (рецесивна аутосомна ознака) і нормальне тіло. Одержали в потомстві 736 мушок. Скільки серед них самців з нормальними крилами і вкороченим тілом?

21. Від схрещування дигібридних самок дрозофіли, які мали червоні очі і сіре тіло, і червонооких гібридних самців одержали 1088 мушок. Скільки в потомстві

налічується мушок (із урахуванням статі), фенотипно подібних до батьківських форм? Червоні очі – доміантна Х-зчеплена ознака, сіре тіло – доміантна аутосомна ознака, білі очі і чорне тіло – рецесивні ознаки. Визначення від загальної кількості потомства.

22. Від схрещування дигібридних самок дрозофіли, які мали червоні очі і сіре тіло, і червонооких гібридних самців одержали 1088 мушок. Скільки в потомстві налічується білооких самців із чорним тілом? Червоні очі – доміантна Х-зчеплена ознака, сіре тіло – доміантна аутосомна ознака, білі очі і чорне тіло – рецесивні ознаки. Визначення від загальної кількості потомства.

23. Які генотипи батьківських форм і як успадковуються ознаки форми крил і довжини тіла у мушок дрозофіли, якщо від схрещування самок з нормальними крилами і нормальним тілом і самців з нормальними крилами і вкороченим тілом отримано таке потомство: по $3/16$ самців і самок з нормальними крилами і нормальним тілом, по $3/16$ самців і самок з нормальними крилами і вкороченим тілом, по $1/16$ самців і самок із загнутими крилами і нормальним тілом і по $1/16$ самців і самок із загнутими крилами і вкороченим тілом.

24. На птахофермі провели схрещування смугастих курей (зчеплена з Z-хромосою доміантна ознака) з голими ногами (рецесивна аутосомна ознака) з дигібридними смугастими півнями, які теж мали оперені ноги. Біле оперення – Z-зчеплена рецесивна ознака. Від схрещування отримано 720 курчат. Скільки серед них смугастих і білих курочок з опереними ногами? Визначення від загальної кількості потомства.

25. Установити генотипи батьківських форм, якщо внаслідок схрещування білих курок (Z-зчеплена рецесивна ознака) з трояндоподібним гребенем (доміантна аутосомна ознака) зі смугастими півнями (Z-зчеплена доміантна ознака), у яких теж трояндоподібний гребінь, у потомстві виявлено білих півнів із простим гребенем.

26. Яке слід очікувати потомство від схрещування золотистих курок (Z-зчеплена доміантна ознака) з голими ногами (аутосомна рецесивна ознака) і сріблястих півнів (Z-зчеплена рецесивна ознака), у яких оперені ноги (аутосомна доміантна ознака) і які є гетерозиготними за цією ознакою?