

**Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ»
(ПУЕТ)
Кафедра товарознавства продовольчих товарів**

С. О. Усенко

Генетика

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК
для самостійного вивчення дисципліни студентами
напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія» ПУЕТ

**Полтава
ПУЕТ
2014**

Автор: *С. О. Усенко*, к. б. н., доцент кафедри товарознавства продовольчих товарів ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі».

Рецензенти: *Г. О. Бірта*, д. с.-г. н., професор, завідувач кафедри товарознавства продовольчих товарів ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»;
А. М. Шостя, к. б. н., старший науковий співробітник, завідувач відділу фізіології відтворення та годівлі Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН.

Рекомендовано до видання, розміщення в електронній бібліотеці та використання в навчальному процесі на засіданні кафедри товарознавства продовольчих товарів ПУЕТ
_____ 2014 р., протокол № _____

Усенко С.О.

Генетика : навч.-метод. посібник. Для самостійного вивчення дисципліни студентами напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія» ПУЕТ / С. О. Усенко. – Полтава: ПУЕТ, 2014. - _____ с.

Відповідальні за зміст навчально-методичного видання автор, рецензенти та завідувач кафедри товарознавства продовольчих товарів *Г. О. Бірта*

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Навчальна програма дисципліни.....	6
Тематичний план дисципліни.....	7
Методичні рекомендації для самостійного вивчення дисципліни.....	8
Завдання для індивідуальної роботи з дисципліни.....	56
Методичні рекомендації і завдання для самостійної роботи з дисципліни....	62
Порядок і критерії оцінювання знань студентів.....	67
Список рекомендованих інформаційних джерел.....	92

Вступ

Метою навчально-методичного посібника є надання допомоги студентам в організації аудиторної та самостійної роботи над матеріалом дисципліни «Генетика».

Предметом дисципліни є вивчення закономірностей спадковості і мінливості у живих організмів та молекулярної організації генетичних процесів. Навчальна дисципліна «Генетика» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні загальної та неорганічної хімії, органічної хімії, аналітичної хімії, фізичної та колоїдної хімії, біохімії, загальної біології, біології клітини, загальної мікробіології та вірусології.

Дисципліна «Генетика» є базовою для напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія».

Мета дисципліни – надати майбутнім фахівцям-біотехнологам теоретичні знання та практичні навички з аналізу загально-генетичних та молекулярно-генетичних процесів і явищ у мікроорганізмів, рослин та тварин; розкрити їх значення у сучасному біотехнологічному процесі.

Одержання міцних знань з цієї дисципліни неможливе без систематичної самостійної роботи студентів над навчальними матеріалами, роботи в лабораторіях, кабінетах кафедри, на практичних заняттях і під час виконання самостійних завдань.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- матеріальні та молекулярні основи спадковості;
- закономірності успадкування та принципи спадковості;
- типи мінливості і причини її виникнення;
- генетичні процеси на рівні організму та популяції;
- структуру та функцію гена;
- молекулярну організацію генетичних процесів;
- механізми збереження, передачі та реалізації генетичної інформації; значення генетики як теоретичної основи селекції та біотехнології.

уміти:

- застосовувати основні положення загальної та молекулярної генетики у практичній діяльності;
- правильно спланувати генетичний експеримент та сформулювати робочу гіпотезу для пояснення отриманих результатів;
- встановити характер успадкування ознаки, кількість генів, що її детермінують, наявність взаємодії генів;
- встановити кількість груп зчеплення та локалізацію гена на хромосомі;
- будувати генетичні карти;
- встановлювати причинно-наслідкові зв'язки в будові і функціонуванні клітин і організмів, в їх взаємовідносинах та у взаємозв'язках з умовами зовнішнього середовища.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Змістовний модуль 1.

Закономірності успадкування ознак

Тема 1. Історичний розвиток генетики. Її місце серед інших наук. Методи генетики та її значення.

1. Історія розвитку генетики.
1. Основні генетичні поняття.
2. Методи генетичних досліджень.

Тема 2. Закони спадковості

1. Г. Мендель та його дослідження.
2. Закон одноманітності гібридів першого покоління, або закон домінування.
3. Закон розщеплення ознак.
4. Закон незалежного успадкування.
5. Закон чистоти гамет.
6. Цитологічні основи та статистичний характер законів спадковості.

Тема 3. Проміжний характер успадкування. Зчеплене успадкування. Хромосомна теорія спадковості

1. Проміжний характер успадкування.
2. Аналізуюче схрещування.
3. Летальні гени.
4. Зчеплене успадкування.
5. Генетичні карти хромосом.
6. Хромосомна теорія спадковості.

Тема 4. Генетика статі. Успадкування, зчеплене зі статтю. Властивості генів і особливості прояву їх ознак. Цитоплазматична спадковість.

1. Хромосомне визначення статі.
2. Співвідношення статей і його регуляція.
3. Успадкування, зчеплене з статтю.
4. Поняття про ген та генотип.
5. Взаємодія генів.
6. Цитоплазматична спадковість.

Змістовний модуль 2.

Мінливість. Основи селекції.

Тема 5. Роль генотипу і умов зовнішнього середовища у формуванні фенотипу. Закон гомологічних рідів спадкової мінливості.

1. Модифікаційна мінливість та її властивості.
2. Статистичні закономірності модифікаційної мінливості.

3. Спадкова мінливість та її види.
4. Мутації, їх типи та причини виникнення.
5. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості, його значення.

Тема 6. Генетика популяцій.

1. Генетична структура популяцій.
2. Закон Харді – Вайнберга.
3. Дрейф генів.

Тема 7. Основи селекції. Поняття про сорт, породу, штам. Штучний добір та його форми. Системи схрещувань організмів

1. Історія селекції.
2. Завдання і методи селекції.
3. Системи схрещування організмів та їхні генетичні наслідки.
 - 3.1. Гібридизація та її форми.
 - 3.2. Споріднене схрещування.
 - 3.3. Неспоріднене схрещування. Явище гетерозису.
 - 3.4. Віддалена гібридизація. Подолання стерильності міжвидових гібридів.

Тема 8. Центри різноманітності та походження культурних рослин, райони одомашнення тварин.

1. Центри походження і різноманітності культурних рослин.
2. Райони одомашнення і походження порід свійських тварин.

Тема 9. Особливості селекції рослин, тварин і мікроорганізмів

1. Особливості селекції рослин.
2. Особливості селекції тварин.
3. Особливості селекції мікроорганізмів.

Тематичний план дисципліни

№ з/п	Назва теми	Кількість годин за видами робіт			
		аудиторні лекції	позааудиторні прак	ІКР	СРС
<i>Змістовний модуль 1. Закономірності успадкування ознак</i>					
1	Історичний розвиток генетики. Її місце серед інших наук. Методи генетики та її значення.	2			
2	Закони спадковості	2			
3	Проміжний характер успадкування. Зчеплене успадкування. Хромосомна теорія спадковості	2			
4	Генетика статі. Успадкування, зчеплене зі саттю. Властивості генів і особливості	2			

	прояву їх ознак. Цитоплазматична спадковість.					
Змістовний модуль 2. Мінливість. Основи селекції.						
5	Роль генотипу і умов зовнішнього середовища у формуванні фенотипу	2				
6	Закон гомологічних рядів спадкової мінливості. Генетика популяцій.	2				
7	Основи селекції. Поняття про сорт, породу, штаб. Штучний добір та його форми. Системи схрещувань організмів	2				
8	Центри різноманітності та походження культурних рослин, райони одомашнення тварин.	2				
9	Особливості селекції рослин, тварин і мікроорганізмів	2				
Усього		18				

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовний модуль 1. Закономірності успадкування ознак

Тема 1. Історичний розвиток генетики. Її місце серед інших наук. Методи генетики та її значення.

Практичне заняття 1. Історичний розвиток генетики. Її місце серед інших наук. Методи генетики та її значення. Об'єкти генетичних досліджень (2 год)

Мета: розширити знання про генетику як науку, ознайомитись з основними генетичними поняттями та методами генетичних досліджень, ознайомитися з життєвим циклом *D. melanogaster*, умовами утримання мух в лабораторних умовах, статевим диморфізмом дорослих особин, фенотиповими характеристиками ліній дикого типу та мутаціями.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Генетика - відносно молода галузь біології. Датою її народження вважають 1900 рік, коли три ботаніки, які проводили досліди з гібридизації рослин - голландець Г. де Фріз, німець К. Корренс та австрієць Е. Чермак, незалежно один від одного знайшли забуту працю чеського дослідника Грегора Менделя «Досліди над рослинними гібридами», видану в 1865 році. Вчені були вражені тим, наскільки наслідки їхніх дослідів наближались до отриманих Г. Менделем. Згодом закони спадковості, встановлені Г. Менделем, сприйняли науковці різних країн, а ретельні дослідження довели їхній універсальний характер.

Назву «генетика» запропонував англійський учений У. Бетсон у 1906 році. Новий етап у розвитку генетики пов'язаний з ім'ям видатного американського

генетика Т.Х.Моргана та його учнів. Підсумком їхніх досліджень стало створення **хромосомної теорії спадковості**, яка вплинула на подальший розвиток не лише генетики, але й біології у цілому.

Елементарною одиницею спадковості є ген. Він кодує первинну структуру молекул поліпептиду, білка, певного типу РНК або ж взаємодіє з регуляторним білком. Гени, які несуть спадкову інформацію про певні ознаки (наприклад, розміри організмів, колір волосся, очей, форму плодів), можуть перебувати у різних станах (алелях).

Алельні гени можуть бути домінантними чи рецесивними. Алель, яка в присутності іншої завжди проявляється у формі кодованого нею стану ознаки, називається **домінантною**, а та, що не проявляється - **рецесивною**. Явище пригнічення прояву однієї алелі іншою називається **домінуванням**.

Сукупність генетичної інформації, закодованої в генах клітини або організму, називається **генотипом**. Унаслідок взаємодії генотипу з чинниками довкілля формується **фенотип** – сукупність усіх ознак і властивостей організму.

Термінологічний словник

Генетика – наука про закономірності спадковості та мінливості організмів.

Ген – це ділянка молекули нуклеїнової кислоти, яка визначає спадкові ознаки організмів.

Алельні гени – це гени, що перебувають у різних станах, але займають одне й те саме місце (*локус*) в хромосомах однієї пари (*гомологічних хромосомах*) та визначають різні стани певної ознаки (високий чи низький зріст, руде чи чорне волосся, блакитні чи карі очі, овальна чи куляста форма плоду тощо).

Генотип – сукупність генетичної інформації, закодованої в генах клітини або організму.

Фенотип – реалізація (зовнішній прояв) генотипу організму в конкретних умовах його існування.

Спадковість – це властивість живих організмів передавати свої ознаки й особливості онтогенезу потомкам, забезпечуючи спадкоємність поколінь організмів.

Мінливість – здатність живих організмів набувати нових ознак та їхніх станів у процесі індивідуального розвитку.

Запитання для поточного контролю знань

1. Генетика як наука, історія розвитку генетики.
2. Методи генетичних досліджень.
3. Основні об'єкти генетичних досліджень.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Ознайомитись з об'єктом генетичних досліджень *Drosophila melanogaster* та записати в зошит систематичне положення.

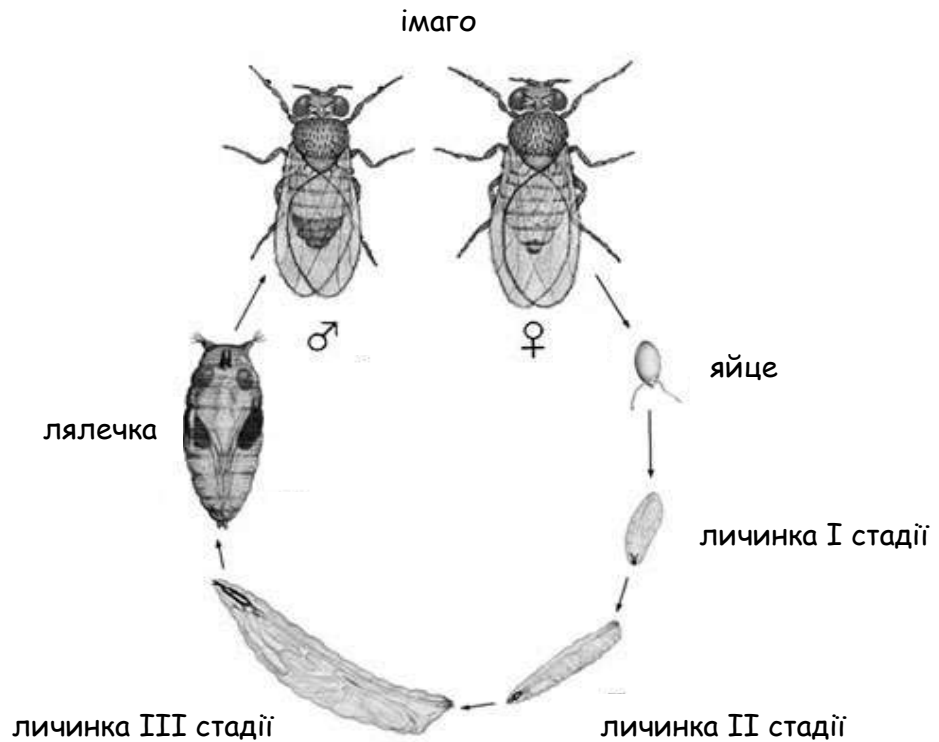


Рис. 1. Життєвий цикл *D. melanogaster*

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).

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 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 і 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 заміщуються 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.

Слід зазначити, 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.

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

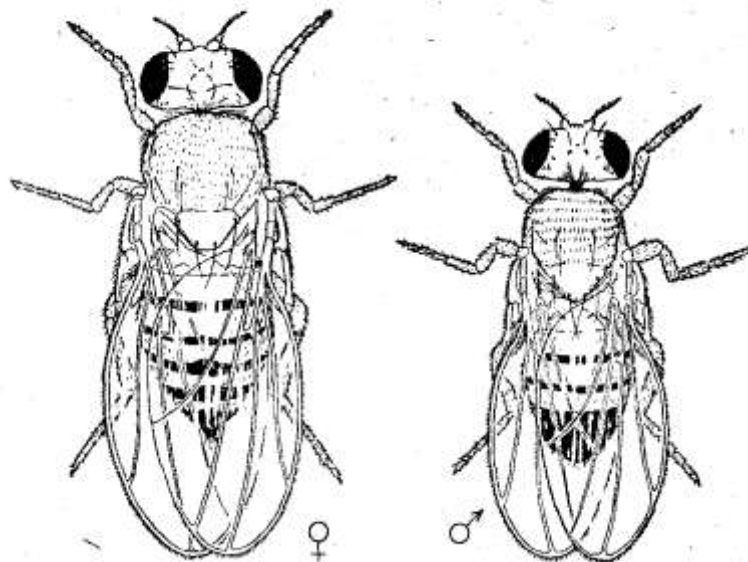


Рис. 2. Статевий диморфізм у дрозозфіли.

пігментовані значно слабше, ніж у самця (рис. 2). 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.

Завдання 2. Розглянути основні стадії розвитку дрозозфіли в пробірках з культурою. Знайти яйця дрозозфіли, личинок на різних стадіях та лялечки. Замалювати у зошит всі стадії розвитку мухи.

Завдання 3. Навчитися розрізняти стать дрозозфіли.

1. За допомогою ефіризатора приморити мух дикого типу.
2. Висипати на фільтрувальний папір наркотизованих мух та за допомогою пір'їнки розділити їх на самок і самців. Замалювати основні зовнішні відмінності самок від самців.
3. За допомогою пір'їнки пересипати мух на стінки пробірки, запобігаючи попаданню особин на середовище. Тримати пробірку з мухами у горизонтальному положенні до тих пір, поки мухи не прокинуться.
4. Записати ознаки статевого диморфізму у дрозозфіли.

Стать	Ознаки статевого диморфізму
Жіноча ♀	
Чоловіча ♂	

Завдання 4. Тести.

1. Визначте, який рік вважається роком народження генетики:
 - а) 1865; **б) 1900**; в) 1906; г) 1932.
2. Укажіть, що називається геном:
 - а) ділянка молекули нуклеїнової кислоти, що кодує одну амінокислоту в білку;
 - б) ділянка молекули нуклеїнової кислоти, яка визначає спадкові ознаки організмів;**
 - в) ділянка молекули нуклеїнової кислоти, яка забезпечує утворення третинної структури;
 - г) ділянка молекули нуклеїнової кислоти, яка здатна самостійно існувати в цитоплазмі клітини.
3. З'ясуйте, який метод ґрунтується на дослідженні особливостей каріотипу організму:
 - а) цитогенетичний;** б) гібридологічний; в) популяційно-статистичний;
 - г) близнюків; д) біохімічний.
4. Назвіть, який учений у 1909 році запропонував термін «ген»:
 - а) В. Йогансен;** б) М. Шляйден; в) Р. Броун; г) Р. Вірхов; д) К. Бер.
5. Виберіть метод, який полягає у вивченні родоводів організмів:
 - а) гібридологічний; **б) генеалогічний;** в) популяційно-статистичний;
 - г) близнюковий; д) біохімічний.
6. Виберіть методи, які належать до методів генетичних досліджень:

а) гібридологічний; б) генеалогічний; в) популяційно-статистичний; г) цитогенетичний; д) біохімічний; е) близнюковий.

7. Визначте, як називається наука про створення нових порід, сортів і штамів:
а) генетика; **б) селекція**; в) молекулярна біологія; г) теорія еволюція;
д) філогенія.

8. Зазначте, що вважається засновником гібридологічного методу генетичних досліджень:

а) Т. Морган; б) Е. Чермак; в) К. Корренс; **г) Г. Мендель.**

9. Назвіть вченого, який визнав залежність прояву ознак від впливу зовнішніх умов:

а) Ж.-Б. Ламарк; б) Р. Вірхов; в) К. Лінней; г) Т. Шванн; д) Г. Мендель.

10. Назвіть ученого, що започаткував вчення про мутації і ввів це поняття:

а) А. Вейсман; **б) Г. де Фріз**; в) Р. Вірхов; г) В. Йогансен; д) Р. Броун.

Матеріальне забезпечення заняття: пробірки з різними лініями дрозоділ, ефіризатор, біокулярні мікроскопи або лупи, фільтрувальний папір, пташине пір'я, таблиці, плакати, довідники, підручники.

Тема 2. Закони спадковості

Практичне заняття 2. Цитогенетичні основи спадковості.

Будова хромосом (2 год)

Мета заняття. Вивчити будову хромосом, їх типи та форми. Методи ідентифікації і класифікації.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що цитогенетика – одна із галузей генетики, що вивчає закони спадковості та мінливості на рівні клітини та її органел, що несуть спадкову інформацію. До них належать: ядро, мітохондрії, плазмиди та ін. В зв'язку з цим спадковість поділяється на ядерну та цитоплазматичну. Хромосоми знаходяться в ядрі клітини і їх можна бачити під мікроскопом при збільшенні до тисячі разів і в попередньо забарвленому стані. Основна маса спадкового матеріалу клітини знаходиться в її ядрі.

Спадковий матеріал зібраний в окремі тіла, що і носять назву хромосом. Це ниткоподібні тіла, специфічної форми та будови, за якими їх ідентифікують. Під мікроскопом хромосоми можна бачити на стадії метафази.

Термін «хромосома» запропонував В. Вальдейр в 1888 році. Одна хромосома – одна дволанцюгова молекула ДНК. Кожна хромосома має власну центроміру, тобто механічний центр який поділяє її на дві різні частини, завдяки чому вони дістають свою назву.

Залежно від розміщення (локалізації) центромери хромосоми поділяються на:

1) *телоцентричні* — це тип метафазної хромосоми коли центромера розташована майже на самому кінці;

2) *метацентричні* — хромосома має X-подібну форму, при якій центромера знаходиться всередині так, що плечі є рівними за довжиною;

3) *субметацентричні* — хромосома має X-подібну форму з центромерою, віддаленою від середньої точки так, що її плечі є нерівними за довжиною;

4) *acroцентричні* — центромера розташована дуже близько до одного з кінців хромосоми, тобто вона має плечі, що суттєво відрізняються за розмірами, маленькі плечі часто мають супутники.

Окрім того бувають хромосоми з первиною, вторинною перетяжкою, а також супутничі, коли до одного з країв приєднане потовщене тіло.

Цитогенетика має свої закони, які витікають із законів цитології та генетики.

1. Яким би складним не був організм він складається із клітин.

2. Всі обмінні процеси (фізіологічні і біохімічні) відбуваються в клітині.

3. Всі обмінні процеси відбуваються під контролем генів.

Хромосоми утримують генетичну інформацію, зберігають її протягом всього онтогенезу, передають її нащадкам.

Термінологічний словник

Цитогенетика – розділ генетики, що розглядає явища спадковості на клітинному рівні.

Хромосоми – структурний елемент клітинного ядра еукаріотів, який є основним носієм одиниць спадковості – генів.

Центромера – гетерохроматинова ділянка хромосоми, яка є місцем прикріплення «веретена поділу».

Запитання для поточного контролю знань

1. Цитогенетика.

2. Будова та основні властивості хромосом.

3. Класифікація хромосом.

4. Закони цитогенетики.

5. Значення хромосом в передачі спадкової інформації.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Користуючись підручниками, плакатами, вивчити будову, форми і типи хромосом зарисувати в зошит різні форми хромосом та заповнити таблицю:

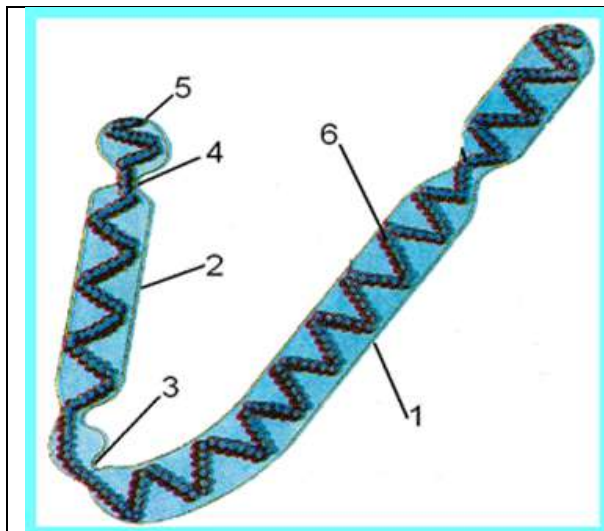
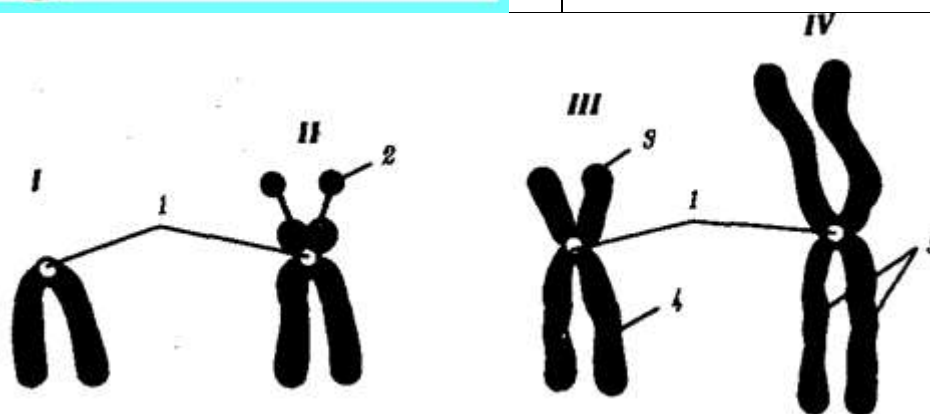


Схема будови метафазної хромосоми:

- 1 — довге плече;
- 2 — коротке плече;
- 3 — первинна перетяжка (центромера);
- 4 — вторинна перетяжка;
- 5 — супутник;
- 6 — хроматиди.



Форми хромосом:

- I — телоцентрична, II — акроцентрична,
- III — субметацентрична, IV — метацентрична
- 1 — центромера, 2 — супутник, 3 — коротке плече,
- 4 — довге плече, 5 — хроматиди.

Будова хромосоми

Компоненти хромосоми	Чим утворені	Значення
Хроматиди		
Первинна перетяжка		
Нуклеосоми		
Центромера		
Вторинна перетяжка		

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Практичне заняття 3. Каріотип (2 год)

Мета: навчитися аналізувати хромосомні набори незнайомих видів та проводити їх каріотипування.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Кількість хромосом в клітинах їх розміри і форма для кожного виду організмів сталі і слугують видовою специфічністю. Ядро соматичної клітини, як правило, має диплоїдний набір хромосом, із яких один принесений сперматозоїдом, а другий яйцеклітиною. Набір хромосом в гаметах гаплоїдний, а при заплідненні утворюється диплоїдний, тобто утворюється парний набір хромосом.

Щоб дослідити будову хромосом у різних тварин, зміни, які в них відбуваються, і різницю між ними, проводиться процес ідентифікації хромосом, який називається *каріотипуванням*. Така методика досить складна і потребує спеціальної підготовки і технологічного обладнання. Хромосоми ідентифікують за формою, яка визначається розміщенням центромери, наявністю вторинних перетинок, супутників тощо. Для дослідження беруть препарати крові чи клітин.

При вивченні структури хромосом застосовують два методи фарбування – тотальний і диференційний.

Препарати після фарбування фотографують і на відбитках визначають у першу чергу три основних параметри – центромерний індекс, плечовий індекс і відносну довжину.

Вирізані з фотографії аутосоми гаплоїдного набору розміщують зліва направо в порядку зменшення їх довжини, тобто будують *ідеограму*.

Крім того будується *каріограма* – розміщення гомологічних пар хромосом також зліва направо – у міру зменшення їх довжини. Статеві хромосоми розміщують в кінці каріограми.

Каріотип буває нормальним, коли в модальному класі клітин багатьох особин знаходиться стале число хромосом та аномальним, коли в модальному числі клітин окремих особин знаходиться нестандартне число хромосом.

Парні хромосоми називаються гомологічними, а різні пари – негомологічними. А тому говорять, що каріотип, наприклад, свині складається із 38 хромосом або 19 пар. Негомологічні хромосоми різняться своєю формою, будовою і тим, що утримують різну генетичну інформацію, тобто різні гени.

При вивченні каріотипу звертають увагу на відповідність нормі числа хромосом, їх будови, форми. Будь яке відхилення каріотипу від норми призводить до спадкових порушень та розвитку аномалій. На цьому заснований, так званий, амніоцентез, коли на відповідній стадії вагітності беруть із амніона рідину з клітинами зародка і досліджують їх каріотип. Якщо є відхилення від норми, зародок видаляють.

Описують каріотип на стадії метафази, коли всі хромосоми сконденсовані і їх чітко можна побачити під мікроскопом. Для отримання великої кількості клітин на стадії метафази клітини, що діляться, обробляють розчином колхіцину або колцеміду – речовинами, які блокують утворення веретена поділу, запобігаючи полімеризації білків тубулінів.

При побудові каріограм необхідно підрахувати загальну кількість хромосом і проаналізувати їх морфологію за розміром та положенням центромери. В каріограмах хромосоми розташовують від найбільших до найменших, розміщуючи гомологи поруч і нумеруючи хромосоми від першої до останньої. Інколи доцільно представляти хромосоми даного виду у вигляді ідіограми – схематичного зображення гаплоїдного набору хромосом організму, які розміщені в ряд у відповідності до їх розміру. Ідіограми використовують у подальшому для допомоги при ідентифікації хромосом даного виду.

Термінологічний словник

Відносна довжина хромосоми – відношення абсолютної довжини даної хромосоми до загальної довжини всієї хромосоми в гаплоїдному наборі.

Ідентифікація хромосом – визначення гомологічних пар хромосом за їх розміром, положенням центромери та співвідношення довжини плечей.

Каріотип – сукупність хромосом в ядрі з властивими їм морфологічними ознаками: величина, форма, кількість та ін.

Каріограма – розміщення гомологічних пар хромосом зліва направо – у міру зменшення їх довжини.

Плечовий індекс хромосоми – відношення довгого плеча хромосом до коротшого.

Центромерний індекс хромосоми – відношення довжини коротшого з двох плечей до довжини всієї хромосоми.

Запитання для поточного контролю знань

1. Каріотип. Його видова специфічність.
2. Гомологічні та негомологічні хромосоми.
3. Диплоїдний, гаплоїдний та поліплоїдний набори хромосом.
4. Ідентифікація хромосом.
6. Каріограма.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Розглянути приклад метафазної пластинки, каріограми та ідіограми представника родини айстрові міканії серцелисної (*Mikania cordifolia* WILLD).

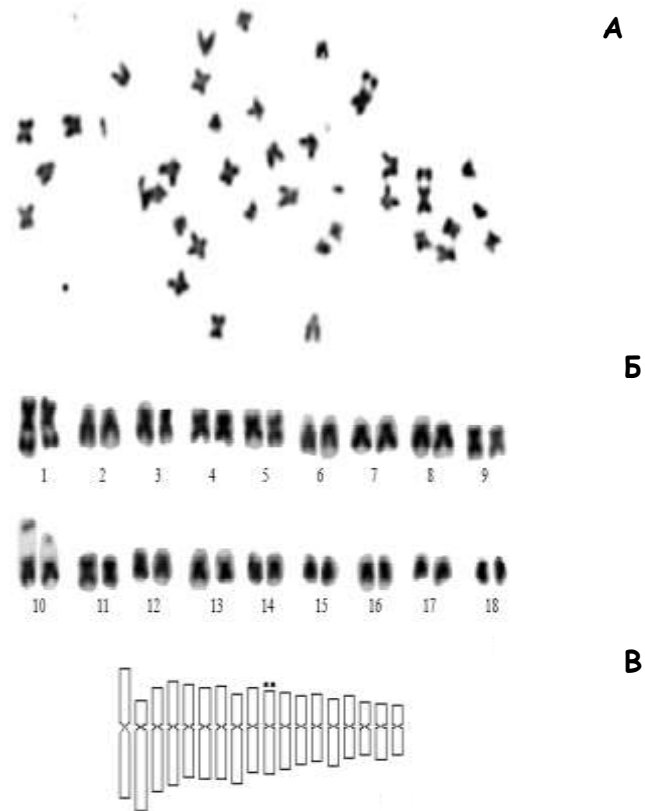


Рис 1. Метафазна пластинка (А), каріограма (Б) та ідіограма (В) представника родини айстрові міканії серцелисної (*Mikania cordifolia* WILLD).

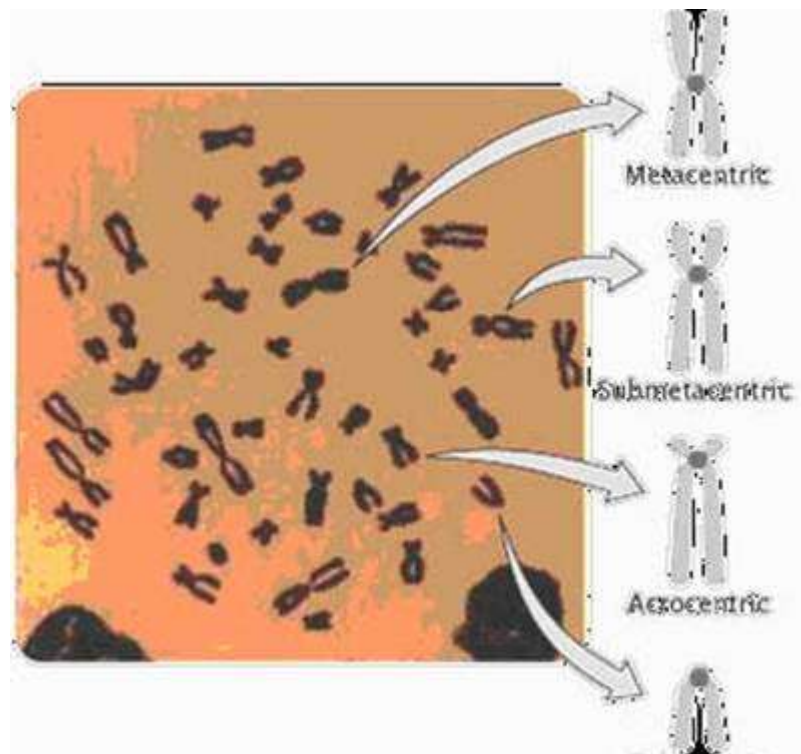


Рис 2. Ідентифікація хромосом за їхніми формами.

Завдання 2. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, записати дані в зошит за поданими формами:

<i>Набори хромосом у клітинах</i>	<i>Як позначають</i>	<i>Де знаходяться</i>
Гаплоїдний		
Диплоїдний		
Поліплоїдний		

<i>У диплоїдному наборі хромосом розрізняють:</i>		<i>Їхні характеристики</i>
1. Аутосоми	Негомологічні	
	Гомологічні	
2. Статеві хромосоми	Гетерохромосоми	

Завдання 3. Підрахувати кількість хромосом даного виду та охарактеризувати хромосоми щодо розміщення центромери.



Рис. 3. Метафазна пластинка з клітин кісткового мозку самця джунгарського хом'ячка.

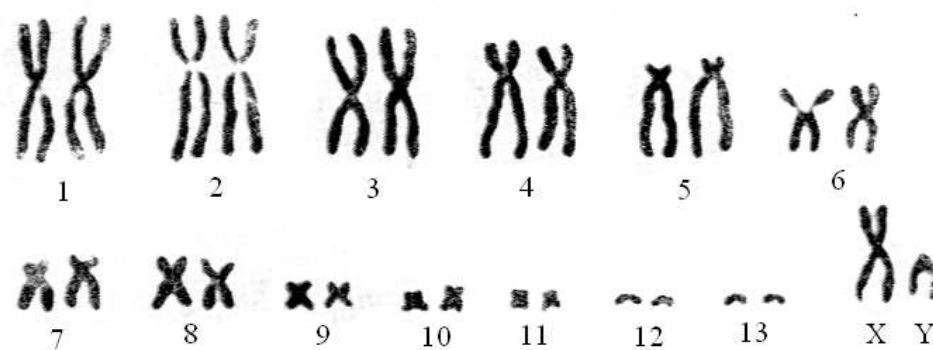


Рис. 4. Каріотип самця джунгарського хом'ячка X і Y – статеві хромосоми

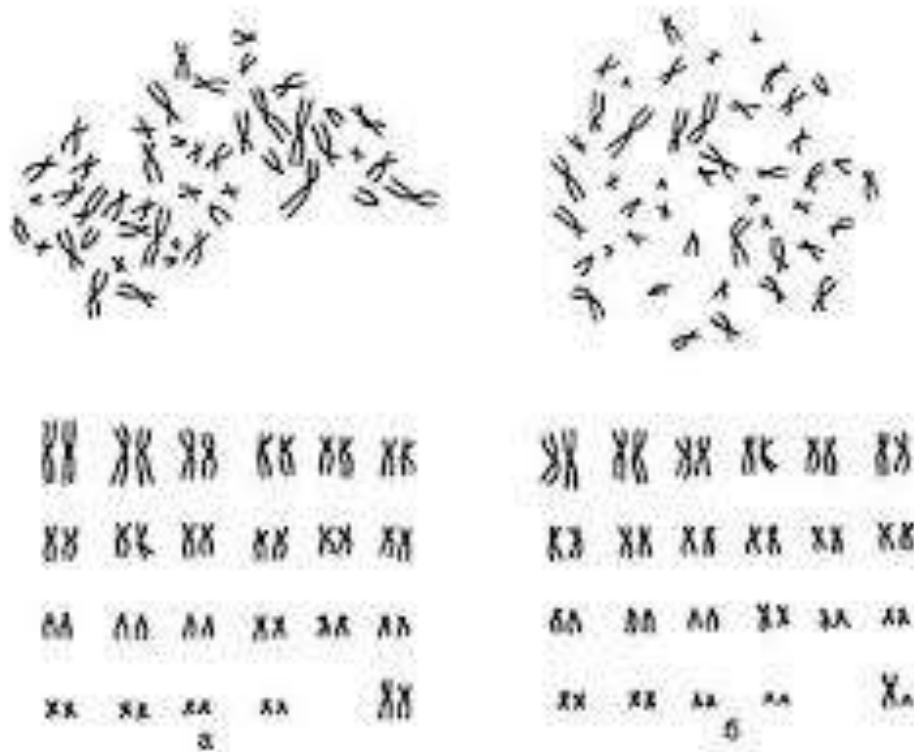


Рис. 5. Метафазна пластинка людини: а – жінка, б – чоловік

1. Уважно роздивитися метафазну пластинку та підрахувати кількість хромосом на ній.
2. За допомогою циркуля та лінійки виміряти довжину хромосом, вказати мінімальний та максимальний розмір.
3. За допомогою циркуля та лінійки виміряти розміри плечей хромосом, підрахувати кількість хромосом різного типу, занести дані у таблицю:

Кількість хромосом		
метацентричних	субметацентричних	ахроцентричних

4. По можливості розбити хромосоми за гомологічними парами.
5. Розрізати фотокартку на окремі хромосоми та наклеїти їх попарно (гомологічні хромосоми поруч) в порядку зменшення лінійного розміру.

Матеріальне забезпечення заняття: фотокартки метафазних пластинок хромосом різних видів тварин, циркуль, лінійка, ножиці, клей, таблиці, плакати, довідники, підручники.

Практичне заняття 4. Моногібридне схрещування (2 год)

Мета заняття. Вивчити закономірності успадкування ознак при схрещуванні особин, що різняться однією парою алелів і визначають якісну ознаку. Засвоїти генетичні позначення, терміни, формули розщеплення за фенотипом та генотипом. Навчитися розв'язувати генетичні задачі.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

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.

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

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

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

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

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

Взаємодія алельних генів може мати такий характер: повне домінування, рецесивність, неповне домінування, кодомінування. При повному домінуванні гетерозигота Aa за фенотипом тотожна гомозиготі AA. Ознака, яка детермінується рецесивним геном а, проявляється в гомозиготному стані (aa). При неповному домінуванні прояв ознаки у гетерозиготи Aa буває проміжним, тобто середнім між проявом ознак у гомозигот AA і aa. За умов такої взаємодії алельних генів гетерозиготу прийнято позначати так: $\overline{A}a$.

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

A – домінантний алель

a – рецесивний алель

P – батьківські організми (від латинського Parenta - батьки)

♀ - жіноча стать (дзеркало Венери)

♂ - чоловіча стать (стріла і щит Марса)

X – символ схрещування

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

F₁, F₂ – цифрами позначають порядковий номер гібридних нащадків.

У схемі схрещування генотип жіночого організму прийнято писати на першому місці (наприклад, P: ♀Aa × ♂Aa).

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

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

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

3. Спадкування визначених ознак простежується в кількох поколіннях.

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

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

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

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

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

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

Термінологічний словник

Алель – це один з можливих станів гена або одна з його варіацій.

Домінування (доміантність) – переважання в фенотипі гетерозиготного організму одного алеля (доміантного) над іншим (рецесивним) алелем того самого гена.

Рецесивність – пригнічення в фенотипі гетерозиготного організму одного алеля (рецесивного) іншим алелем (доміантним) того самого гена.

Чисті лінії – це генотипно однорідні нащадки однієї особини, гомозиготні за більшістю генів й одержані у результаті самозапліднення.

Гомозиготи – диплоїдна або поліплоїдна клітина (особина), гомологічні хромосоми якої несуть однакові алелі певного гена.

Гетерозигота – диплоїдна або поліплоїдна клітина (особина), гомологічні хромосоми якої містять різні алелі певного гена.

Моногібридне схрещування – схрещування організмів, які відрізняються між собою однією парою альтернативних (контрастних) ознак.

Неповне домінування – це явище, при якому доміантний ген неповністю пригнічує активність рецесивного алельного йому гена, і в потомстві спостерігається успадкування проміжної між батьківськими ознаки.

Запитання для поточного контролю знань

1. Гібридологічний метод в генетиці. Генетична символіка.
2. Закони Менделя.
3. Моногібридне схрещування.
4. Доміантні та рецесивні алелі і ознаки.
5. Гомозиготні та гетерозиготні особини.
6. Реципрокне, зворотне та аналізуюче схрещування.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Ознайомитись з загальними вимогами розв'язку задач

Загальні вимоги до розв'язку задач

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

2. Наявність схеми схрещування з дотриманням установленого порядку:

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

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

в) у третьому рядку після літери F записують через кому генотипи потомства (гібридів); при значній кількості гамет, а, отже, і генотипів;

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

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

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

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

Завдання 2. Ознайомитись з генетичними закономірностями, які треба пам'ятати при розв'язанні задач.

1. Якщо в парі один з алелів домінує, то домінуючий алель позначають великою літерою, а рецесивний — малою. Наприклад, **A** — ген домінуючої ознаки організму, **a** — ген рецесивної ознаки організму.

2. Різні гени позначають різними літерами.

3. **Гібрид** — це організм, одержаний від схрещування форм із різною спадковістю.

4. **Ознаки** — це окремі властивості, за якими один організм відрізняється від іншого.

5. Організм, гомологічні хромосоми якого містять однакові алелі того чи іншого гена, називають **гомозиготним** (позначають AA, aa), а організм, гомологічні хромосоми якого містять різні алелі, — **гетерозиготним** (позначають Aa).

6. Якщо при схрещуванні батьківських форм з однаковим фенотипом у їхніх нащадків спостерігається розщеплення ознак, то ці батьківські форми гетерозиготні.

7. Якщо при схрещуванні батьківських форм, які відрізняються фенотипно за однією парою ознак, з'являється потомство, у якого спостерігається розщеплення за тією самою парою ознак, то одна з батьківських особин була гетерозиготною, а друга — гомозиготною рецесивною.

8. Якщо при схрещуванні фенотипно однакових за однією парою ознак батьківських форм у F1 серед гібридів відбувається розщеплення ознак на три фенотипні групи у співвідношенні **1 : 2 : 1**, то це свідчить про проміжний характер успадкування ознаки (неповне домінування) і про те, що батьківські форми є гетерозиготними.

9. Якщо при схрещуванні двох фенотипно однакових батьківських форм у нащадків відбувається розщеплення ознак у співвідношенні **9 : 3 : 3 : 1**, то вони **дигетерозиготні**.

Завдання 3. Записати алгоритм розв'язання генетичних задач.

1. Визначте за умовами задачі (або малюнком) домінуючу і рецесивну ознаки.
2. Введіть буквені позначення домінуючої та рецесивної ознак.
3. Запишіть генотипи особин із рецесивною ознакою або особин із відомим за умовою задачі генотипом.
4. Запишіть, які гамети утворюють батьківські форми.
5. Складіть схему схрещування. Запишіть генотипи гібридів та їхні гамети в решітку Пеннета по горизонталі й вертикалі.
6. Запишіть генотипи нащадків у клітинах перетину.
7. Визначте співвідношення фенотипів у поколіннях.

Завдання 4. Ознайомтесь з прикладами розв'язування задач на успадкування менделюючих ознак.

Задача. У людини карі очі – домінуюча ознака, блакитні – рецесивна. Блакитноокий чоловік, батьки якого мали карі очі, одружився з кароокою жінкою, у батька якої очі були блакитні, а в матері – карі. Які очі можуть бути в їхніх дітей? Визначте генотипи всіх згаданих осіб.

		<i>Розв'язок</i>	
А – ген карих очей		Р	♀ Аа х ♂ аа
а – ген блакитних очей		Гамети	А, а а
♂ – аа		F ₁	Аа, аа
♀ – Аа			
Р – ?		F ₁ – ?	

Відповідь. Оскільки батьки чоловіка мали карі очі, обоє були гетерозиготами Аа. Генотип матері жінки може бути АА або Аа. У цьому шлюбі з рівною ймовірністю (по 50 %) можуть народитися діти і з карими (Аа), і з блакитними (аа) очима.

Завдання 5. Розв'яжіть задачі.

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

Відповідь: а) аа, б) Аа, АА

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

Відповідь: а) АА – А (1); б) Аа – А, а (2); в) аа – а (1).

2. У дрозофіл нормальна довжина крил є домінуючою ознакою, зачаткові крила - рецесивною. Яку довжину крил матиме потомство в першому і другому поколіннях від схрещування гомозиготних мушок з нормальною довжиною крил і мушок із зачатковими крилами?

Відповідь: 75% – нормальні крила, 25 – зачаткові крила

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

Відповідь: 14 білих.

4. У мишей сіре забарвлення шерсті домінує над білим. Яких наслідків схрещування за цією ознакою можна очікувати у нащадків, якщо:

а) гомозиготних сірих мишей схрестити з білими;

б) гетерозиготних сірих – з такими самими;

в) гетерозиготних сірих – з білими.

Відповідь: а) все покоління одноманітне; розщеплення відсутнє; б) розщеплення за фенотипом складає 3 (сірих) : 1 (білих); в) розщеплення за фенотипом складає 1 (сірих) : 1 (білих).

5. Який колір квітів буде у гібридів першого покоління білих та рожевих троянд по генотипу та по фенотипу, якщо білий колір - рецесивна ознака?

Відповідь: колір квітів буде рожевим.

6. Якого кольору будуть троянди, одержані при схрещуванні двох гетерозиготних рослин рожевого кольору?

Відповідь: По закону розщеплення ознак відбудеться розщеплення ознак: по генотипу у відношенні 1:2:1, по фенотипу 3:1.

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Практичне заняття 5. Дигібридне та полігібридне схрещування (2 год)

Мета: вивчити закономірності успадкування алелів та ознак при схрещуванні особин, що різняться двома та більше кількістю пар алельних генів або альтернативних ознак. Засвоїти загальні формули розщеплення за генотипом та фенотипом. Зрозуміти сутність комбінаційної мінливості та універсальність законів успадкування генів і їх алелів, що визначають якісні ознаки.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми.

Різні якісні ознаки визначаються різними генами, що знаходяться в різних негомологічних хромосомах. А тому виникають різні комбінації негомологічних хромосом, а значить і генів та їх алелів і разом з ними тих ознак, які вони визначають. Дигібридне схрещування – схрещування особин, які різняться двома парами неалельних генів (альтернативних (контрастних) ознак). Отримані особини називаються дигібридами. Наприклад два сорти гарбузів можуть відрізнятися за двома парами таких ознак як колір і форма плодів (білі дископодібні плоди і жовті кулясті плоди), породи великої рогатої худоби – колір шерсті і забарвлення голови (чорні з білою головою корови і червоні з

суцільним забарвленням голови корови), у людини форма носа і колір волосся («римський» ніс і темне волосся – прямий ніс і світле волосся).

Полігібридне схрещування – схрещування особин, що відрізняються декількома парами неалельних генів. Воно може бути тригібридним, тетрагібридним, пентагібридним і т.п.

Загальна формула розщеплення при полігібридному схрещуванні за фенотипом $(3:1)^n$, а за генотипом – $(1:2:1)^n$, де n – число пар хромосом, чи гаплоїдний набір хромосом, чи кількість хромосом в геномі, чи кількість пар альтернативних ознак.

Число клітин в решітці Пенета вираховується за формулою $2^n \times 2^n$, або 4^n де n число ознак за якими проводять схрещування, а точніше число пар хромосом в яких розміщені гени, що визначають взяті до спостереження ознаки плюс один стовпчик та один рядок для позначення алелів.

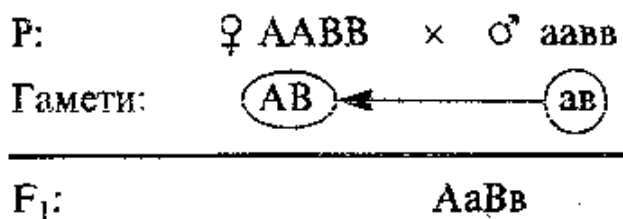
Так при дигібридному схрещуванні кількість клітин буде становити 4^2 або 16, при тригібридному 4^3 , тобто 64 і т.п. Кількість різних типів (сортів) гамет при полігібридному схрещуванні вираховується за формулою 2^n . Кількість генотипів у нащадків визначається за формулою 3^n .

При полігібридному схрещуванні утворюються різні гомозиготні особини за всіма парами ознак з різними неповторними генотипами. Число таких особин розраховується за формулою 2^n . За цією формулою вираховується і кількість гетерозиготних особин за всіма ознаками разом. Всі інші особини будуть мати окремі алелі в гомозиготному стані, інші в гетерозиготному стані. Загальна їх кількість визначається формулою $4^n - 2^{n+1}$.

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

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

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



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

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

АаВв: типи гамет 1 – АВ
 2 – Ав
 3 – аВ
 4 – ав

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

Потім гібриди першого покоління схрещують між собою:

P: ♀АаВв × ♂АаВв

Гамети:	AB	AB
	Ab	Ab
	aB	aB
	ab	ab

F₂:

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

	♂	AB	Ab	aB	ab
♀	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
		ж. гл.	ж. зм.	ж. гл.	ж. зм.
		ж. гл.	ж. гл.	з. гл.	з. гл.
		ж. гл.	ж. зм.	з. гл.	з. зм.

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

ознак з'являються особини з новим сполученням ознак, яке не властиве ні батьківським, ні прабатьківським формам (організмам). Цитологічні основи III закону Менделя:

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

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

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

а) незалежне розходження хромосом у анафазі I мейозу;

б) випадковий характер злиття гамет при заплідненні.

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

Термінологічний словник

Дигібридне схрещування - схрещування, у якому батьківські форми відрізняються за алелями двох генів.

Дигетерозиготи - гібриди, гетерозиготні за двома локусами (за алелями двох генів).

Полігібридне схрещування - схрещування, у якому батьківські форми відрізняються за алелями багатьох генів.

Полігетерозиготи - гібриди, гетерозиготні за багатьма локусами (за алелями багатьох генів).

Третій закон Менделя - закон незалежного успадкування генів. При дигібридному та полігібридному схрещуваннях гени і їх ознаки успадковуються незалежно. Розщеплення в F_2 за фенотипом при дигібридному схрещуванні при повному домінуванні 9:3:3:1, за генотипом - 1:2:1:2:4:2:1:2:1.

Цитологічна основа незалежного успадкування неалельних генів - незалежне і рівномірне розходження по гаметах материнських і батьківських хромосом. Кількість можливих комбінацій материнських та батьківських хромосом в ядрах гамет - 2^n , де n - гаплоїдне число хромосом.

Запитання для поточного контролю знань

1. Дигібридне та полігібридне схрещування.
2. Довести загальну формулу визначення розщеплення за генотипом та фенотипом.
3. Закон розщеплення. Пояснити явище розщеплення.
4. Закон незалежного комбінування станів ознак.
5. Закон чистоти гамет.
6. Цитологічні основи законів спадковості.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Порівняти I і II закони Г. Менделя за вказаною формою:

	I закон	II закон
<i>Назва</i>		
<i>Сутність</i>		
<i>Схема</i>		

2. Навести порівняльну характеристику III закону Г. Менделя та чистоти гамет.

Показник	III закон	Закон чистоти гамет
<i>Назва</i>		
<i>Сутність</i>		
<i>Схема</i>		

Завдання 2. Провести схрещування особин з генотипами AaBb

Завдання 3. Ознайомитись з прикладами розв'язування задач.

Задача. У людини є дві форми глухонімоти, які визначаються рецесивними алелями різних генів *a* і *b*. Визначте ймовірність народження нормальної дитини в сім'ї, де обоє батьків мають різні форми глухонімоти, а за другою парою алелів вони гетерозиготні.

<p>A – ген нормального слуху a – ген глухонімоти B – ген нормального слуху b – ген глухонімоти ♂ – Aabb ♀ – aaBb F₁ – ?</p>	<p style="text-align: center;"><i>Розв'язок</i></p> <p>P ♀ aaBb x ♂ Aabb Гамети aB, ab Ab, ab F₁ AaBb – нормальний слух Aabb – глухонімота aaBb – глухонімота aabb – глухонімота</p>
--	--

Відповідь. Ймовірність народження дитини з нормальним слухом становить 25 %.

Завдання 4. Розв'язати задачі.

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

Відповідь: P: DR, Dr, dR, dr

2. Які типи гамет утворюють морські свинки таких генотипів:

а) CcDd; б) CCDD; в) CcDd; г) ccDD?

Відповідь: а) CcDd → Cд, cд; б) CCDD → CD, cд; в) CcDd → CD, Cд, cд, cD; г) ccDD → cD

3. Які типи гамет утворюють рослини таких генотипів: а) AaBvCC; б) AABvcc; в) AaBvCc; г) aaBvCC?

Відповідь: а) AaBvCC → ABC, AvC, aBC, avC; б) AABvcc → AvC, Авс; в) AaBvCc → ABC, aBC, AvC, авс, Авс, АВс, Авс, авс; г) aaBvCC → aBC, авс.

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

Відповідь: 25% карооких з білим пасмом, 25 – без пасма карооких, 25% – сіроокі без пасма, 25% – з білим пасмом сіроокі

5. У F₁ від схрещування червоноколосих безостих рослин пшениці з білоколосими остистими всі рослини виявилися червоноколосими безостими, а в F₂ відбулося розщеплення: 159 червоноколосих безостих, 48 червоноколосих остистих, 57 білоколосих безостих, 16 білоколосих остистих: 1) Як успадковуються ознаки? 2) Визначте генотипи вихідних рослин. Яка частина рослин F₂ буде гетерозиготною за обома ознаками? 3) Яке розщеплення ви очікуєте одержати в аналізуючому схрещуванні та яку форму слід використати як аналізатор?

Відповідь: 1) ознаки успадковуються незалежно. Безостість домінує над остистістю, червоний колір колосу над білим; 2) генотипи вихідних рослин AABV, aabb; серед рослин другого покоління 25% будуть гетерозиготними за обома ознаками; 3) у аналізуючому схрещуванні очікуване розщеплення 1:1:1:1. Як аналізатор використовуємо білоколосі остисті рослини.

6. У рослин томата ген пурпурного забарвлення стебел (A) домінує над геном зеленого забарвлення (a), а ген червоного забарвлення плодів (R) домінує над геном жовтого забарвлення (r). Якщо схрестити дві рослини томата, гетерозиготні за обома цими ознаками, то якою буде серед нащадків частка рослин: а) із пурпурними стеблами і червоними плодами; б) із зеленими стеблами і червоними плодами; в) із пурпурними стеблами і жовтими плодами?

Відповідь: а) 9 частин з пурпурними стеблами і червоними плодами; б) 3 частини із зеленими стеблами і червоними плодами; в) 3 частини з пурпурними стеблами і жовтими плодами.

Завдання 5. Тести.

- З'ясуйте, як називаються хромосоми однієї пари:
а) гомологічні; б) збіжні; в) ідентичні; г) аналогічні.
- Укажіть назву місця, яке займає ген у хромосомах:
а) ангстрем; б) станція; **в) локус;** г) центросома.
- Зазначте, що вважається засновником гібридологічного методу генетичних досліджень:
а) Т. Морган; б) Е. Чермак; в) К. Корренс; **г) Г. Мендель.**
- Укажіть, як називається схрещування особин, які відрізняються різними станами чотирьох спадкових ознак:
а) моногібридне; б) дигібридне; **в) полігібридне.**
- З'ясуйте, що називається каріотипом:
а) сукупність генів ізольованої популяції; б) ділянка молекули нуклеїнової кислоти, що кодує послідовність амінокислот у молекулі білка;
в) мономер молекули ДНК; **г) кількість і форма хромосом одного виду.**
- Зазначте, як називаються генотипно однорідні нащадки однієї особини, гомозиготні за більшістю генів і одержані в результаті самозапилення:
а) чисті лінії; б) каріотиби; в) гібриди; г) близнюки; д) сібси.
- Укажіть, які співвідносяться між собою фенотипи нащадків гетерозиготного першого покоління при їх моногібридному схрещуванні:
а) 1:2:1; б) 1:1; **в) 1:3;** г) 9:3:3:1.
- Визначте, скільки генотипів спостерігатиметься у гібридів першого покоління, якщо батьківські особини були рецесивними гомозиготами за домінантною алеллю:
а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.
- Визначте, скільки варіантів фенотипів може утворитися при дигібридному схрещуванні в другому поколінні, якщо гібриди першого покоління є дигетерозиготами:
а) 2; б) 3; **в) 4;** г) 8; д) 9; е) 12.
- Назвіть закони, які відкрив Г. Мендель:
а) закон одноманітності гібридів першого покоління;
б) закон розщеплення ознак;
в) закон незалежного комбінування станів ознак;
г) закон чистоти гамет.
- Назвіть кількість фенотипів, які проявляються у гібридів першого покоління при схрещуванні гомозиготних батьківських організмів при моногібридному схрещуванні:
а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.
- З'ясуйте, який закон описує той факт, що кожна з гамет не може одночасно нести два алельних гени:
а) одноманітності гібридів першого покоління;

- б) розщеплення ознак;
в) незалежного комбінування станів ознаки;

г) чистоти гамет.

12. З'ясуйте, скільки варіантів генотипів може утворитися при дигібридному схрещуванні в другому поколінні, якщо гібриди першого покоління є дигетерозиготами:

- а) 2; б) 3; в) 4; г) 8; **д) 9**; е) 12.

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Тема 3. Проміжний характер успадкування. Зчеплене успадкування. Хромосомна теорія спадковості

Практичне заняття 6. Аналізуюче схрещування (2 год)

Мета заняття. Вивчити закономірності успадкування ознак при аналізуючому схрещуванні.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

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

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

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

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

Термінологічний словник

Аналізуюче схрещування – схрещування, яке дозволяє за фенотипом потомства визначити генотип одного із батьківських організмів.

Генотип – сукупність генетичної інформації, закодованої в генах клітини або організму.

Фенотип – сукупність всіх зовнішніх і внутрішніх ознак організму. Фенотип є результатом взаємодії генотипу і умов зовнішнього середовища. Фенотип ніколи не буває відображенням усього генотипу, а завжди відбиває лише ту частину його, яка реалізується за даних умов.

Запитання для поточного контролю знань

1. Неповне домінування.
2. Проміжний характер успадкування.
3. Аналізуюче схрещування.
4. Летальні алелі.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Розв'язати задачі.

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

Відповідь. За даними умови задачі курки є гетерозиготами (Aa), а півні – гомозиготами (aa).

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

Відповідь. Від схрещування дигетерозиготних томатів з червоними плодами і опушеним стеблом і томатів з жовтими плодами і неопушеним стеблом одержали 25% рослин з червоними плодами і опушеним стеблом, 25% рослин з червоними плодами і неопушеним стеблом, 25% рослин з жовтими плодами і опушеним стеблом, 25% рослин з жовтими плодами і неопушеним стеблом.

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Практичне заняття 7. Хромосомна теорія спадковості (2 год)

Мета: вивчити місце розташування генів та їх зчепленість, закони передачі зчеплених генів нащадкам. З'ясувати сутність кросинговеру та його значення для побудови хромосомних карт. Засвоїти механізми перебудови генетичної структури гомологічних хромосом.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Хромосомну теорію спадковості сформулював Г.Т.Морган зі своїми учнями. Вона стверджує:

- хромосоми є носіями спадковості і утримують гени – елементарні, дискретні одиниці спадковості;
- гени розміщені в хромосомі лінійно один за одним;

- гени, котрі знаходяться в одній хромосомі утворюють своєрідну групу зчеплення;
- кількість груп зчеплення відповідає числу пар хромосом в каріотипі або кількості хромосом в геномі;
- зчеплені гени успадковуються разом і визначають зчепленість ознак;
- існує механізм порушення зчеплення, який носить назву кросинговер, в результаті якого відбувається рекомбінація хромосом;
- частота кросинговеру залежить від відстані між генами і надає можливості визначати місце їх локалізації.

Кросинговер призводить до рекомбінаційної мінливості, коли гомологічні хромосоми обмінюються своїми ділянками і порушують свою первісну структуру, що призводить до зміни співвідношення генотипів та фенотипів при розщепленні.

За походженням кросинговер буває мейотичний, коли перехрест гомологічних хромосом відбувається в період мейозу та соматичний, коли цей же процес проходить в соматичних клітинах.

За формою кросинговер може бути рівний та нерівний. В першому випадку в гомологічних хромосомах проходить обмін рівними ділянками, в другому – нерівними, що призводить до збільшення (дуплікація, мультиплікація) чи зменшення кількості алелів (полімерів) в одному із гомологів, а звідси і до зміни вираженості ознаки.

Кросинговер вимірюється в процентах. Один процент кросинговеру називається морганідою.

За кількісною характеристикою існує одинарний, подвійний та множинний кросинговер. Якщо пройшов один кросинговер, то він перешкоджає прояву наступних кросинговерів в інших ділянках бівалентів. Це явище носить назву інтерференції. Силу інтерференції, тобто її міру виражають через коефіцієнт коінциденції, який вираховується відношенням фактичної частоти кросинговерів до теоретично очікуваної.

Термінологічний словник

Генетичні карти хромосом — це графічне зображення хромосом із зазначеним порядком розташування генів та відстані між ними.

Кросинговер – обмін ділянками гомологічних хромосом у процесі клітинного поділу, переважно в профазі першого мейотичного поділу, іноді в мітозі.

Зчеплене успадкування – це явище спільного успадкування генів, розміщених в одній хромосомі.

Морганіда – це відстань між генами, за якої кросинговер відбувається з частотою 1%.

Запитання для поточного контролю знань

1. Зчеплене успадкування. Групи зчеплення.
2. Біологічна сутність та генетичне значення кросинговеру.
3. Вплив зовнішніх і внутрішніх чинників на частоту кросинговеру.
4. Генетичні карти хромосом.

5. Основні положення хромосомної теорії спадковості.
6. Вплив хромосомної теорії спадковості на розвиток генетики та біології.

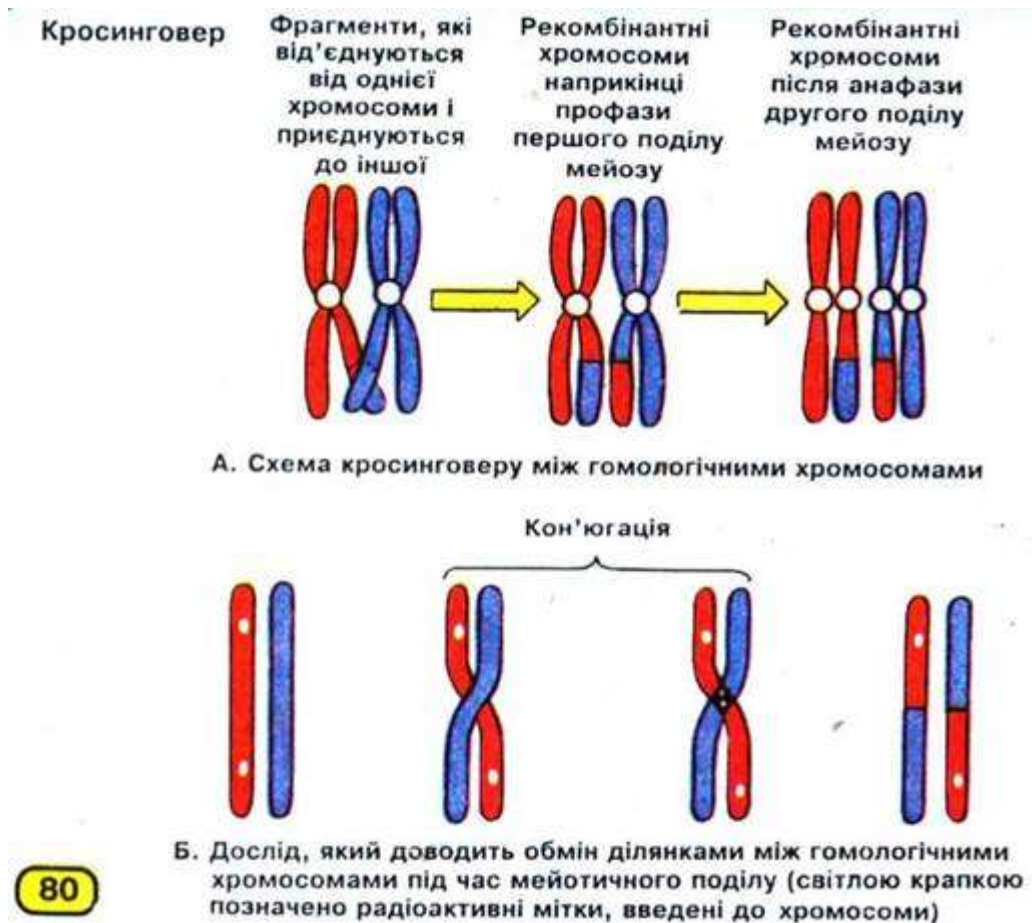
Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Записати основні положення хромосомної теорії в зошит.

Основні положення хромосомної теорії спадковості

- хромосоми є носіями спадковості і утримують гени – елементарні, дискретні одиниці спадковості;
- гени розміщені в хромосомі лінійно один за одним;
- гени, котрі знаходяться в одній хромосомі утворюють своєрідну групу зчеплення;
- кількість груп зчеплення відповідає числу пар хромосом в каріотипі або кількості хромосом в геномі;
- зчеплені гени успадковуються разом і визначають зчепленість ознак;
- існує механізм порушення зчеплення, який носить назву кросинговер, в результаті якого відбувається рекомбінація хромосом;
- частота кросинговеру залежить від відстані між генами і надає можливості визначати місце їх локалізації.

Завдання 2. Зарисувати схеми кросинговеру.



Завдання 3. Тести

- З'ясуйте, у чому полягає суть аналізуючого схрещування:
 - у схрещуванні з гомозиготною особиною з домінантною алеллю;
 - б) у схрещуванні з гомозиготною особиною з рецесивною алеллю;**
 - у схрещуванні з гетерозиготною особиною.
- Укажіть генотип батьківської особини з домінантним фенотипом, якщо нащадки розподілилися за фенотипом 1:1 внаслідок аналізу чого схрещування:
 - домінантна гомозигота; б) рецесивна гомозигота; **в) гетерозигота.**
- Зазначте, хто вважається автором хромосомної теорії спадковості:
 - А.Г. Мендель; б) Е. Чермак; в) К. Корренс; **г) Т. Морган**
- Зазначте, як називається процес успадкування групи крові людини:
 - проміжне успадкування; б) неповне домінування; в) незалежне комбінування; **г) кодомінування;** д) рекомбінація.
- Зазначте, як називаються гени, що розміщуються в одній хромосомі:
 - кодомінантні; **б) група зчеплення;** в) летальні гени; г) чиста лінія.
- Визначте, яка кількість груп зчеплення у людини:
 - 4; б) 8; в) 12; **г) 23;** д) 46.
- Укажіть, як називається відстань між двома генами, при якій кросинговер відбувається у 1% гамет:
 - дальтон; **б) морганіда;** в) ангстрем; г) тесла.
- Укажіть, що зазначається на генетичних картах:
 - абсолютна відстань між генами;
 - довжина гена;
 - в) порядок розміщення генів;**
 - г) відносна відстань між генами.**
- Назвіть фактори, як можуть змінювати частоту кросинговеру:
 - а) вік; б) температура; в) йонізуючі випромінювання; г) мутації; д) стать.**
- З'ясуйте, які положення хромосомної теорії спадковості є правильними:
 - а) гени розташовані вздовж хромосом у лінійному порядку;**
 - різні хромосоми містять однакову кількість генів;
 - кожна з гомологічних хромосом має різний набір генів;
 - г) зчеплення між генами, розташованими в одній хромосомі, порушується внаслідок кросинговеру;**
 - д) алельні гени заповнюють однакові локуси гомологічних хромосом;**
 - е) кожен біологічний вид характеризується унікальним каріотипом.**
- Назвіть кількість алельних генів, які кодують групи крові людини:
 - 2; **б) 3;** в) 4; г) 5; д) 6.
- Зазначте, яке явище отримало назву перехресту хромосом:
 - розщеплення; б) вільного комбінування генів; **в) кросинговеру;**
 - гібридизації; д) рекомбінації.

13. З'ясуйте, коли успадкування ознак відбувається незалежно навіть при розміщенні генів, що їх кодують, в одній хромосомі:

- а) при відстані між генами 5 морганід;
- б) при відстані між генами 20 морганід;
- в) при відстані між генами 30 морганід;
- г) при відстані між генами 50 морганід.**

14. Укажіть, які закономірності були відкриті у процесі дослідження кросинговеру:

а) сила зчеплення між двома генами, розташованими в одній хромосомі, обернено пропорційна відстані між ними;

б) кожна з гамет не може нести два алельних гени;

в) при схрещуванні гібридів першого покоління між собою серед їх нащадків спостерігається явище розщеплення ознак;

г) гени розташовані в хромосомі по її довжині один за одним;

д) частота перехресту хромосом між двома зчепленими генами являє собою відносно сталу величину для кожної конкретної пари генів.

15. Укажіть, яке співвідношення фенотипів другого покоління буде спостерігатися за умов проміжного успадкування при моногібридному схрещуванні:

- а) 1:3; б) 1:1; **в) 1:2:1.**

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Тема 4. Генетика статі. Успадкування, зчеплене зі статтю. Властивості генів і особливості прояву їх ознак. Цитоплазматична спадковість.

Практичне заняття 8. Множинні алелі (2 год)

Мета: Вивчити різницю між алельними та неалельними генами і з'ясувати місце їх локалізації. Засвоїти взаємодію неалельних генів при новоутворенні (комплементарності), полімерії, плейотропії, епістазі.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

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

Проте, для значної кількості генів відомі не два, а декілька або навіть багато алельних станів (А, а₁, а₂, а₃ і т.д.) Це так звані множинні алелі одного гена. Множинні алелі утворюються внаслідок багаторазової мутації одного і того ж локусу хромосоми. Слід зазначити, що при множинному алелізмі в гаметі або спорі присутній завжди тільки будь-який **один** алель даного гена, а в клітинах тіла вищих рослин, тварин і людини – лише по два (однакових чи

різних) алелі цього гена, тому характер розщеплення множинних алелів певної ознаки завжди залишається **моногібридним**. Отже, якщо в популяції і виявиться три, чотири і більше алельних генів, то в генотипі кожного конкретного організму із такої кількості генів будуть присутніми **лише два**.

Взаємодія генів при множинному алелізмі може бути досить різноманітною. Нерідко вони утворюють послідовні ряди домінування, в яких кожний із наведених генів домінує над наступним; $A > a_1 > a_2 > a_3 > a_4$. Тобто ген A домінує над генами a_1, a_2, a_3, a_4 ; ген a_1 домінує над генами a_2, a_3, a_4 і т.д. Проте, бувають і більш складні комбінації.

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

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

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

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

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

Термінологічний словник

Алельні гени, алелі – різні форми того самого гена, вони займають одне і те саме місце (локус) гомологічних хромосом і визначають альтернативні стани однієї і тієї самої ознаки.

Неповне домінування – взаємодія алельних генів, при якій у гетерозиготного організму домінантний алель не проявляє повністю своєї домінантності, а рецесивний алель того самого гена – своєї рецесивності.

Наддомінування – взаємодія алельних генів, при якій домінантний алель у гетерозиготному стані проявляється в фенотипі сильніше, ніж у гомозиготному

Кодомінування – взаємодія алельних генів, при якій у фенотипі гетерозиготного організму проявляються обидва алелі того самого гена.

Запитання для поточного контролю знань

1. Алельні гени
2. Неалельні гени.
3. Множинна дія генів.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Розглянути таблицю можливих варіантів груп крові дітей у шлюбах людей з різними групами крові. Врахуйте, що дитина не може мати антигенів, які відсутні у батьків.

Дані запишіть в зошит.

Варіанти	Групи крові батьків	Дитина	
		може мати групи крові	не може мати групи крові
1	I x I	I	II, III, IV
2	I x II	I, II	III, IV
3	II x II	I, II	III, IV
4	III x III	I, III	II, IV
5	III x I	I, III	II, IV
6	II x III	I, II, III, IV	–
7	I x IV	II, III	I, IV
8	II x IV	II, III, IV	I
9	III x IV	II, III, IV	I
10	IV x IV	II, III, IV	I

Завдання 1. Ознайомитись з прикладом розв'язування задач на успадкування груп крові.

Задача. У матері IV група крові, у батька – II. Які групи крові можуть бути в їхніх дітей?

	<i>Розв'язок</i>	
$\text{♀ } I^{A}I^{B}$ $\text{♂ } I^{A}I^{A} \text{ або } I^{A}i$	1-й випадок. P $\text{♀ } I^{A}I^{B} \times \text{♂ } I^{A}I^{A}$ Гамети I^{A}, I^{B} I^{A} F ₁ $I^{A}I^{B}, I^{A}I^{A}$	2-й випадок. P $\text{♀ } I^{A}I^{B} \times \text{♂ } I^{A}i$ Гамети I^{A}, I^{B} I^{A}, i F ₁ $I^{A}I^{B}, I^{A}I^{A},$

$F_1 - ?$	<i>Відповідь. Діти можуть мати II і IV групи крові.</i>	$I^A i, I^B i$ <i>Відповідь. Діти можуть мати II, III і IV групи крові.</i>
-----------	--	---

Завдання 2. Розв'язати задачі.

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

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

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

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

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

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

4. У пологовому будинку переплутали двох хлопчиків. В одного з них I група крові, а в другого – IV. Батьки одного з них мають I і II групи крові, батьки другого – II і IV. Визначте, хто чий син.

***Відповідь.** Хлопчик з I групою крові – батьки мають I і II групи крові; хлопчик з IV групою – батьки мають II і IV групи крові.*

5. У суді слухається справа про стягнення аліментів. У матері I група крові, у дитини – II. Чи може бути батьком дитини чоловік із III групою крові? Яка група крові можлива в батька?

***Відповідь.** Ні. У батька можлива II група крові ($I^A I^A, I^A i$)*

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Практичне заняття 8. Взаємодія неалельних генів (2 год)

Мета: Вивчити різницю між алельними та неалельними генами і з'ясувати місце їх локалізації. Засвоїти взаємодію неалельних генів при новоутворенні (комплементарності), полімерії, плейотропії, епістазі.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

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

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

Якщо ж характер розщеплення за фенотипом відхиляється від менделівських співвідношень, то це є достатньою підставою, щоб зробити припущення про взаємодію неалельних генів. Тому, якщо в умові задачі відсутні вказівки щодо взаємодії генів, а присутні цифри розщеплення за фенотипом, відмінні від менделівських, доцільно будувати розв'язок задачі на певному виді взаємодії неалельних генів. Слід пам'ятати, що в таких задачах сума різних числових співвідношень фенотипів при взаємодії двох пар неалельних генів завжди буде кратною 16 (або 64 при взаємодії трьох пар неалельних генів).

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

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

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

При схрещуванні дигетерозигот спостерігаються різні варіанти розщеплення за фенотипом. Наприклад, розщеплення у співвідношенні 9:7 спостерігається за умов відсутності самостійного прояву обох домінантних

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

Це один із перших типів взаємодії неалельних генів, який був відкритий на початку ХХ століття. Кожна порода курей має властиву їм будову гребня. Легорни володіють листоподібним або простим гребенем, а білі віандоти мають трояндоподібний гребень – низький, потовщений спереду і загострений позаду, а в основі покритий маленькими виступами. Окремі породи європейського типу володіють горохоподібним гребенем – невисоким з трьома поздовжніми пластинками. У курей малайського походження зустрічається горіхоподібний гребінь – нагадує половинку поверхні грецького горіха. Коли схрещують курей з трояндоподібним та горохоподібним гребенями, то нащадки в F_1 мають нову форму гребеня – горіхоподібну. В F_2 настає розщеплення типове для дигібридного схрещування.

Сюди відносяться такі взаємодії при яких обумовлюється розвиток нової ознаки за рахунок компліментарної, взаємодії неалельних генів. Кожний із домінантних генів не може обумовити розвиток нової ознаки, а лише при наявності обох домінантних генів. Це спостерігається у духмяного горошку, конюшини, суниці, мишей, комах та ін.

Епістаз - це явище пригнічення дії одного гена іншим неалельним йому геном. Епістатична взаємодія генів за своїм характером протилежна компліментарності. Гени, які пригнічують дію інших генів, називають супресорами, або інгібіторами. Розрізняють епістаз домінантний і рецесивний. При домінантному епістазі домінантний алель одного гена пригнічує дію алельної пари іншого гена ($A>B$). При рецесивному епістазі рецесивний алель одного гена пригнічує дію алельної пари іншого гена ($a>B$). Розщеплення за фенотипом унаслідок схрещування дигетерозиготних організмів при домінантному епістазі відбувається у співвідношенні 13:3 або 12:3:1; при рецесивному епістазі – 9:3:4.

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

Бувають випадки одинарного рецесивного епістазу, коли кожний неалельний рецесивний ген в гомозиготному стані одночасно подавляє дію неалельних домінантних генів, тобто $aa>B$ і $vv>A$. Така взаємодія двох супресорних генів, іще інакше, називається подвійним рецесивним епістазом.

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

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

Розрізняють кумулятивну і некумулятивну полімерію.

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

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

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

При взаємодії неалельних генів розщеплення за генотипом відповідає законам Менделя.

Термінологічний словник

Взаємодія генів — це одночасна дія декількох генів.

Неалельні гени – гени, що розміщені в різних локусах однієї хромосоми або в не гомологічних хромосомах.

Комплементарність — такий тип взаємодії неалельних генів, коли один домінантний ген доповнює дію іншого неалельного домінантного гена, і вони разом визначають нову ознаку, яка відсутня у батьків.

Епістаз — це така взаємодія неалельних генів, за якої один ген пригнічує дію іншого неалельного гена.

Гіпостаз – взаємодія неалельних генів, при якій домінантний ген однієї алельної пари пригнічується епістатичним геном з іншої алельної пари.

Полімерія – явище взаємодії неалельних генів, які визначають розвиток однієї і тієї самої ознаки.

Плейотронія — це залежність кількох ознак від одного гена, тобто множинна дія одного гена.

Запитання для поточного контролю знань

1. Комплементарна взаємодія генів.
1. Домінантний та рецесивний епістаз.
2. Взаємодія генів за типом полімерії.
3. Модифікуюча дія генів.
4. Летальна дія генів.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, записати дані в зошит за поданими формами:

Типи взаємодії неалельних генів

Тип взаємодії	Сутність	Приклад
Комплементарність		
Епістаз		
Полімерія		

Завдання 2. Розв'язати задачі.

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

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

2. Для курей характерні чотири форми гребеня, що залежить від взаємодії двох пар генів. Ген Р визначає горохоподібний, ген R – трояндоподібний гребені. За умов наявності в генотипі обох доміантних генів утворюється горіхоподібний гребінь. Сукупність лише рецесивних алелів цих генів забезпечує розвиток простого листовидного гребеня. На птахофермі проведено схрещування дигетерозиготних курок з такими ж півнями. Яка ймовірність, що курчата успадкують фенотип батьківських форм?

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

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

Відповідь. Від схрещування дигетерозиготних батьківських форм буде одержано 13/16 рослин з нормальною формою пелюсток і 3/16 рослин з

гофрованими пелюстками. Тип задачі: взаємодія неалельних генів, домінантний тип епістазу.

4. У деяких порід собак забарвлення шерсті може бути чорним (В) і коричневим (в). Обидва алелі можуть пригнічуватись домінантним епістатичним геном І ($I > B, I > b$), унаслідок чого шерсть у собак біла. Рецесивний алель і не перешкоджає прояву алелів В та в. Проаналізувати фенотип F_1 від схрещування коричневих собак з генотипом ііvv і білих собак з генотипом ІІВВ і F_2 від схрещування гібридів першого покоління між собою.

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

5. Класичним прикладом полімерної взаємодії неалельних генів є дослід шведського генетика Г.Нільсона-Еле щодо схрещування різних рас пшениці, які відрізнялися забарвленням насіння. Установлено, що забарвлення насіння залежить від двох полімерних генів. Домінантні дигомозиготи $A_1A_1A_2A_2$ мають червоне насіння, а рецесивні дигомозиготи $a_1a_1a_2a_2$ мають біле насіння. Від їх схрещування F_1 має проміжний тип забарвлення насіння (рожеве). Яка ймовірність появи рослин з білим забарвленням насіння від схрещування дигібридних рослин?

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

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Практичне заняття 9. Генетика статі (2 год)

Мета: з'ясувати біологічну та генетичну сутності визначення статі. Вивчити генетичні закономірності зародження статі у сільськогосподарських тварин. Засвоїти причини порушення статі. Вивчити ознаки зчеплені зі статтю, визначені та обмежені статтю.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

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

Статеві хромосоми містять генетичну інформацію про стать організму (визначають розвиток первинних статевих ознак). Виявлено два різновиди

статевих хромосом, із яких один різновид позначається як X-хромосома, а другий – як Y-хромосома. X-хромосома звичайно за формою велика акроцентрична хромосома, Y-хромосома – дрібна субметацентрична хромосома. У певної статі такі хромосоми можуть бути однаковими або різними, як у якісному так і в кількісному відношенні. Так, у людини у хромосомному наборі жіночої статі наявні дві X-хромосоми, а у чоловічої статі – одна X-хромосома і одна Y-хромосома. Знаючи наведені позначення аутосом і статевих хромосом, можна записати хромосомні формули будь-якого виду організму. Наприклад, у хромосомному наборі соматичних клітин людини 46 хромосом, із яких 44 аутосоми і дві статеві хромосоми. Тому хромосомні формули жінки і чоловіка такі:

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

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

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

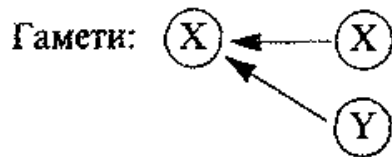
У птахів, плазунів, деяких земноводних, частини риб, комах (метелики, волохокрильці), небагатьох дводомних рослин жіноча стать – гетерогаметна, а чоловіча стать – гомогаметна. У таких випадках X-хромосому позначають літерою Z, а Y-хромосому – літерою W. Жіноча стать позначається в такому випадку – ZW,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

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

Дослідження щодо вивчення механізмів детермінації статі виявили, що у роздільностатевих організмів домінуючим типом визначення статі є сингамний тип. При такому типі детермінації статі стать майбутнього організму визначається в момент утворення зиготи і найчастіше залежить від типу гамет, що зливаються. Тобто, стать організму визначається утвореним при заплідненні генотипом зиготи і не залежить від зовнішніх умов довкілля, що можливо при інших типах детермінації статі, зокрема епігамному.

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

P: ♀ XX × ♂ XY



F:

XX,	XY
1	1 (50% самок і 50% самців)

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

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

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

Ознаки, зчеплені з X-хромосомою, успадковуються за принципом «навхрестя»: синами – від матері, дочками – від батька, оскільки X-хромосому батько передає лише дочкам. Ознаки, зчеплені з Y-хромосомою, зустрічаються винятково в осіб чоловічої статі, бо Y-хромосому від батька успадковують лише сини (за умов гетерогаметності чоловічої статі). Ознаки, зчеплені з Y-хромосомою, називаються голандричними. У людини за цим типом успадковуються деякі відхилення від норми, зокрема шкірні перетинки між пальцями, густе оволосіння вušних раковин, утворення рогових лусок на шкірі (іхтіоз) тощо.

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

Стать - сукупність генеративних органів і пов'язаних з ними ознак, що забезпечують реакції розмноження з метою отримання рекомбінованих нащадків пристосованих до різноманітних умов середовища.

Загальнобіологічно стать визначається:

- прогамно, коли статеві відмінності утворюються до запліднення;
- сінгамно, коли стать зароджується під час запліднення;
- епігамно, коли стать визначається після запліднення і в залежності від умов середовища в яке потрапляє зародок.

Генетично стать визначається за рахунок набору статевих хромосом і відповідної взаємодії між ними та автосомами.

Розрізняють такі генетичні типи визначення статі:

- гетерохромосомне, якщо стать визначається різними статевими хромосомами;
- монохромосомне, коли стать визначається наявністю статевої хромосоми чи її відсутністю;
- каріотипове, якщо стать визначається кількістю хромосом в каріотипі;
- фізіологічне, коли визначення статі залежить від сили впливу окремих статевих хромосом;
- балансове, коли стать визначається за рахунок співвідношення кількості статевих хромосом і автосом в каріотипі анеуплоїдів;
- метатропне, коли стать може змінюватися в залежності від недостатчості її особин в популяції;

За рахунок порушення набору статевих хромосом можуть бути різні порушення статі:

- інтерсекси – наявність у особини ознак самця і самки;
- гінандроморфи – наявність у тварин ділянок тіла з ознаками самця і самки;
- фрімартини – порушення розвитку статевого апарату самок під дією статевих гормонів самців, у різнояйцевих близнюків.

Існують гермафродити, які мають статеві органи обох статей і є плідними.

Статеві хромосоми у сільськогосподарських тварин розділяються на X-хромосоми та Y-хромосоми. Генотип самки – XX, генотип самця – XY.

Ознаки бувають:

- визначені або контрольовані статтю, тобто всі ознаки які властиві одній статі і не існують в другій;
- обмежені статтю ознаки – це ознаки, що властиві обом, але розвинуті лише в одній;
- зчеплені зі статтю ознаки – це ті, що визначаються генами розміщеними в статевих хромосомах.

Термінологічний словник

Стать – сукупність ознак і властивостей організму, що забезпечують участь у процесі відтворення нащадків і передачу йому спадкової інформації за рахунок утворення гамет.

Гомозиготний організм – диплоїдний організм, в обох гомологічних хромосомах якого містяться однакові алелі певного гена (наприклад, AA чи aa), утворює один тип гамет.

Гетерозиготний організм – диплоїдний організм, обидві гомологічні хромосоми якого містять різні алелі певного гена (Aa): утворює два типи гамет за даним геном.

Гемізиготний організм – організм, у якому ген представлений не двома, а одним алелем і цей алель завжди фенотипно проявляється, навіть рецесивний.

Ознаки, зчеплені зі статтю – ознаки, гени яких локалізовані в статевих хромосомах.

Запитання для поточного контролю знань

1. Хромосомне визначення статі. Гомогамента та гетерогамента статі.
2. Співвідношення статей і його регуляція.
3. Успадкування, зчеплене зі статтю.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1.

1. За допомогою решітки Пенета довести, що зароджується половина самців і половина самок.

$$XX \times XY$$

2. За допомогою решітки Пенета показати як виникають хромосомні порушення статі та вказати їх назви.

$$XX \times XY$$

3. За допомогою решітки Пенета показати як успадковується гемофілія – ознака зчеплена зі статтю.

$$X^rX \times XY$$

4. Проаналізувати балансову теорію генетики статті, записавши співвідношення між X-хромосомами та автосомами.

$$3A3X \times 2AXY$$

♂	♀	2A2X	2A1X	1A2X	1A1X
1A1X	3A3X – =1,0 самка	3A2X – інтерсекс	2A3X - суперсамка	2A2X - самка	
1A1Y	3A2X1Y – інтерсекс	3A1X1Y - суперсамець	2A2X1Y – самка	2A1X1Y - самець	

5. З'ясувати утворення черепахових кішок, коли (B) – чорне забарвлення шерсті, а (b) риже. Алелі зчеплені з X – хромосомою. Схрещують чорну кішку з рижим котом.

$$X^B X^B \times X^b Y$$

6. Чому черепахові коти не плідні?

7. Відповісти на питання.

Завдання 2. Розв'язати задачі

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

1. У людини дальтонізм (порушення кольорового зору) кодується рецесивним геном, локалізованим у X-хромосомі. Чоловік з нормальним

кольоровим зором одружився з гетерозиготною за цією ознакою жінкою, яка ймовірність народження в цій сім'ї дітей дальтоніків?

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

Завдання 3. Тести

1. Визначте, як називається сукупність генетичної інформації організму:

а) генофонд; б) ген; в) хромосома; **г) генотип**; д) фенотип.

2. Укажіть, яка кількість аутосом є у дрозофіли:

а) 1; б) 2; в) 4; **г) 6**; д) 8.

3. Укажіть, яким повинно бути співвідношення статей згідно із законом розщеплення ознак:

а) 1:1; б) 1:2; в) 1:3; г) 1:2:1.

4. Зазначте, серед яких організмів спостерігається вища смертність:

а) гомогаметних; **б) гетерогаметних**.

5. З'ясуйте, у якій хромосомі людини міститься ген, що зумовлює наявність волосся на краю вушної раковини:

а) X-хромосомі; **б) Y-хромосомі**; в) 15 аутосомі; г) 10 аутосомі.

6. Укажіть, як називають гени, що кодують структуру білків і рибонуклеїнових кислот:

а) структурні; б) пластичні; в) регуляторні; г) баластні.

7. Укажіть, як називається сукупність генів у галоїдному наборі хромосом, характерна для організмів певного виду:

а) геном; б) каріотип; в) генофонд; г) генотип.

8. Зазначте, які ділянки про-і-РНК вирізають для утворення зрілої іРНК:

а) екзони; **б) інтрони**; в) спейсери.

9. Укажіть, який тип взаємодії неалельних генів призводить до утворення альбіносів у кролів та мишей:

а) полімерія; **б) компліментарність**; в) епістаз; г) пригнічення.

10. З'ясуйте, який тип взаємодії неалельних генів призводить до пригнічення алелю одного гена прояву іншої ознаки:

а) полімерія; б) компліментарність; **в) епістаз**.

11. Укажіть, які ділянки ДНК не кодують послідовності амінокислот в молекулах білків:

а) спейсери; б) екзони; **в) інтрони**; г) регуляторні гени.

12. Зазначте, з якими факторами пов'язана цитоплазматична спадковість:

а) наявністю позаядерних генів, розташованих у мітохондріях і пластидах;

б) виходом частини генів з ядра;

в) появою у нащадків ознак, зумовлених ядерними генами, на прояв яких впливає цитоплазма яйцеклітини;

г) конденсацією хроматину під час поділу клітини.

13. Укажіть, стани яких ознак визначаються полімерною взаємодією неалельних генів:

а) інтенсивність росту;

б) жирність молока;

в) плодючість;

г) маса тіла;

д) рівень артеріального тиску.

14. Назвіть захворювання людини, які пов'язані з проявом множинної дії генів:

а) полідактилія; б) гермафродитизм; **в) галактоземія;** г) фенілкенонурія;

д) дальтонізм; **е) арахнодактилія.**

15. Укажіть, як називається успадкування, коли жодна з алелей гена не домінує над іншою:

а) проміжне успадкування; б) неповне домінування; в) незалежне комбінування; г) кодомінування; д) рекомбінація.

16. Укажіть, яким чином визначається стать організмів у бджіл:

а) продукуванням різних за розмірами яєць;

б) відкладанням запліднених і незапліднених яєць;

в) впливом зовнішнього середовища;

г) співвідношенням гормонів у самок під час утворення зиготи;

д) поєднанням статевих хромосом у зиготі.

17. Назвіть відсоток довжини молекули ДНК, який у кишкової палички припадає на спейсери:

а) приблизно 10%;

б) приблизно 20%;

в) приблизно 30%;

г) приблизно 40%;

д) приблизно 50%.

18. З'ясуйте, яке явище отримало назву множинної дії генів:

а) взаємодія неалельних генів, за якої алель одного гена пригнічує прояв іншої ознаки;

б) взаємодія неалельних генів, за якої розвиток певної ознаки визначається одночасно присутністю двох чи більше домінуючих неалельних генів;

в) вплив на прояв станів різних ознак однієї алелі гена;

г) відсутність домінування однієї алелі гена над іншою.

19. З'ясуйте, що може призводити до відхилення звичайного розщеплення за фенотипом (3:1) у гібридів другого покоління при моногібридному схрещуванні:

а) кодомінування; б) летальні алелі; в) проміжне успадкування; г) незалежне комбінування алелей.

20. Укажіть, у яких груп організмів жіноча стать є гомогаметною:

а) двокрилих комах; б) лускокрилих комах; **в) клопів;** г) птахів; **д) ссавців.**

21. Назвіть види, у яких статі відрізняють кількістю хромосом:

а) метелик сатурнія; **б) черв ациракантус;** в) хатня муха; **г) морський коник;**

д) дрозофіла.

22. Укажіть, які процеси відображають явище взаємодії двох і більше неалельних генів:

а) епістаз; б) кодомінування; в) проміжне успадкування; г) зчеплене

успадкування; **д) комплементарність; е) полімерія.**

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Змістовний модуль 2. Мінливість. Основи селекції.

Тема 5. Роль генотипу і умов зовнішнього середовища у формуванні фенотипу. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості.

Практичне заняття 10. Взаємодія генотипу та умов довкілля.
Модифікаційна мінливість (2 год)

Мета: З'ясувати вплив зовнішнього середовища на роботу генів. Ознайомитися із взаємодією генотипу і умов середовища.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Організм – це результат взаємодії генотипу і умов середовища. Середовище впливає на генотип таким чином:

- виконує функції природного добору;
- змінює генотип за рахунок мутацій;
- регулює роботу генів.

Кожний організм має свою норму реакції. Норма реакції генотипу – це межі адаптивної реакції організму на зміни умов середовища. В цьому разі організм проявляє модифікаційну мінливість, коли прояв ознак залежить від умов середовища.

Існує генний баланс – відповідне, тобто сумірне співвідношення генів в генотипі, що забезпечує нормальний онтогенез організму та довготривалість його існування.

Всі соматичні клітини незалежно від їх спеціалізації, утримують всі ті гени, що були сформовані під час запліднення. Це називається тотипотентністю, тобто цілісним набором генів або тотожним первинному набору.

Ознаки бувають конгенітальними (вродженими) і набутими. Перші – ознаки з якими народився організм. Вони поділяються на спадкові, якщо визначенні генами та набуті, коли вони отримані в процесі ембріогенезу за рахунок впливу умов середовища. Набуті ознаки не спадкові, оскільки вони визначені не генотипом, а умовами середовища.

Модифікаційна мінливість ознак визначається нормою реакції генотипу на умови зовнішнього середовища. По спадковості модифікована ознака не передається, а передаються гени, що її визначають. Таким чином модифікаційна мінливість як генетичне явище спадкова, а ознака не спадкова.

Термінологічний словник

Мінливість – це властивість живих організмів набувати нових ознак в процесі онтогенезу під впливом факторів зовнішнього середовища.

Неспадкова (модифікаційна мінливість) - це фенотипова мінливість, яка виникає в процесі індивідуального розвитку організмів і не передається нащадкам.

Модифікації – це реакції на зміни інтенсивності певних чинників довкілля, однакові для всіх генотипно подібних організмів.

Норма реакції – діапазон модифікаційної мінливості, у межах якого один і той самий генотип може давати різні фенотипи в різних умовах середовища.

Варіаційна крива – це графічне вираження кількісних показників мінливості певної ознаки, яке ілюструє як розмах цієї мінливості, так і частоту зустрічальності окремих варіант.

Запитання для поточного контролю знань

1. Модифікаційна мінливість та її властивості.
2. Статистичні закономірності модифікаційної мінливості.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, записати дані в зошит за поданими формами:

Мінливість

<i>Види мінливості</i>	<i>Сутність</i>	<i>Зміни, що відбуваються</i>
Модифікаційна		
Генотипова		

Норма реакції

<i>Норма реакції</i>	<i>Для яких ознак</i>	<i>Приклади</i>
Вузька		
Широка		
Постійна (майже не змінюється)		

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, портрети видатних учених, довідники, підручники.

Практичне заняття 11. Мутаційна мінливість. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості (2 год)

Мета: вивчити генетичну сутність мутацій та причини їх виникнення. З'ясувати класифікацію мутацій. Зрозуміти роль довкілля в виникненні мутацій та методи захисту від них. Познайомитися з законом гомологічних рядів М.І.Вавилова.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Мутації призводять до зміни генетичних факторів спадковості. Ті, що відбулися в статевих клітинах є спадковими, якщо мутації відбулися в соматичних клітинах, то викликають лише мозаїцизм, але не передаються по спадковості.

Мутації бувають корисними, шкідливими та нейтральними. Корисні мутації визначають появу нових ознак, які надають таким особинам перевагу над іншими. Вважається, що при накопиченні різних мутацій появляються нові види організмів, а в тваринництві – нові породи. Шкідливі мутації викликають різні зміни в геномі, що призводить до появи окремих вад чи патологій, зниження життєздатності або, в окремих випадках, до загибелі.

Мутації можуть відбуватися на рівні каріотипу, коли змінюється набір хромосом в клітині; на рівні хромосом, змінюючи їх генетичну структуру і на рівні окремих генів, викликаючи їх порушення та появу нових.

Мутації викликаються хімічними, фізичними та біологічними факторами середовища. До перших належать різні хімічні речовини, що використовуються в сільському господарстві – добрива, отрутохімікати та ін. До других належать радіонукліди, рентгенові та космічні промені, радіочастоти і т. п. До останніх належать в першу чергу віруси та деякі мікроорганізми.

Організми захищаються від мутацій за рахунок репарацій, тобто відновлення первинної молекулярної структури ДНК.

Процес виникнення мутацій називається мутагенезом. Особини у яких відбулася мутація називаються мутантами, а фактори, що викликають мутації – мутагенами.

Мутації, які виникають природним шляхом називаються спонтанними, а якщо викликаються штучними діями – індукованими.

М.І.Вавилов відкрив закономірність, яка говорить про те, що подібні види подібно мутують, що надає змогу прогнозувати появу нових мутацій у споріднених видів.

Термінологічний словник

Генеративні мутації – мутації, які виникають у статевих клітинах; успадковуються при статевому розмноженні.

Геномні мутації – мутації обумовлені зміною числа хромосом. Види геномних мутацій – поліплоїдія, гетероплоїдія і гаплоїдія.

Делеція – втрата ділянки хромосоми.

Дуплікація – подвоєння ділянки хромосоми.

Комбінативна мінливість – спадкова мінливість, зумовлена новими поєднаннями алелей в генотипах потомства в порівнянні з генотипами батьків.

Інверсія – поворот ділянки хромосоми на 180° .

Індукований мутаційний процес - виникнення спадкових змін під впливом направленої дії факторів зовнішнього і внутрішнього середовища.

Летальні мутації - мутації несумісні з життям.

Мутації – стійкі зміни генетичного матеріалу, які виникають раптово і призводять до змін тих чи інших спадкових ознак організму.

Мутагенез – процес виникнення мутацій.

Мутагени – чинники, які викликають мутації.

Мутант – процес виникнення мутацій.

Напівлетальні мутації - мутації, які різко впливають на життєздатність, частково або повністю зупиняють розвиток.

Соматичні мутації – мутації, які виникають у нестатевих (соматичних) клітинах; успадковуються лише за умов нестатевого чи вегетативного розмноження.

Спонтанний мутаційний процес - виникнення мутацій без встановлених причин.

Хромосомні мутації (хромосомні перебудови, аберації) – зміни структури хромосом.

Запитання для поточного контролю знань

1. Види спадкової мінливості.
2. Мутації та їхні типи.
3. Причини мутацій.
4. Властивості мутацій.
5. Значення мутацій.
6. Джерела комбінативної мінливості.
7. Закон гомологічних рядів М.І. Вавілова.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Навчитися порівнювати нормальні і мутантні форми дрозофіли, вияснити причини мутацій.

1. За допомогою ефіризатора приморити мух дикого типу.
2. Висипати на фільтрувальний папір наркотизованих мух.
3. Розглянути нормальні форми дрозофіли. Описати їх форму і розмір тіла,, колір очей, тіла тощо.
4. Розглянути мутантні форми дрозофіли. Описати їх форму і розмір тіла,, колір очей, тіла тощо.
5. За допомогою пір'їнки пересипати мух на стінки пробірки, запобігаючи попаданню особин на середовище. Тримати пробірку з мухами у горизонтальному положенні до тих пір, поки мухи не прокинуться.
6. Дані спостережень занести у таблицю.

Форми дрозофіл	Форма і колір очей	Форма і розмір крил	Забарвлення	Інші ознаки
Нормальна				
Мутантна				

7. Зробити висновки:

- Що таке мутації?
- Як мутації можуть впливати на фенотип?

Завдання 2. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, записати дані в зошит за поданими формами:

Типи мутацій

<i>Типи мутацій</i>	<i>Сутність</i>
за місцем виникнення	
Генеративні	
Соматичні	
за ступенем впливу на життєздатність	
Корисні	
Нейтральні	
Шкідливі (летальні, напівлетальні, сублетальні)	
за характером змін у структурі спадкового матеріалу	
Генні (точкові)	
Хромосомні	
Геномні	

Закон гомологічних рядів у спадковій мінливості (сформульований М.І. Вавиловим у 1920-1921 рр.)

<i>Сутність закону</i>	<i>Значення закону</i>

Матеріальне забезпечення заняття: пробірки з різними лініями дрозофіл, ефіризатор, біноклярні мікроскопи або лупи, фільтрувальний папір, пташине пір'я, таблиці, плакати, довідники, підручники.

Матеріальне забезпечення заняття: пробірки з різними лініями дрозофіл, ефіризатор, біноклярні мікроскопи або лупи, фільтрувальний папір, пташине пір'я, таблиці, плакати, довідники, підручники.

Практичне заняття 12. Генетика популяцій (2 год)

Мета: З'ясувати генетичні процеси, які проходять в популяціях та чистих лініях. Вивчити закони Харді-Вайнберга. Навчитися визначати концентрацію алелів та частоту генотипів в залежності від тривалості добору.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Популяція - це сукупність особин одного виду, котрі довготривало займають одну територію, довільно схрещуються і мають різний генетичний та алельний склад. Основними параметрами генетичної структури популяцій є частоти генів та генотипів.

Чиста лінія – група особин одного виду, які мають всі алелі однакові і в гомозиготному стані, а тому мають і всі ознаки однакові. Такі особини гомоалельні, повноінбредні та стопроцентно споріднені, а з точки зору тваринників і чистопорідні.

Для того, щоб знати насиченість популяції відповідними алелями вважають, що їх загальна сума дорівнює одиниці. Звідси і сума генотипів рівна одиниці.

При панміксії, тобто довільному схрещуванні, концентрація алелів та частота генотипів в популяції із покоління в покоління незмінна, якщо відсутні впливові на цей процес фактори. До них відносяться: мутації, міграції, добір та ізоляція. Інколи спостерігається, так званий, дрейф генів, коли випадково схрещуються особини одного генотипу.

Формули обчислення концентрації алелів та частоти генотипів в популяціях дають можливість вирахувати кінцеву частоту генотипів в поколіннях, в яких проводився певний добір або кількість поколінь, в яких необхідно вести добір аби отримати відповідну частоту певних генотипів.

Генетична ситуація в популяціях має свої певні закони:

- всі популяції є генетично різноманітними, що забезпечує ефект добору;
- в панміктичній популяції алелі та генотипи знаходяться в певній рівновазі;
- в панміктичній популяції, що знаходиться в рівновазі концентрація алелів та частота генотипів необмежено довго залишаються постійними;
- порушення рівноваги в популяціях відбувається за рахунок мутацій, міграцій, природного та штучного доборов або дрейфу генів;
- в чистих лініях всі особини генотипово і фенотипово однакові, а тому ефект добору відсутній.

Закон Харді—Вайнберга, або закон генетичної рівноваги — одна з основ популяційної генетики. Закон описує розподіл генів в популяції за наступних умов:

- у популяції відбувається вільне схрещування;
- у популяції відсутня міграція (як вхідна, так і вихідна);
- у популяції відсутні випадкові мутації.

При виконанні цих умов відносна частота особин, що є носіями кожного з алелів деякого гену буде лишатись постійною та незмінною з покоління в покоління; іншими словами, за таких умов дрейф генів відсутній.

Закон Харді-Вайнберга виконується тільки для так званих ідеальних (менделівських) популяцій: нескінченно великих панміктичних популяції диплоїдного виду зі статевим розмноженням, при однаковій життєздатності всіх генотипів та відсутності інших факторів динаміки популяції – факторів, що змінюють частоти генотипів та/або алелів. Зрозуміло, що природні популяції не відповідають даним умовам і такі популяції можуть не знаходитись у рівноважному стані. Для того, щоб перевірити наявність генетичної рівноваги у популяції, визначають частоти алелів та теоретично очікувані (виходячи з закону Харді-Вайнберга) частоти генотипів та фенотипових класів.

Термінологічний словник

Популяція – це сукупність особин одного виду, котрі довготривало займають одну територію, довільно схрещуються і мають різний генетичний та алельний склад.

Дрейф генів – випадкова і неспрямована зміна частот зустрічальності алелей у популяції.

Чиста лінія – група особин одного виду, які мають всі алелі однакові і в гомозиготному стані, а тому мають і всі ознаки однакові.

Популяційні хвилі – періодичні коливання чисельності особин популяції.

Генофонд – сукупність усіх генів та їхніх алелей особин певної популяції.

Запитання для поточного контролю знань

1. Популяція. Властивості популяцій. Генетична структура популяції.
2. Характеристика ідеальної популяції.
3. Роль рецесивних мутацій у популяціях.
4. Закон Харді-Вайнберга. Його біологічне значення.
5. Дрейф генів. Його причини і наслідки.
6. Еволюційні процеси в популяціях.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Ознайомитись з математичним описом закону Харді-Вайнберга. Записати рівняння в зошит:

Нехай в популяції присутній ген, що має два алелі — A та a . Тоді у особин цієї популяції можуть зустрічатись такі комбінації даних алелів: AA , aa та Aa . Якщо позначити через p та q частоту, з якою зустрічаються індивідууми з алелями A та a відповідно, то, згідно із законом Харді—Вайнберга,

$$p^2 + 2pq + q^2 = 100\%,$$

де p^2 — частота, з якою зустрічаються носії генотипу AA , $2pq$ — генотипів Aa та aA , а q^2 — з генотипом aa . Ці частоти будуть сталими із покоління в покоління, незалежно від зміни кількості індивідуумів в популяції і від того, наскільки великі або малі значення p та q .

Завдання 2. Розв'язати задачі.

При розв'язуванні задач даного типу необхідно визначити частоти гомозиготних (AA , aa) або гетерозиготних (Aa) генотипів у першому поколінні, або, навпаки, за ймовірністю (або абсолютною кількістю) особин з даними генотипами (або генотипом) визначити у долях одиниці (або у відсотках) їхні частоти після встановлення рівноваги у популяції.

При рішенні задач цього типу використовують два рівняння:

1) $p^2 AA + 2pq + q^2 aa = 1$

2) $pA + qa = 1$

Знаючи $p^2 AA$ (або $q^2 aa$) можливо визначити pA , а потім qa

3) $pA = \sqrt{p^2 AA}$ 4) $qa = 1 - pA$

Звідси частота гетерозигот у даній популяції буде визначатися таким чином:

5) $2pqAa$

1. Розрахувати частоту (p) алеля A і частоту (q) алеля a у даній популяції: $AA=36\%$, $Aa=48\%$, $aa=16\%$.

Відповідь: $pA=0,6$, $qa=0,4$.

2. Альбінізм у кукурудзи успадковується, як аутосомна рецесивна ознака. У деяких сортів кукурудзи рослини-альбіноси зустрічаються з частотою $25/10000$. Визначте частоту гена альбінізму у цих сортів, а також частоту генотипів (RR і Rr) з нормальним забарвленням.

Відповідь: частота гену альбінізму 5% , частота гомозигот за домінуючою ознакою (RR) $90,25\%$ і гетерозигот $9,5\%$.

3. У великої рогатої худоби породи шортгорн червона масть неповністю домінує над білою. Гібриди від схрещування червоних з білими мають чалу масть. У районі, який спеціалізувався на розведенні шортгорнів, зареєстровано 4169 червоних тварин: 3780 чалих і 756 білих. Визначте частоту генів червоного і білого забарвлення худоби у даному регіоні.

Відповідь: частота гена $A=0,7$, частота гена $a=0,3$.

4. Розрахувати частоти генотипів AA , Aa у $\%$, коли гомозиготні особини aa складають у популяції 1% .

Відповідь: частини генотипів AA і Aa відповідно 81% і 18% .

Завдання 3. Тести.

1. Укажіть, як називається здатність живих організмів набувати нових ознак та їхніх станів в процесі індивідуального розвитку:

а) мінливість; б) спадковість; в) лабільність; г) адаптація.

2. Назвіть вченого, який визнав залежність прояву ознак від впливу зовнішніх умов:

а) Ж.-Б. Ламарк; б) Р. Вірхов; в) К. Лінней; г) Т. Шванн; д) Г. Мендель.

3. Укажіть, як називаються зміни фенотипу організму, спричинені факторами умов існування і не пов'язані зі змінами генотипу:

а) комбінативна мінливість; **б) модифікаційна мінливість;** в) мутаційна мінливість.

4. Назвіть вченого, що довів відсутність успадкування модифікаційних змін:

а) А. Вейсман; б) А. ван Левенгук; в) Т. Шванн; г) Р. Вірхов; д) Р. Броун.

5. Укажіть, що називається нормою реакції:

а) межі модифікаційної мінливості; б) сумарна кількість ознак, що можуть піддаватися модифікаціям; в) величина зовнішнього фактора, що призводить до появи модифікації; г) здатність модифікацій зникати за відсутності дії фактора, який їх викликав.

6. Укажіть, про що свідчить довжина варіаційного ряду:

а) поширеність окремих варіант;

б) розмах модифікаційної мінливості;

в) межі модифікаційної мінливості;

г) частоти мутацій.

7. Назвіть ученого, що започаткував вчення про мутації і ввів це поняття:

а) А. Вейсман; **б) Г. де Фріз;** в) Р. Вірхов; г) В. Йогансен; д) Р. Броун.

8. Укажіть, внаслідок яких мутацій виникає явище поліплоїдії:

а) геномних; б) хромосомних; в) генних.

9. Визначте, які генні мутації можуть проявлятися лише в гомозиготному стані:

а) домінантні; б) субдомінантні; **в) рецесивні;** г) кросинговер.

10. Назвіть вченого, що сформулював закон гомологічних рядів спадкової мінливості:

а) В. Вернадський; **б) М. Вавилов;** в) О. Ковалевський; г) С. Навашин; д) І. Шмальгаузен.

11. Укажіть, як називається здатність особин до вільного схрещування в межах популяції:

а) пандемія; б) аберація; в) преципітація; **г) панміксія;** д) ароморфоз.

12. Зазначте, як називається сукупність усіх генів та їх алелей особин певної популяції:

а) генотип; б) каріотип; в) ген; г) геном; **д) генофонд.**

13. Укажіть, що спостерігається при дрейфі генів:

а) зростає частка гетерозигот у популяції;

б) зростає частка гомозигот у популяції;

в) зберігається рівновага між гомо і гетерозиготами;

г) зменшується частка гомозигот у популяції.

14. З'ясуйте, як називається зниження загальної пристосованості популяції до умов існування через наявність гірше адаптованих організмів:

а) генетичний тягар; б) дрейф генів; в) панміксія; г) розщеплення; д) інбридинг.

15. Визначте, чим займається генна інженерія:

а) штучним синтезом генів;

б) вивченням впливу різних факторів на фенотипічний прояв ознак;

в) аналізом закономірностей успадкування ознак;

г) виділенням генів з організму;

д) перенесенням генів з одного організму в інший.

16. Укажіть, які твердження щодо модифікаційної мінливості є правильними:

а) ступінь вираження модифікації безпосередньо залежить від інтенсивності та тривалості дії на організм певного чинника;

б) модифікаційні зміни успадковуються;

в) модифікації можуть зникати протягом життя особин, якщо припиняється дія фактора, що їх спричинює;

г) модифікаційні зміни можуть зберігатися впродовж усього життя особин;

д) модифікації спрямовані на пристосування організмів до змін факторів довкілля.

17. Назвіть ознаки організму, які повністю визначаються генами і мають малу модифікаційну мінливість:

а) листорозміщення; б) жилкування; в) форма листової пластинки;

г) розміщення очей; д) маса організму; **е) група крові.**

18. Укажіть, які твердження щодо мутацій є правильними:

а) мутації виникають раптово; б) зміни, спричинені мутаціями, стійкі і можуть успадковуватися; в) мутації є неспрямованими і можуть бути

корисними, нейтральними чи шкідливими для організму; г) одні і ті ж мутації не можуть виникати багаторазово.

19. Укажіть, в результаті чого можуть утворюватись поліплоїдні організми:

а) внаслідок поділу хромосом, що не супроводжується поділом клітини;

б) внаслідок злиття соматичних клітин чи їхніх ядер;

в) внаслідок утворення симпласту;

г) внаслідок зміни числа хромосом окремих пар;

д) внаслідок утворення гамет з нередукованою кількістю хромосом.

20. Зазначте, які мутації пов'язані із перебудовою хромосом:

а) зміна числа хромосом окремих пар; **б) втрата ділянки; в) вставка**

додаткового фрагмента; г) обмін ділянками між не гомологічними хромосомами; д) поліплоїдія; **е) зміна порядку розташування генів.**

21. Назвіть фактори, які належать до фізичних мутагенів:

а) йонізуюче випромінювання; б) вірусні захворювання; в) зміна освітленості;

г) дія алкалоїду колхіцину; **д) зміна температури.**

22. Назвіть джерела комбінативної мінливості:

а) кон'югація гомологічних хромосом у профазі;

б) незалежне розходження гомологічних хромосом в анафазі першого мейотичного поділу;

в) випадкове сполучення гамет при утворенні зиготи;

г) зміна послідовностей нуклеотидів, що виникає раптово.

23. Укажіть, які фактори в клітині протидіють мутаційному процесу:

а) виродженість; б) наявність систем репарації ДНК; в) повторюваність генів у нуклеїновій кислоті; г) система підтримання клітинного

гомеостазу;

д) здатність до переходу організмів у стан спокою за шкідливих умов середовища.

24. Укажіть, які фактори можуть змінювати поширеність певних генотипів у популяціях від покоління до покоління:

а) інтенсивні міграції особин між популяціями;

б) дрейф генів;

в) модифікаційна мінливість;

г) відсутність вільного схрещування.

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, довідники, підручники.

Тема 7. Основи селекції. Поняття про сорт, породу, штам. Штучний добір та його форми. Системи схрещувань організмів

Практичне заняття 13. Генетичні основи селекції (2 год)

Мета: вивчити теоретичні основи селекції. З'ясувати генетичну сутність племінної, селекційної та виробничої цінності тварин. Зрозуміти, що таке ознаки добору та фактори добору. З'ясувати умови, які вимагають виведення нових порід.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Добір поділяється на природний і штучний. Перший стосується тварин, генотип яких адекватний умовам середовища. В такому випадку тварина дає нащадків і зберігає вид в цілому. В протилежному випадку особина гине, не залишаючи нащадків. Штучний добір – це добір особин людиною відповідно до поставлених цілей. І природний, і штучний добір ведеться за фенотипом, тобто за окремими ознаками чи їх комплексом. Такі ознаки називаються ознаками добору. Штучний добір може бути неусвідомленим і тоді говорять про інтуїцію, але обов'язково з метою поліпшення тих чи інших ознак у тварин. Це відбувається на основі теорії зчеплення та кореляційних зв'язків між окремими ознаками.

За рахунок добору звужується генетична різноманітність популяції та підвищується гомогенність популяції, гомозиготність і таутозиготність особин. Вибракування це один із різновидів добору, котрий базується на масовому видаленні із популяції особин, що не відповідають певним стандартам. Останні визначені в інструкціях по бонітуванню. Бонітування – оцінка тварин за відповідним комплексом ознак, що взяті для селекції (добору).

Фактори добору – це фактори середовища, які впливають на онтогенез і викликають модифікаційну мінливість. Вони можуть вести добір на домінуючу чи рецесивну гомозиготність або на гетерозиготність. Отримати високопродуктивну породу тварин можливо лише за умови повноцінного забезпечення їх генетико - фізіологічних потреб. В незадовільному середовищі отримати високопродуктивну породу неможливо.

В усіх випадках спочатку проявляється адекватність генотипу умовам середовища (природний добір), а вже за тим – можливий штучний добір.

Порода, з точки зору генетики – гомогенна група гомозиготних або таутозиготних особин. Всі тварини однієї породи мають однакові алелі в гомозиготному стані, тобто вони є інбредними за ознаками, що підлягають добору і тому є гомоалельними. Такі тварини дають стандартне потомство і спостерігається це стабільно, тобто протягом багатьох поколінь. Кожна порода повинна мати унікальний (неповторний) набір ознак, що беруться до селекції, в протилежному разі вона не може бути окремою породою.

Тварини мають певну генетичну цінність, яка залежить від поставленої людиною мети. Оскільки вони бувають гомозиготними та гетерозиготними, а за кількісними ознаками таутозиготними чи алозиготними за селекційними ознаками, то їх цінність в цьому і полягає.

- Племінна цінність особин полягає в їх гомозиготності чи таутозиготності, що визначає стандартність та стабільність ознак в нащадків, для чого й існують племінні тварини.

- Селекційна цінність тварин полягає в гетерозиготності чи алозиготності генотипів, бо це дає можливість добирати високопродуктивних особин і вести з ними роботу на предмет гомозиготизації мегакарпіальних алелів.

- Виробнича цінність тварин полягає в високій продуктивності незалежно від генотипу. Саме для цього використовують ефект гетерозису.

Кожна порода є складною популяцією, де складовими частинами є лінії. Закони визначення кількісних ознак дають можливість мати групи тварин з однаковим фенотипом, але різним таутозиготним генотипом, тобто таутозиготними за різними алелями. При схрещуванні таких ліній можливо отримати ефект гетерозису в середині породи, що часто і спостерігається на практиці. Правда, не в усіх випадках.

Постійне поліпшення порід полягає в доборі тварин з більш продуктивними алелями, з подальшою їх таутозиготизацією.

Потреба в виведенні нових порід виникає лише в таких ситуаціях:

- коли змінилася ринкова кон'юнктура і вимагає зміни якості продукції;
- коли змінилася технологія виробництва і вимагає пристосованих до неї тварин;

- коли змінилися умови середовища і тварини традиційних порід не можуть давати високу продуктивність.

При різних методах схрещування розподіл батьківських хромосом іде за законами теорії імовірності і не дає гарантії добрати тварину з необхідними для селекції алелями.

Термінологічний словник

Селекція – наука про теоретичні основи та методи створення нових і поліпшення вже існуючих сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів.

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 на території будь-якої країни.

Штучний добір – це вибір людиною найцінніших у господарському відношенні тварин, рослин, мікроорганізмів для одержання від них потомства з бажаними ознаками.

Фактори добору – це фактори середовища, які впливають на онтогенез і викликають модифікаційну мінливість.

Гібридизація – процес одержання гібридів, який ґрунтується на об'єднанні генетичного матеріалу різних клітин або організмів.

Гетерозис – властивість гібридів першого покоління перевершувати по стійкості, плідності та іншим ознакам кращу з батьківських форм.

Клонування – вирощування нового організму з окремих соматичних клітин.

Запитання для поточного контролю знань

1. Історія селекції.
2. Завдання і методи селекції.
3. Гібридизація та її форми.
4. Споріднене схрещування.
5. Неспоріднене схрещування. Явище гетерозису.
6. Віддалена гібридизація. Подолання стерильності міжвидових гібридів.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, записати дані в зошит за поданими формами:

Основні методи селекції

<i>Методи</i>	<i>Суть</i>
Штучний добір	
Гібридизація	

Форми штучного добору

<i>Форми</i>	<i>Суть</i>
Масовий	
Індивідуальний	

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, портрети видатних учених, довідники, підручники.

Тема 8. Центри різноманітності та походження культурних рослин, райони одомашнення тварин.

Практичне заняття 14. Центри різноманітності та походження культурних рослин, райони одомашнення тварин (2 год)

Мета: розширити знання про центри різноманітності та походження культурних рослин.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Основні центри походження культурних рослин були встановлені М.І. Вавиловим у 20-30-х рр. ХХ ст.

Південноазіатський тропічний (Індія, Індокитай, Південний Китай, острови Південно-Східної Азії): батьківщина рису, цукрової тростини, огірків, бананів.

Східноазіатський (Центральний і Східний Китай, Японія, Корея, Тайвань): батьківщина сої, гречки, редьки, яблуні, груші, сливи, шовковиці, проса.

Південно-Західноазіатський (Мала та Середня Азія, Кавказ, Близький Схід, Північно-Західна Індія, Західний Китай): батьківщина гороху, чечевиці, жита, ячменю, вівса, моркви, цибулі, баовнику, льону, винограду, абрикосу, мигдалю, волоського горіха, цитрусових.

Середземноморський: батьківщина цукрового буряку, капусти, маслин, конюшину, люпину.

Абіссінський (Північно-Східна Африка, Абіссинське нагір'я, Аравійський півострів): батьківщина твердої пшениці, сорго, кави.

Центральноамериканський: батьківщина кукурудзи, червоного перцю, квасолі, гарбузу, тютюну, какао.

Південноамериканський (Андійський): батьківщина картоплі, томатів, арахісу, ананасу.

Однією з перших тварин, приручених близько 15 тис. років тому в Євразії, був собака. Набагато пізніше, 5 тис. років тому, в Єгипті приручили кішку. Вівці і кози були одомашнені 10 тис. років тому в Середземномор'ї. Дику свиню приручили в Євразії близько 7 тис. років тому, а свійські кури походять від банківських і червоних курей, одомашнених в Азії 5 тис. років тому.

Термінологічний словник

Доместикація — процес зміни популяції тварин або рослин за допомогою селекції, в результаті якого вони стають пристосованими до утримання в неволі та використання людиною.

Запитання для поточного контролю знань

1. Центри походження і різноманітності культурних рослин.
2. Райони одомашнення і походження порід свійських тварин.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, записати дані в зошит за поданими формами:

Основні центри походження культурних рослин

<i>Центри походження</i>	<i>Види культурних рослин</i>
Південноазіатський тропічний	
Східноазіатський	
Південно-Західноазіатський	
Середземноморський	
Абіссінський	
Центральноамериканський	
Південноамериканський	

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, портрети видатних учених, довідники, підручники.

Тема 9. Особливості селекції рослин, тварин і мікроорганізмів

Практичне заняття 15. Особливості селекції рослин, тварин і мікроорганізмів (2 год)

Мета: розширити знання про центри різноманітності та походження культурних рослин.

Методичні рекомендації щодо вивчення теми

Основними методами селекції рослин є гібридизація і штучний добір, які здебільшого застосовують одночасно. Для одержання великої кількості вихідного матеріалу селекційній роботі використовують різні форми штучного добору: масовий та індивідуальний. У селекції рослин застосовують різні форми гібридизації: споріднене, неспоріднене і міжвидове схрещування. Широко застосовують у селекції рослин щеплення - особливий спосіб штучного об'єднання частин різних рослин. Нагадаємо, що частину рослини, яку прищеплюють, називають прищепою, а рослину, до якої її прищеплюють, — підщепою. Щеплення відрізняється від справжньої гібридизації тим, що приводить лише до неспадкових змін фенотипу прищепленої рослини, оскільки генотипи прищепи й підщепи не змінюються. Щеплення застосовують з різною метою. Насамперед для підсилення бажаних змін фенотипу внаслідок поєднання властивостей прищепи й підщепи і поширення їх на весь новостворений організм. Унаслідок взаємодії прищепи й підщепи дістають нові корисні властивості, які можна використовувати в подальшій селекційній роботі. Корисні властивості гібридів, одержані внаслідок щеплення, слід постійно підтримувати, періодично проводячи повторні щеплення, щоб уникнути виродження сорту. У селекції рослин різні форми гібридизації застосовують спільно з дією мутагенних факторів. Подальшим доббором серед мутантних нащадків створюють сотні нових сортів культурних рослин (пшениці, жита, ячменю, кукурудзи тощо), які за низкою показників переважають вихідні форми.

У селекції тварин застосовують ті самі методи, що і в селекції рослин, проте є і певні відмінності, пов'язані з особливостями організму тварин. Так, свійським хребетним тваринам притаманне лише статеве розмноження, тому безплідних міжвидових гібридів не можна розмножувати вегетативно. В селекції тварин, як правило, не застосовують масовий добір, оскільки кількість нащадків у них незначна і тому кожна особина становить собою певну цінність. Організм тварини має високий ступінь інтеграції, тому в селекційній роботі слід враховувати те, що у разі зміни певної ознаки можуть змінюватися й інші, пов'язані з нею. В селекції тварин застосовують як споріднене схрещування (для переведення певних генів у гомозиготний стан), так і неспоріднене чи віддалену гібридизацію (для створення нових порід). Оскільки споріднене схрещування часто знижує життєздатність організмів, його застосовують лише як певний етап у селекційній роботі. Негативні його наслідки усувають за допомогою схрещування представників різних ліній або порід, що сприяє переведенню несприятливих рецесивних алелей у гетерозиготний стан. Широко використовують у селекції тварин і явище гетерозису.

Мікроорганізми (прокаріоти і деякі мікро-скопічні еукаріоти, наприклад дріжджі) нині широко використовують у різних галузях народного господарства. За допомогою мікроорганізмів людина виробляє різноманітні антибіотики, вітаміни, амінокислоти, гормони тощо. Дріжджі використовують у хлібопекарській, спиртовій, виноробній промисловості, у пивоварінні тощо. Виведено гриби, здатні синтезувати кормові білки з відходів рослинництва і навіть нафти. Мікроорганізми виробляють основну кількість харчової лимонної

кислоти. Створено штами мікроорганізмів, які можуть вилучати рідкоземельні елементи й дорогоцінні метали з руд і промислових відходів. Для виробництва необхідних речовин і препаратів створена окрема галузь промисловості - мікробіологічна. Мікроорганізми застосовують і у боротьбі зі шкідниками сільського і лісового господарств, а також кровосисними та паразитичними видами.

Мікроорганізми мають низку особливостей, які варто враховувати в селекційній роботі. Насамперед багатьом із них не властивий статевий процес, і тому щодо них неможливо застосувати звичайну гібридизацію. Для збільшення різноманітності вихідного матеріалу використовують дію мутагенних факторів, а потім відбирають найпродуктивніші штами для подальшої селекційної роботи. У деяких випадках проводять штучне схрещування різних штамів за допомогою ві-русів-бактеріофагів, здатних переносити спадкову інформацію від однієї бактеріальної клітини до іншої. Багато мікроорганізмів має гаплоїдний набір хромосом або кільцеву молекулу ДНК (прокаріоти), що дає змогу мутаціям проявлятися вже в першому поколінні нащадків. А завдяки швидким темпам розмноження мікроорганізмів можна одержувати значну кількість нащадків. У селекції мікроорганізмів широко застосовують методи генетичної і клітинної інженерії.

Термінологічний словник

Штам – це група мікроорганізмів, що є нащадком однієї клітини

Інбридинг – схрещування організмів, що мають безпосередніх спільних предків

Аутбридинг – гібридизація організмів, які не мають тісних родинних зв'язків, тобто представників різних ліній, сортів чи порід одного виду.

Віддалена гібридизація – схрещування особин, які належать до різних видів і навіть родів з метою поєднання у гібридів цінних спадкових ознак представників різних видів.

Порода, сорт – сукупність особин одного виду (популяція), штучно створена людиною і яка характеризується певними спадковими властивоостями: продуктивністю, особливими морфологічними та фізіологічними ознаками.

Запитання для поточного контролю знань

1. Особливості селекції рослин.
2. Особливості селекції тварин.
3. Особливості селекції мікроорганізмів.

Завдання для проведення практичного заняття

Завдання 1. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, запишіть дані в зошит за поданими формами:

Особливості селекції рослин, тварин і мікроорганізмів, які зумовлюють специфіку їхньої селекції

	Особливості
Рослини	
Тварини	

Записати методи селекції мікроорганізмів:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Завдання 2. Тести

1. З'ясуйте, як називається сукупність тварин одного виду (популяції) із певними спадковими особливостями: продуктивністю, морфологічними і фізіологічними ознаками, виведених людиною у результаті штучного добору:
 - а) сорт; б) штам; **в) порода**; г) група.
2. Назвіть вченого, який створив теорію штучного добору:
 - а) Ж.Б. Ламарк; **б) Ч. Дарвін**; в) К. Лінней; г) Т. Шванн; д) Г. Мендель.
3. Укажіть, яка мінливість, як правило, спостерігається, коли при доборі організмів за певними ознаками одночасно виникають зміни інших ознак:
 - а) комбінативна; б) модифікаційна; **в) корелятивна**; г) мутаційна.
4. Укажіть, що називається штучним добором:
 - а) вибір найцінніших у господарському плані організмів для одержання в них нащадків із бажаними ознаками;**
 - б) пошук генетично близьких видів та родів, що характеризуються подібними рядами спадкової мінливості;
 - в) вивчення ступеня вираженості стану ознаки залежно від інтенсивності і тривалості дії факторів зовнішнього середовища;
 - г) процес природного вилучення із популяції організмів, що несуть мутантні летальні гени.
5. Зазначте особини, які вважаються неспорідненими:
 - а) що не мають спільних предків протягом 2-х поколінь;
 - б) що не мають спільних предків протягом 3-х поколінь;
 - в) що не мають спільних предків протягом 4-х поколінь;
 - г) що не мають спільних предків протягом 6-ти поколінь.**
6. Укажіть, що спостерігається при аутбридингу:
 - а) збільшення кількості гомозигот;
 - б) збільшення кількості гетерозигот;**
 - в) стабілізація співвідношення гомо- і гетерозигот;
 - г) зникнення гетерозигот.
7. З'ясуйте, як називається явище, за якого перше покоління гібридів, одержаних у результаті неспорідненого схрещування, має підвищені життєздатність і продуктивність порівняно з батьківськими організмами:
 - а) гібридизація; б) полімерія; **в) гетерозис**; г) епістаз; д) панміксія.
8. Назвіть вченого, який вперше у 1924 році запропонував методику подолання стерильності міжвидових гібридів у рослин:
 - а) Ковалевський; б) С. Навашин; **в) Г. Карпеченко**; г) І. Шмальгаузен;

д) В. Вернадський.

9. Укажіть, що називається центром різноманіття:

а) територія, на якій зустрічається найбільша кількість сортів і форм культурних рослин;

б) територія, яка характеризується найбільшою кількістю видів, що її населяють;

в) територія, на якій не працює природний добір;

г) територія, на якій повністю відсутній антропогенний вплив.

10. Укажіть, до якого центру різноманітності і походження культур відносяться Індокитай, тропічна Азія, Південний Китай:

а) Середземноморський; б) Східноазійський; **в) Південноазійський тропічний;** г) Південно-західноазійський; д) Абіссінський.

11. Назвіть центр різноманітності і походження культур, що є батьківщиною квасолі:

а) Середземноморський; **б) Центральноамериканський;**

в) Південноамериканський; г) Південноазійський тропічний; д) Південно-західноазійський; е) Абіссінський.

12. Укажіть, який центр різноманітності і походження культур є батьківщиною капусти:

а) Середземноморський; б) Центральноамериканський;

в) Південноамериканський; г) Південноазійський тропічний; д) Південно-західноазійський; е) Абіссінський.

13. Визначте, коли було одомашнено більшість свійських тварин:

а) 100-1150 тис. років тому;

б) 50-70 тис. років тому;

в) 25-35 тис. років тому;

г) 8-10 тис. років тому;

д) 1-2 тис. років тому.

14. Відшукайте, яка із наведених свійських тварин, на думку вчених, була одомашнена першою:

а) собака; б) кішка; в) вівця; г) верблюд; д) корова.

15. З'ясуйте, як називається сукупність промислових методів, які застосовують для виробництва різних речовин із використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ:

а) радіобіологія; **б) біотехнологія;** в) біоіндикація; г) селекція; в) вівіселекція.

16. Назвіть ученого, який у 1969 році вперше здійснив синтез генів поза організмом:

а) С. Четвериков; б) С. Райт; в) Р. Фішер; **г) Г. Хорана;** д) Ф. Доброжанський.

17. Укажіть, як називається сукупність клітин чи організмів, які виникли від спільного предка нестатевим шляхом:

а) порода; б) прищепка; **в) клон;** г) гібрид.

18. З'ясуйте, яким чином можна дізнатись про спадковість організмів, які відібрані внаслідок штучного добору:

а) вивчаючи фенотипи організмів; б) аналізуючи вплив різних факторів на прояв ознаки; **в) вивчаючи родоводи;** **г) проводячи аналіз схрещування.**

19. Укажіть, які рослини походять із Східноазійського центру різноманіття і походження культурних рослин:
а) соя; б) огірки; в) цукрова тростина; г) шовковиця; д) яблуня; е) редька.
20. Укажіть, які рослини походять із Південноамериканського центру різноманіття і походження культурних рослин:
а) помідори; б) картопля; в) кукурудза; г) тютюн; д) какао; е) ананас.
21. Зазначте, які породи великої рогатої худоби належать до молочних:
а) герфордська; б) симентальська; в) лебединська; **г) червона степова; д) чорно-ряба; е) абердино-ангуська.**
22. Назвіть, у яких галузях використовуються досягнення біотехнології:
а) харчові промисловості; б) екології; в) фармацевтиці; г) медицині; д) сільському господарстві.
23. Укажіть, у яких напрямках розвивається клітинна інженерія:
а) утворення клітинних культур;
б) синтез генів поза організмом;
в) здійснення клонування організмів;
г) гібридизація соматичних клітин;
д) експериментальне поєднання різних геномів в одній клітині;
е) перебудова виділених генів.
24. Визначте, як називають створену людиною культуру мікроорганізмів:
а) сорт; **б) штам;** в) порода; г) група.
25. Укажіть, як називається комплекс заходів, спрямованих на перевірку відповідності якостей порід, сортів і штамів до умов певної природної зони:
а) інтродукція; б) репатріація; в) гібридизація; **г) районування;** д) інтеграція.
26. Укажіть, як називається схрещування організмів, що мають безпосередніх спільних предків:
а) міжвидове; **б) інбридинг;** в) аутбридинг; г) віддалене.
27. Віднайдіть, для яких організмів характерна несправжня гібридизація – щеплення:
а) рослини; б) тварини; в) мікроорганізми; г) віруси.
28. Укажіть, як називаються позахромосомні фактори спадковості, які здатні існувати у клітині в стані, не пов'язаному з хромосомами:
а) перикаріон; б) інкубатори; **в) плазмідни;** г) хроматофори.
29. Укажіть, які організми утворені внаслідок віддаленої гібридизації;
а) мули; б) рапс; в) поні; **г) архаромериноси; д) сарлики; е) хайнаки.**
30. Зазначте, які культурні рослини мають поліплоїдний (порівняно із спорідненими дикими видами) набір хромосом:
а) суніці садові; б) тверда пшениця; **в) м'яка пшениця; г) картопля;** д) яблуня.
31. Укажіть, які фактори визначають особливості селекції тваринних організмів у порівнянні з іншими:
а) відсутність вегетативного розмноження;
б) відносно тривалий період розвитку особини;
в) труднощі у визначенні якостей плідника;
г) стерильність міжвидових гібридів;

д) невелика кількість гібридів внаслідок статевого розмноження.

32. Назвіть, які методи селекції мікроорганізмів використовують:

а) віддалену гібридизацію;

б) штучне схрещування за допомогою бактеріофагів;

в) штучний мутагенез;

г) методи клітинної інженерії;

д) методи генної інженерії;

е) щеплення.

Матеріальне забезпечення заняття: таблиці, плакати, портрети видатних учених, довідники, підручники.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

**Тема 1. Історичний розвиток генетики. Її місце серед інших наук.
Методи генетики та її значення.**

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що генетичні дослідження проводяться на організмовому, клітинному та молекулярному рівнях популяції.

Генетиці властиві такі методи:

- гібридологічний, тобто система схрещувань в ряду поколінь, котра надає можливості з'ясувати закони успадкування окремих ознак;

- популяційно-статистичний – вивчення генетичної структури популяцій, розподілу окремих генів та генотипів в них і на цій основі прогнозування майбутніх генетичних ситуацій;

- цитогенетичний – визначення каріотипу організмів, та їх генетичної повноцінності, картування хромосом, визначення наявності чи відсутності окремих генів в організмі;

- біохімічний – визначення молекулярної структури генів, їх виділення, синтез, клонування, переміщення в різні біологічні системи з метою виробництва окремих біоречовин не властивих раніше даному організмові;

- математичний – визначення за допомогою математичних формул та рівнянь закономірностей реалізації генетичних законів в популяціях з метою прогнозування їх реалізації в майбутньому.

Завдання

Завдання 1. Ознайомитись з методами досліджень, які використовують для вивчення властивостей спадковості і мінливості:

Назва методу	Суть методу
Гібридологічний	
Генеалогічний	

Популяційно-статистичний	
Цитогенетичний	
Біохімічний	
Близнюковий	
Математичний	
Генетичної інженерії	

Тема 2. Закони спадковості

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що для ідентифікації хромосом застосовують кількісний морфометричний аналіз. З цією метою проводять вимірювання довжини хромосоми у мікрометрах. Визначають також співвідношення довжини короткого плеча до довжини всієї хромосоми (центромерний індекс).

Складання ідіограми, як і сам термін, запропоновані професором Київського університету цитологом С.Г.Навашиним (1857-1930). У 1960 р. була розроблена перша Міжнародна класифікація хромосом людини (Денверська). У основу її були покладені особливості розмірів хромосоми і розташування первинної перетяжки. Згодом положення Денверської класифікації були розвинуті, доповнені новими критеріями і конкретизовані на наступних міжнародних конференціях, останньою із яких була Паризька IV конференція по стандартизації хромосом людини (1971). Були використані принципово нові методичні прийоми. У 1968—1970 рр. були опубліковані роботи шведського генетика Касперссона, який застосовував для вивчення хромосом флуоресцентні барвники, зокрема акрихін — іприт і його похідні. На сьогодні розроблено кілька методів виявлення структурної неоднорідності по довжині хромосом людини. Основу всіх методів складають денатурації і ренатурації ДНК хромосом, які відбулися на препаратах.

Моногібридне схрещування являє собою схрещування двох організмів, у кожного з яких у хромосомі є гетерозиготна пара алелів. Відповідно екземпляри будуть відрізнятися один від одного по одній парі альтернативних ознак.

При моногібридному спадкуванні від батьківських форм передається одна ознака (ген), різновиди якого називаються алелями. Характерною рисою моногібридного схрещування є те, що порівняння проводять тільки за однією специфічною ознакою, на відміну від дігібридного, при якому батьківські організми відрізняються по двох парах альтернативних ознак.

Експерименти, поставлені Г. Менделем, є прикладами моногібридного схрещування. У них відображені закономірності успадкування певних ознак. Вчений проводив схрещування рослин гороху, які відрізнялися одна від однієї за кольором насіння (жовте й зелене), за структурою поверхні насіння (гладка і складчаста). У результаті дослідів був сформульований перший закон Менделя, який свідчив, що всі гібриди першого покоління однакові як за фенотипом, так і

за генотипом, і несуть домінуючу ознаку. Це так зване правило домінування. Такі ж спостереження були проведені пізніше при схрещуванні інших рослин, що відрізняються по якійсь характерній ознаці, наприклад, ліній рослини нічна красуня, що відрізняються білими і рожевими квітками.

Моногібридне схрещування знайшло застосування для з'ясування, яку ознаку буде мати друге покоління від батьків, гомозиготних за домінуючим і рецесивним аллелями. Як вже було зазначено вище, у першому поколінні всі гібриди ідентичні. Якщо ж провести моногібридне схрещування гетерозиготних особин у другому поколінні, то ймовірність прояви домінуючого фенотипу становить 75%, а рецесивного - 25%. Так проявляється другий закон Менделя (закон розщеплення).

При дигібридному схрещуванні аналізується успадкування в потомстві двох ознак (якщо ознак більше за дві, схрещування називають полігібридним); гени ознак, які аналізують, повинні знаходитися в різних парах гомологічних хромосом.

Число фенотипів у другому поколінні при повному домінуванні визначається формулою: $(3+1)^2 = 9+3+3+1$

Аналізуючи кожен ознаку окремо, одержуємо результат, який відповідає другому закону Менделя. Закон незалежного успадкування ознак (третій закон Менделя): при дигібридному схрещуванні розщеплення по кожній парі алельних ознак відбувається незалежно.

Сутність дигібридного схрещування. Організми розрізняються за багатьма генами і, як наслідок, за багатьма ознаками. Щоб одночасно проаналізувати спадкування декількох ознак, необхідно вивчити успадкування кожної пари ознак окремо, не звертаючи уваги на інші пари, а потім зіставити і об'єднати всі спостереження. Саме так і вчинив Мендель.

Схрещування, при якому батьківські форми відрізняються по двох парах альтернативних ознак (по двох парах алелей), називається дигібридним. Гібриди, гетерозиготні за двома генами, називають дигетерозиготним, а в разі відмінності їх за трьома і багатьма генами-три-і полігетерозиготним відповідно.

Результати дигібридного і полігібридного схрещування залежать від того, розташовуються гени, що визначають розглянуті ознаки, в одній хромосомі або в різних.

Завдання

Завдання 1. Ознайомитись з проведенням ідентифікації хромосом шляхом визначення морфометричних показників. Записати дані в зошит за поданою формою:

1. Абсолютна довжина кожної хромосоми

L = _____

2. Відносна довжина кожної хромосоми

$$L^R = \text{_____}$$

3. Плечовий індекс

$$I^B = \text{_____}$$

4. Центромерний індекс

$$I^C = \text{_____}$$

Завдання 2. Ознайомитись з схемою моногібридного схрещування та записати її в зошит:

AA x aa = Aa + Aa (F1);

Aa x Aa = AA + Aa + Aa + aa (F2).

Завдання 2. Розв'язати задачі.

Задача 1. У людини карий колір очей домінує над блакитним. Гомозиготний кароокий чоловік одружився з блакитноокою жінкою. Який колір очей матимуть їхні діти?

Відповідь: Усі діти матимуть карий колір очей.

Задача 2. У вівса нормальний зріст домінує над гігантизмом, а рання стиглість над пізньою. Ознаки успадковуються незалежно. Схрещуються рослини ранньої стиглості і нормальним зростом з гігантом пізньої стиглості. Вихідні рослини гомозиготні. У якому поколінні та з якою ймовірністю з'являться гомозиготні гіганти ранньої стиглості?

Відповідь: у другому поколінні (F_2) із ймовірністю $1/16$ від одержаних потомків.

Задача 3. Чорна масть великої рогатої худоби домінує над рудою, а білоголовість - над суцільним забарвленням голови. Яке потомство можна отримати від схрещування гетерозиготного чорною бика з суцільним забарвленням голови з рудою білоголовою коровою, якою останнім гетерозиготна за білоголовістю? Гени цих обох ознак знаходяться в різних хромосомах.

Відповідь: серед потомства буде чорних білоголових телят – 25%, чорних з суцільним забарвленням голови – 25%, рудих білоголових – 25%, рудих з суцільним забарвленням голови – 25%. У потомстві розщеплення за фенотипом $1:1:1:1$.

Задача 4. У F_1 від схрещування червоноколосих безостих рослин пшениці з білоколосими остистими всі рослини виявилися червоноколосими безостими, а в F_2 відбулося розщеплення: 159 червоноколосих безостих, 48 червоноколосих остистих, 57 білоколосих безостих, 16 білоколосих остистих: 1) Як успадковуються ознаки? 2) Визначте генотипи вихідних рослин. Яка частина рослин F_2 буде гетерозиготною за обома ознаками? 3) Яке розщеплення ви очікуєте одержати в аналізуючому схрещуванні та яку форму слід використати як аналізатор?

Відповідь: 1) ознаки успадковуються незалежно. Безостість домінує над остистістю, червоний колір колосу над білим; 2) генотипи вихідних рослин AABV, aabb; серед рослин другого покоління 25% будуть гетерозиготними за обома ознаками; 3) у аналізуючому схрещуванні очікуване розщеплення 1:1:1:1. Як аналізатор використовуємо білоколосі остисті рослини.

Задача 5. У вівса нормальний зріст домінує над гігантизмом, а рання стиглість над пізньою. Ознаки успадковуються незалежно. Схрещуються рослини ранньої стиглості і нормальним зростом з гігантом пізньої стиглості. Вихідні рослини гомозиготні. У якому поколінні та з якою ймовірністю з'являться гомозиготні гіганти ранньої стиглості?

Відповідь: у другому поколінні (F_2) із ймовірністю 1/16 від одержаних потомків.

Задача 6. У пахучого горошка високий зріст T домінує над карликовим t, зелені боби G - над жовтими g, гладеньке насіння R - над зморшкуватим r. Які фенотипи будуть мати F_1 і F_2 від схрещування гомозиготного карликового зеленого зморшкуватого горошку з гомозиготним високим жовтим гладеньким горошком?

Відповідь: 1) фенотип рослин F_1 - високий зелений гладенький; 2) у F_2 культивість фенотипічних класів становить 8: високі зелені гладенькі, високі зелені зморшкуваті, карликові зелені гладенькі, високі жовті гладелькі, карликові жовті гладенькі, високі жовті зморшкуваті, карликові зелені зморшкуваті, карликові жовті зморшкуваті.

Задача 7. Катаракти мають кілька спадкових форм. Яка ймовірність того, що дитина буде мати цю хворобу, якщо обидва батьки страждають її аутосомно-домінантною формою і гетерозиготні за нею, а також гетерозиготні за двома рецесивно-аутосомними не зчепленими між собою формами із домінантною формою?

Відповідь: вірогідність народження в цій сім'ї дитини, що буде мати катаракту, становить $55/65 = 85,94\%$.

Задача 8. Полідактилія, короткозорість і відсутність малих кутніх зубів передаються як домінантні аутосомні ознаки. Гени всіх трьох ознак знаходяться в різних парах хромосом:

- 1) яка вірогідність народження дітей без аномалій у сім'ї, де обоє батьків страждають усіма трьома недоліками, але гетерозиготні за всіма трьома парами генів?
- 2) визначте вірогідність народження дітей без аномалій у сім'ї про яку відомо таке. Бабуся по лінії дружини була шестипалою, а дідусь короткозорий. Стосовно інших ознак - вони нормальні. Дочка успадкувала від своїх батьків обидві аномалії. Бабуся по лінії чоловіка не мала малих кутніх зубів, мала нормальний зір і п'ятипалу кисть. Дідусь був нормальним стосовно всіх трьох ознак. Син успадкував аномалію матері.

Відповідь: 1) вірогідність народження дітей без аномалій у цій сім'ї становить $1/64 = 1,56\%$; 2) вірогідність народження дітей без аномалій у цій сім'ї становить $1/8 = 12,5\%$.

Тема 3. Проміжний характер успадкування. Зчеплене успадкування. Хромосомна теорія спадковості

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, у разі повного домінування однієї алелі над іншою особини, гомозиготні за домінантною алеллю і гетерозиготні, подібні за фенотипом. Їхній генотип можна визначити за фенотипом нащадків, одержаних від певних типів схрещувань, наприклад за допомогою аналізуючого схрещування. Аналізуюче схрещування – це схрещування особини, генотип якої хочуть визначити, з особоною, гомозиготною за рецесивною алеллю досліджуваного гена. Таке схрещування ґрунтується на тому, що особини, гомозиготні за рецесивною алеллю певного гена, завжди мають лише певний варіант фенотипу й утворюють гамети лише одного сорту. Якщо серед нащадків, одержаних від аналізуючого схрещування, розщеплення за фенотипом не спостерігається, то батьківська особина, генотип якої перевіряли, була гомозиготною за домінантною алеллю. Якщо внаслідок аналізуючого схрещування серед нащадків спостерігатиметься розщеплення за фенотипом у співвідношенні 1:1, то особина, чий генотип визначали – гетерозиготна за досліджуваним геном. Аналізуюче схрещування широко застосовують у селекційній роботі, оскільки воно дає можливість визначити генотип особин, яких планують використати для одержання нащадків із певним фенотипом. Зокрема, завдяки цьому можна уникнути небажаного розщеплення за фенотипом серед нащадків, усунувши від розмноження гетерозиготних особин. Відхилені від очікуваних результатів розщеплення часто пов'язані з дією так званих летальних алелей, оскільки особини, гомозиготні й гетерозиготні за цими алелями, мають різну життєздатність.

Завдання

Завдання 1. Розв'язати задачі.

Задача 1. У персика опушений плід домінує над гладеньким. Якими будуть:

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

2) потомки від зворотного схрещування рослин F_1 з батьківською опушеною формою?

3) потомки від аналізуючого схрещування рослин F_1 з батьківською формою, у якої плоди гладенькі?

Відповідь: 1) усі рослини F_1 мають опушені плоди, генотип Bb ; 2) генотипи потомків від схрещування рослин F_1 (Bb) з формою BB були $1BB: 1Bb$, за фенотипом усі опушені; 3) генотипи потомків від аналізуючого схрещування $1Bb: 1bb$, за фенотипом опушені і гладенькі у співвідношенні 1:1.

Задача 2. У курей розоподібний гребінь домінує над простим. Птахівник підозрює, що деякі з віандотів, які мають розоподібний гребінь, гетерозиготні за чинником простого гребеня. Як установити, чи вони гетерозиготні?

Відповідь: якщо курка була гомозиготна, то при схрещуванні з півнем, що має простий гребінь, розщеплення не відбудеться, усе потомство буде мати розоподібний гребінь. Якщо ж курка була гетерозиготна, то відбудеться розщеплення у співвідношенні 50% з розоподібним гребенем, 50% - з простим.

Задача 3. Рecessивний ген визначає чорне забарвлення тіла дрозофіли. Особини дикої раси мають сіре тіло (ген В).

Відповідь: 1) генотипи батьків BB і bb: тільки при таких генотипах батьків усе потомство буде одноманітним, сірим; 2) у даному випадку точно встановити генотипи батьків не можна, вони можуть мати генотипи BB х BB або BB х Bb.

Задача 4. Плоди томату бувають круглими і грушоподібними. Ген круглої форми домінує:

1) якими будуть генотипи батьківських рослин, якщо серед потомства виявилось круглих і грушоподібних плодів порівну?

2) у парниках овочевого господарства висаджена розсада томатів, вирощена з гібридного насіння. 31750 кущів цієї розсади дали плоди грушоподібної форми, а 95250 - круглої. Скільки серед них гетерозиготних кущів?

Відповідь: 1) один із батьків гетерозиготний (Aa), інший - гомозиготний рецесивний (aa); 2) серед потомства було 63500 гетерозиготних кущів.

Завдання 2. Запишіть в зошит основні положення хромосомної теорії спадковості.

1. Гени розміщуються в хромосомах по довжині в лінійному порядку; різні хромосоми містять неоднакове число генів; набір генів кожної з негомологічних хромосом – унікальний.
2. Алельні гени займають певні й ідентичні локуси (місця) гомологічних хромосом.
3. Гени, розташовані в одній хромосомі, утворюють групу зчеплення, завдяки чому має місце зчеплення деяких ознак, які разом (зчеплено) передаються нащадкам. Кількість груп зчеплення дорівнює гаплоїдному набору хромосом. Зчеплення не абсолютне.
4. Під час мейозу, який відбувається тільки при утворенні гамет, диплоїдне число хромосом зменшується вдвічі (гаплоїдне число). Це відповідає закону розщеплення, за яким генетичний матеріал обох батьків має розщепитися і потрапити в різні гамети.
5. Згідно із законом незалежного розподілу батьківські й материнські набори незчеплених генів розщеплюються незалежно один від одного. Якщо незчеплені гени розташовані в різних хромосомах, то під час мейозу

материнські й батьківські хромосоми повинні розподілитися між гаметами випадково.

6. Між генами гомологічних батьківських і материнських груп зчеплення можуть відбуватися, завдяки кросинговеру, реципрокні рекомбінації. Цьому відповідає утворення хіазм під час кон'югації гомологічних хромосом у мейозі (генетичний кросинговер).
7. Сила зчеплення між генами обернено пропорційна відстані між ними. Чим ближче розташовані гени в одній хромосомі, тим сильніше їх зчеплення, тим у меншій мірі виникатимуть рекомбінації між ними, і навпаки. Відстань між генами вимірюється у відсотках кросинговеру. Один відсоток кросинговеру відповідає одній морганіді.
8. Кожний біологічний вид характеризується специфічним набором хромосом – каріотипом.

Тема 4. Генетика статі. Успадкування, зчеплене зі статтю. Властивості генів і особливості прояву їх ознак. Цитоплазматична спадковість.

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що стать особин визначає хромосомний набір. У самця і самки всі пари хромосом, крім однієї, однакові. Хромосоми, за якими відрізняють самця від самки, називають статевими, решту хромосом — аутосомами. У дрозофіли 4 пари хромосом — 3 пари аутосом і 1 пара статевих хромосом, у людини 23 пари — 22 пари аутосом і 1 пара статевих хромосом.

Статеві хромосоми бувають двох типів: X і Y. Стать визначається їхнім сполученням: XX або XY. Стать, що визначається наявністю одного типу хромосом, називається гомогаметною. Гомогаметні особини утворюють один тип гамет, що несуть тільки X-хромосоми. Стать, що визначається наявністю двох типів хромосом, називається гетерогаметною. Гетерогаметні особини утворюють два типи гамет, які несуть X- і Y-хромосоми. Y-хромосома являє собою X-хромосому, яка втратила одне плече, і тому гени, локалізовані в тому плечі X-хромосоми, яке відповідає втраченому плечу Y-хромосоми, можуть проявлятися у рецесивному стані, оскільки алельних генів у Y-хромосомі немає.

У більшості організмів (людини, ссавців, рептилій, амфібій, мух та ін.) жіноча стать гомогаметна (XX), чоловіча — гетерогаметна (XY). У птахів, деяких риб, метеликів самці гомогаметні (XX), а самки гетерогаметні (XY). У деяких випадках стать визначається відсутністю однієї хромосоми (Y) у парі. У прямокрилих, павуків, жуків самки мають набір XX, а самці — XYнабір хромосом.

Розщеплення за ознакою статі у популяціях будь-якого виду однакова і відбувається у співвідношенні 1 : 1.

Успадкування, зчеплене зі статтю, пов'язане з тим, що ряд ознак визначається генами, які лежать у статевих хромосомах. Наприклад, черепахове забарвлення шерсті в котів виникає внаслідок взаємодії домінантного й рецесивного генів, локалізованих в Х-хромосомі, домінантний ген визначає чорне, а рецесивний — руде забарвлення шерсті. Черепахове забарвлення шерсті зустрічається лише в кішок. Коти ж бувають лише чорними або рудими, оскільки в їх геномі може бути присутній лише один з даної пари алельних генів, який локалізується в Х-хромосомі. Зчеплено зі статтю успадковуються такі хвороби людини, як гемофілія та дальтонізм. Наприклад, у людини ген дальтонізму знаходиться в Х-хромосомі і є рецесивним. Носієм його може бути жінка, а прояв ознаки спостерігається у чоловіків.

Цитоплазматична спадковість — спосіб передавання генетичної інформації структурними елементами цитоплазми. Явище цитоплазматичної спадковості відкрив К. Корренс у 1908 р. В клітинах еукаріотів є органели, які містять ДНК, — мітохондрії і хлоропласти. Ця ДНК зумовлює формування ознак організму. При цьому успадковуються тільки гени, які містяться у цитоплазмі яйцеклітини.

У кожного організму є лише по два алельні гени. Разом з тим нерідко в природі кількість алелів може бути більше двох, коли якийсь локус може перебувати в різних станах. У таких випадках говорять про множинні алелі або множинний алеломорфізм.

Множинні алелі позначаються однією літерою з різними індексами, наприклад J^a , P , J^o , або A , A_2 , A_v , A_4 ... Алельні гени локалізуються в однакових ділянках гомологічних хромосом. Оскільки в каріотипі завжди присутні по дві гомологічних хромосоми, то і при множинних алелях кожний організм може мати одночасно лише по два однакових або різних алелі. У статеву клітину (разом із розходженням гомологічних хромосом) попадає тільки по одному із них.

Для множинних алелів характерний вплив всіх алелів на одну і ту ж ознаку. Відмінність між ними полягає лише в ступені розвитку ознаки.

Другою особливістю є те, що в соматичних клітинах або в клітинах диплоїдних організмів міститься максимум по два алелі з декількох, оскільки вони розташовані в одному і тому ж локусі хромосоми. Ще одна особливість властива множинним алелям. За характером домінування алеломорфні ознаки розміщуються в послідовному ряду: частіше нормальна, незмінена ознака домінує над іншими; другий ген ряду рецесивний щодо першого, проте домінує над наступними і т.д.

Одним з прикладів прояву множинних алелів у людини є групи крові системи АВО.

Множинний алелізм має важливе біологічне і практичне значення, оскільки підсилює комбінативну мінливість, особливо генотипну.

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що **Моногенне успадкування** – успадкування, обумовлене одним геном.

Полігенне успадкування– успадкування, обумовлене багатьма генами.

Плейотропна дія гена – здатність одного й того ж гена викликати прояв декількох ознак.

Алельні гени – гени, розташовані в ідентичних локусах гомологічних хромосом.

Неалельні гени – гени, розташовані в різних локусах хромосом.

Взаємодія алельних генів – взаємодія генів, локалізованих в ідентичних ділянках гомологічних хромосом; відбувається за такими типами, як повне домінування, неповне домінування, кодомінування та ін.

Взаємодія неалельних генів – розвиток ознаки відбувається за сумісної дії двох або декількох неалельних генів. Основними типами взаємодії неалельних генів є комплементарний, епістатичний та полімерний. У випадках, коли взаємодіють два неалельних гени, формула розщеплення у F_2 9:3:3:1 змінюється залежно від типу взаємодії.

Комплементарний тип взаємодії неалельних генів – домінантні алелі різних генів обумовлюють прояв ознаки; поділяється на підтипи – власне комплементарну взаємодію та комплементарну взаємодію з новоутворенням.

Власне комплементарна взаємодія неалельних генів – підтип комплементарного типу взаємодії неалельних генів, при якому домінантні гени не мають самостійного фенотипового прояву і лише разом обумовлюють появу ознаки. Формула розщеплення у F_2 9:7, а саме: $\frac{9A\ B}{9} : \frac{3A\ bb + 3aaB + 1aabb}{7}$

Одним із варіантів розщеплення у F_2 може бути 9:6:1, коли генотипи A_bb та $aaB_$ мають однаковий фенотипів прояв, а гомозигота за рецесивом $aabb$ має самостійний фенотиповий прояв.

Комплементарна взаємодія неалельних генів з новоутворенням – домінантні гени контролюють кожен свою ознаку, їх взаємодія обумовлює нову ознаку, при цьому рецесивні алелі мають самостійний фенотиповий прояв. Формула розщеплення у F_2 9:3:3:1, а саме: $\frac{9A\ B}{9} : \frac{3A\ bb}{3} : \frac{3aaB}{3} : \frac{1aabb}{1}$

Епістатичний тип взаємодії неалельних генів – тип взаємодії генів, при якому один ген пригнічує прояв інших генів. Гени-пригнічувачі мають назву **інгібітори** (або **супресори**, або **епістатичні гени**). Гени, що пригнічуються, називаються **гіпостатичними** генами. Має підтипи: домінантний епістаз та рецесивний епістаз.

Домінантний епістаз – здатність домінантного алелю одного гена пригнічувати прояв домінантного і (або) рецесивного алелю іншого гена ($A > B, bb$). Формула розщеплення у F_2 12:3:1, а саме: $\frac{9A\ B}{12} : \frac{3A\ bb}{3} : \frac{3aaB}{3} : \frac{1aabb}{1}$

Формула розщеплення у F_2 може бути і 13:3, якщо ознака, контрольована епістатичним геном, збігається з фенотипом, що задається подвійним рецесивом, тобто $\frac{9A\ B}{13} : \frac{3A\ bb}{3} : \frac{1aabb}{1} : \frac{3aaB}{3}$

13 : 3 .

Рецесивний епістаз – здатність рецесивного алеля одного гена пригнічувати прояв домінантного і (або) рецесивного алеля іншого гена ($aa > B, bb$). Формула розщеплення у F_2 9:3:4, а саме $\frac{9A B}{9} : \frac{3A bb}{3} : \frac{3aaB}{4} : \frac{1aabb}{4}$.

Полімерний тип взаємодії неалельних генів (полімерія, множинна взаємодія) – взаємодія еквівалентних домінантних генів, коли ступінь прояву ознаки залежить від кількості домінантних генів. Має підтипи: кумулятивна полімерія і некумулятивна полімерія. Полімерія визначає розвиток кількісних ознак.

Еквівалентні (полімерні) гени – гени (алельні й неалельні), які діють в однаковому напрямку, підсилюючи або послаблюючи дію один одного. За умови еквівалентності гени А і В відповідно позначають A_1 і A_2 , а гени а і b – відповідно a_1 і a_2 .

Кумулятивна полімерія – підтип полімерного типу взаємодії неалельних генів, при якому ступінь розвитку ознаки залежить від кількості полімерних генів. Формула розщеплення у F_2 15:1, причому серед 15 знаходяться класи з різною силою прояву ознаки: $\frac{9A_1 A_2}{15} : \frac{3A_1 a_2a_2 : 3a_1a_1A_2}{1} : \frac{1a_1a_1a_2a_2}{1}$.

Трансгресія – явище, при якому в разі схрещування двох батьківських форм, що мають однаковий прояв ознаки, у потомстві можуть бути одержані особини, які перевершують обох батьків за даною ознакою. Трансгресія описується схемою

P F_2 (позитивна трансгресія стосовно батьків)	$A_1A_1a_2a_2$ $A_1A_1A_2A_2$	\times	$a_1a_1A_2A_2$ $a_1a_1a_2a_2$	F_1 (негативна трансгресія стосовно батьків)	$A_1a_1A_2a_2$
---	----------------------------------	----------	----------------------------------	--	----------------

Некумулятивна полімерія – здатність еквівалентних генів дублювати один одного; навіть одного домінантного алеля будь-якого із взаємодіючих генів достатньо для прояву ознаки. Формула розщеплення у F_2 15:1, причому серед 15 всі особини мають однакову силу прояву ознаки.

Кількісні (вимірювальні) ознаки – ознаки, які характеризуються цифровим вираженням, що встановлюється шляхом вимірювання, зважування, підрахунку. Дані ознаки контролюються сумарною або помноженою дією значної кількості генів.

Якісні (альтернативні) ознаки – характеризуються переривчастою мінливістю, описуються за принципом “є – немає”, контролюються одним або невеликою кількістю генів.

Гени-модифікатори – гени, які змінюють прояв ознаки, контрольованої переважно іншими, неалельними їм головними генами. Самостійно не проявляються, а лише підсилюють або послаблюють дію головного гена.

Успадковуваність – частка загальної фенотипічної мінливості організмів, зумовлена генотипом.

Пенетрантність – варіювальне співвідношення класів при розщепленні залежно від умов зовнішнього середовища та від умов генотипного оточення.

Виражається часткою особин, які проявляють досліджувану ознаку, серед усіх особин однакового генотипу за геном, що вивчається.

Експресивність – ступінь прояву варіювальної ознаки. Експресивність виражається кількісно, залежно від відхилення ознаки від “дикого” типу.

Норма реакції генотипу – розмах мінливості ступеня вираження ознаки, яка контролюється незмінним генотипом, під впливом навколишніх умов. Ступінь відповідності між організмом і середовищем, тобто пристосованість, залежить від норми реакції генотипу.

Методика розв’язання задач при взаємодії неалельних генів

1. Записати словами умову задачі у вигляді схеми схрещування.
2. За розщепленням у F_2 визначити тип взаємодії генів. Розщеплення у F_2 визначити за формулами:
 - а) $(A + B + C + D) : 16 = x$, де A, B, C, D – значення класів розщеплення;
 - б) $A/x : B/x : C/x : D/x$ – за цим співвідношенням визначити тип взаємодії неалельних генів.
3. Визначити, який ген відповідає за ту чи іншу ознаку.
4. Записати фенотиповими радикалами розщеплення у F_2 .
5. Визначити генотип F_1 , який завжди є полігетерозигота.
6. Визначити генотипи батьків, які завжди є чисті лінії і в результаті їх схрещування ми повинні одержати F_1

Завдання 1. Розв’язати задачі

Задача 1. У матері IV група крові, у батька – II. Які групи крові можуть бути в їхніх дітей? **Відповідь.** Діти можуть мати II і IV групи крові. Діти можуть мати II, III і IV групи крові.

Задача 2. Дочка гемофіліка виходить заміж за сина іншого гемофіліка, причому наречений і наречена не хворіють на гемофілію. Визначте ймовірність народження хворої дитини.

Відповідь. Ймовірність народження хворої дитини становить 25% і це буде хлопчик.

Задача 3. При схрещуванні двох карликових рослин кукурудзи було отримане потомство нормальної висоти. У F_2 від схрещування між собою рослин F_1 було отримано 452 рослини нормальної висоти та 352 карликові. Визначте генотипи батьків. Поясніть отримані результати.

Відповідь: генотипи батьківських форм: $Aabb$ та $aaBB$; висота рослин кукурудзи контролюється неалельними генами, які взаємодіють за власне комплементарним типом.

Задача 4. Від схрещування двох зелених рослин кукурудзи було отримано 78 зелених та 24 білі рослини (альбіноси). При самозапиленні однієї із вихідних зелених рослин отримали 318 зелених і 102 білі рослини; при самозапиленні іншої вихідної зеленої рослини – 274 зелених та 208 білих. Якими є генотипи вихідних зелених рослин? Поясніть результати схрещувань.

Відповідь: генотип однієї із вихідних рослин $AaBB$, а іншої – $AaBb$.

Ознака контролюється дигенно, за типом власне комплементарної взаємодії неалельних генів.

Задача 5. Як успадковується забарвлення пір'я в довгохвостих папужок, якщо від схрещування голубих особин з жовтими в першому поколінні всі виявились зеленими, а в другому – 56 зелених, 18 голубих, 20 жовтих, 6 білих? Визначте генотипи вихідних птахів.

Відповідь: ознака успадковується дигенно, за типом комплементарної взаємодії з новоутворенням. Генотипи вихідних птахів такі: жовтого – $aaBB$, голубого – $AAbb$.

Задача 6. При схрещуванні кроликів агуті з чорними в першому поколінні отримали потомство із забарвленням агуті, а в другому – 68 агуті, 17 чорних та 6 голубих кроленят. Поясніть отримані результати. Визначте генотипи батьків.

Відповідь: ознака контролюється неалельними генами, які взаємодіють за типом домінантного епістазу. Батьківські форми мають такі генотипи: агуті $AAbb$, чорний $aaBB$.

Задача 7. Від схрещування рослин кукурудзи з забарвленими та незабарвленими зернами в F_1 всі зерна виявились забарвленими, в F_2 відбулося розщеплення: 568 забарвлених і 120 незабарвлених. Як успадковується ознака? Які генотипи вихідних рослин?

Відповідь: ознака успадковується дигенно. Неалельні гени взаємодіють за типом домінантного епістазу. У вихідних рослин генотип забарвленої рослини $AAbb$, незабарвленої – $aaBB$.

Задача 8. При схрещуванні рослин вівса з волотистою формою суцвіття в першому поколінні всі рослини мали волотисте суцвіття, а в другому поколінні серед 208 рослин 10 були з одногривим суцвіттям, інші – волотисті. Як успадковується ознака? Які генотипи вихідних рослин та рослин F_1 ? Яке потомство буде отримане від схрещування F_1 з рослинами F_2 , які мають одногриве суцвіття?

Відповідь: ознака успадковується полігенно. Неалельні гени взаємодіють за типом некумулятивної полімерії. Генотип F_1 $A_1a_1A_2a_2$, генотип вихідних рослин – $A_1A_1a_2a_2$ та $a_1a_1A_2A_2$. У потомстві від схрещування F_1 з рослинами F_2 , які мають одногриве суцвіття, спостерігається розщеплення в співвідношенні: 3 частини рослин з волотистим суцвіттям та 1 частина – з одногривим.

Завдання 3. Проаналізувати закони і закономірності спадковості та внести дані в порівняльну таблицю

Закони і закономірності спадковості

Тип схрещування	Схема схрещування	Назва закону	Автор закону	Формулювання закону
Моногібридне схрещування за однією парою ознак				

Дигібридне схрещування за двома парами ознак				
Зчеплене успадкування ознак, гени яких розташовані в одній хромосомі				
Успадкування, зчеплене зі статтю. Ознаки визначаються генами, які лежать у статевих хромосомах				

Завдання 4. Розв'язати задачі.

Задача 1. Дочка гемофіліка виходить заміж за сина іншого гемофіліка, при чому наречений і наречена не хворіють на гемофілію. Визначте ймовірність народження хворої дитини.

***Відповідь.** Ймовірність народження хворої дитини становить 25% і це буде хлопчик.*

Тема 5. Роль генотипу і умов зовнішнього середовища у формуванні фенотипу. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості.

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що **неспадкова мінливість організмів називається модифікаційною**. Модифікаціями називають зміни ознак організму (фенотипу), зумовлені впливом чинників умов існування і не пов'язані зі змінами генотипу. Вони здебільшого мають адаптивний характер, тобто сприяють пристосуванню організмів до тих чи інших змін умов довкілля. Кількісні показники модифікаційних змін кожної ознаки можуть, варіювати лише у певних межах, які визначаються генотипом особин. Межі модифікаційної мінливості ознаки дістали назву норми реакції, яка специфічна для кожної ознаки.

Завдання 1. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, запишіть дані в зошит за поданими формами:

Властивості модифікацій

<i>Властивості</i>	<i>Приклади</i>
Ступінь вираження модифікації	

залежить від інтенсивності та тривалості дії чинника	
Модифікації неспадкові	
Модифікації можуть зникати впродовж життя особини, якщо припиняється дія факторів, які їх викликали (оборотність)	
Модифікації, які виникають на ранішніх етапах онтогенезу, можуть зберігатися протягом усього життя особини, але не успадковуватись	
Модифікації спрямовані на пристосування організмів до змін дії тих чи інших факторів	

Тема 6. Генетика популяцій.

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що

Генетика популяцій — наука про генетичну структуру природних популяцій і генетичних процесах, що відбуваються в ній, таких, як дрейф генів, міграція, мутація і відбір.

Всі організми складаються з великих популяцій, в яких за законами генетики підтримується рівновага генетичного матеріалу. Однак ця рівновага постійно порушується мутаційними процесами, міграціями, дрейфом генів та іншими факторами.

Все розмаїття в людських популяціях — є результат мутаційних змін. Видний генетик С. С. Четвериков (1882-1959) вніс істотний внесок у доказ зв'язку генетики з еволюцією. Він показав, що перші елементарні процеси починаються в популяціях. Природні популяції при відносній фенотипічно однорідності за генетичною структурою різноманітні і насичені безліччю відкритих мутацій, що утворюють резерв { генетичний вантаж) спадкової мінливості.

Під генетичною структурою розуміють співвідношення в ній різних генотипів і алельних генів. Англійський математик Харді і німецький лікар Вайнберг встановили, що при ідеальних умовах — великої популяції відсутності мутацій, міграцій та відбору — співвідношення генотипів і алельних генів в усіх поколіннях постійно.

Резерв спадкової мінливості в популяції утворюється за рахунок мутації. Домінантні мутації виникають рідко, виявляються відразу і піддаються відбору, Рецесивні мутації у гетерозиготних організмів фенотипічно не проявляються, але при схрещуванні насичують генофонд популяції і утворюють нові генотипи.

Генофонд популяцій поповнюється також за рахунок генного потоку — міграції особин з інших популяцій, що приносять нові гени. Вони, також, як

мутації, при схрещуваннях перший час у гетерозиготних організмів не проявляються. Одним із шляхів щодо швидкого зміни частот генів є випадковий розподіл генів, зване дрейфом генів.

Дрейф генів, випадкова, не цілеспрямовано зміна частоти народження алелів в популяції, обумовлюється періодичними популяційних хвилями. Найчастіше дрейф генів зустрічається в нечисленних популяціях. У результаті дрейфу генів у популяції може зростати частота народження рідкісних алелів, деякі алелі можуть зникати; тривалий період можуть зберігатися мутантні алелі, що знижує пристосованість особин до умов життя.

Резерв спадкової інформації утворюється ще й за рахунок комбинативної мінливості, при якій в одному генотипі об'єднуються і знешкоджуються різноспрямовані мутації. Накопичуючись в популяції, приховані мутації частково переходять в гомозиготний стан і тоді проявляються фенотипічно. У постійних умовах стабілізуючий відбір (добір на користь норми ознаки) усуває їх як невідповідні умов середовища.

У мінливих умовах, при дії рушійного відбору (відбору деяких відхилень від сталої норми ознак), резерв спадкової мінливості дозволяє популяції пристосовуватися до нових умов середовища. Чим більше генотипів в популяції, тим ширше її норма реакції, тим імовірніше її виживання в мінливих умовах і можливість повніше використовувати нові місця проживання. Кожен біологічний вид має унікальним генофондом, тому однією з найважливіших завдань людства є охорона генофонду природних популяцій організмів.

Завдання 1. Розв'язати задачі

Задача 1. На одному з островів було обстежено 10000 лисиць, з них виявилось 9991 рудих і 9 білих особин. Рудий колір домінує над білим. Визначте відсоткове співвідношення рудих гомозиготних, рудих гетерозиготних і білих лисиць.

Відповідь: Відсоткове співвідношення рудих гомозиготних, рудих гетерозиготних і білих лисиць складає відповідно 94,09%(AA), 5,82%(Aa), 0,09%(aa).

Задача 2. Популяція складається з 60% особин з генотипом NN і 40% з генотипом nn . Визначити у долях одиниці частоти генотипів NN , Nn і nn після встановлення у популяції рівноваги згідно з законом Харді-Вайнберга.

Відповідь: частоти генотипів NN , Nn і nn в даній популяції після встановлення рівноваги становлять відповідно 0,36, 0,48, 0,16.

Задача 3. Альбінізм загальний успадковується у людини як рецесивна аутосомна ознака. Захворювання зустрічається з частотою 1 : 20000. Розрахувати кількість гетерозигот у популяції.

Відповідь: кількість гетерозигот у даній популяції 1/70 (1,4%).

Задача 4. Популяція складається з 80% особин з генотипом *AA* і 20% з генотипом *aa*. Визначити у долях одиниці частоти генотипів *AA*, *Aa* і *aa* після встановлення рівноваги у популяції.

Відповідь: частоти генотипів AA, Aa і aa у даній популяції після встановлення рівноваги відповідно будуть 0,64, 0,32, 0,04.

Тема 7. Основи селекції. Поняття про сорт, породу, штам. Штучний добір та його форми. Системи схрещувань організмів

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що приручення й одомашнення диких тварин - це складний і тривалий процес, який відбувався протягом переходу діяльності людини від полювання до осілого способу життя. Одомашнення (доместикацію) диких тварин зумовлювали й інші причини: виснаження мисливських угідь, об'єднання общин і племен, концентрація великої кількості людей та зростання потреби в продуктах харчування.

Вважається, що одомашнення тварин відбувалося у кількох місцях земної кулі, які збігаються з джерелами розвитку давньої культури людини. Це Південна і Центральна Азія, північно-східна частина Африки, південна частина Європи та Америки. Наукове пояснення походження свійських тварин уперше дав Ч.Дарвін.

Процес створення сільськогосподарських тварин відбувався у такі етапи: приручення диких предків, розмноження тварин в умовах одомашнення, поліпшення продуктивних якостей потомства, створення й удосконалення порід.

Завдання 1. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, запишіть дані в зошит за поданими формами:

<i>Свійська тварина</i>	<i>Дикий предок</i>	<i>Приблизний час і місце одомашнення</i>
Собака		
Кішка		
Вівці		
Кінь		
Велика рогата худоба		
Свині		
Кролі		
Кури		
Індички		
Качки		

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Історичний розвиток генетики. Її місце серед інших наук. Методи генетики та її значення

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що генетика – наука про спадковість і мінливість організмів або про спадковість та її мінливість, що точніше, бо мінливість організмів може бути і не спадкова. Вона вивчає об’єктивні закони утворення, збереження, передачі і реалізації генетичної, або спадкової інформації. Термін “генетика” вперше в науку ввів англійський вчений В. Бетсон в 1906 році. Термін “ген” запропонував датський генетик В. Йогансен в 1909 р.

- Спадковість – існування генетичної інформації головною властивістю якої є утворення поколінь.

- Успадкування – закони реалізації генетичної інформації в поколіннях.

- Мінливість – коваріантність генетичної інформації, тобто відмінність генотипу нащадків від генотипів батьків.

- Ген – визначається як матеріальна дискретна одиниця спадковості, елемент спадковості, матеріальний носій спадковості. В ньому записана генетична інформація, яку він зберігає, передає із покоління в покоління і реалізує її в ознаки, властивості, особливості організмів. За біохімічною структурою він є відрізком дезоксирибонуклеїнової кислоти, а в деяких організмів - рибонуклеїнової кислоти. Гени містяться в хромосомах і займають там певне місце – локус. Гени бувають структурні, ті що визначають певну ознаку та регуляторні, які регулюють роботу структурних генів. Гени визначають послідовний хід онтогенезу організмів і всі його властивості та особливості, але в залежності від умов середовища. Звідси визначаються три постулати генетики:

- ген первинний, ознака вторинна;

- ген визначає ознаку, а умови середовища її формують, реалізують;

- організм – результат взаємодії генотипу та умов середовища.

Завдання

При розгляді понять, питань і проблем генетики важливо знати основні термінологічні і знакові визначення.

Вивчіть основні терміни та запишіть їх у зошит:

Термін	Визначення
Ген	
Генотип	
Фенотип	
Гамета	
Геном	
Гетерозигота	
Гомозигота	
Алель	

Локус	
Гібрид	
Популяція	
Схрещування	
Домінантний	
Рецесивний	
Ознака	
Хромосома	
Генофонд	

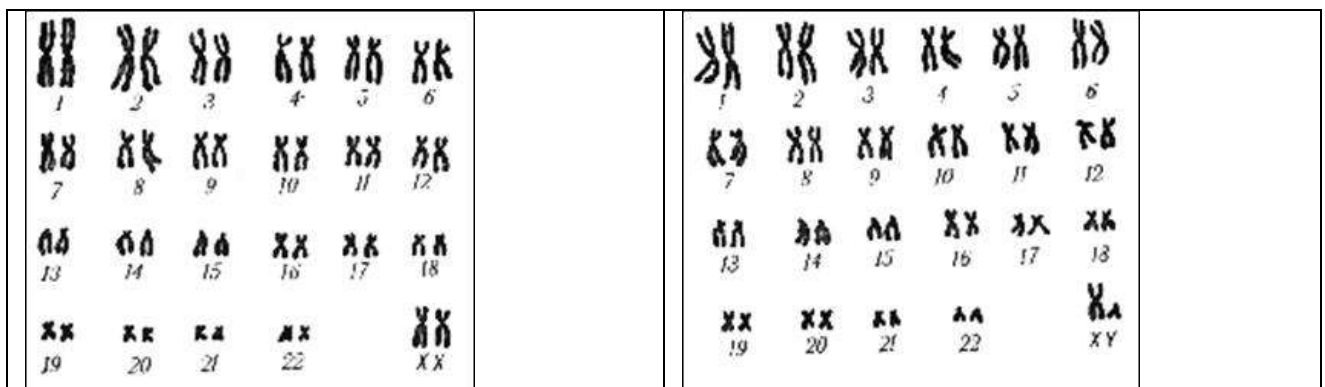
Тема 2. Закони спадковості

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що каріотип – це сукупність всіх хромосом клітини організму та їх будова, притаманних певному таксону (виду). В соматичних клітинах всіх організмів міститься подвійний або диплоїдний набір хромосом, а в статевих – гаплоїдний (одинарний). Одинарний набір хромосом називається геномом. Каріотипічні дослідження проводяться з метою з'ясування генетичних порушень, в тому числі явищ трисомії, моносомії, делецій та інших. Організми, які мають генетичні порушення можуть продукувати генетично ненормальних нащадків.

Завдання

Завдання 1. Ознайомитись з каріограмою людини. Записати в таблицю каріотипи людини та окремих видів тварин:



Каріотип людини (зліва – жінки; справа – чоловіка)

Каріотипи людини та окремих видів тварин

Вид	n	Вид	n
Людина		Кролі	
Велика рогата худоба		Коти	
Коні		Кури	
Свині		Гуси	
Вівці		Щури	

Завдання 2. Розв'язати задачі

Задача 1. У томатів пурпурний колір стебла домінує над зеленим, розсічені листки над ціліснокрайніми. Ознаки успадковуються незалежно. Нижче наведено результати схрещувань, на основі яких необхідно визначити найбільш вірогідні генотипи вихідних рослин у кожному з цих схрещувань.

Відповідь: 1) $AaBb$ і $AaBb$; 2) $Aabb$ і $aaBb$; 3) $AABB$ і $aabb$.

Задача 2. Чорна масть великої рогатої худоби домінує над рудою, а білоголовість - над суцільним забарвленням голови. Яке потомство можна отримати від схрещування гетерозиготного чорною бика з суцільним забарвленням голови з рудою білоголовою коровою, якою останнім гетерозиготна за білоголовістю? Гени цих обох ознак знаходяться в різних хромосомах.

Відповідь: серед потомства буде чорних білоголових телят – 25%, чорних з суцільним забарвленням голови – 25%, рудих білоголових – 25%, рудих з суцільним забарвленням голови – 25%. У потомстві розщеплення за фенотипом 1:1:1:1.

Тема 3. Проміжний характер успадкування. Зчеплене успадкування. Хромосомна теорія спадковості

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що моногібридне схрещування - схрещування, у якому батьки відрізняються за однією парою алельних генів.

Реципрокне схрещування - схрещування двох форм між собою у двох протилежних напрямках, наприклад $AA \times aa$ і $aa \times AA$.

Зворотне схрещування, або беккрос - схрещування потомків F_1 з однією із батьківських форм.

Аналізуюче схрещування, або тесткрос - схрещування форми з домінантним проявом ознаки і форми, гомозиготної за рецесивом. Якщо форма з домінантним проявом ознаки була гомозиготною, то розщеплення в аналізуючому схрещуванні не буде. Якщо ж форма з домінантним проявом ознаки була гетерозиготною, у моногібридному аналізуючому схрещуванні спостерігається розщеплення 1 : 1.

Завдання 2. Розв'язати задачі

Задача. При схрещуванні сірих курей з білими все потомство виявилось сірим. Унаслідок другого схрещування цього сірого потомства знову з білим одержано 172 особини, з яких було 85 білих і 87 сірих. Які генотипи вихідних форм та їх потомків в обох схрещуваннях?

Відповідь: 1) генотипи батьків - AA і aa , генотип F_1 -- Aa ; 2) генотипи батьків - Aa і aa , генотипи F_2 - 87 Aa і 85 aa .

Тема 4. Генетика статі. Успадкування, зчеплене зі статтю. Властивості генів і особливості прояву їх ознак. Цитоплазматична спадковість.

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що при взаємодії неалельних генів розвиток ознаки відбувається за сумісної дії двох або декількох неалельних генів. Основними типами взаємодії неалельних генів є комплементарний, епістатичний та полімерний. У випадках, коли взаємодіють два неалельних гени, формула розщеплення у F_2 9:3:3:1 змінюється залежно від типу взаємодії.

Завдання 1. Розв'язати задачі

Комплементарний тип взаємодії неалельних генів

Задача 2. Від схрещування білих та голубих кроликів отримали в першому поколінні 28 чорних кроленят, а в другому – 67 чорних, 27 голубих та 34 білих. Як успадковується голубе, чорне та біле забарвлення шерсті в кроликів? Визначте генотипи батьків.

Відповідь: *ознака успадковується дигенно. Між неалельними генами спостерігається взаємодія за типом рецесивного епістазу. Генотипи батьків: білого $aaBB$, голубого $AAbb$.*

Тема 5. Роль генотипу і умов зовнішнього середовища у формуванні фенотипу. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості.

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що модифікаційна мінливість не зачіпає гени організму і не передається з покоління в покоління. Модифікації спостерігаються лише впродовж життя організму, що знаходиться в певних умовах. Модифікаційна мінливість тієї чи іншої ознаки може бути дуже значною, але вона завжди контролюється генотипом організму. Межі модифікаційної мінливості, контрольовані генотипом організму, називають нормою реакції. Таким чином, можна сказати, що успадковується не сама ознака, а здатність організму проявляти її більшою чи меншою мірою залежно від умов існування.

Між особинами одного виду існують відмінності, оскільки різняться умови навколишнього середовища. Якщо розташувати особини у порядку збільшення або зменшення вираженості будь-якої ознаки (збільшення розмірів насіння або розмірів листків з одного дерева), то вийде ряд мінливості даної ознаки, названий варіаційним рядом. Він складається з окремих варіантів. Графічний вираз мінливості ознаки називається варіаційною кривою.

Спадкова мінливість визначається генотипом і зберігається у ряді поколінь.

Мутації – це якісні та структурні зміни генетичного матеріалу, які передаються з покоління в покоління. Мутації мають не спрямований характер і виникають

випадково. Частота виникнення мутацій у різних організмів різна, але, напевне, пов'язана з тривалістю життєвого циклу: в особин з коротким життєвим циклом вона вища.

Завдання

Завдання 1. Записати основні ознаки, якими характеризується модифікаційна мінливість.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Завдання 2. Записати формулу за допомогою якої визначають середню величину вираженості ознаки.

Завдання 3. Вивчити основні положення мутаційної теорії та запишіть їх в зошит.

Основні положення мутаційної теорії:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Завдання 4. Записати в зошит значення мутацій.

Значення мутацій

- 1.
- 2.
- 3.

Завдання 5. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, запишіть дані в зошит за поданими формами:

Мутагенні чинники

<i>Типи мутагенів</i>	<i>Приклади</i>
Фізичні	
Хімічні	
Біологічні	

Тема 6. Генетика популяцій.

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що закон Харді-Вайнберга дозволяє обчислити частоти алелів і генотипів у випадках, коли не всі генотипи можуть бути ідентифіковані через домінантність деяких алелів. Закон Харді-

Вайнберга справедливий за відсутності чинників, що міняють концентрації алелів, - добору, міграцій, мутацій, дрейфу генів.

Завдання 1. Розв'язати задачі

Задача 1. Популяція складається з 80% особин з генотипом AA і 20% з генотипом aa . Визначити у долях одиниці частоти генотипів AA , Aa і aa після встановлення рівноваги у популяції.

Відповідь: частоти генотипів AA , Aa і aa у даній популяції після встановлення рівноваги відповідно будуть 0,64, 0,32, 0,04.

Тема 7. Основи селекції. Поняття про сорт, породу, штам. Штучний добір та його форми. Системи схрещувань організмів

Методичні рекомендації щодо самостійної роботи

Під час вивчення теми слід звернути увагу на те, що гібридизація – процес одержання гібридів, який ґрунтується на об'єднанні генетичного матеріалу різних клітин або організмів. Гібридизація можлива як у межах одного виду (внутрішньовидова), так і між особинами різних видів (міжвидова або віддалена). Внутрішньовидове схрещування буває спорідненим і неспорідненим.

Споріднене схрещування, або інбридинг – це схрещування організмів, що мають безпосередніх спільних предків. Залежно від ступеня спорідненості інбридинг може бути більш або менш тісним. Найтісніші форми спорідненого схрещування спостерігаються серед самозаплених рослин і самозаплідних гермафродитних тварин. У організмів з перехресним заплідненням тісний інбридинг відбувається при схрещуванні братів і сестер, батьків та їхніх нащадків тощо. Унаслідок спорідненого схрещування з кожним наступним поколінням підвищується гомозиготність гібридів. У селекції споріднене схрещування застосовують для отримання чистих ліній. Інбридинг дає можливість дістати цінні ознаки в гомозиготному стані і закріпити їх серед нащадків.

Неспоріднене схрещування, або аутбридинг – гібридизація організмів, які не мають тісних родинних зв'язків, тобто представників різних ліній, сортів чи порід одного виду. Неспорідненими вважають особин, у яких немає спільних предків принаймні протягом попередніх шести поколінь. Неспоріднене схрещування застосовують для поєднання у потомстві цінних властивостей, притаманних різним лініям, породам чи сортам. За своїми генетичними наслідками воно прямо протилежне інбридингу. При неспорідненому схрещуванні з кожним наступним поколінням підвищується гетерозиготність нащадків. Це пояснюється тим, що із зменшенням ступеня спорідненості організмів зростає ймовірність наявності в них різних алелей певних генів.

Перспективним методом селекційної роботи є віддалена гібридизація – схрещування особин, які належать до різних видів і навіть родів з метою поєднання у гібридів цінних спадкових ознак представників різних видів.

Завдання 1. Користуючись підручниками, конспектами, плакатами, запишіть дані в зошит за поданими формами:

Гібридизація (системи схрещування) та її форми

<i>Форми</i>		<i>Сутність</i>
Внутрішньовидова (у межах одного виду)	Споріднене схрещування (<i>інбридинг</i>)	
	Неспоріднене схрещування (<i>аутбридинг</i>)	
Міжвидова (віддалена, між особинами різних видів)		

ПОРЯДОК І КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Оцінювання знань студентів з дисципліни «Біологія клітини» здійснюється на основі результатів поточного модульного контролю. Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал дисципліни, засвоєння якого відповідно перевіряється під час поточного контролю.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу, вироблених навичок проведення робіт, умінь самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислити зміст теми чи розділу, умінь публічно чи письмово представити певний матеріал.

Об'єктами поточного контролю знань студентів є:

- а) систематичність і активність роботи на практичних заняттях;
- б) виконання завдань для самостійного опрацювання;
- в) виконання модульних завдань.

У ході контролю систематичності та активності роботи на практичних заняттях оцінці підлягають: рівень знань, продемонстрований у відповідях і виступах на практичних заняттях; активність під час обговорення питань, що винесені на заняття; результати виконання і захисту практичних робіт.

Метою виконання модульних завдань є оцінка теоретичних знань і практичних навичок, яких набули студенти після опанування певного модуля. Модульний контроль буде проводитись у вигляді виконання тестових завдань.

Засоби поточного контролю вивчення дисципліни є:

- опитування на заняттях;
- перевірка виконання завдань для практичних робіт, завдань для індивідуальної та самостійної роботи;
- виконання модульних тестових завдань.

Нарахування балів за видами робіт

Назва теми	Назва практичного заняття	Вид навчальної роботи	Бали	Разом
Змістовний модуль 1.				
Закономірності успадкування ознак				
1. Історичний розвиток генетики. Її місце серед інших наук. Методи генетики та її значення.	Історичний розвиток генетики. Її місце серед інших наук. Методи генетики та її значення. Об'єкти генетичних досліджень	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	6
		2. Виконання практичних завдань	1	
		3. Виконання тестових завдань	1	
		Виконання індивідуальних завдань за темою	1	
		Виконання самостійних завдань за темою	1	

Продовження нарахування балів за видами робіт

Назва теми	Назва практичного заняття	Вид навчальної роботи	Бали	Разом
2. Закони спадковості	2. Цитогенетичні основи спадковості. Будова хромосом	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	3
		2. Виконання практичних завдань	1	
	3. Каріотип	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	3
		2. Виконання практичних завдань	1	
	4. Моногібридне схрещування	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	6
		2. Виконання практичних завдань	1	
		3. Розв'язування задач	3	
	5. Дигібридне та полігібридне схрещування	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	7
		2. Виконання практичних завдань	1	
		3. Розв'язування задач	3	
		4. Виконання тестових завдань	1	
		Виконання індивідуальних завдань за темою	1	2
Виконання самостійних завдань за темою		1		
3. Проміжний характер успадкування. Зчеплене успадкування. Хромосомна теорія спадковості	6. Аналізуюче схрещування	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	5
		2. Розв'язування задач	3	
	7. Хромосомна теорія спадковості	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	4
		2. Виконання практичних завдань	1	
		4. Виконання тестових завдань	1	
		Виконання індивідуальних завдань за темою	1	2
		Виконання самостійних завдань за темою	1	
	4. Генетика статі. Успадкування, зчеплене зі статтю. Властивості генів і особливості прояву їх ознак. Цитоплазматична спадковість.	7. Множинні алелі	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2
2. Виконання практичних завдань			1	
3. Розв'язування задач			3	
8. Взаємодія неалельних генів		1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	6
		2. Виконання практичних завдань	1	
		3. Розв'язування задач	3	

Продовження нарахування балів за видами робіт

Назва теми	Назва практичного заняття	Вид навчальної роботи	Бали	Разом	
	9. Генетика статі	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	7	
		2. Виконання практичних завдань	1		
		3. Розв'язування задач	3		
		4. Виконання тестових завдань	1		
		Виконання індивідуальних завдань за темою	1	2	
		Виконання самостійних завдань	1		
Модульна робота			5	5	
Разом за змістовним модулем 1				64	
Змістовний модуль 2. Мінливість. Основи селекції.					
5. Роль генотипу і умов зовнішнього середовища у формуванні фенотипу. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості.	10. Взаємодія генотипу та умов довкілля. Модифікаційна мінливість.	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	3	
		2. Виконання практичних завдань	1		
	11. Мутаційна мінливість. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	5	
		2. Виконання практичних завдань	1		
			Виконання індивідуальних завдань за темою	1	2
			Виконання самостійних завдань	1	
6. Генетика популяцій.	12. Генетика популяцій.	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	7	
		2. Розв'язування задач	2		
		3. Виконання тестових завдань	1		
		Виконання індивідуальних завдань за темою	1		
		Виконання самостійних завдань	1		
7. Основи селекції. Поняття про сорт, породу, штам. Штучний добір та його форми. Системи схрещувань організмів	13. Генетичні основи селекції	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	5	
		2. Виконання практичних завдань	1		
		Виконання індивідуальних завдань за темою	1		
		Виконання самостійних завдань	1		

Продовження нарахування балів за видами робіт

Назва теми	Назва практичного заняття	Вид навчальної роботи	Бали	Разом
8. Центри різноманітності і та походження культурних рослин, райони одомашнення тварин.	14. Центри різноманітності та походження культурних рослин, райони одомашнення тварин	1. Обговорення теоретичного матеріалу	2	5
		2. Виконання практичних завдань	1	
		Виконання індивідуальних завдань за темою	1	
		Виконання самостійних завдань	1	
9. Особливості селекції рослин, тварин і мікро-організмів	15. Особливості селекції рослин, тварин і мікроорганізмів.	1. Обговорення теоретичного матеріалу за темою	2	6
		2. Виконання практичних завдань	1	
		3. Виконання тестових завдань	1	
		Виконання індивідуальних завдань за темою	1	
		Виконання самостійних завдань	1	
Модульна робота			5	5
Разом за змістовним модулем 2				36
Усього з дисципліни				100

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ПОТОЧНОЇ МОДУЛЬНОЇ РОБОТИ

Змістовний модуль 1. Закономірності успадкування ознак

1. Історія розвитку генетики.
2. Основні генетичні поняття.
3. Методи генетичних досліджень.
4. Г. Мендель та його дослідження.
5. Закон домінування.
6. Закон розщеплення ознак.
7. Закон незалежного успадкування.
8. Закон чистоти гамет.
9. Цитологічні основи та статистичний характер законів спадковості.
10. Проміжний характер успадкування.
11. Аналізуюче схрещування.
12. Летальні гени.
13. Зчеплене успадкування.
14. Генетичні карти хромосом.
15. Хромосомна теорія спадковості.
16. Хромосомне визначення статі.
17. Співвідношення статей і його регуляція.

18. Успадкування, зчеплене з статтю.
19. Поняття про ген та генотип.
20. Взаємодія генів.
21. Цитоплазматична спадковість.

Змістовний модуль 2. Мінливість. Основи селекції.

1. Модифікаційна мінливість та її властивості.
2. Статистичні закономірності модифікаційної мінливості.
3. Спадкова мінливість та її види.
4. Мутації, їх типи та причини виникнення.
5. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості, його значення.
6. Генетична структура популяцій.
7. Закон Харді – Вайнберга.
8. Дрейф генів.
9. Історія селекції.
10. Завдання і методи селекції.
11. Системи схрещування організмів та їхні генетичні наслідки.
12. Гібридизація та її форми.
13. Споріднене схрещування.
14. Неспоріднене схрещування. Явище гетерозису.
15. Віддалена гібридизація. Подолання стерильності міжвидових гібридів.
16. Центри походження і різноманітності культурних рослин.
17. Райони одомашнення і походження порід свійських тварин.
18. Особливості селекції рослин.
19. Особливості селекції тварин.
20. Особливості селекції мікроорганізмів.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами та критерії оцінювання з дисципліни

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка в ECTS	Значення оцінки ECTS	Критерії оцінювання	Рівень компетентності	Оцінка за національною шкалою	
					екзамен	залік
1	2	3	4	5	6	7
90-100	A	Відмінно	Студент виявляє особливі творчі здібності, без допомоги викладача знаходить і опрацьовує необхідну інформацію, вміє використовувати набуті знання та вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування й нахили	Високий (творчий)	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Дуже добре	Студент вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи та завдання у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна	Достатній (конструктивно-варіативний)	Добре	Зараховано
74-81	C	Добре	Студент вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача й самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві; добирати аргументи для підтвердження думок			
64-73	D	Задовільно	Студент відтворю значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання та розуміння основних положень; за допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки серед яких є значна кількість суттєвих	Середній (репродуктивний)	Задовільно	Зараховано
60-63	E	Достатньо	Студент володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні			

1	2	3	4	5	6	7
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання семестрового контролю	Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу	Низький (рецептивно-продуктивний)	Незадовільно	Не зараховано
1-34	F	Незадовільно з обов'язковим вивченням залікового кредиту	Студент володіє матеріалом на рівні розпізнання та відтворення окремих фактів, елементів, об'єктів			

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альбертс Б., Брей Д, Льюис Д. Ж. Молекулярная биология клетки – В 3-х т. Пер. с англ. М.:Мир, 1994.
2. Біологія : довідник для абітурієнтів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник / О. А. Біда, С. І. Дерій, Л. М. Ілюха, Л. І. Прокопенко [та ін.]. – 3-тє вид., переробл. та доповн. – К. : Література ЛТД, 2013. – 672 с.
3. Біологія: Підручник для студентів медичних спеціальностей ВУЗів III-IV рівнів акредитації / Кол. авт.; За ред. проф. В.П.Пішака та проф. ІО.І.Бажори. Вінниця: Нова книга. 2004. - 656 с.; іл.
4. Близнюченко О.Г. Біометрія: Монографія / Близнюченко О.Г. – Полтава: Редакційно-видавничий відділ “Тетра” Полтавської державної аграрної академії, 2003. – 346 с.
5. Гершензон С.М. Основы современной генетики / С.М. Гершензон. – Киев: Наук. думка, 1983. - С. 93.
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.
7. Глазко В.И. Введение в генетику / В.И. Глазко, Г.В.Глазко .- К.: КВІЦ, 2003.- 640с.
8. Дербеньова А. Г. Загальна біологія: Навч. посібник / А. Г. Дербеньова, Р. В. Шаламов – Х.: Світ дитинства, 1998. – 264 с.
9. Жимулев И.В. Общая и молекулярная генетика / И.В. Жимулев. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2002 – С. 40 – 42, 350 – 368.
10. Меркурьева Е. К. Генетика / Е. К. Меркурьева, З. В. Абрамова, А. В. Бакай и др. -М. Агропромиздат, 1991 .-446с.
11. Меркурьева Е.К. Генетика с основами биометрии / Е.К. Меркурьева, Г.Н. Шангин-Березовский. – М. : Колос, 1983. – С. 243 – 260.
12. Сало Т.О. Загальна біологія: Навчальний посібник. / Т. О. Сало – Х.: Гімназія; Країна мрій, 2002. – 196 с.
13. Сиволоб А.В. Молекулярна біологія : підручник / А.В. Сиволоб – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008 – 384 с.
14. Петухов В.Л. Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики / В.Л. Петухов, А.И. Жигачев, Г.А. Назаров. – М. : Агропромиздат, 1985. – С. 157 – 161.
15. Проценко М.Ю. Генетика / М.Ю. Проценко. – К. : Вища школа, 1994. – С. 97–108.
16. Хімія : довідник для абітурієнтів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів : навчально-методичний посібник / М. В. Гриньова, Н. І. Шиян, Ю. В. Самусенко [та ін.]. – К. : Літера ЛТД, 2013. – 464 с.
17. Хмельничий Л.М. Основы генетики тварин з біометрією [навчальний посібник] / Л.М.Хмельничий, І.О.Супрун, А.М.Салогуб.- Суми: Видавництво: ПП Вінниченко М.Д., ФОП Дьоменко В.В., 2011. – 344 с.

18.Шаламов Р.В. Біологія. Комплексний довідник / Р. В. Шаламов, Ю. В. Дмитрієв, В. І. Подгорний. – Х.: Веста: Вид-во «Ранок», 2011. – 624 с.