

Кафедра загальної біології та екології

014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 091 Біологія)

20_____/20_____/навчальний рік



УДК 378.016:[575+575.827](076)

Т 59

*Друкується згідно з рішенням вченої ради
Сумського державного педагогічного університету
імені А. С. Макаренка
(протокол № 11 від 26 квітня 2021 р.)*

Рецензенти:

Іншина Н. М. – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біофізики, біохімії, фармакології та біомолекулярної інженерії Сумського державного університету

Кандиба Н. М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри селекції та насінництва Сумського національного аграрного університету

Торяник В. М.

Т 59 Робочий зошит з «Генетики з основами селекції» (для студентів спеціальностей 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 091 Біологія) – Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2021. – 77 с.

Робочий зошит укладено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Генетика з основами селекції» з метою допомоги студентам природничо-географічного факультету СумДПУ імені А. С. Макаренка спеціальностей 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 091 Біологія у підготовці до лабораторних занять.

УДК 378.016:[575+575.827](076)

©Торяник В. М., 2021

© ФОП Цьома С.П., 2021

© СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2021

ЗМІСТ

Передмова	4
Заняття 1. Методи та об'єкти генетичних досліджень.....	5
Заняття 2. Цитологічні основи безстатевого і статевого розмноження	10
Заняття 3. Закони Г. Менделя. Успадкування при моногібридному схрещуванні.....	15
Заняття 4. Закони Г. Менделя. Успадкування при ди- і полігібридному схрещуванні.....	21
Заняття 5. Взаємодія неалельних генів.....	26
Заняття 6. Генетичні механізми визначення статі. Ознаки і стать	29
Заняття 7. Зчеплення генів. Кросинговер	32
Заняття 8. Мінливість: спадкова і не спадкова	35
Заняття 9. Закономірності успадкування генів та їх алелів у популяціях	39
Заняття 10. Методи антропогенетики. Близнюковий та дерматогліфічний методи	42
Заняття 11. Методи антропогенетики. Генеалогічний та цитогенетичний методи	47
Заняття 12. Добір. Форми і методи добору в селекції	54
Заняття 13. Системи схрещувань організмів. Коефіцієнт гомозиготності	66
Список рекомендованої літератури.....	75

ПЕРЕДМОВА

Робочий зошит укладено на основі досвіду викладання лабораторних занять навчального курсу «Генетика з основами селекції» на природничо-географічному факультеті Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка відповідно до освітньо-професійних програм першого рівня вищої освіти спеціальностей 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини) та 091 Біологія.

Метою укладання «Робочого зошита» є прагнення викладача допомогти студентам:

- опанувати теоретичну частину навчальної дисципліни щодо закономірностей та механізмів спадковості та мінливості на молекулярному, клітинному, організмовому, популяційно-видовому рівнях організації; а також, щодо сучасних методів селекції рослин, тварин, мікроорганізмів;
- ознайомити студентів із сучасними методами генетичного аналізу, навчити застосовувати деякі з них на практиці; сприяти формуванню логіки планування генетичного експерименту та навичок коректної інтерпретації результатів генетичного аналізу; навчити розв'язувати генетичні задачі.

Схема заняття:

- ✓ тема;
- ✓ підготовка до заняття: терміни, що потрібно вивчити, питання для обговорення, рекомендована література;
- ✓ аудиторна робота: тестовий контроль знань з теми (на кожному занятті); лабораторна робота, на початку якої міститься короткий теоретичний вступ, який допомагає зрозуміти її зміст або практична робота; правила розв'язання задач; приклади задач для розв'язання на занятті.
- ✓ домашнє завдання: задачі для самостійного розв'язання; практичні завдання.

Нумерація лабораторних та практичних робіт, рисунків, таблиць, задач є наскрізною.

Тема: Методи та об'єкти генетичних досліджень.

Підготовка до заняття

1. Вивчіть терміни: ген, генетика, генотип, гібрид, гібридологічний аналіз, гібридологічний метод, імуногенетичний метод, методи антропогенетики, мінливість, молекулярно-біологічні методи, модель, мутація, мутація соматична, об'єкт дослідження, ознака, ознаки альтернативні, онтогенетичний метод, популяційно-статистичний метод, самець, самка, спадковий фактор, спадковість, схрещування, фен, фенотип, успадкування, цитогенетичний метод.

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Предмет та методи генетики.
- 2.2. Застосування теорії ймовірності для розв'язання генетичних задач.
- 2.3. Основні об'єкти генетичних досліджень.
- 2.4. Вимоги, які висуваються до модельних генетичних об'єктів.

Література:

1. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
2. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К.: Вища шк., 1973. С. 67-75.
3. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С.14-17.
4. Храпунов С. М., Безруков В. Ф., Голда Д. М. та ін. Загальна і молекулярна генетика: Практикум. К. : Вища шк., 1995. С. 18-27.

Аудиторна робота

1. **Лабораторна робота 1.** *Drosophila melanogaster* як об'єкт генетичних досліджень.

Систематичне положення *Drosophila melanogaster*:

тип *Arthropoda*
підтип *Tracheata*
клас *Insecta*
ряд *Diptera*
рід *Drosophila*
родина *Drosophilidae*
вид *Drosophila melanogaster*

Drosophila melanogaster (оцтова мушка) є класичним модельним об'єктом генетики. Вона легко розмножується в лабораторних умовах, має короткий цикл розвитку, високу плодючість та чіткі морфологічні ознаки, за якими зручно вести генетичний аналіз. Завдяки наявності великої кількості ліній мух дикого типу та мутантних ліній, і невеликого числа хромосом ($2n=8$) вона визнана зручним об'єктом при проведенні досліджень в лабораторних умовах. Життєвий цикл дрозофіли проходить з повним перетворенням (яйце, три личинкові стадії, лялечка, імаго) (рис. 1).

Зазначимо, що життєздатна сперма може зберігатися в статевих шляхах самки протягом декількох діб після спарювання. Тому кожна запліднена самка будь-якої миті може мати в сім'яприймачі деяку кількість сперми від попередньої копуляції. Звідси виникає необхідність брати для схрещування незайманих (віргінних) самок не доросліших 5-7 год. після вилуплення.

Доросла особина відкладає яйця продовгуватої форми, близько 0,5 мм у довжину (їх легко помітити відкладеними на поживному середовищі поряд зі стінками склянки). Запліднення яєць відбувається в момент проходження їх через верхній відділ вагіни. При оптимальній температурі (23-25°C) стадія яйця триває приблизно однієї доби. Із яєць

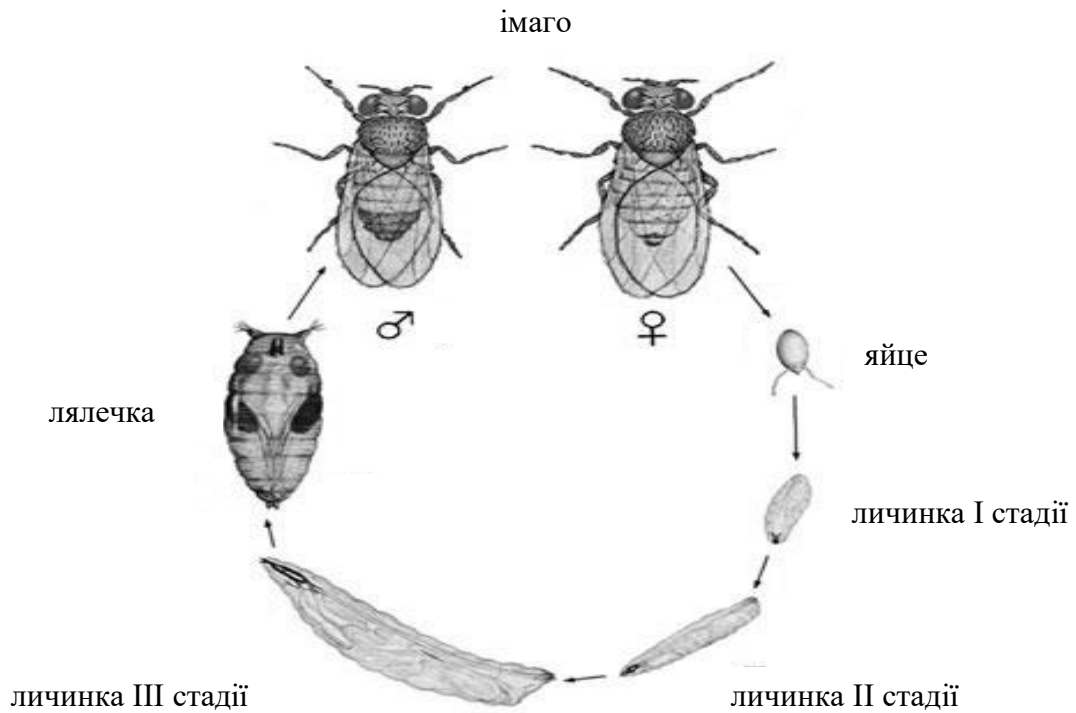


Рис. 1. Життєвий цикл *Drosophila melanogaster*

виходять личинки I стадії, які деякий час знаходяться на поверхні поживного середовища, і потім вони заглиблюються в нього. Личинки I та II стадії знаходяться у верхньому шарі поживного середовища і активно харчуються, личинки III стадії мають найбільші розміри і виходять з поживного середовища на стінки склянки. Проходження дрозозфілою личинкових стадій триває 5 діб. Після виходу на стінки пробірки личинки перестають рухатися, період з моменту знерухомлення личинки III стадії до моменту потемніння її покривів називається стадією передлялечки. Лялечки дрозозфіли мають вигляд коричневих коконів, які прикріплені нерухомо до стінок склянки (стадія лялечки триває 5 діб). На стадії лялечки органи личинки (крім статевої та нервової систем) проходять зворотний розвиток і замінюються іншими, які розвиваються з певних зачатків ембріональних тканин, що називаються імагінальними дисками. Таким чином, виліт нового покоління мух відбувається через 10-12 діб після відкладення яєць мухами на свіжому середовищі.

Дрозозфіла має виражений статевий диморфізм. В лабораторних та польових умовах легко відрізнити самку від самця за наступними ознаками: самки, переважно, дещо більші від самців; кінець черевця у них загострений, тоді як у самця форма черевця заокруглена; останні сегменти черевця у самок пігментовані значно слабше, ніж у самця (рис. 2).

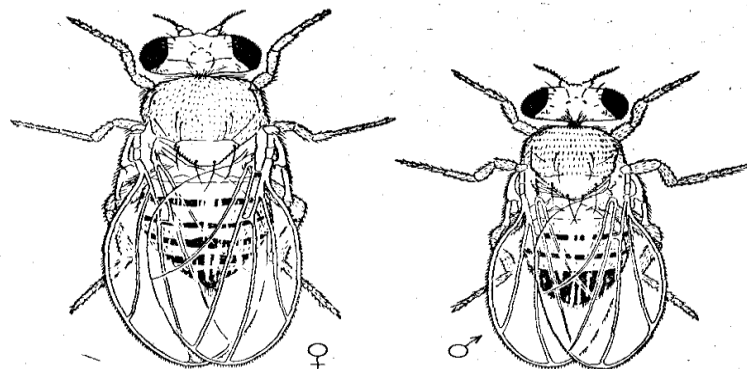


Рис. 2. Статевий диморфізм у дрозозфіли

Особини дикого типу (особини, які мають набір фенотипових характеристик, що притаманний значній кількості особин у природі) мають розміри близько 3 мм, коричнево-червоні очі, сіре тіло та відповідну довжину та форму крила.

Мета роботи: ознайомитися з життєвим циклом *D. melanogaster*, правилами культивування мух в лабораторних умовах, статевим диморфізмом імаго, фенотиповими характеристиками ліній дикого типу та мутантів.

Матеріали та обладнання: пробірки з різними лініями дрозофіл, ефіризатор, біокулярні мікроскопи або лупи, фільтрувальний папір, пташине пір'я.

Завдання 1. Розглянути основні стадії розвитку дрозофіли в пробірках з культурою. Знайти яйця дрозофіли, личинок на різних стадіях та лялечки.

Завдання 2. Навчитися розрізняти стать дрозофіли.

1. За допомогою ефіризатора (наркотизувати) приморити мух дикого типу.
2. Висипати на фільтрувальний папір наркотизованих мух та за допомогою пір'я розділити їх на самок і самців.
3. За допомогою пір'я пересипати мух назад на стінки пробірки, запобігаючи попаданню особин на середовище. Тримати пробірку з мухами у горизонтальному положенні до тих пір, поки мухи не прокинуться.

Завдання 3. Розглянути фенотипи мух дикого типу та мутантних ліній.

1. За допомогою ефіризатора приморити мух.
2. Висипати на фільтрувальний папір наркотизованих мух та розглянути такі фенотипові ознаки мутантних мух та мух дикого типу як: колір тіла, колір очей, розмір крил та їх форму.
3. Визначити основні фенотипові відмінності мутантних ліній від лінії дикого типу. Результати записати у порівняльну таблицю:

Лінії дрозофіл	Очі		Крила		Тіло		Інші ознаки
	Форма	Колір	Форма	Розміри	Забарвлення	Форма	
Нормальна							
Мутантні							

4. Зробити висновок про можливий вплив описаних мутацій на життєздатність мутантних форм.

II. Елементи теорії ймовірностей.

Випадкова подія – подія, яка може відбутися в даних умовах (тобто при проведенні випробування) як відбутися, так і не відбутися. Наприклад, при підкиданні монети може випасти як орел, так і решка.

Для випадкової події є певна ймовірність її настання. *Ймовірність події* – це числова характеристика можливості появи випадкової події за умов, які можуть повторюватися нескінченну кількість разів (тобто, при нескінченній кількості випробувань). Вона вимірюється як частка подій, які очікуються (цікавлять дослідника) серед усіх можливих подій: $p = m / n$, де m – кількість очікуваних подій, n – кількість усіх можливих подій. Наприклад, якщо нескінченну кількість разів підкидати монету, то рівно половину разів випаде орел, а половину – решка. Тобто, ймовірність випадання орла: $p = 1/2$, решки теж – $1/2$. Очевидно, що ймовірність настання будь-якої з можливих подій дорівнює 1 (ймовірність випадання орла або решки: $p = 1$).

Ймовірність випадкової події може приймати значення від 0 до 1: $0 \leq p \leq 1$. Чисельно ймовірність можна вимірювати й у відсотках: від 0% до 100%.

Після проведення перевірки учені виявили, що частка подій, які трапилися, відрізняється від очікуваної ймовірності, але наближається до неї при більшій кількості випробувань. Якщо підкинути монету 6 разів, може виявитися, що орел випаде 2 рази, а решка – 4 рази, тобто для орла в цьому випадку $p \approx 0,33$. Але якщо монету підкинути 600 разів, ймовірність випадання орла може виявитися, наприклад, 0,497, тобто вже набагато ближчою до очікуваного числа 0,5.

Тепер розглянемо випадок, коли підкидають дві монети. Вони можуть упасти такими комбінаціями: орел-орел, орел-решка, решка-орел, решка-решка. Яка ймовірність випадання двох орлів? Нас цікавить одна подія з чотирьох. Отже, ймовірність кожної з цих подій дорівнює $1/4$ або 0,25, або 25%. Це ж саме число можна отримати, якщо перемножити ймовірності випадання одного й іншого орла: $p = 1/2 \times 1/2 = 1/4$.

Сформулюємо *правило добутку* – ймовірність одночасного настання декількох випадкових подій дорівнює добутку ймовірностей кожної з цих подій: $p = p_1 \times p_2 \times \dots \times p_n$, де n – кількість подій, що відбуваються одночасно.

Припустимо тепер, що ми підкидаємо кубик. Яка ймовірність випадання п'яти очок при підкиданні кубика? Сторін у кубика шість, нас цікавить одна подія з шести, виходить її ймовірність: $p = 1/6$. А яка ймовірність того, що випаде парне число очок? Сторін з парним числом очок у кубика три (2, 4, 6), отже ймовірність випадання кожної з них $3/6$ або $1/2$. Це ж саме число ми б одержали, якби склали ймовірності випадання кожної з цих сторін: $p = 1/6 + 1/6 + 1/6 = 3/6$ або $1/2$.

Сформулюємо *правило додавання* – ймовірність настання будь-якої з очікуваних випадкових подій дорівнює сумі ймовірностей кожної з цих подій: $p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$, де n – кількість подій, що відбуваються одночасно.

Випадкові події вивчає теорія ймовірностей, що є, зокрема, основою математичної статистики.

III. Розв'язність задачі:

1. Яка ймовірність, що при: а) підкиданні кубика випаде непарна кількість очок? б) підкиданні двох кубиків на кожному випаді по шість очок?

2. Яка ймовірність витягти з колоди в 36 карт: а) пікову даму? б) короля? в) «хлопчика»? в) одночасно витягти з двох колод по одному тузу?

3. Розрахуйте ймовірність народження поспіль у батьків двох хлопців та дівчинки.

4. Розрахуйте ймовірність народження у батьків двох хлопців та дівчинки.

Домашнє завдання

5. Ви підкидаєте три гральні кості. Яка ймовірність того, що на першій випаде 5, на другій – 3 і на третій – 1?

6. Ви підкидаєте три гральні кості. Яка ймовірність того, що сума значень, яка випаде на гранях, буде дорівнювати 5?

7. Розрахуйте ймовірність народження у батьків дівчинки, якщо у родині вже є двоє дітей – хлопчик та дівчинка.

Тема: Цитологічні основи безстатевого і статевих розмноження.

Підготовка до заняття

1. Вивчіть терміни: амітоз, аналогічний, анафаза, аутосома, ахроматиновий, бівалент, веретено поділу, вірус, гамета, гаметогенез, гаплоїдний, гетерохроматин, гістони, гомологічний, дезоксирибонуклеопротейд, деспіралізація, диплоїдний, диплонома, диски, диференціювання, діакінез, ендомітоз, епісома, еухроматин, запліднення, зигонема, зигота, ідентифікація, ідіограма, інтерфаза, каріограма, каріокінез, каріоплазма, каріосома, каріотип, каріотипування, кінетохор, клітина, клітинний цикл, колхіцин, кон'югація, конститутивний, лептонема, мейоз, метафаза, метафазна пластинка, мітоз, мітотичний індекс, нуклеоїд, нуклеопротейд, нуклеосома, пахінема, перетяжка хромосоми первинна й вторинна, пілі, поділ редукційний і екваційний, плазмід, плече хромосоми, поліплоїдний, політенія, проміле, профаза, пух, сателіт (супутник), синапсис, синаптонемальний комплекс сперматозоїд, спермій, спіралізація, супутник, теломери, телофаза, трансдукція, трансформація, факультативний, фібрила, хіазма, хроматида, хроматин, хромомер, хромосома, хромосома акроцентрична, метацентрична, субметацентрична й телоцентрична; хромосома мітотична й політенна, хромосома типу «лампової щітки», хромосомний набір, хромосоми гомологічні й негомологічні, хромосоми статеві, центріоль, центромера, центросома, цитокінез, цитостатик, шизогонія, ядерний матрикс, ядерце, ядерцевий організатор, ядро, яйцеклітина.

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Цитологічні структури спадковості про- та еукаріотів.
- 2.2. Докази провідної ролі ядра у спадковості.
- 2.3. Хроматин і хромосоми. Будова, типологія, функції. Каріотип.
- 2.4. Клітинний цикл.
- 2.5. Типи поділу ядра.
- 2.6. Мітоз – основа безстатевого розмноження еукаріот.
- 2.7. Мейоз – основа статевих розмноження еукаріот.
- 2.8. Особливі типи поділу еукаріотичних клітин: амітоз, ендомітоз, шизогонія.
- 2.9. Типи поділу прокаріотичних клітин.
- 2.10. Способи генетичної рекомбінації прокаріот.

Література:

1. Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. С. 92-98.
2. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
3. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К.: Вища шк., 1973. С. 46, 55.
4. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 32-71.
5. Смирнов В. Г. Цитогенетика. М.: Высш. шк., 1991. С. 7-37, 108-126.
6. Храпунов С. М., Безруков В. Ф., Голда Д. М. та ін. Загальна і молекулярна генетика. Практикум. К.: Вища шк., 1995. С. 130, 135.

Аудиторна робота1. Тестовий контроль знань з теми.

II. Лабораторна робота 2. Морфологія гігантських хромосом у слинних залозах личинок дрозофіли та хірономуса.

Мета роботи: розглянути морфологічні особливості політенних хромосом дрозофіли і хірономуса (мотиля).

Матеріали та обладнання: готові препарати політених хромосом дрозофіли і хірономуса, мікроскопи.

Завдання:

1. Розгляньте препарати політених хромосом дрозофіли й хірономуса (каріотип: $2n=8$). Межі інтерфазних клітин не помітні, на світло-фіолетовому фоні добре помітні темні нитки – хромосоми. У дрозофіли політенні хромосоми, які містять кожна близько 1 тис. ниток хроматину, з'єднуються, утворюючи слабо забарвлений хромоцентр (складається з центромер і ядерця). У хірономуса політенні хромосоми набагато товщі (мають 8–32 тис. ниток хроматину), лежать окремо – три довгі і одна коротка (4-а хромосома). На ній видно чергування дисків (хромомерів) та світлих міждискових ділянок. Рисунок дисків є специфічним для кожної хромосоми. В 4-ій хромосомі хірономуса добре видно чотири пуфи різної величини.

2. Напівсхематично на малому збільшенні намалюйте хромосоми мотиля, враховуючи співвідношення їхніх розмірів. Окремо на великому збільшенні намалюйте 4-ту хромосому, позначте положення пувів.

3. Зробіть висновок згідно мети лабораторної роботи.

Лабораторна робота 3. Визначення мітотичної активності меристеми корінців цибулі-батуна (*Allium* sp.).

Для вивчення стадій мітозу найчастіше використовуються тканини, які активно проліферують. Визначення проліферативної активності тканини є важливим для експериментів, спрямованих на дослідження дії цитотоксичних препаратів, аналізу хромосомних порушень, тощо. У випадку, якщо клітини в тканині не діляться, стимуляцію їх поділу викликають штучно, додаючи мітогени – речовини, які, зв'язуючись з рецепторами на поверхні клітин, здатні стимулювати їх до мітозу. Рівень проліферативної

активності тканини визначають, підраховуючи *мітотичний індекс* – відношення кількості клітин на будь-якій стадії мітозу до загальної кількості проаналізованих клітин. Найчастіше мітотичний індекс визначають, аналізуючи не менше 1000 клітин з цитологічного препарату.

У рослин тканиною, яка найбільш придатна для вивчення стадій мітозу, є меристема корінців, з якої достатньо легко зробити чавлені цитологічні препарати. На чавлених препаратах меристематичні клітини мають майже кубічну форму з великим яскраво профарбованим ядром і легко відрізняються від клітин інших типів. На рис. 3 показані меристематичні клітини на різних стадіях клітинного циклу. Ядра клітин на стадії

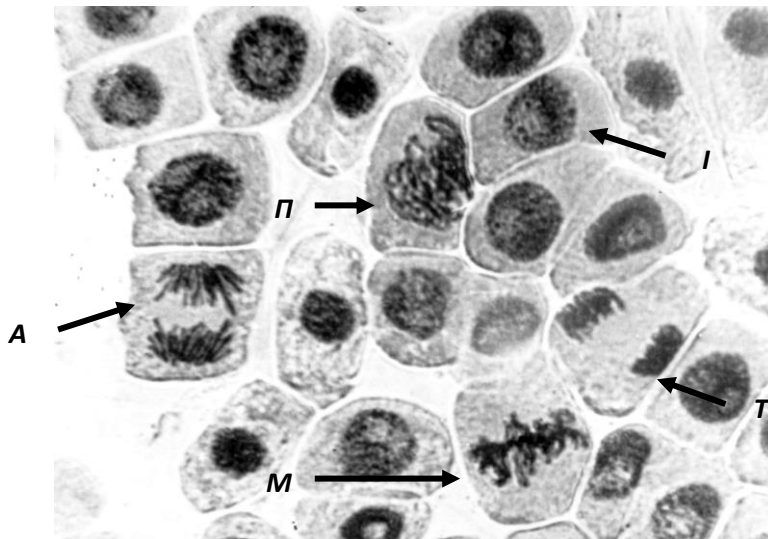


Рис. 3. Мітоз в корінцях цибулі-батуну. Стрілками вказані клітини на стадіях: І – інтерфази, П – профази, М – метафази, А – анафази, Т – телофази

інтерфази округлі, з чіткою границею, майже рівномірно забарвлені та не мають виражених нитчастих хроматинових структур. Під час профази мітозу ядра втрачають правильну округлу форму та на препаратах помітні слабо конденсовані хромосоми. На стадії метафази хромосоми розміщені в цитоплазмі клітин екваторіально, вони сильно сконденсовані. Під час анафази хромосоми починають розходитися до полюсів; на цитологічних препаратах спостерігаються дві анафазні групи, в яких хромосоми направлені своїми теломерними ділянками до екватору. Візуально стадія телофази відрізняється від анафази ущільненням груп хромосом, окремі хромосоми стають менш помітними в результаті їх деконденсації. На пізній телофазі відбувається утворення фрагмопласту – перетяжки між двома дочірніми клітинами.

Мета роботи: навчитися розрізняти клітини на різних стадіях мітозу, визначати мітотичну активність меристеми.

Матеріали та обладнання: готові препарати корінців цибулі *Alium sp.*, мікроскопи.

1. Розглянути препарат під мікроскопом на збільшенні: $\times 10$ або $\times 15$.
2. Перевести мікроскоп на збільшення $\times 40$ та, аналізуючи декілька полів зору, підрахувати кількість клітин, що знаходяться на різних стадіях мітозу та на стадії інтерфази. Результати занести до табл. 1.

Результати підрахунку кількості клітин меристеми корінців *Alium* sp., що знаходяться на різних стадіях мітозу та на стадії інтерфази

[illegible]
$$MI = \frac{(II + M + A + T) \times 1000}{\Sigma} = \dots \%$$
$$P(M, A, T) = \frac{P(M, A, T) \times 100}{P + M + A + T} = \%$$

13

Домашнє завдання

8. У соматичних клітинах кішки міститься $6,6 \times 10^{-9}$ мг ДНК. Яка кількість ДНК буде у сперматозоїдах цієї тварини?

9. В клітинах листя жита міститься 14 хромосом. Скільки хроматид можна побачити на стадії анафази в клітинах ендосперму жита?

10. Соматична клітина кабана містить 40 хромосом. Скільки бівалентів утворюється у самиць у профазі редукційного поділу мейозу?

11. У материнській клітині перед першим поділом мейозу кількість хромосом дорівнює x , кількість хроматид – m , кількість ДНК – d . Якими будуть ці параметри після еквацийного поділу в одній з клітин, що утворилися?

12. Перед мітозом кількість хромосом дорівнює x , кількість хроматид – m , кількість ДНК – d . Якими будуть ці параметри в одній утвореній поділом клітині?

13. У зрілій яйцеклітині якого організму міститься 24 хромосоми та скільки хроматид на стадії метафази в клітинах кишечника, що діляться?

- А) дрогофіла, 16; В) людина, 92; Д) вівця, 52.
Б) лисиця, 38; Г) шимпанзе, 96;

14. Яйцеклітина дрогофіли містить 4 хромосоми. Скільки хроматид можна побачити на стадії метафази в клітинах кишечника дрогофіли?

Тема: **Закони Г. Менделя. Успадкування при моногібридному схрещуванні.****Підготовка до заняття**

1. Вивчіть терміни: алель [алеломорф], алель домінантний і рецесивний, алельний, гамета, гаплоїд, гаплоїдний, ген, генетика, геном, генотип, гени алельні, гетерозигота, гібрид, гомозигота, диплоїд, диплоїдний, домінантний, домінування, експеримент, запліднення, зигота, імовірність, мінливість, покоління, ознака, ознака домінантна й рецесивна, ознака менделююча, ознаки альтернативні, подія випадкова, рецесивний, розмноження безстатеве і статеве, розщеплення, розщеплення за генотипом і фенотипом, спадковість, схрещування, схрещування аналізуюче і моногібридне, успадковування, фен, фенотип, фенотипічний радикал, хромосоми гомологічні і не гомологічні, чиста лінія.

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Особливості гібридологічного методу Г. Менделя.
- 2.2. Моногібридне схрещування. I-й та II-й закони Менделя.
- 2.3. Проміжне успадкування ознак.
- 2.4. Реципрокні та зворотні схрещування. Аналізуюче схрещування.
- 2.5. Взаємодія алелів одного гену (повне домінування, неповне домінування, кодомінування, наддомінування).
- 2.6. Множинний алелізм. Міжалельна комплементация.
- 2.7. Пенетрантність та експресивність ознак.
- 2.8. Явище плейотропії.

Література:

1. Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. С. 92-106.
2. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
3. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К.: Вища шк., 1973. С. 67-86.
4. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 75-84.
5. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 15-21.
6. Храпунов С. М., Безруков В. Ф., Голда Д. М. та ін. Загальна і молекулярна генетика: Практикум. К.: Вища шк., 1995. С. 27-32.

Аудиторна робота

Гібридологічний метод, який базується на проведенні експериментальних схрещувань та аналізі їх результатів, дозволяє встановити закономірності спадкування ознак. При використанні даного методу для запису схем схрещувань необхідно застосовувати загальноживану символіку та дотримуватися відповідних правил:

1. Схрещування позначають знаком $\times$.
2. В схемах схрещувань на перше місце ставлять генотип особини жіночої статі (використовують символ ♀), на друге – чоловічої (використовують символ ♂). Під генотипом у схемах схрещувань розуміють сукупність тільки тих генів, які контролюють лише ті ознаки, що аналізуються.
3. Алелі генів позначають латинськими літерами, домінантний алель гену позначають великою літерою, рецесивний – маленькою.
4. Батьківські особини позначають літерою Р, а нащадків – літерою F. Біля літери F ставлять цифровий індекс, який відповідає порядковому номеру гібридного покоління (F_1 – гібриди першого покоління, F_2 – гібриди другого покоління тощо). Типи гамет позначають літерою G і обводять їх у кружечок.

Формально, гени, що контролюють ознаки, успадкування яких досліджується, можна позначати будь-якими літерами, але при проведенні генетичних досліджень необхідно використовувати символи та назви згідно з правилами генетичної номенклатури (правила можуть змінюватися залежно від генетичного об'єкта):

- ген, здебільшого, отримує назву за фенотиповим проявом мутантного алеля, або за назвою продукту, який цей ген кодує, наприклад:

w - white — білі очі (*D. melanogaster*);
 vg - vestigial - редуковані крила (*D. melanogaster*);
 ct - cut - обрізані крила (*D. melanogaster*);
 $BRCA$ - Breast Cancer (*H. sapiens*);
 CYP - cytochrome P450 (*H. sapiens*).

- Різні гени, які належать до однієї родини, прийнято позначати однаково, за виключенням цифрових або літерних індексів після назви ($CYP1A1$, $CYP1A2$). Подібним чином інколи позначають неспоріднені гени, які впливають на розвиток однієї ознаки ($BRCA1$, $BRCA2$).

- При позначенні рецесивних алелів використовують маленькі літери; домінантні алелі записують або за допомогою всіх великих літер (мікроорганізми та людина), або великою є лише перша літера (більшість вищих організмів).

- У дрозофіли алель дикого типу можна позначати значком «+» (окремо або, як індекс після назви гену), причому, незалежно домінантний він, чи рецесивний. Наприклад, домінантний алель, який контролює редукцію фасеток ока у дрозофіли (смушкоподібні очі) позначається B (від *Bar*). Тоді, символами $+$ або B^+ позначають алель дикого типу, рецесивний по відношенню до мутантного. Аналогічно, $+$ або w^+ можна позначати домінантний алель дикого типу гена *white*.

- Множинні алелі одного гену позначають за допомогою літерних та цифрових надрядкових індексів після назви гену (I^A , I^B та i^0 – алелі гену, який контролює групи крові за системою АВ0), або індекс алеля відокремлюється від назви гену за допомогою знаку “*” ($CYP1A1^*1$, $CYP1A1^*2$). Інколи індекс позначає фенотиповий прояв даного мутантного алеля. Прикладом може бути серія множинних алелів, які спричиняють зміну забарвлення очей дрозофіли: w – білі очі, w^a – абрикосові очі, w^{ch} – очі вишневого кольору, w^h – очі кольору меду.

Для запису генотипів використовують дві допустимі форми:

1. Традиційну «менделівську» – $AaBbCc$;

2. «Морганівську», яку доцільно використовувати, коли потрібно вказати знаходяться гени, що контролюють різні ознаки, в одній хромосомі чи ні:

$\frac{A}{a} \quad \frac{B}{b} \quad \frac{C}{c}$ – гени знаходяться в різних хромосомах;

$\frac{A \quad C}{a \quad c} \quad \frac{B}{b}$ – гени A і C знаходяться в одній хромосомі, B – в іншій;

$\frac{A \quad B \quad C}{a \quad b \quad c}$ – усі гени знаходяться в одній хромосомі.

Правила запису й порядок розв'язання задач на схрещування.

Під час розв'язання генетичних задач у схемі схрещування спочатку записується генотип самки, потім самця. Якщо генотип гетерозиготний, спочатку записується домінантний алель, потім рецесивний, наприклад Aa , $AaBB$, $AaBb$, $AaBb$, $aaBb$ тощо. У решітці Пеннета (див. далі) ліворуч по вертикалі записуються гамети самки, а вгорі по горизонталі – гамети самця.

ймовірність народження дитини з генотипом Аа: $p = \frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2}$. Отже, ймовірність народження дитини-правші в даній родині $\frac{1}{2}$ або 50% (такий фенотип є часткою серед усіх можливих фенотипів).

Серед дітей половина повинні бути доньки, а половина – сини (див. далі – чому?). Тому ймовірність народження доньки-правші складатиме половину від 50%, тобто 25%. Або інакше: народження доньки правші – це дві події, що відбуваються одночасно (народжується дитина-правша, і ця дитина – дівчинка); для дитини-правші $p = \frac{1}{2}$, для дівчинки $p = \frac{1}{2}$. Отже, ймовірність народження дівчинки-правші: $p = p_1 \times p_2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ або 25%.

I. Тестовий контроль знань з теми.

II. Розв'яжіть задачі:

15. Скільки типів гамет продукує організм з генотипом: а) гомо- і гетерозигота за однією парою альтернативних ознак; б) гомозигота за двома парами альтернативних ознак; в) дигетерозигота; г) організм з генотипом АаВbСс; д) організм з генотипом АаВbСсddEeFfGgHhiiJj?

16. При схрещуванні між собою мишей, які мають чорне забарвлення хутра, завжди отримують нащадків з чорним хутром. При схрещуванні між собою мишей з жовтим хутром одна третина нащадків виявляється чорними, а дві третини – жовтими. Як пояснити дане явище? Яким чином можна перевірити правильність вашого припущення?

17. Батько – резус позитивний, мати – резус-негативна. Які генотипи і фенотипи можуть мати їхні діти? Яка ймовірність народження: а) резус-негативної дитини; б) резус-позитивної дитини; в) резус-позитивного сина; г) резус-позитивної доньки; д) двох резус-негативних синів?

18. У матері I група крові, у батька II група. Чи можуть діти успадкувати групу крові матері? Які генотипи матері та батька? Як встановити генотип батька?

19. Припустимо, що хвороба визначається домінантним аутосомним геном, пенетрантність якого у гомозигот – 80%, а у гетерозигот – 20%. Яка ймовірність захворювання у дітей, якщо батьки гетерозиготні за цим геном? Який стан здоров'я батьків?

Домашнє завдання

20. У персика (*Persica vulgare* Mill.) опушений плід домінує над гладеньким. Якими будуть:

а) гібриди F_1 і F_2 , якщо гомозиготний персик з опушеними плодами схрестити із гомозиготним, що має гладенькі плоди?

б) нащадки від зворотного схрещування рослин F_1 з батьківською опушеною формою?

в) нащадки від аналізуючого схрещування рослин F_1 з батьківською формою, у якої плоди гладенькі?

21. При схрещуванні червоноплідної суниці між собою «ягоди» у нащадків завжди червоні, а при схрещуванні білоплідної суниці між собою «ягоди» у нащадків завжди білі. В результаті схрещування цих двох сортів між собою «ягоди» мають рожевий колір. Яке потомство очікується від запилення червоноплідної суниці пилком рослин з рожевими «ягодами»? Від схрещування суниці з рожевими «ягодами» між собою отримане

потомство, серед якого 15 745 кущів (близько 25%) є червоно плідними. Яка кількість кущів буде схожа з батьківськими формами?

22. У кішок (*Felis catus* L.) є серія множинних алелей, які визначають колір шерсті: С – дикий тип, c^s – сіамські кішки, с – альбіноси. Кожна з алелей повно домінує над наступною ($C > c^s > c$). Від схрещування сірої кішки з сіамським котом народилися двоє кошенят – сіамський та альбінос. Які ще кошенята могли народитися при даному схрещуванні?

23. Миші з генотипом уу – сірі, Уу – жовті, УУ – гинуть у ембріогенезі. Яким буде потомство від схрещування: а) жовтих і сірих мишей; б) жовтих мишей між собою? У якому випадку слід очікувати найчисельнішого приплоду?

24. Подагра контролюється домінантним аутосомним геном. За деякими даними (В.П. Ефроїмсон, 1968) пенетрантність гена у чоловіків складає 20%, а у жінок – 0%. Яка ймовірність захворювання дитини на подагру в сім'ї гетерозиготних батьків? Яка ймовірність захворювання дитини на подагру в сім'ї, де мати гетерозиготна, а батько здоровий?

Тема: **Закони Г. Менделя. Успадкування при ди- і полігібридному схрещуванні.**

Підготовка до заняття

1 Вивчіть терміни: гени летальні й напівлетальні [сублетальні], дигетерозигота, леталь, схрещування дигібридне й полігібридне, статистика, статистичний.

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Дигібридне схрещування. III-й закон Менделя.
- 2.2. Полігібридне схрещування.
- 2.3. Умови прояву менделівських закономірностей.
- 2.4. Статистичний характер законів Менделя.

Література:

1. Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. С. 92-106.
2. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
3. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К.: Вища шк., 1973. С. 95-109.
4. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 86-95.
5. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 21-30.
6. Храпунов С. М., Безруков В. Ф., Голда Д. М. та ін. Загальна і молекулярна генетика: Практикум. К.: Вища шк., 1995. С. 32-36.

Аудиторна робота

I. Тестовий контроль знань з теми.

II. Зразки розв'язання задач.

Задача 1. Умова. Визначити ймовірність народження блакитноокої дитини-правші в дигетерозиготних батьків.

Розв'язання. Позначимо алель гену, що контролює карі очі А, а алель, що контролює блакитні очі – а, алель гену, що контролює краще володіння правою рукою – В, лівою – в. Складаємо скорочену схему схрещування:

$$\begin{array}{l} P \quad \text{♀} \quad AaBb \times \text{♂} \quad AaBb \\ F_1 \quad \quad aaB_ \end{array}$$

Дану задачу можна розв'язати двома способами – звичайним, визначивши типи гамет і за допомогою решітки Пеннета варіанти генотипів потомства, але швидше можна розрахувати ймовірність народження дитини з даним фенотипом і генотипом математичним способом.

Розглянемо звичайний спосіб:

$$\begin{array}{l} P \quad \text{♀} \quad AaBb \times \text{♂} \quad AaBb \\ G \quad AB \ Ab \quad AB \ Ab \\ \quad \quad aB \ ab \quad aB \ ab \end{array}$$

F₁

♀/♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	<u>aaBB</u>	<u>aaBb</u>
ab	AaBb	Aabb	<u>aaBb</u>	aabb

Підкреслюємо потрібний нам генотип. Варіантів такого генотипу – два. Усього можливих варіантів генотипів дітей – $4 \times 4 = 16$, тому ймовірність народження дитини блакитноокої правші $3/16$ або 18,75%.

Розглянемо математичний спосіб. Генотип дитини точно встановити не можна, тому що за геном В вона може бути як гомо-, так і гетерозиготою. Під кожним алелем генотипу $aaV_$ підписуємо ймовірність його «приходу» від одного з батьків. Міркуємо так: перший алель а дитина отримує від матері, причому з ймовірністю $1/2$ (оскільки у матері два різних алеля – А і а). Другий алель а дитина отримує від батька з тією ж самою ймовірністю $1/2$ (у батька також два різних алеля – А і а). Перший алель В дитина може отримати як від батька, так і від матері, від кого не зрозуміло, те ж саме можна сказати й про другий алель в. Тому в даному випадку будемо міркувати так: нам варто оцінити появу в дитини відразу всього генотипу V^B/b . Батьки гетерозиготні за геном В, і це схрещування нагадує 2-й закон Менделєва, при якому при схрещуванні гетерозигот спостерігається розщеплення 3 : 1, отже поява у нащадків домінантної ознаки В становить $3/4$.

Записуємо: $F_1 \quad a \quad a \quad V \quad _$
 $\quad \quad \quad 1/2 \quad 1/2 \quad 3/4$

Ймовірність комбінації генів у генотипі дитини дорівнює добутку їхніх ймовірностей: $p = 1/2 \times 1/2 \times 3/4 = 3/16$.

Отже, часто буває швидше розв'язати задачу саме математичним способом, особливо у випадках складних тригібридних схрещувань. Однак треба бути дуже уважним, щоб не пропустити можливість «приходу» відповідного алеля не тільки від матері, але й від батька. Щоб не помилитися, можна перевірити відповідь, розв'язавши задачу звичайним способом.

Задача 2. Умова. У собак спанієлів чорна шерсть домінує над червоною, суцільне забарвлення над строкатим. Чорний батько і чорно-строката мати мають червоне цуценя. Якими будуть фенотипи цуценят, якщо його схрестити, коли воно виросте, з собакою, яка має генотип його матері.

Розв'язання. Позначимо гени, що кодують відповідні ознаки літерами: А – чорна шерсть, а – червона шерсть, В – суцільне забарвлення, b – строкате забарвлення. Запишемо схему схрещування:

$P \quad \text{♀} \quad A_bb \times \text{♂} \quad A_B_$

$F_1 \quad aaB_$

Генотипи батьків і їхнього нащадка ми можемо записати лише за допомогою фенотипових радикалів, оскільки домінантні гомозиготи і гетерозиготи мають однаковий фенотип. Щоб заповнити «порожні місця» у генотипах міркуємо: цуценя гомозиготне за геном а, тому один алель а воно отримало від матері, а другий – від батька, отже обое батьків за цим геном – гетерозиготи ($Aabb$ і $AaB_$). Допишемо літери а в генотипи обох батьків. Отже, генотип матері цуценяти $Aabb$.

Алель В цуценя могло отримати тільки від батька, від матері воно отримало алель b, тому генотип цуценяти – $aaBb$. Від батька цуценя отримало тільки один алель В, щодо другого алеля – В чи b, нічого сказати не можна, тобто батько може бути як гомо-, так і гетерозиготою за ознакою В: $AaBB$ або $AaBb$.

Остаточна схема схрещування є такою:

$P \quad \text{♀} \quad Aabb \times \text{♂} \quad AaB_$
 $F_1 \quad aaBb$

$P \quad \text{♀} \quad aaBb \times \text{♂} \quad Aabb$
 $G \quad aB \quad ab \quad Ab \quad ab$
 $F_1 \quad AaBb \quad Aabb \quad aaBb \quad aabb$

Отже, можливі генотипи цуценят: чорний (AaBb), чорно-строкатий (Aabb), червоний (aaBb), червоно-строкатий (aabb) у співвідношенні 1 : 1 : 1 : 1 або по ¼, або по 0, 25, або по 25%.

III. Розв'яжіть задачі:

25. Які групи крові можуть мати діти, якщо батько з групою крові M, Rh⁺, а мати з групою крові N, Rh⁻?

26. Один сорт малини має жовті плоди і стебло без колючок. Інший сорт малини має червоні плоди і колюче стебло. Червоне забарвлення плоду і колюче стебло – ознаки домінантні, а жовте забарвлення плоду і неколюче стебло – рецесивні. Який відсоток рослин з червоними плодами і стеблом, що не має колючок, буде одержано у другому поколінні від схрещування цих сортів?

27. Від шлюбу чоловіка і жінки, фенотипи яких залишились невідомими, народилось четверо дітей: чорноволосий кароокий, чорноволосий блакитноокий, світловолосий блакитноокий, світловолосий кароокий. Визначте фенотип і генотип батьків (темне волосся і карі очі – домінантні ознаки).

Домашнє завдання

28. Рослина має генотип AaBbCc:

- 1) скільки типів гамет вона утворює?
- 2) скільки різних фенотипів буде при самозапиленні (за умови повного домінування за всіма парами генів)?
- 3) скільки різних генотипів буде при самозапиленні цієї рослини?
- 4) скільки різних фенотипів може бути при самозапиленні вищеназваної рослини, якщо припустити неповне домінування за всіма парами генів?

29. Короткозорий (домінантна ознака) без ластовиння чоловік одружився з жінкою, у якої нормальний зір і ластовиння (домінантна ознака). У сім'ї троє дітей, всі діти короткозорі і з ластовинням. Визначте генотипи батьків і дітей. Яка ймовірність народження: а) дитини з нормальним зором і з ластовинням; б) сина з нормальним зором без ластовиння; в) двох синів, схожих на батька?

30. У помідорів кругла форма і червоний колір плодів домінує над грушоподібною формою і жовтим кольором. Схрестили два гомозиготні сорти: із червоними грушоподібними плодами та круглими жовтими. У другому поколінні отримали 160 рослин. Скільки серед них рослин з круглими червоними плодами?

Тема: **Взаємодія неалельних генів.****Підготовка до заняття**

1. Вивчіть терміни: ген гіпостатичний, ген-інгібітор [ген-супресор], ген епістатичний, гени адитивні, гени неалельні, епістаз, комплементарність, локус, полімерія, полімерія кумулятивна й некумулятивна, ознака кількісна і якісна, успадковування полігенне.

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Комплементарна взаємодія генів.
- 2.2. Епістаз: домінантний та рецесивний.
- 2.3. Полімерія: адитивна та неадитивна.

Література:

- 1. Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. С. 109-117.
- 2. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
- 3. Лищенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 95-107.
- 4. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 30-41.

Аудиторна робота***I. Тестовий контроль знань з теми.******II. Розв'яжіть задачі:***

31. Існує два види сліпоти і кожний визначається своїм рецесивним аутосомним геном. Гени знаходяться в різних парах хромосом. Яка ймовірність того, що дитина народиться сліпою, якщо її батько і мати страждають різними видами спадкової сліпоти, а за іншою парою генів сліпоти – гетерозиготні?

32. Висота рослини сорго, гомозиготної за рецесивними алелями чотирьох генів карликовості, дорівнює 40 см. Висота рослини, гомозиготної за домінантними алелями цих генів, дорівнює 240 см. Припустимо, що різниця висоти стебла контролюється в однаковій мірі всіма чотирма алелями, а їх дія має кількісний та кумулятивний характер. Рослину, яка має генотип $A_1A_1A_2A_2A_3A_3a_4a_4$, схрещували з рослиною, яка має генотип $a_1a_1a_2a_2a_3a_3A_4A_4$. Яка висота стебла у кожної з батьківських форм? Яка очікувана висота рослин F_1 ? Які очікувані межі мінливості висоти стебла у рослин F_2 ? Яка очікувана середня висота стебла у рослин F_2 ?

33. Забарвлення мишей визначається двома парами не алельних не зчеплених генів. Домінантний алель одного гена обумовлює сірий колір, його рецесивний алель – чорний. Домінантний алель другого гена сприяє прояву забарвлення, його рецесивний алель пригнічує забарвлення. При схрещуванні сірих мишей між собою одержано потомство: 82 сірих, 35 білих і 27 чорних мишей. Визначте генотипи батьків та нащадків.

Домашнє завдання

34. Вуха кроликів породи баран мають 30 см довжини, у інших порід – 10 см. Довжина вух залежить від двох пар неалельних генів. За генотипом кролики породи баран є домінантними гомозиготами за обома парами неалельних генів, а звичайні кролики – рецесивними гомозиготами за обома парами неалельних генів. Визначте довжину вух кроликів F_1 та усіх можливих генотипів F_2 .

35. Масть коней визначається поєднанням трьох пар не зчеплених не алельних генів, Різним мастям відповідають наступні генотипи: $aaB_E_$ – гніда, $A_B_E_$ – саврасова, $A_ввее$ – солов'я, $aaB_ее$ – бура, $ааввее$ – руда, $A_ввE_$ – булано-саврасова, $A_B_ее$ – мишаста, $ааввE_$ – булана.

1. Схрещувалися гомозиготні саврасові і руді коні. Визначте ймовірне співвідношення мастей потомства від схрещування їх нащадків між собою.

2. Від схрещування рудої кобили з саврасим конем народилося руде лоша. Якою є ймовірність, що друге лоша від цього схрещування буде також рудим?

36. У великої рогатої худоби (ВРХ) зустрічається суцільно біле, суцільно чорне і плямисте (чорно-біле) забарвлення. У F_1 від схрещування чистолінійних тварин білої та чорної масті отримані виключно білі корови та бики. У їх потомстві виявлено: 12/16 білих, 3/16 плямистих і 1/16 чорних корів і бичків.

Визначте тип успадкування масті у ВРХ та кількість генів, що контролюють забарвлення. Визначте генотипи кожної масті. Чи можна отримати чистолінійних тварин з плямистим забарвленням (поясніть)?

Тема: Генетичні механізми визначення статі. Ознаки і стать.

Підготовка до заняття

1 Вивчіть терміни: аутосома, «барабанні палички», гемізигота, гемізиготний стан, гемофілія, ген гемізиготний, геніталії, гермафродит, гермафродити справжні й несправжні, гермафродитизм, гетерохроматин факультативний, гонади, гормон, дальтонізм, диморфізм статевий, ефект лайонізації, зчеплення, маскулінізація; ознаки, зчеплені зі статтю; ознаки, обмежені статтю; статеві ознаки первинні й вторинні, стать, стать гомогаметна й гетерогаметна, тільки Барра, успадковування, успадковування голандричне, успадковування залежне від статі, успадковування обмежене статтю, фемінізація, хроматин статевий, хромосома статева.

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Стать. Статеві ознаки.
- 2.2. Хромосомний механізм визначення статі. Статеві хромосоми. Будова Х- та Y-хромосом людини.
- 2.3. Типи визначення статі в онтогенезі.
- 2.4. Визначення статі у людини. Механізми генетичного визначення статі в людини та їх порушення. Бісексуальна природа людини. Проблема перевизначення статі, психосоціальні аспекти.
- 2.5. Визначення статі у дрозофіли. Балансова теорія статі.
- 2.6. Успадкування: зчеплене зі статтю, обмежене статтю, залежне від статі, голандричне.
- 2.7. Захворювання людини, зчеплені зі статтю.
- 2.8. Компенсація дози генів. Статевий хроматин. Ефект лайонізації.
- 2.9. Гермафродитизм.

Література:

1. Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. С. 138-147.
2. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
3. Лищенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С.108-126. (Звернути увагу на застарілу (помилкову) інформацію в підручнику, щодо механізмів первинної диференціації статі у людини).
4. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С.41-46.

Аудиторна робота***I. Тестовий контроль знань з теми.******III. Розв'яжіть задачі:***

37. Чорна та руда масть у кішок обумовлена різними алелями зчепленого з Х-хромосомою гену. Жодний з цих алелів не домінує, тому гетерозиготні тварини мають плямисте забарвлення (його іноді називають «черепаховим» або «трюхмастними»). а) Чому «черепахові» коти практично не зустрічаються? б) Який генотип «черепахових» котів, які зустрічаються дуже рідко? в) Якими будуть кошенята від чорної кішки і рудого кота? г) Якими будуть кошенята від «черепахової» кішки і чорного кота?

38. У людини відсутність потових залоз – зчеплена із Х-хромосомою рецесивна ознака, альбінізм – аутосомно-рецесивна ознака. У здорового подружжя народився син з обома захворюваннями. Вкажіть ймовірні генотипи батьків. Яка ймовірність того, що у другого сина виявляться ці аномалії? Яка ймовірність народження здорової дитини?

39. Диплоїдний самець дрозофіли з жовтим тілом (рецесивна мутація – у) схрещений з триплоїдною самицею, яка має генотип ++у. Визначте генотипи, фенотипи та стать нащадків.

Домашнє завдання

Виконайте практичне завдання:

1) нарисуйте (схематично) будову диференційно забарвлених Х- і Y-хромосом людини; 2) позначте локалізацію в них ряду генів та «псевдоаутосомних районів»; 3) запишіть розмір ДНК (у п.н.) в них.

Розв'яжіть задачі

40. Жінка, батько якої страждав дальтонізмом, одружилася з чоловіком з волосатістю вушних раковин і нормальним зором. Яка ймовірність народження в цій сім'ї сина, хворого на дальтонізм і з гіпертрихозом?

41. У чоловіків аутосомний ген облісіння S є домінантним, а у жінок він виявляється як рецесивний. Жінка, що має лисого брата, виходить заміж за лисого чоловіка. Батько жінки також був лисим. У них народився син з густим волоссям і дуже рано облісіла дочка. Вона виросла й вийшла заміж за чоловіка з густим волоссям. Яка ймовірність того, що в них народиться: а) син з раннім облісінням, б) дочка з раннім облісінням?

Тема: Зчеплення генів. Кросинговер.

Підготовка до заняття

1 Вивчіть терміни: гамети кросоверні й некросоверні, гібридизація соматична [соматичних клітин], група зчеплення, епісома, еукаріоти, зчепленість, зчеплення генів, карта хромосоми, карта хромосоми генетична й цитологічна, кон'югація бактеріальна, кон'югація хромосом, кросинговер, кросинговер мітотичний, кросинговер нерівний, кросовер, локус, морганіда, некросовер прокаріоти, рекомбінація, рецесивний аналізатор, сантиморганіда, статевий фактор, схрещування аналізуюче, успадковування, хромосоми гомологічні й не гомологічні, цибриди.

2. Питання для обговорення:

2.1. Зчеплене успадкування та його особливості. Експерименти Моргана зі зчепленими генами як докази хромосомної теорії спадковості. Закон Моргана. Групи зчеплення. Повне й неповне зчеплення генів. Характер успадковування зчеплених генів.

2.2. Кросинговер, біологічне значення кросинговеру. Цитологічні докази кросинговеру. Молекулярні механізми кросинговеру. Фактори, що впливають на кросинговер.

2.3. Інтерференція та коінциденція.

2.4. Генетичні карти хромосом (карти зчеплення), мета й способи їх складання. Складання цитологічних карт хромосом еукаріотів, одиниці відстані між генами. Методи картування хромосом людини. Гібридизація соматичних клітин.

2.5. Статевий фактор у бактерій. Складання генетичних карт прокаріотів.

Література:

- Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. С. 129-135.
- Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
- Лищенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 127-137.
- Смирнов В. Г. Цитогенетика. М.: Высш. шк., 1991. С. 42-102.
- Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 46-54.

Аудиторна робота**I. Тестовий контроль знань з теми.****II. Розв'яжіть задачі:**

42. Які гамети й у якій кількості буде утворювати дигетерозиготна особина, якщо: а) гени локалізовані в різних хромосомах; б) гени повністю зчеплені; в) гени знаходяться на відстані 15 сМ (сантиморганід). Розв'язання оформіть у вигляді таблиці:

Генотип	Гамети, %			
	Некросоверні		Кросоверні	
а)				
б)				
в)				

43. У дрозофіли рецесивний ген чорного кольору тіла і ген, який детермінує пурпурний колір очей, розташовані у другій хромосомі у локусах 48,5 і 54,5. Їх нормальні алелі – домінантні гени сірого тіла і червоного кольору очей. Схрестили самку з чорним тілом і червоними очима з самцем, який має сіре тіло і пурпурні очі. Потім гібридних самок F_1 схрестили з самцем, що має обидві рецесивні ознаки. Яке потомство слід чекати від цього схрещування. Яка ймовірність появи серед потомства рекомбінантних особин?

44. У людини рецесивний ген гемофілії (h) і рецесивний ген кольорової сліпоты (дальтонізму) (d) локалізовані у X-хромосомі на відстані 9,8 сантиморганіди. Жінка, мати якої хворіла на дальтонізм, а батько – на гемофілію, одружилася із здоровим чоловіком. Яка ймовірність народження хворої на дальтонізм і гемофілію дитини у цьому шлюбі? Яка ймовірність народження сина з обома аномаліями, здорового сина, хворої доньки, здорової доньки?

Домашнє завдання

45. В аналізуючому схрещуванні дигетерозиготи отримали розщеплення: АВ – 125, Аб – 25, аВ – 31, аб – 119. Розрахуйте відстань між генами?

46. Гени розташовані у порядку АСЕ. Відстань між генами А і С – 4,5 сМ, а між генами С і Е – 14,5 сМ. Практична частота подвійних кросоверів становить 0,5%. Розрахуйте коінциденцію.

47. Гени *dumphy* (*dp*), *clot* (*cl*), та *apterous* (*ap*) зчеплені і локалізовані у хромосомі 2 *Drosophila*. За результатами серії схрещувань отримані наступні міжгенні відстані: *dp-ap* – 42 сМ, *dp-cl* – 3 сМ, *ap-cl* – 39 сМ. Намалюйте генетичну карту цієї ділянки.

48. Катаракта (помутніння кришталика ока) і полідактилія у людини зумовлені домінантними аутосомними тісно зчепленими генами. Ген катаракти може бути зчепленим також з геном нормальної будови кисті, а ген нормального внутрішньоочного тиску – з геном полідактилії. Жінка, мати якої страждала катарактою, а батько – полідактилією, взяла шлюб із здоровим чоловіком. Визначте можливі генотипи і фенотипи дітей від цього шлюбу, якщо жінка успадкувала катаракту і полідактилію від батьків. Яка ймовірність народження дитини; а) з катарактою, б) з полідактилією, в) з обома аномаліями, г) здорової?

Тема: Мінливість: спадкова і не спадкова.

Підготовка до заняття

1 Вивчіть терміни: анеуплоїдія, антиоксидант, генокопія, генотип, індукований, іонізація, іонізуюче випромінювання, канцероген, канцерогенна дія, мінливість, модифікація, мозаїк, мутаген, мутагенез, мутагенез індукований, мутант, мутація; мутація генеративна, генна, геномна, індукована, соматична, спонтанна, хромосомна; мутування, норма реакції, онтогенез, поліплоїдія, радикал, радикал вільний, радіація, рак, рентгенівське випромінювання, спадковість, спонтанний, фенокопія, фенотип, химера.

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Мінливість, її форми та прояви на організменому рівні: фенотипічна та генотипічна мінливість. Онтогенетична мінливість. Комбінативна мінливість, її джерела. Роль мінливості в пристосуванні організму до навколишніх умов, значення для еволюції.
- 2.2. Мутації. Класифікація мутацій.
- 2.3. Генні мутації. Молекулярний механізм генних мутацій.
- 2.4. Генокопії та фенокопії.
- 2.5. Природний та індукований мутагенез. Мутагени: фізичні, хімічні, біологічні. Генетичний моніторинг.

Література:

1. Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. С. 120-127.
2. Ватти К. В., Тихомирова М. М. Руководство к практическим занятиям по генетике. М.: Просвещение, 1972. С. 107-146.
3. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
4. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К.: Вища шк., 1973. С. 69-72.
5. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 218-267.
6. Смирнов В. Г. Цитогенетика. М.: Высш. шк., 1991. С. 136-240.
7. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 5-15.
8. Храпунов С. М., Безруков В. Ф., Голда Д. М. та ін. Загальна і молекулярна генетика: Практикум. К.: Вища шк., 1995. С. 53-67.

Аудиторна робота***I. Тестовий контроль знань з теми.******II. Розв'яжіть задачі:***

49. В результаті якої мутації послідовність GTCAAGGACG перетворилась на GTCAAGCACG?

50. У дрозофіли відомі життєздатні трисоміки по 4-й хромосомі. Самка дрозофіли має генотип ААа (ген А знаходиться в четвертій хромосомі), а самець – генотип аа. Яке розщеплення очікується в потомстві при схрещуванні цих особин?

51. У 46-річної жінки в частині соматичних клітин виявлена транслокація 21 хромосоми на 15. Визначте, які типи гамет може продукувати ця жінка? Яка частка цих гамет може спричинити синдром Дауна? Яка ймовірність народження цією жінкою дитини із синдромом Дауна?

Домашнє завдання

Практична робота 5. Мінливість хромосом.

Мета: навчитися ідентифікувати хромосомні аберації за цитологічними структурами, що утворюються під час кон'югації нормальних хромосом і хромосом з абераціями.

Матеріали: мікрофотографії ділянок політених хромосом слинних залоз личинок дрозофіли з абераціями (рис.4).

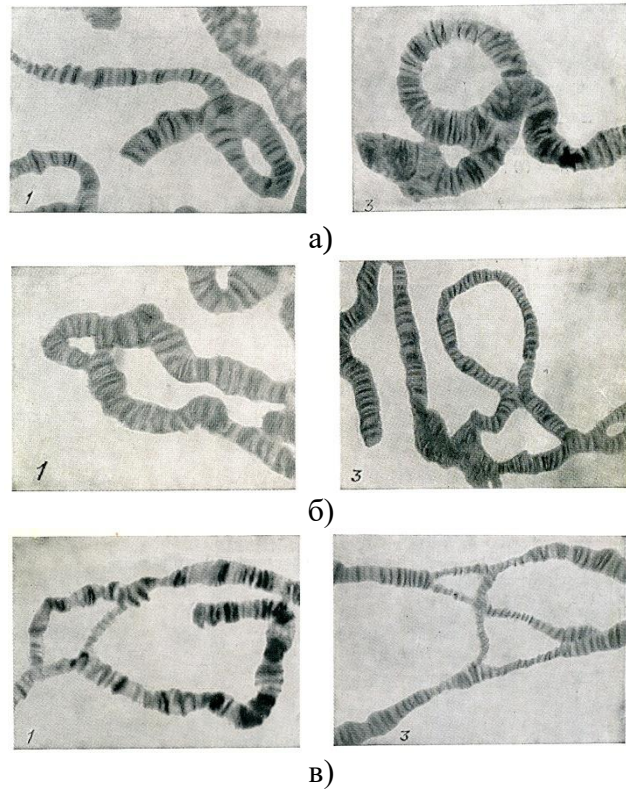


Рис. 4. Мікрофотографії ділянок політених хромосом слинних залоз дрізофіли з: а) делецією у гетерозиготному стані; б) інверсією у гетерозиготному стані; в) транслокацією у гетерозиготному стані

Завдання:

1. Роздивіться мікрофотографії політених хромосом, гетерозиготних за делецією у Х-хромосомі (рис., а). Характерна невелика петля на Х-хромосомі свідчить про відсутність ділянки в одній з Х-хромосом. Намалюйте схему виникнення делеції і кон'югації між нормальною хромосомою і хромосомою з делецією.

2. Роздивіться мікрофотографії політених хромосом, гетерозиготних за інверсією у Х-хромосомі (рис., б). Характерна петля на Х-хромосомі свідчить про інвертування ділянки в одній з Х-хромосом. Намалюйте схему виникнення інверсії і кон'югації між нормальною хромосомою і хромосомою з інверсією.

3. Роздивіться мікрофотографії політених хромосом, гетерозиготних за транслокацією 3-ї хромосоми (рис., в). Характерна хрестоподібна фігура свідчить про кон'югацію між нормальними хромосомами і хромосомами з транслокованими ділянками.

Намалюйте схему виникнення транслокації і кон'югації між нормальною хромосомою і хромосомою з транслокацією.

4. Зробіть висновок згідно мети практичної роботи.

III. Розв'яжіть задачі:

52. Які фенотипи і в якому співвідношенні можуть виникати при схрещуванні двох трисомиків Ааа за умови повного домінування (треба враховувати, що у батьківських рослин життєздатні тільки гаплоїдні гамети)?

53. За допомогою наведених нижче послідовностей іРНК знайдіть мутації, що відбулися в гені, з якого вони транскрибовані. Назвіть ці мутації за різними класифікаціями. Які наслідки цих мутацій?

Дикий тип: 5'...AAUCCUUACGGA...3'

1-й мутант: 5'...AAUCCUACGGA...3'

2-й мутант: 5'...AAUCCUUACGCA...3'

3-й мутант: 5'...AAUCCUUACGAA...3'

4-й мутант: 5'...AAUCGCUUACGGA...3'

Тема: **Закономірності успадкування генів та їх алелів у популяціях.****Підготовка до заняття**

1 Вивчіть терміни: ареал, вид, видоутворення, генетика популяційна, генетико-автоматичні процеси, генетичний тягар популяції, генні частоти [частоти алелів], генофонд, густота популяції, добір, добір природний та штучний, дрейф генів, еміграція, ефект засновника [родоначальника], життєздатність, ідеальний, ізолят, ізоляція, імміграція, інбредна депресія, інбридинг, інцест, коефіцієнт інбридингу, міграція, народжуваність, панміксія, популяція, популяція ідеальна, система схрещування, систематика, смертність, схрещування асортативне і селективне, таксон, фактори ізоляції, хвилі життя [популяційні хвилі], шлюб інцестний [кровозмішення].

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Предмет і задачі популяційної генетики. Вид, популяція, людська популяція. Показники популяції.
- 2.2. Генетична структура та динаміка аутогамних популяцій.
- 2.3. Структура алогамних популяцій.
- 2.4. Рівновага в алогамних популяціях. Закон Харді-Вайнберга. Ідеальна популяція.
- 2.5. Фактори генетичної динаміки популяцій. Вплив мутацій, добору й міграції на генетичну структуру популяції. Дрейф генів (генетико-автоматичні процеси). Ефект засновника (родоначальника). Види схрещувань у природних популяціях, їх вплив на популяцію. Інбридинг: причини й наслідки. Ізоляція, її форми й значення у видоутворенні.

Література:

1. Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. С. 179-184.
2. Ватти К. В., Тихомирова М. М. Руководство к практическим занятиям по генетике. М.: Просвещение, 1972. С. 147-159.
3. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
4. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 311-322.
5. Голда Д. М., Демидов С. В., Решетняк Т. А. Задачі з генетики. Київ: Фітосоціоцентр, 2004. С. 64-69.
6. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 54-62.

Аудиторна робота**1. Тестовий контроль знань з теми.****II. Розв'яжіть задачі:**

54. Група особин складається з 40% AA, 15% Aa та 45% aa. Яка частота алелів A та a?

55. Недостатність глюкозо-6-фосфатдегідрогенази еритроцитів спостерігається у 10% американських негрів. Ознака контролюється рецесивним алелем зчепеного з X-хромосомою гену. Яка частота цього алеля у популяції?

56. Популяція складається з 2000 особин, гомозиготних за домінантним алелем гену, 2000 гетерозигот і 6000 особин, гомозиготних за рецесивним алелем гену. Чи відповідає співвідношення генотипів у даній популяції ідеальному? Річний приплід у даній популяції склав 2500 малят. Який склад приплоду за генотипом? Схрещування випадкове, мутацій і добору немає.

Домашнє завдання

57. Кількість індивідів з групами крові АВ, В, А, та О серед обстежених пігмеїв була, відповідно, 103, 300, 313 та 316. Розрахуйте частоти алелів I^A , I^B та I^0 для даної популяції.

58. Хвороба визначається геном, локалізованим в Х-хромосомі, пенетрантність якого у гомо- та гемізігот 80%, у гетерозигот - 20%. В популяції 24% хворих чоловіків. Яка частота захворювання серед жінок?

59. Співвідношення генотипів у вибірці наступне - $1AA : 1Aa : 7aa$. Визначте генетичну структуру F_7 у випадку самозапилення, панміксії.

Тема: Методи антропогенетики. Близнюковий та дерматогліфічний методи.

Підготовка до заняття

1 Вивчіть терміни: антропогенетика, близнюки, близнюки монозиготні й дизиготні, генетика медична, гіпотенар, дактилоскопія, дерматогліфіка, дискордантність, дуга, завиток, конкордантність, метод близнюковий, метод генеалогічний, метод цитогенетичний, петля, поліембріонія, тенар, трирадіус.

2. Питання для обговорення:

2.1. Людина як об'єкт генетичних досліджень.

2.2. Близнюковий метод. Конкордантність і дискордантність, коефіцієнт успадковуваності. Визначення впливу генотипу та довкілля в прояві патологічних ознак людини.

2.3. Дерматогліфічний метод. Використання дерматогліфічного метода у діагностиці спадкової патології людини.

Література:

1. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
2. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 325-350.
3. Медична генетика: Підручник / Кол. авт.; За ред. О. Я. Гречанінової, Р. В. Богатирьової, О. П. Волосовця. К.: Медицина, 2007. 536 с.
4. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 62-73.

Аудиторна робота**I. Тестовий контроль знань з теми.**

II. При вивченні ролі спадковості та середовища у формуванні тієї чи іншої ознаки людини проводять розрахунок коефіцієнта успадковуваності за формулою К. Хольцингера:

$$H = \frac{K_{MZ} - K_{DZ}}{100\% - K_{DZ}}, \text{ де } H - \text{коефіцієнт успадковуваності, } K_{MZ} - \text{конкордантність}$$

монозиготних близнят, %, K_{DZ} – конкордантність дизиготних близнят, %.

Коефіцієнт успадковуваності може виражатися у долях одиниці або у відсотках. Коефіцієнт успадковуваності може змінюватися від одиниці (при повній обумовленості ознаки генотипом) до нуля (при повній обумовленості середовищем).

Якщо конкордантність монозиготних близнят дорівнює 1, то незалежно від конкордантності дизиготних близнят коефіцієнт успадковуваності теж дорівнює 1, тобто реалізація ознаки цілком визначається генотипом. Якщо ж конкордантність монозиготних близнят менша одиниці, то у міру збільшення різниці між конкордантністю моно– і дизиготних близнят зменшується коефіцієнт успадковуваності. При рівності конкордантності MZ і DZ коефіцієнт успадковуваності дорівнює нулю, тобто реалізація ознаки повністю визначається факторами середовища.

Якщо значення H до 0,4 (40 %), переважне значення у прояві ознаки має навколишнє середовище, якщо від 0,4 (40%) до 0,7 (70 %), формування ознаки відбувається під дією факторів навколишнього середовища за генетичної схильності, якщо від 0,7 (70%) до 1 (100 %) переважне значення у формуванні ознаки має спадковість.

Розв'яжіть задачу:

60. Виходячи з даних табл. 2, визначте коефіцієнт успадковуваності для: а) цукрового діабету, б) гіпертонії, в) розумової відсталості, г) туберкульозу, д) кору. Зробіть висновок про роль спадковості і середовища у формуванні даних патологій.

Таблиця 2

Конкордантність і дискордантність нормальних і патологічних ознак людини

Ознака	C _{MZ}	C _{DZ}	Ознака	C _{MZ}	C _{DZ}
HLA	100	46	Кір	96	94
Група крові	100	46	Клишоногість	82	3
Дактилоскопічні візерунки	92	40	Маніакально-депресивний синдром	96	19
Колір шкіри, брів, райдужки	97	40	Природжений вивих стегна	41	3
Форма волосся	99,5		Ревматизм	20	6
Форма носа	97	40	Розумова відсталість	97	37
Гіпертонія	26	10	Туберкульоз	37	15
Епідемічний паротит	82	74	Цукровий діабет	65	18
Епілепсія	67	3	Шизофренія	70	13

III. Практична робота 6. Дерматогліфіка пальців рук та долонь.

Мета: Навчитися визначати типи папілярних шкірних візерунків та деяких дерматогліфічних показників.

Обладнання: засіб для фарбування пальців (олівці/фломастери/акварельні фарби/типографська фарба тощо), вологі серветки, шматок поліетилену, лінійка, транспортир.

Завдання:

1. За допомогою будь-якого з вказаних в обладнанні засобів, зробіть відбитки пальців обох рук. За бажанням, візерунки ліній на пальцях обох рук можна намалювати.

2. За зразками, наведеними на рис. 6, визначте тип шкірного візерунку кожного пальця і позначте його відповідним символом.



Рис. 6. Папілярні шкірні візерунки людини: W (whorh) – завиток, A (arch) – дуга, L (log) – петля (якщо петля відкривається в бік променевої кістки, вона називається радіальною – *radial*, L^R , а якщо в бік ліктьової кістки – ліктьовою – *ulnar*, L^U), S – подвійна петля

Ліва рука

1 2 3 4 5

Права рука

1 2 3 4 5

3. Визначте свій дельтовий індекс, що вказує на кількість три радіусів на обох руках, за формулою: $DI = L + 2S + 2W$. Запишіть результат, зважаючи на те, що: $0 \leq DI \leq 20$.

$DI =$

4. Визначте величину кута atd на своїй долоні. Для цього роздивіться рис. 7. Знайдіть біля основи 2-го та 5-го пальців руки пальцеві трирадіуси (a , d), і поставте там крапки. Поблизу браслетної складки знайдіть головний осьовий долонний трирадіус (t) і теж поставте крапку.

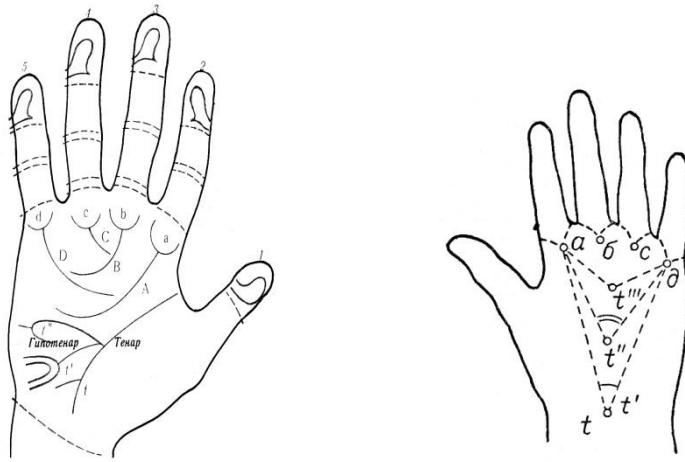


Рис. 7. Шкірні складки, візерунки та трирадіуси (місця, де немає ліній) долоні людини

5. Накрийте долоню шматком поліетилену й перенесіть на нього ці крапки. Позначте їх літерами a , d і t , з'єднайте лініями, за допомогою транспортира виміряйте величину кута atd (у нормі вона не повинна перевищувати 57°). Запишіть результат.

$\angle atd =$

6. Зробіть висновок щодо ваших дерматогліфічних особливостей.

Домашнє завдання

61. Дайте відповідь на питання. Якщо кожен із двох близнюків-шимпанзе має високі інтелектуальні здібності, чи можна стверджувати, що «розумність» шимпанзе зумовлена генами? Який експеримент потрібно провести з близнюками, щоб довести або спростувати такий висновок?

62. Знайдіть у першоджерелах і наведіть приклади етнічних особливостей дерматогліфічних візерунків.

Тема: Методи антропогенетики. Генеалогічний та цитогенетичний методи.

Підготовка до заняття

1 Вивчіть терміни: антропогенетика, брати й сестри єдинокровні та єдиноутробні, генеалогія, кузени, метод генеалогічний, пробанд, родовід, сибси, споріднення, успадковування, хвороби зі спадковою схильністю, шлюб, шлюб близькоспоріднених.

2. Питання для обговорення:

- 2.1. Генеалогічний метод. Правила побудови родоводів.
- 2.2. Основні типи успадковування ознак, критерії успадковування рідкісних генів.
- 2.3. Методика генетичного аналізу родоводу.
- 2.4. Цитогенетичний метод. Каріотип людини в нормі. Класифікація хромосом людини.
- 2.5. Використання генеалогічного і цитогенетичного методів у діагностиці спадкової патології людини

Література:

1. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін.; за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
2. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 325-350.
3. Медична генетика: Підручник / Кол. авт.; За ред. О. Я. Гречанінової, Р. В. Богатирьової, О. П. Волосовця. К.: Медицина, 2007. С. 268-400.
4. Торяник В.М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. С. 62-73.

Аудиторна робота**I. Тестовий контроль знань з теми.****II. Генеалогічний метод.**

1. Роздивіться символи, що використовуються для складання генеалогічного дерева (педігрі) (рис. 8).

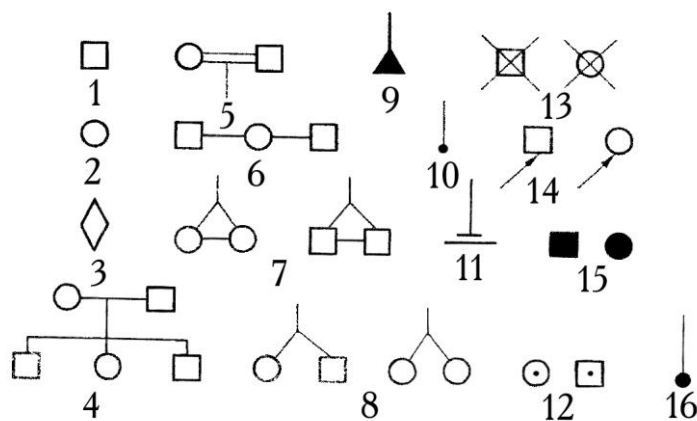


Рис. 8. Символи, що використовуються для складання генеалогічного дерева (педігрі):
 1 – особа чоловічої статі; 2 – особа жіночої статі; 3 – стать невідома; 4 – шлюб та діти (сибси); 5 – близько споріднений шлюб; 6 – двічі у шлюбі; 7 – монозиготні близнюки; 8 – дизиготні близнюки; 9 – викидень; 10 – аборт; 11 – бездітний шлюб; 12 – носій рецесивного гену; 13 – померлий; 14 – пробанд; 15 – хворий; 16 – мертвонароджений

2. Ознайомтеся з порядком проведення аналізу родоводу.

2.1. Перша дія – визначення, чи є ознака, характер успадкування якої потрібно встановити, домінантною, чи рецесивною. Для цього необхідно простежити ознаку у родоводі знизу вгору від кожного, у кого вона виявляється у фенотипі. Якщо кожний (!),

хто має ознаку, має хоча б одного з батьків з цією ж ознакою – ознака домінантна. Якщо хоча б один, хто має ознаку, має здорових батьків – ознака рецесивна.

У складних випадках, до прикладу, коли рецесивний ген, що викликає захворювання, часто зустрічається у популяції, у родоводі є багато хворих, і може трапитися так, що не буде хворого зі здоровими батьками. У цьому випадку успадковування набуває вигляду псевдомінімантного. Те ж може відбутися й при високій частоті родинних шлюбів.

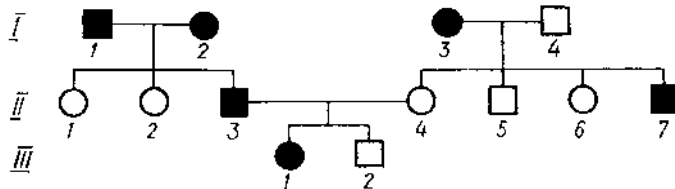
При неповній пенетрантності гену, що контролює ознаку, що цікавить дослідника, успадковування може набутися характеру рецесивного (ознака ніби «перестрибує» через покоління).

2.2. Друга дія – визначення, чи є ознака аутосомною, чи зчеплена з Х- або з Y-хромосомою. Для цього потрібно, по-перше, порівняти кількість хворих жінок і чоловіків у родоводі. Варто зазначити, що проводиться статистичне порівняння, а не просте арифметичне. По-друге, потрібно звернути увагу на характер передачі ознаки від матері та батька до дитини певної статі та навпаки (від матері до сина, від батька до доньки тощо). Якщо ознака у родоводі однаково часто зустрічається і серед жінок, і серед чоловіків, вона є аутосомною. Якщо частота прояву ознаки різна у чоловіків і у жінок, вона, з великою ймовірністю, є зчепленою з Х-хромосомою. Якщо ознака зустрічається лише у чоловіків та передається від батька до сина, вона є Y-зчепленою або голандричною.

Складнощі можуть виникнути при аналізі невеликих родоводів, коли Х-зчеплене домінантне успадковування може нагадувати аутосомно-домінантне. І навпаки, якщо ознака обмежена статтю (наприклад, подагра – аутосомна ознака, але серед гетерозигот хворіють тільки чоловіки), успадковування нагадує зчеплене зі статтю.

III. Розв'яжіть задачі:

63. Проаналізуйте родовід. Визначте тип успадкування ознаки й генотипи зазначених осіб: I,1; I,4; II,1; II,3; II,4; III,1; III,2. Оцініть ступінь ризику прояву ознаки у родині: а) II,3 та II,4.

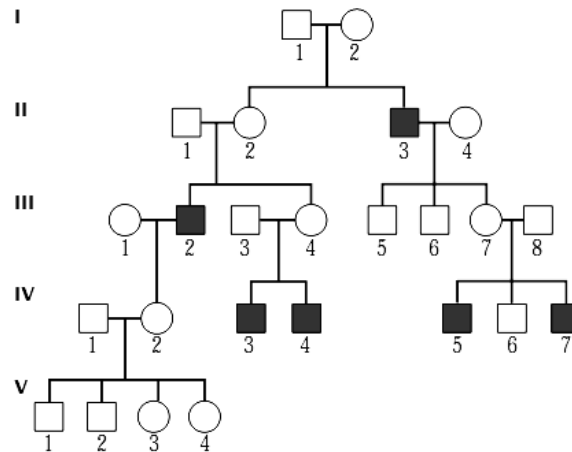


64. На рисунку наведено родовід, який ілюструє успадкування синдрому Ненсі-Горана, при якому у хворих спостерігається вроджена катаракта та аномальна форма зубів.

а) За родоводом встановіть найбільш ймовірний тип спадкування ознаки.

б) Якщо у подружжя III,7 та III,8 народиться ще одна дитина, то яка ймовірність, що вона буде здоровою?

в) Якщо 6 особи III,2 та III,7 побралися, то яка ймовірність того, що у них народилася б хвора дитина?



IV. Цитогенетичний метод.

Хромосомний набір людини складається з 23 пар хромосом та, відповідно, 24 груп зчеплення: 22 аутосоми та дві статеві хромосоми X і Y. За розміром і формою (Денверська класифікація) всі хромосоми людини поділяють на 7 груп (рис. 9):

I група (A): 1-3 пари; 1 та 3 – великі метацентричні хромосоми, 2 – великі субметацентричні;

II група (B): 4 і 5 пари – великі субметацентричні хромосоми;

III група (C): 6-12 пари і статеві X-хромосоми – середні субметацентричні хромосоми;

IV група (D): 13-15 пари – середні акцентричні хромосоми;

V група (E): 16-18 пари – малі субметацентричні хромосоми;

VI група (F): 19 і 20 пари – малі метацентричні хромосоми;

VII група (G): 21, 22 пари і статеві Y-хромосоми – малі акцентричні хромосоми.

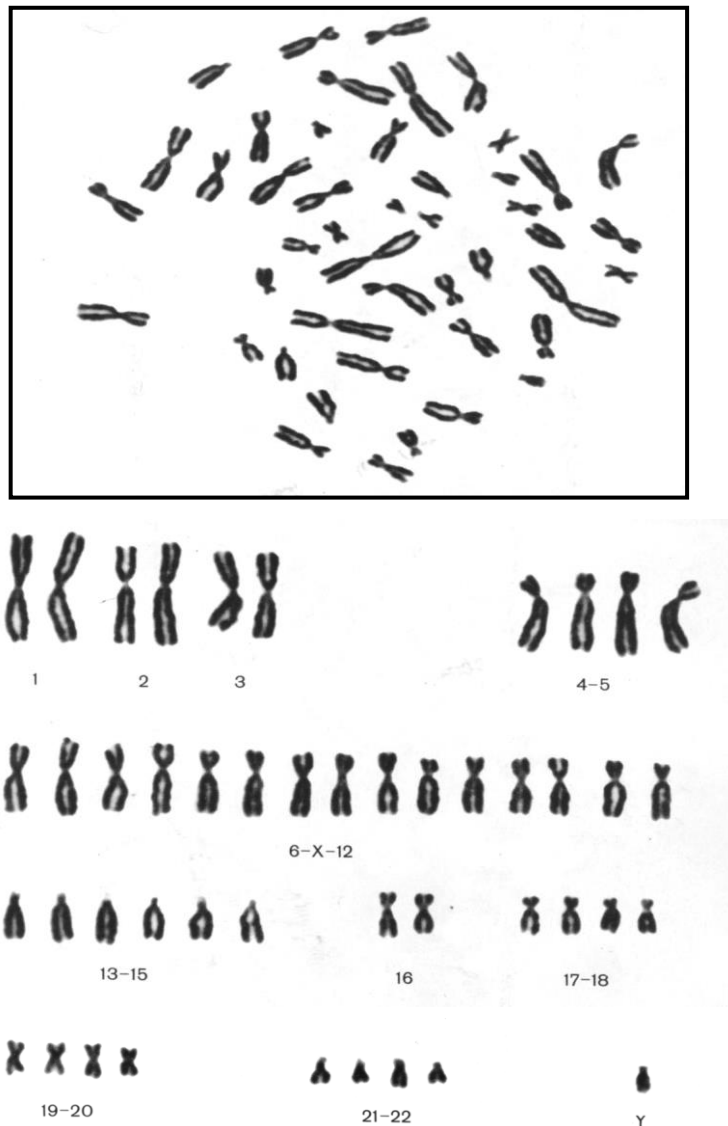


Рис. 9 Метафазна пластинка та каріограма хромосом людини

Практична робота 7. Каріотип людини в нормі та при його порушеннях.

Мета роботи: навчитися проводити аналіз каріограм метафазних пластинок людини та встановлювати патологію, що спричинена порушеннями каріотипу.

Матеріали та обладнання: мікрофотографія метафазної пластинки лімфоцитів людини, каріограми метафазних пластинок людини.

Завдання.

1. Роздивіться мікрофотографію метафазної пластинки людини з нормальним каріотипом та її каріограму (рис. 9).

2. Розгляньте каріограму метафазної пластинки людини з порушенням каріотипу. Підрахуйте загальну кількість хромосом, кількість хромосом кожної групи. Роздивіться морфологію хромосом кожної групи.

HO4010



3. Визначте і запишіть каріотип, стать та назву хромосомної патології людини. Коротко опишіть поширеність, етіологію, методи діагностики цієї патології.

Каріотип: _____

Стать: _____

Назва хромосомної патології: _____

Характеристика патології: _____

4. Зробіть висновок згідно мети практичної роботи.

Домашнє завдання

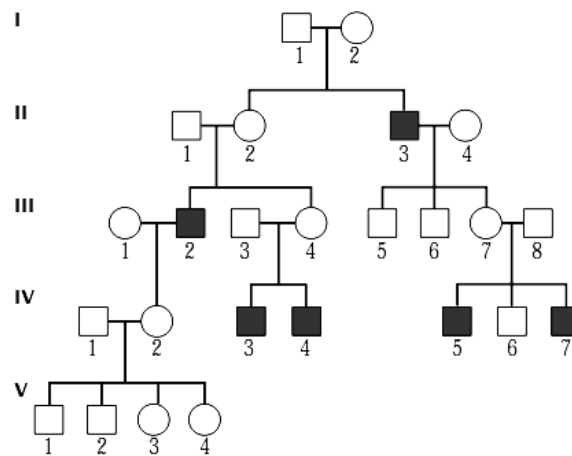
65. Пробанд страждає нічною сліпотою. Його два брати теж хворі. По лінії батька пробанда хворих не було. Мати пробанда хвора. Дві сестри і два брати матері пробанда здорові. Вони мають лише здорових дітей. По лінії матері відомо: бабуся хвора, дідусь здоровий; сестра бабусі хвора. Брат здоровий; прадідусь (батько бабусі) страждав нічною сліпотою, сестра і брат прадідуся були хворими; прадідусь хворий, його брат, який має хвору дочку і двох хворих синів, також хворий. Дружина пробанда, її батьки і родичі здорові.

Складіть родовід сім'ї, визначте характер успадкування ознаки, генотипи всіх членів сім'ї, ймовірність народження хворих дітей у родині пробанда.

66. На рисунку наведено родовід, який ілюструє успадкування синдрому Ненсі-Горана, при якому у хворих спостерігається вроджена катаракта та аномальна форма зубів.

- а) За родоводом встановіть найбільш ймовірний тип спадкування ознаки.
- б) Якщо у подружжя III-7 та III-8 народиться ще одна дитина, то яка ймовірність, що вона буде здоровою?

в) Якщо б особи III-2 та III-7 побралися, то яка ймовірність того, що у них народилася б хвора дитина?



67. У молодих здорових батьків (матері 25 років, батьку 27 років) народилася дитина, якій в пологовому будинку поставлений діагноз хвороби Дауна. Які обстеження слід провести для підтвердження діагнозу? Який відсоток ризику народження хворої дитини у цих батьків від наступної вагітності у випадку виявлення регулярної трисомії по 21 хромосомі у дитини?

Тема: **Добір. Форми і методи добору в селекції.****Підготовка до заняття**

1. Вивчіть терміни: вихідний матеріал, добір, добір природний, добір штучний, добір індивідуальний, добір масовий, лінія, ознака, ознака кількісна, ознака якісна, селекція, сорт.

2. Питання для обговорення:

2.1. Селекція як наука. Поняття про сорт, лінію, гібрид, клон, породу, штам.
Завдання сучасної селекції.

2.2. Методи селекції рослин.

2.3. Форми і методи добору у сучасній селекції.

2.4. Природний добір. Форми природного добору. Творча роль природного добору.

2.4. Штучний добір. Види штучного добору.

2.5. Що таке районування? Для чого його здійснюють?

Література:

1. Воробйова Л. І., Тагліна. О. В. Генетичні основи селекції рослин і тварин. Х.: Ранок, 2007. 224 с.

2. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К.: Вища шк., 1973. С. 220-251.

3. Лищенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 350-414.

4. Самигуллина Н. С. Практикум по селекции и сортоведению плодовых и ягодных культур: Учебное издание. Мичуринск: Издательство Мичуринского государственного аграрного университета, 2006. 197 с.

Теоретичні відомості

Природний добір – це процес диференційованого (невипадкового вибіркового) виживання і відтворення краще пристосованих організмів у природі. Об'єктами природного добору можуть бути окремі особи або їхні природні групи: види, надвидові групи, популяції, родини (Бровдій В.М., 2013).

Залежно від об'єкту природного добору розрізняють:

- *індивідуальний добір* - заснований на перевагах одних особин над іншими в боротьбі за існування, що забезпечує їх подальше життя і розмноження;

- *груповий добір* - зберігає ознаки корисні для всієї групи, хоча не завжди сприятливі для життя окремих особин.

Залежно від механізму дії природного добору виділяють такі форми: рушійна і стабілізуюча. Механізм дії рушійного добору пов'язаний із змінами норми реакції генотипу відповідно до змін умов середовища, полягає в збереженні корисних відхилень від середньої норми та призводить до формування нових пристосувань і видоутворення. Механізм дії стабілізуючого добору спрямований на збереження середнього значення ознаки чи властивості у відносно стабільних умовах середовища (Бровдій В.М., 2013).

В процесі еволюції видів у природі відбувається зміна однієї форми добору на іншу. Природний добір не тільки створює, але й підтримує різноманітність органічних форм.

Селекція – це наука про теоретичні основи та методи створення сортів рослин та порід тварин, штамів мікроорганізмів з потрібними людині властивостями. Теоретичною основою селекції є генетика – наука про закономірності спадковості та мінливості, а також еволюційне вчення – наука про причини, рушійні сили і закономірності еволюції живих організмів.

Сортом рослин називають створену шляхом селекції групу культурних рослин одного виду зі стійкими біологічними особливостями і господарсько-цінними властивостями, які проявляються при певних умовах вирощування.

Породою тварин називають сукупності сільськогосподарських тварин одного виду спільного походження із певними спадковими особливостями та господарсько-корисними ознаками, які стійко передаються нащадкам.

Штамом називають чисту культуру мікроорганізмів, виділену з певного джерела (грунт, вода або організм) чи одержану внаслідок мутацій. Від однієї клітини можна дістати різні штами, які відрізняються за біохімічними показниками, чутливістю до антибіотиків, інтенсивністю синтезу певних метаболітів тощо. Однак відмінності між штамами не виходять за межі виду.

Різноманітність порід тварин, так само, як і сортів рослин, показує широкі межі прояву визначених генотипом ознак, можливості виникнення нових ознак через мутації та суттєвість впливу модифікаційної мінливості на корисні для людини характеристики організмів. Більшість особин, що є представниками виведених людиною порід та сортів, за своїми ознаками надзвичайно віддалені від вихідних форм.

Основним прийомом, яким користувалася і користується людина, перетворюючи тварини і рослини для своїх потреб – це штучний добір. Цей прийом слугує основним інструментом, за допомогою якого людина здійснює еволюцію господарсько цінних форм. Саме штучний добір перетворює індивідуальні відхилення в господарсько цінні ознаки, які властиві цінним породам і сортам. Більшість інших селекційних методів спрямовано або на збільшення матеріалу для добору (штучний мутагенез, аутбридинг, поліплоїдія тощо), або на закріплення результатів добору (інбридинг, клонування тощо). Сучасна селекція використовує також такі прогресивні методи створення вихідного матеріалу як гаплоїдія, клітинна селекція, хромосомна й генна інженерія, гібридизація протопластів, культура зародкових і соматичних клітин і тканин рослин.

Штучний добір – це добір, який здійснює людина з метою подальшого розмноження організмів, які володіють потрібними людині властивостями та господарсько цінними ознаками. Штучний добір є історично першим методом селекції.

Оскільки людина створює шляхом штучного добору не тільки нові сорти рослин, породи тварин, штами мікроорганізмів, але й штучне середовище їх існування, елімінуюча дія зовнішнього середовища на такі організми зводиться до мінімуму. Треба враховувати, що повністю зняти вплив факторів зовнішнього середовища неможливо, тому штучний добір завжди протікає на фоні більш менш інтенсивного природного добору. Виділяють дві форми штучного добору – несвідомий і методичний.

Проміжне положення між штучним і природним добром займає *несвідомий штучний добір*. Чарльз Дарвін запропонував це поняття, щоб пояснити виникнення культурних рослин і свійських тварин ще в той час, коли людина не вміла здійснювати племінну селекційну роботу і не було ще навіть емпіричних правил роботи. Ч.Дарвін пояснює несвідоме перетворення диких видів в свійські породи і сорти тим, що людини прагнула зберегти на плем'я найбільш цінних в господарському відношенні особин, тоді як гірших використовували в їжу. Несвідомий добір відбувається повільно, але відносно історії людини, а не історії природи. З початку одомашнення несвідомий добір найбільш корисних людині тварин призводив до перетворення організмів – створення нових порід. Механізм несвідомого добору зводиться до вибіркової тих тварин, які недостатньо відповідають своєму призначенню, тобто вимогам, які пред'являє людина. Для несвідомого добору характерна простота прийомів, відсутність свідомої мети селекційної роботи.

На початку розвитку людства селекція відбувалася в основному у формі несвідомого добору. Сучасна селекція оперує *методичним добром* – селекцією організмів з метою отримання заздалегідь запланованого результату. Несвідомий добір не закінчився з виникненням методичного добору. Обидві форми добору існують, тобто несвідомий добір постійно супроводжує не тільки методичний добір, але й просто розведення тварин і

вищого вирощування рослин. Усвідомлення мети селекції, а при виведенні нової породи (сорту) попередня розробка умов до неї, «ідеал породи», на наближення до якого ведеться добір і за ступенем наближення до якої оцінюється його результат, і відрізняє методичний добір від несвідомого.

Емпіричне застосування методичного добору почалося ще в стародавні часи, але в Європі його почали застосовувати тільки в XVIII ст. Тоді основними правилами тваринництва і методами виведення порід вважалося: 1) схрещування з кращими породами; 2) вплив біотехнічними заходами на фоні місцевих умов (клімату, корму, ґрунту); 3) тривалість розведення. Сам добір в арсенал свідомих прийомів ще не увійшов.

У 1760 р. відомий англійський тваринник Р. Беквел ввів три основні правила методичного добору: 1) необхідність розробки ідеї майбутньої породи; 2) застосування системи оцінки екстер'єра і розведення від кращого плідника (перспективних з точки зору розвитку породи самців), не зважаючи на ступінь спорідненості; 3) випробування плідників за якістю нащадків, яке полягає не тільки в оцінці індивідуальних якостей, а й в тому наскільки стійко вони передаються нащадкам.

Заслуга Ч. Дарвіна в теорії селекції полягає в тому, що він зрозумів значення добору – збереження господарсько цінних організмів. Дарвін показав, що добір зводиться в основному до двох основних заходів – власне добору (виявленню і збереженню кращих організмів, які відповідають певним стандартам) та підбору батьківських форм. Щоб почати добір у бажаному напрямку необхідно отримати індивідуальні відхилення фенотипу, спрямовані в необхідну сторону. При доборі по фенотипу відбираються генотипи, тобто ті спадкові особливості, які дають можливість даній ознаці проявитись в наступних поколіннях. Це принцип не тільки штучного, але й природного добору.

Відбираючи рослин або тварин з найбільш сильним вираженням корисної ознаки, селекціонер зберігає всі фенотипічні відхилення – мутації і комбінації, які підвищують пенетрантність і експресивність необхідної йому спадкової зміни. В результаті посилюється фенотипове вираження даної ознаки, що є проявом *накопичуючої ролі штучного добору*.

Штучний добір перш за все спрямований на максимальний розвиток господарсько важливих ознак, але корелятивна мінливість призводить до того, що інші ознаки організму змінюються відповідно з ознаками, які безпосередньо підлягають добору. В результаті весь організм поступово змінюється і порода (або сорт) стають іншими за багатьма ознаками. В цьому полягає творча роль штучного добору. Завдяки їй утворюються нові сорти рослин і породи тварин.

Спеціальні генетичні методи відіграють все більш помітну роль в селекції, дозволяючи аналізувати матеріал для добору і його результати.

Застосовуються вони і в тваринництві (наприклад, в створенні кольорових варіацій хутра норок, лисиць, соболів, нутрій).

У тваринництві і рослинництві прийнято розрізняти два основних принципи штучного добору: масовий і індивідуальний.

Масовий добір – це процес відбирання цілих груп організмів з потрібними властивостями. Масовий добір характеризується тим, що його ведуть зазвичай тільки за фенотипом і підбір плідників відсутній. Такий добір породи (сорт) не змінює, або змінює дуже повільно, але дозволяє підтримувати її властивості на належному рівні. Масовий добір більш ефективний в тому випадку, коли враховуються генетичні основи даної породи, тобто при усвідомленні того факту, що при доборі по фенотипу відбираються генотипи. Масовий добір по фенотипу – це основа, на якій повільно створювались місцеві породи і сорти як результат народної селекції (холмогорська порода ВРХ, ахалтекінська порода коней тощо). Основним недоліком цього методу є неможливість виключення впливу модифікаційної мінливості на формування ознак фенотипу. Окрім цього, подібні фенотипово особини можуть суттєво різнитися між собою за генотипом. Це дозволяє швидко вивести породи або сорти за рахунок високої кількості гетерозигот у потомстві від

ряду перших схрещувань. Генетична різноманітність особин при масовому доборі залишається доволі високою.

Індивідуальний добір – це відбір конкретних особин з потрібною ознакою, з більш повним урахуванням спадкових особливостей, що дозволяє виключити вплив модифікаційної мінливості. Аналізуючи потомство кожної особини окремо, можна з більшою точністю визначити, є певна ознака результатом реалізації генотипу чи на її формування вплинули умови, не пов'язані із спадковістю.

Індивідуальний добір в рослинництві застосовують для отримання чистих ліній організмів. В селекції перехреснозапильних рослин добір здійснюється таким же чином, як і в селекції тварин, — за оцінкою сімей та ліній – і застосовують специфічні форми індивідуального добору (метод половинок, індивідуально-сімейний і сімейно-груповий). Гетерозиготність рослин і їх постійне перезапилення створюють основу для ефективного проведення багаторазового індивідуального добору. В селекції рослин-самозапильників, де нащадки однієї особини являють собою чисту лінію, використовують одноразовий індивідуальний добір.

Основний принцип індивідуального добору в тваринництві – свідомий підбір пар плідників і оцінка їх за нащадками, формування в середині породи окремих ліній і родин. Під час селекції завжди прагнуть зробити породу такою, щоб вона являла собою достатньо чисельну групу особин, гомозиготну за основними породними ознакам і гетерозиготних за можливо більшою кількістю всіх інших генів. Збільшення гомозиготності намагаються не допускати, застосовуючи інбридинг разом з аутбридингом. В селекції тварин при індивідуальному доборі користуються двома методами: 1) оцінка плідника за нащадками протилежної статі (з метою встановлення стійкості передачі нащадкам таких господарсько цінних ознак як яйценосність курей, молочність ВРХ тощо); 2) метод сиб-селекції (з метою оцінки спадкових властивостей та добору за продуктивністю близьких родичів – братів або сестер (*sibling* – з англ. «брат-сестра»)).

Беручи до уваги, що фенотиповий прояв генотипу залежить від умов зовнішнього середовища, з метою більш повної оцінки генотипу створюють граничні умови середовища, тобто здійснюють *добір на селективному фоні*. Цей метод максимально виявляє спадкові властивості (норму реакції генотипу) організмів, що випробовуються. Наприклад, здійснювати добір на посухостійкість рослин необхідно у посушливих умовах, на морозостійкість – за низьких температур, на стійкість до хвороб – в умовах зараження тощо. Штучний добір також поділяють за способом відбору носіїв ознак. При *негативному доборі* усуваються особини з небажаними ознаками, при *позитивному* – виділяються особини з бажаними. *Модальний добір* спрямований на підтримання на сталому рівні корисних характеристик породи або сорту.

Внаслідок природного і штучного добору відбувається *дивергенція* – розходження ознак в організмів у ході їх еволюції в природі і культурі. При цьому з одного вихідного виду в природі може виникати кілька нових (рис. 13).

Кожен сорт рослин і кожна порода свійських тварин характеризуються своїми спадковими особливостями, морфологічними і фізіологічними ознаками, певною продуктивністю і нормою реакції на умови навколишнього середовища. Тобто, вони найповніше виявляють свою продуктивність та позитивні якості лише в певних умовах, для яких вони виведені.

Вчені у науково-практичних закладах всебічно досліджують властивості нових порід і сортів та перевіряють їх придатність до використання в певній кліматичній зоні, тобто здійснюють їхнє районування.

Районування – комплекс заходів, спрямованих на перевірку відповідності якостей тих чи інших порід або сортів до умов певної природної зони, що є необхідною умовою їхнього раціонального використання.

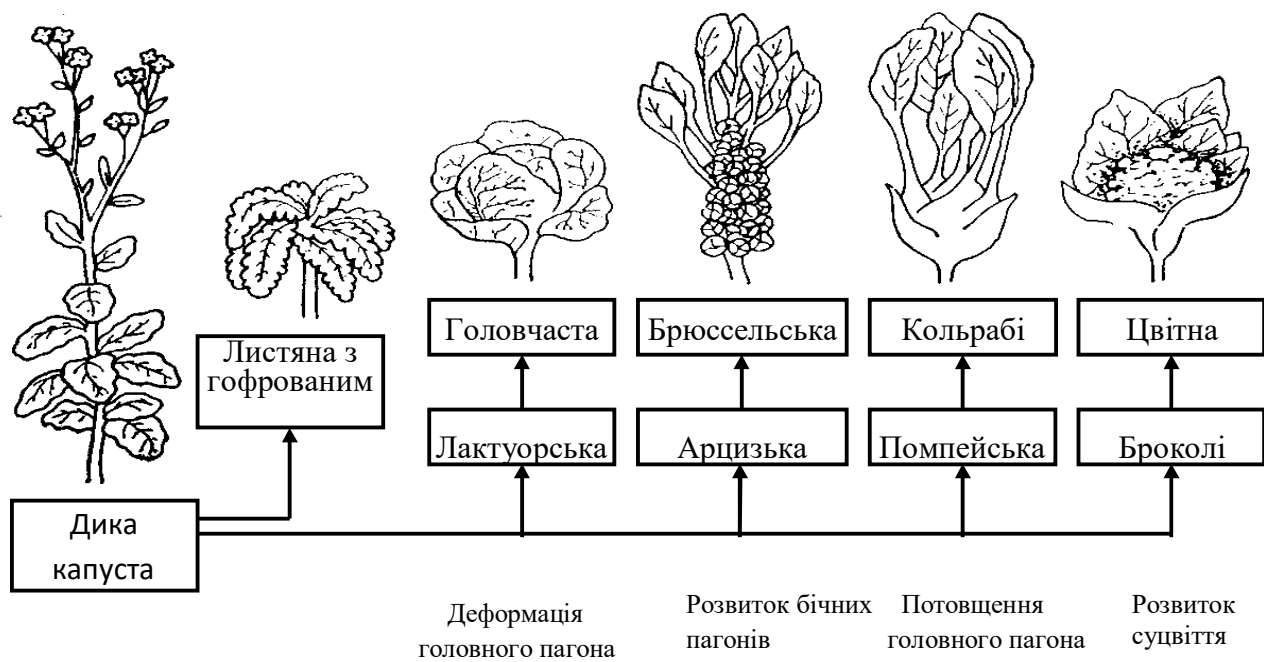


Рис. 13 Штучний добір: наслідки селекції капусти (дивергенція в культурі) (Лищенко І.Д., 1994)

Аудиторна робота

I. Тестовий контроль знань з теми.

II. Практична робота 8. Природний та штучний добір як методи селекції.

Мета: використовуючи теоретичний матеріал з'ясувати особливості природного та штучного добору як методів створення сортів культурних рослин та порід свійських тварин.

Завдання 1. Здійсніть порівняльну характеристику природного і штучного добору, результати запишіть у вигляді таблиці.

Ознаки	Добір	
	природний	штучний
Коротка характеристика форм добору		
Вихідний матеріал для добору		
Фактор добору		
Ознаки та властивості, що добираються		
Характер дії добору (спрямований, не спрямований)		
Тривалість		
Результати добору		
Форми добору (масовий, індивідуальний)		

Виконання завдання 1.

Завдання 2. Здійсніть порівняльну характеристику методів індивідуального та масового добору, результати запишіть у вигляді таблиці.

Ознаки	Штучний добір	
	індивідуальний	масовий
Коротка характеристика методів добору		
Підстави для добору		
Мета добору		
Недоліки		
Ефективність		

Виконання завдання 2.

Завдання 3. Зробіть висновок згідно мети практичної роботи.

Домашнє завдання

Здійсніть порівняльну характеристику за морфо-біологічним описом декількох сортів певного виду культурної рослини або декількох порід одного з видів свійських тварин.

Наприклад, опис сортів плодових та кущових ягідних культур здійснюється за такою формою:

- | | | | | |
|----|-----------|--------------|-----------------------------------|------|
| 1. | Культура. | Родина. | Підродина. | Рід. |
| | Вид | (обов'язково | вказувати українські та латинські | |
- назви).
2. Каріотип (плоїдність).
 3. Сила росту (висота рослини). Форма крони дерева (або габітус куща).
 4. Пагони: товщина, забарвлення, опушеність, шипуватість, околоченість, основні відмінні ознаки (положення відносно пагона, довжина, форма та забарвлення верхівкової бруньки).
 5. Листки: розмір і форма листової пластинки, інтенсивність зеленого забарвлення, опушеність, характер краю листка, наявність і форма прилистків, основні відмінні ознаки (довжина і забарвлення черешка).
 6. Квітки: антоціанове забарвлення пелюсток та зав'язі, основні відмінні ознаки (час початку цвітіння).
 7. Суцвіття: тип, довжина, кількість квіток.
 8. Плоди: розмір, форма, забарвлення, основні відмінні ознаки (час початку збирання плодів, коливання у розмірі плодів, врожайність, смакові якості плодів).
 9. Насіння: розмір, форма, забарвлення, основні відмінні ознаки (кількість насіння у плодах).
 10. Екологічна пластичність (стійкість до несприятливих умов вирощування, стійкість до ураження хворобами та пошкоджень шкідниками).

Виконання домашнього завдання.

Тема: Системи схрещувань організмів. Коефіцієнт гомозиготності.

Підготовка до заняття

1. Вивчіть терміни: вихідний матеріал, гетерозис, гібрид, гібридизація, гібридизація внутрішньовидова, гібридизація міжвидова, гібридизація соматична, добір, добір природний, добір штучний, добір індивідуальний, добір масовий, лінія, ознака, ознака кількісна, ознака якісна, селекція, сорт.

2. Питання для обговорення:

1. Гібридизація як метод селекції.
2. Інбридинг, види інбридингу, наслідки інбридингу. Коефіцієнт гомозиготності (або коефіцієнт інбридингу).
3. Аутбридинг, наслідки аутбридингу.
4. Гетерозису. Гетерозисна селекція.
5. Віддалена гібридизація. Як можна подолати безпліддя міжвидових гібридів?
6. Методи гібридизації у селекції рослин.
7. Методи гібридизації у селекції тварин.

Література:

1. Воробйова Л. І., Тагліна О. В. Генетичні основи селекції рослин і тварин. Х.: Ранок, 2007. 224 с.
2. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К. : Вища шк., 1973. С. 220-251.
3. Лишенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. С. 350-414.

Теоретичні відомості

Успішність селекції залежить не тільки від форми штучного добору, але й від правильного підбору батьківських форм та застосування тієї чи іншої системи схрещування організмів (гібридизації).

Гібридизація – метод селекції, що полягає в отриманні організмів з потрібними властивостями шляхом постановки системи схрещувань.

Гібридизація можлива у межах одного виду (внутрішньовидова гібридизація) і між особинами різних видів або родів (віддалена гібридизація).

Розрізняють дві основні системи *внутрішньовидових схрещувань*:

- близькоспоріднені схрещування (або інбридинг) проводять між особинами, які в тому чи іншому ступені є родичами (мають спільних предків протягом попередніх шести поколінь);
- неспоріднені схрещування (або аутбридинг) – це схрещування найбільш генетично віддалених партнерів: організмів одного виду, що належать до однієї породи або сорту (внутрішньопородне або внутрішньосортowe), до різних порід або сортів (міжпородне або міжсортowe).

Внутрішньовидові схрещування легко здійснюються і дають фертильне потомство, яке являє сукупність особин з найрізноманітнішими комбінаціями генів і є добрим вихідним матеріалом для проведення штучного добору.

Близькоспоріднені схрещування у селекції рослин застосовують для отримання чистих ліній, а в селекції тварин – для виявлення носіїв летальних і напівлетальних генів, при розведенні тварин по лініях та створенні нових порід. Розведення створених порід або сортів «в собі», тобто без привнесення інших генотипів (генетична ізоляція) – один з важливих принципів селекційної роботи. При цьому з кожним поколінням підвищується гомозиготність нащадків за багатьма генами, спостерігається ослаблення або виродження нащадків внаслідок переходу в гомозиготний стан рецесивних летальних та сублетальних генів. В результаті тривалого інбридингу виникає *інbredна депресія* — зниження життєздатності та продуктивності особин.

Ступінь інбридингу (спорідненості) тварин встановлюють за родоводом. Найбільш зручним є звичайний або табличний родовід, який являє собою розграфлену сітку з рядами предків. Її будують на 3-4 ряди предків і розділяють на дві половини – материнську (ліворуч) і батьківську (праворуч). В першому ряду записують дані про батьків (батько і мати), в другому про чотирьох предків (бабусь та дідусів), у третьому – про вісьмох предків (прабабусь і прадідусів).

Німецький вчений А.Шапоруж запропонував при визначенні ступеня інбридингу римськими цифрами позначати покоління (ряди предків), рахуючи батьківське як перше, дідівське як друге і т.д. Якщо загальний предок повторюється і в материнській, і в батьківській частині родоводу, спочатку позначається його зустрічальність в материнському родоводі, а через рисочку – в батьківському. Якщо загальний предок зустрічається лише в одній половині родоводу, то в іншій половині (від тире) записують нуль, наприклад 0-III. Якщо загальний предок в материнській і батьківській половині родоводу зустрічається декілька разів, тоді ряди однієї половини родоводу розділяють комою, наприклад III, III – IV, V.

Розрізняють такі ступені інбридингу:

- 1) дуже тісний інбридинг (кровозмішення) (II-I, I-II, II-II);
- 2) тісний (близький) інбридинг (II-III, III-II, I-III, III-I);
- 3) помірний інбридинг (III-IV, IV-III, IV-IV, III-III);
- 4) віддалений інбридинг (V-IV, V-V, V-VI і далі).

Метод А. Шапоружа є найбільш простим, але дає наближене уявлення про ступінь інбридингу, не відображає генетичних наслідків інбридингу. Тісний інбридинг викликає швидке збільшення гомозиготності нащадків, а помірний – підвищує її в незначному ступені, але віддаляє інбредну депресію.

Показник, що характеризує збільшення гомозиготності нащадків внаслідок близькоспорідненого схрещування, називається *коефіцієнт гомозиготності* або *коефіцієнт інбридингу*. Його можна розрахувати за формулою С. Райта-Д.Кисловського: $F_x = \frac{\sum [(0,5)^{n+n_i-1} \times (1+f_a)]}{n} \times 100$,

де F_x – коефіцієнт інбридингу пробанда, %;

Σ – знак суми для випадку комплексного інбридингу (за декількома предками);

0,5 – частка спадкової інформації, яку пробанд отримує від кожного предка;

n – ряд родоводу, в якому зустрічається загальний предок по материнській лінії;

n_i – ряд родоводу, в якому зустрічається загальний предок по батьківській лінії;

f_a – коефіцієнт інбридингу для загального інбредного предка.

Якщо в родоводі зустрічається лише один загальний предок (простий інбридинг), то коефіцієнт інбридингу дорівнює $0,5^{n+n_i-1}$ (друга частина формули при розрахунках не враховується).

За Д. Кисловським інбридинг вважається дуже тісним (кровозмішення) при значеннях коефіцієнта інбридингу 25% і більше, тісним (близьким) – від 12,5% до 25%, помірним – від 1,55 до 12,5%, віддаленим – менше 1,55%.

Для полегшення роботи з обчислення F_x зручно користуватися приведеними нижче даними про різні ступені частки спадкової інформації:

$0,5^1 = 0,5$	$0,5^6 = 0,001563$
$0,5^2 = 0,25$	$0,5^7 = 0,0078125$
$0,5^3 = 0,125$	$0,5^8 = 0,00391$
$0,5^4 = 0,0625$	$0,5^9 = 0,001193$
$0,5^5 = 0,03125$	$0,5^{10} = 0,00078125$

Неспоріднені схрещування використовується у селекції для об'єднання цінних спадкових властивостей різних ліній, сортів або порід і для пригнічення інбредної депресії. Ця система схрещувань в тваринництві служить методом промислового розведення з метою отримання гібридних нащадків, які відзначаються високою продуктивністю, але не можуть бути використані для племінних цілей.

Неспоріднене схрещування порівняно із близькоспорідненим призводить до протилежних наслідків: підвищення гетерозиготності нащадків; пригнічення шкідливих рецесивних генів, які були в батьківських форм у гомозиготному стані. В результаті схрещування неспоріднених особин гібриди першого покоління мають більші розміри, підвищену життєздатність та продуктивність, стійкість до хвороб тощо (явище *гетерозису*).

Віддалена гібридизація – це схрещування представників різних видів (міжвидова) або навіть родів (міжродова) із одержанням міжвидових і міжродових гібридів з метою поєднання в генотипі гібридних нащадків цінних спадкових ознак різних видів або родів. Як правило, у природі віддалена гібридизація неможлива, однак існує ряд винятків. Для зубатих китів (*Odontoceti*) відомі випадки міжродових гібридів. Вже за 2 тис. років до н.е. існували мули – міжвидові гібриди осла (*Equus asinus asinus*) і кобили (*Equus ferus caballus*), які володіють цінними для людини характеристиками – висока витривалість, фізична сила та подовжена тривалість життя порівняно з батьківськими формами.

Міжвидовий гетерозис проявляється і практично використовується в селекції рослин і тварин. Однак, віддалена гібридизація домашніх тварин менш ефективна, ніж рослин. Міжвидові гібриди тварин часто бувають безплідними, оскільки порушено мейоз і утворення гамет (батьківські негомологічні хромосоми під час мейозу не здатні кон'югувати). Але в деяких випадках віддалена гібридизація супроводжується нормальним злиттям гамет, звичайним мейозом і подальшим розвитком зародка, що дозволило отримати деякі породи, що поєднують цінні ознаки обох використаних у гібридизації видів. Наприклад, м'ясна порода ВРХ Санта-гертруда, стійка проти захворювань і невибаглива до пасовищ, створена шляхом схрещування зебу (*Bos taurus indicus*) з шортгорнами (порода ВРХ) в США.

Аудиторна робота

I. Тестовий контроль знань з теми.

II. Практична робота 9. Внутрішньовидова та віддалена гібридизація як методи селекції.

Мета: закріпити знання про методи внутрішньовидової та віддаленої гібридизації рослин і тварин, навчитися здійснювати аналіз табличних родоводів, виявляти родинні зв'язки та розраховувати коефіцієнт гомозиготності (або коефіцієнт інбридингу).

Завдання 1. Здійсніть порівняльну характеристику методів внутрішньовидової та віддаленої гібридизації, результати запишіть у вигляді таблиці:

Ознаки	Системи схрещувань	
	Внутрішньовидова гібридизація	Віддалена гібридизація
Ступінь спорідненості відібраних батьківських особин для схрещування		
Мета здійснення таких схрещувань		
Позитивні наслідки		
Негативні явища		
Коротка характеристика видів схрещувань		

Виконання завдання 1.

Завдання 2. Здійснити порівняльну характеристику методів віддаленої гібридизації рослин і тварин, результати записати у вигляді таблиці:

Ознаки	Методи селекції	
	Віддалена гібридизація рослин	Віддалена гібридизація тварин
Методи подолання несхрещуваності		
Причини безпліддя віддалених гібридів		
Методи подолання стерильності віддалених гібридів		
Приклади віддалених гібридів		
Значення для селекції та сільського господарства		
Ефективність		
Коротка характеристика методів		

Виконання завдання 2.

Завдання 3. Зробіть висновок згідно мети практичної роботи.

Домашнє завдання

Розрахуйте коефіцієнт інбридингу для пробанда за формулою С. Райта-Д. Кисловського та коефіцієнт ступеня спорідненості за А. Шапоружем, використовуючи наступні табличні родоводи.

1) Табличний родовід кобили Ріксаліна:

М Рісла				Б Расим			
ММ Рісала		БМ Берк		МБ Рима		ББ Разім	
МММ Ріда	БММ Месауд	МБМ Букра	ББМ Сейгал	ММБ Ріда	БМБ Астрал	МББ Рісала	БББ Фейсал

2) Табличний родовід корови Вега 1265:

М Лебідка 2315				Б Антей 1998			
ММ Лівія 2211		БМ Алекс 9061		МБ Поема 7434		ББ Алекс 9061	
МММ Лобода	БММ Вулкан	МБМ Лобода	ББМ Апогей	ММБ Пижма	БМБ Майор	МББ Лобода	БББ Апогей

3) Табличний родовід корови Лоза 9842:

М Ветка 971				Б Політ 1238			
ММ Вісла		БМ Соболь		МБ Малинка		ББ Пілот	
МММ Вібра	БММ Пілот	МБМ Румба	ББМ Світоч	ММБ Мошка	БМБ Ідеал	МББ Поема	БББ Дєвон

4) Табличний родовід кнура Леопард 2897:

М Тайга 6338				Б Леопард 3995			
ММ Тайга 6932		БМ Дельфін 7254		МБ Чарівниця 3764		ББ Леопард 3985	
МММ Тайга 6032	БММ Самсон 8621					МББ Тайга 7700	БББ Леопард 3433
ММММ Тайга 8038	БМММ Леопард 681						
						МБББ Тайга 5204	ББББ Леопард 681

Порівняйте ефективність двох методів: визначення ступеня інбридингу за А. Шапоружем і розрахунку коефіцієнта інбридингу за С. Райтом- Д. Кисловським.

Приклад виконання завдання

Розрахувати коефіцієнт інбридингу та ступінь спорідненості півня №1401 за родоводом.

Табличний родовід півня №1401:

М № 1428				Б №1418			
ММ №1407		БМ №2503*		МБ №1317		ББ №2503*	
МММ №1215*	БММ №1908	МБМ №1220*	ББМ №3904	ММБ №1215*	БМБ №2441	МББ №1220*	БББ №3904

Загальними предками півня №1401 є курки №1215 і №1220 та півень №2503 (вони позначені зірочками).

Використовуючи формулу С.Райта–Д.Кисловського, одержимо, що коефіцієнт інбридингу у півня №1401 складає 28,125%.

$$F_x = (0,5)^{2+2-1} + (0,5)^{2+2-1} + (0,5)^{3+3-1} \times 100 = (0,5)^3 + (0,5)^3 + (0,5)^5 \times 100 = (0,125 + 0,125 + 0,03125) \times 100 = 28,125\%.$$

Значення коефіцієнту інбридингу свідчить, що за даного ступеня спорідненості у поколінні, до якого належить півень №1401, гомозиготність зросла на 28,125% порівняно з вихідними формами.

За А. Шапоружем спорідненість за предками №2503 і №1220 записують II-II (кровозмішення), а за предком №1215 – III-III (помірний інбридинг). Згідно коефіцієнту інбридингу півень №1401 був виведений з використанням дуже тісного інбридингу (більше 25%).

Виконання домашнього завдання

СПИСОК ДОДАТКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адріанов В. Л. Збірник задач з генетики: збірник/ за заг. ред. д.п.н., проф. В. В. Вербицького. Київ, «НЕНЦ», 2017. 95 с.
2. Афанасьєва К. С., Рушковський С. Р. Олімпіадний мінімум. Генетика та молекулярна біологія. Х.: Вид група «Основа», 2012. 189 с.
3. Барна М. М. Біологія. Задачі та розв'язки: навч. посібник. 5-те вид. Тернопіль: Мандрівець, 2008. 348 с.
4. Воробйова Л. І., Тагліна. О. В. Генетичні основи селекції рослин і тварин. Х.: Ранок, 2007. 224 с.
5. Генетика з основами селекції / Стрельчук С. І., Демидов С. В., Бердишев Г. Д., Голда Д. М.. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. 292 с.
6. Генетика: підручник / А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін. / за ред. А. В. Сиволоба. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 320 с.
7. Голда Д.М., Демидов. С. В., Решетняк Т. А. Задачі з генетики. Київ: Фітосоціоцентр, 2004. 116 с.
8. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К.: Вища шк., 1973. 272 с.
9. Загальна та молекулярна генетика. Практикум / С.В. Демидов, В.Ф. Безруков, А.В. Сиволоб та ін. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 240 с.
10. Кандиба Н.М. Генетика: Курс лекцій: Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2013. 397 с.
11. Крижановська М. А. Збірник задач і вправ з генетики. Тернопіль : Вид-во ТНПУ, 2009. 84 с.
12. Лагутенко О. Т., Чепурна Н. П. Генетика з основами селекції: лабораторний практикум. К.: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2017. 160 с.
13. Лановенко О. Г. Словник-довідник основних понять з генетики, цитології та селекції. Херсон: Айлант, 1999. 165 с.
14. Лановенко О. Г. Генетика: навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни (для студентів біологічних спеціальностей університетів). Херсонський державний університет Інститут біології, географії і екології. 2015. 140 с.
15. Лановенко О. Г., Чинкіна Т. Б. Від молекул нуклеїнових кислот до людини / Генетичні задачі з методикою розв'язання: Навчально-методичний посібник. 2-е вид, доповнене та перероблене. Херсон: Айлант, 2005. 156 с.
16. Лищенко І. Д. Генетика з основами селекції. К.: Вища шк., 1994. 416 с.
17. Маруненко І. М., Неведомська Є. О. Основи генетики: навч.-метод. посіб. з питань проведення практичних і самостійних робіт. 5-те вид., перероб. і доп. К.: Київськ. ун-т імені Бориса Грінченка, 2014. 57 с.
18. Маруненко І. М., Неведомська Є. О., Бобрицька В. І., Сівєрс З. Ф. Основи генетики людини: навчальний посібник для студ. вищ. пед. навч. закл. К.: КМПУ, 2006. 170 с.
19. Марценюк М. Генетика: конспект лекцій. Миколаїв: МНАУ, 2015. 152 с.
20. Марценюк І. М. Селекція та насінництво. Курс лекцій. Миколаїв: МНАУ, 2014. 96 с.
21. Медична генетика: Підручник / Кол. авт.; За ред. О. Я. Гречанінової, Р. В. Богатирьової, О. П. Волосовця. К.: Медицина, 2007. 536 с.
22. Ніколайчук В. І., Вакерич Н. М. Генетика : підручник для студ. вищ. навч. закл. Ужгород: Гражда, 2013. 504 с.
23. Путинцева Г. Й. Медична генетика: підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. I–III рівнів акредитації. 2-ге вид. перероб. та доп. К.: Медицина, 2008. 391 с.

24. Ридли М. Геном: автобіографія виду в 23 главах. М.: Ексмо, 2008. 432 с.
25. Самигуллина Н. С. Практикум по селекции и сортоведению плодовых и ягодных культур: Учебное издание. Мичуринск: Издательство Мичуринского государственного аграрного университета, 2006. 197 с.
26. Сіренко А. Г. Лекції та задачі з генетики. Івано-Франківськ: Голіней О. М., 2018. 300 с.
27. Смирнов В. Г. Цитогенетика. М.: Высш. шк., 1991. 247 с.
28. Стрельчук С. Генетика з основами селекції. К.: Фітосоціоцентр, 2000. 292 с.
29. Терновська Т.К. Генетичний аналіз. Навчальний посібник з курсу «Загальна генетика». К.: Вид. дім Києво-Могилянська академія», 2010. 335 с.
30. Тимчик О. В., Маруненко І. М. Збірник задач з генетики людини: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ, 2016. 99 с.
31. Торяник В. М. Генетика. Збірник задач. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. 92 с.
32. Тоцький В.М. Генетика: підручник для студ. біол. спец. ун-ів: в 2-х т. О.: Астропринт, 2002. 712 с.
33. Храпунов С. М., Безруков В. Ф., Голда Д. М. та ін. Загальна і молекулярна генетика: Практикум. К. : Вища шк., 1995. 280 с.

Навчальне видання

Торяник Валентина Миколаївна

Робочий зошит

з «Генетики з основами селекції»

(для студентів спеціальностей

014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 091 Біологія)

Комп'ютерна верстка **Торяник В.М.**

Формат 60х84/8 Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 6,95.
Ум. фарб.-відб. 6,95. Обл.-вид. арк. 8,84.
Тираж 50 пр. Вид. № 30

Виготовлювач:
ФОП Цьома С.П.. 40002, м. Суми, вул.. Роменська, 100.
Тел.: 066-293-34-29.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
Серія ДК, № 5050 від 23.02.2016.