

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природо-
користування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури

05-03-158М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни

«Генетика риб»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Водні біоресурси та аквакультура»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
ННІАЗ
Протокол №. 5 від 19.11.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Генетика риб» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водні біоресурси та аквакультура» спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Гриб Й. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 49 с.

Укладачі: Гриб Й. В., д.б.н., професор кафедри водні біоресурси та аквакультура.

Відповідальний за випуск: Полтавченко Т. В., к.вет.н., доцент, завідувач кафедри водні біоресурси та аквакультура.

Керівник групи забезпечення спеціальності
207 «Водні біоресурси та аквакультура» Петрук А. М.

Зміст

Вступ	3
Практична робота 1. Генетична символіка	4
Практична робота 2.Будова клітини	9
Практична робота № 3. Види і закони спадковості. Спадкова і неспадкова мінливість.	18
Практична робота 4. Гібридизація в рибництві	23
Практична робота 5. Кросенговер та складання генетичних карт.	34
Практична робота № 6. Мітоз. Вивчення постійних препаратів ізамальювання фаз поділу. Каріотиби риби.	43
Практична робота № 7. Мейоз, гаметогенез у риб.	46
Список рекомендованої літератури	49

© Й. В. Гриб, 2024
© НУВГП, 2024

Вступ

Генетика риб – це наука про спадковість і мінливість риб. Генетика є теоретичною основою для племінної та селекційної справи. Її завдання в риборівництві полягає в розробці методів та шляхів виведення нових порід риб та вдосконалення вже існуючих.

Основним методом сучасної генетики є генетичний аналіз, який поєднує у собі можливості гібридологічного аналізу зі штучним отриманням мутацій, цитолого-біохімічними, молекулярно-генетичними та іншими методами. Метод гібридологічного аналізу полягає в гібридизації і кількісному визначенні розщеплення ознак серед нащадків різних поколінь.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни „Генетика риб” включає розділи, які передбачені робочою програмою курсу.

Після виконання всіх практичних робіт з дисципліни „Генетика риб” студенти повинні знати: матеріальні основи спадковості та мінливості, етапи розвитку генетики та місце її в системі біологічних наук, сучасні досягнення і завдання генетики у вирішенні проблем народного господарства, цитологічні основи спадковості, молекулярні основи спадковості, хромосомну теорію спадковості, мати уяву про модифікаційну та мутаційну мінливість, генетику і екологію, генетику популяцій, біометричні методи досліджень.

Після виконання всіх практичних робіт студенти повинні вміти: виконувати мікроскопічні та макроскопічні дослідження, визначати і відрізняти стадії поділу клітин, складати ідеограми, проводити підрахунок числа хромосом, розв'язувати задачі на різні види схрещування, взаємодію генів, успадкування ознак зчеплення зі статтю.

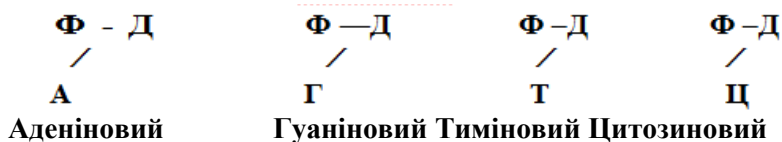
Практична робота 1.

Тема: Генетична символіка. Молекулярні основи спадковості. Структури ДНК та РНК.

Мета заняття: Вивчити матеріальні основи спадковості на молекулярному рівні. Це дасть можливість з'ясувати особливості будови спадкового матеріалу - нуклеїнових кислот, шляхи реалізації спадкової інформації, функцію генів, генний контроль біосинтезу білка. В результаті цього розширюється поняття про генотип організму, як систему взаємозв'язаних функціональних одиниць спадкової інформації.

Існує два типи нуклеїнових кислот - дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК), яка знаходиться в основному у хромосомах, і рибонуклеїнова кислота (РНК), яка знаходиться як в ядрі, так і в цитоплазмі клітини. У всіх живих істот ДНК є носієм спадкової інформації, хоча в деяких; вірусів носієм спадкової інформації є РНК.

До складу нуклеотидів входить чотири азотистих основи: пуринові — аденін (А) і гуанін (Г), піримідинові - тимін (Т) і цитозин (Ц), цукор дезоксирибоза і залишок фосфорної кислоти. Нуклеотиди ДНК є такі:



Просторова молекула ДНК складається з двох ланцюгів у формі правогвинтової спіралі, діаметром 20 Å, ланцюги з'єднані між собою водневими зв'язками. Вона має здатність до самовідтворення, або реплікації. Крім того, вона є матрицею, на якій синтезується подібна до неї рибонуклеїнова кислота - РНК.

Процес реплікації здійснюється під впливом ферментів ДНК-рибонуклеази і ДНК-полімерази.

Реплікація, або авторепродукція молекули ДНК, проходить в 5-періоді інтерфази мітозу перед початком ділення клітини. В її основі лежить принцип комплементарності азотистих основ (рис. 1). Тому моделювання цього процесу дає можливість чітко з'ясувати, чому при авторепродукції молекула ДНК дає дві подібні одна на одну молекули.

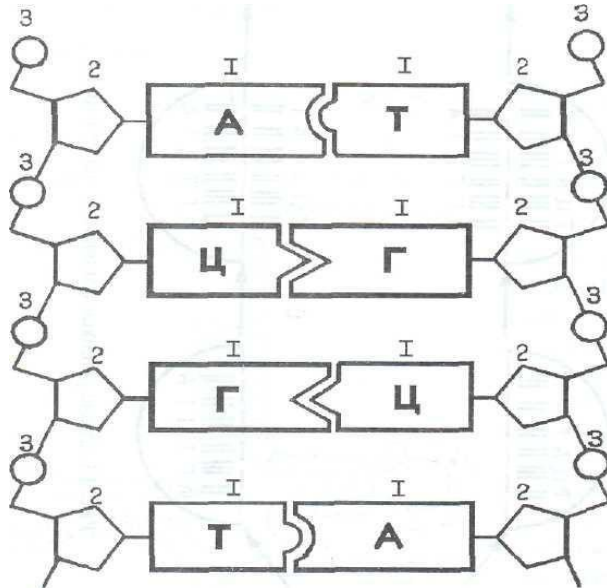


Рис. 1. Комплементарність азотистих основ молекули ДНК.

1. Азотиста основа нуклеотидів; 2. Дезоксирибоза; 3. Фосфорний залишок.

Рибонуклеїнова кислота - РНК за будовою є одноланцюговою. Крім того, вона відрізняється від ДНК тим, що одна азотиста основа тимін (Т) замінена на (У) урацил, а цукор дезоксирибоза - рибозою. Існує три типи РНК: матрична, або інформаційна (м-РНК, і-РНК), транспортна (т-РНК) і рибосомальна (р-РНК).

Нуклеотиди РНК



Аденіновий Гуаніновий Урациловий Цитозинний

З'ясовано будову транспортних РНК (рис.2). За своєю конфігурацією вони нагадують листок конюшини, який включає акцепторну ділянку, антикодон і дві петлі. Кожна амінокислота має свою транспортну РНК. Розшифровано будову деяких транспортних РНК, вони складаються з 76-85 нуклеотидів.

Синтез і-РНК (транскрипція) проходить в ядрі клітини на

ДНК і є по суті переписуванням послідовності азотистих основ молекули ДНК на послідовність азотистих основ молекули і-РНК - білок. Все це відбувається на основі комплементарності азотистих основ і колінеарності - відповідності послідовності амінокислот в молекулі білка послідовності кодогенів у гені. Синтез і - РНК відбувається лише на матричному ланцюжку молекули ДНК.

Закони Менделя - закони, що становлять основу класичної генетики. У своїх працях Грегор Мендель ґрунтувався на дослідженнях, проведених на горосі посівному. Цей об'єкт виявився вдалим, тому що для нього характерне самозапилення, яке уможливило одержання **чистих ліній**, тобто особин **гомозиготних** за більшістю генів.

Перший закон Менделя або **закон одноманітності гібридів першого покоління** формується так:

у першому поколінні від схрещування гомозигот із доміантною та рецесивною ознаками виявляється тільки доміантна ознака.

Таким чином, Г. Мендель запропонував факторіальну гіпотезу спадковості, яка і лягла в основу теорії гена. Так, центральним моментом концепції Г. Менделя була ідея, що алелі в процесах дозрівання статевих клітин розходяться і знову сходяться в момент запліднення. Кожна гамета, утворена генотипом Аа, утримує лише один алель – А або а у чистому стані. Те, що алельні фактори у гетерозиготи не змішуються і в чистому стані розходяться по гаметах, відомо як правило чистоти гамет, сформульоване У. Бетсоном на початку ХХ ст..

Другий закон Менделя або **закон розщеплення** формується так: при схрещуванні гібридів першого покоління у нащадків спостерігається розщеплення фенотипових класів у співвідношенні **3:1**.

Третій закон Менделя або **закон незалежного успадкування ознак**: кожна пара альтернативних варіантів ознак успадковується незалежно від інших пар і дає розщеплення **3:1** за кожною з пар (як і при моногібридному схрещуванні). При дигібридному схрещуванні (коли спостереження ведеться за двома ознаками) серед гібридів другого покоління спостерігають розщеплення **9:3:3:1**. Цей закон справедливий лише для ознак, у

яких гени, що їх кодує, належать до різних груп зчеплення, тобто знаходяться в різних хромосомах. Закон може виконуватись і для ознак, гени яких знаходяться в одній хромосомі на значній відстані один від одного (не менше 50 морганід). В іншому випадку гени спадкуватимуться зчеплено. Цей закон підтверджується не тільки результатами дигібридного схрещування, але й тригібридного і полігібридного схрещувань. За тригібридного схрещування матимемо накладання трьох моногібридних розщеплень:

А) за фенотипом: $(3A_ + 1aa)(3B_ + 1bb)(3C_ + 1cc)$;

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

На початку ХХ сторіччя англійський генетик Пеннет запропонував зручну форму для зображення сполучуваності різних класів гамет і отримання на цій основі різних генотипічних класів (зигот) нащадків, використовуючи комбінаційний квадрат (решітку).

При складанні решітки Пеннета до горизонтальних граф записують гамети батька, а до вертикальних – гамети матері. На перетині з'єднання перпендикулярних клітин, розташовуються зиготи нащадків.

Для дигібрида (AaBb) **решітка Пеннета** має такий вигляд:

♀ \ ♂	AB	<u>Ab</u>	<u>aB</u>	<u>Ab</u>
AB	AABB	<u>AABb</u>	<u>AaBB</u>	<u>AaBb</u>
<u>Ab</u>	<u>AABb</u>	<u>AABb</u>	<u>AaBb</u>	<u>Aabb</u>
<u>aB</u>	<u>AaBB</u>	<u>AaBb</u>	<u>aaBb</u>	<u>aaBb</u>
<u>Ab</u>	<u>AaBb</u>	<u>Aabb</u>	<u>aaBb</u>	<u>Aabb</u>

Спадковість – це властивість батьків передавати свої ознаки і особливості розвитку наступному поколінню. Вона забезпечує певну консервативність живої матерії завдяки наявності матеріальних носіїв спадковості – генів. Успадковування – це процес передачі генів (і відповідно ознак) нащадкам.

Ген – одиниця спадковості, що визначає окрему найбільш елементарну ознаку, наприклад, структуру однієї молекули РНК

або поліпептиду.

Мінливість – це властивість протилежна спадковості. Її суть полягає в змінах структури та комбінацій спадкових задатків – генів і в змінах їх прояву в онтогенезі.

Генотип – це сукупність генетичної інформації, яка властива соматичній клітині даного організму.

Фенотип – сукупність ознак і властивостей, характерних для даної клітини, або організму.

Будова гену. Основні механізми реалізації спадкової інформації.

Молекулярні основи спадковості становлять нуклеїнові кислоти - ДНК(у всіх мікробів, одноклітинних, рослинних організмів, комах, тварин) та РНК (у деяких вірусів, зокрема онкогенних). Саме в цих великих біополімерах за допомогою єдиної мови, алфавіт якої складають 4 літери - нуклеозиди, записана генетична інформація живих істот. У ДНК інформація викладена чергуванням аденіну (А), тиміну (Т), гуаніну (Г) та цитозину (Ц), які утворюють певні послідовності, зв'язуючись залишками дезоксирибози та фосфором в одноланцюгову молекулу. Потім двакомплементарні один одному ланцюги утворюють водневі зв'язки: аденін- тимін (АТ) та гуанін-цитозин (ГЦ), які закручуються й утворюють подвійну спіраль, переважно правогвинтову, одночасно біологічну та інформаційну, «зміїні сходи»). Молекула РНК має одно спіральну структуру. До її складу замість тиміну входить урацил (У), а замість залишку дезоксирибози - рибоза (хімічно дещо інша пентоза).

Молекула нуклеїнової кислоти (НК) має здатність до розмноження, подвоєння або реплікації. Розмножуються, тиражуються не білки, а нуклеїнові кислоти. За наявності необхідних компонентів та відповідних ферментів на матриці кожної нитки двоспіральної ДНК (після їх роз'єднання) синтезується комплементарний ланцюг нової ДНК. Реплікація має напівконсервативний, матричний характер. У кожній двоспіральній молекулі міститься і материнський (старий), і дочірній (новий) ланцюг нуклеотидів.

На рівні одноклітинних організмів немає смерті від старості. Цей механізм забезпечує стабільність генетичної інформації, її збереження при процесі передачі нащадкам.

Під час реалізації генетичної інформації відбувається декодування: мова нуклеїнових кислот (чотири літери А, Т, Г, Ц) має бути перекладена на мову білків (20 амінокислот, умовно 20 літер). Це можливо завдяки кодовому принципу: одній амінокислоті відповідає запис з трьох нуклеотидів у нуклеїновій кислоті. Наприклад, послідовність аденін, аденін, аденін (ААА) кодує фенілаланін, а АТТ - лізин. Тому генетичний код - триплетний. Але з 4 літер (А, Т, Г, Ц) можна одержати 64 різні комбінації по 3 літери ($4^3 = 64$), а у природі існує тільки 20 амінокислот.

Інші триплети (кодони) - сполучення трьох нуклеотидів - не зайві. Три з них (АТЦ, АЦТ, АТТ) - термінуючі, вони свідчать про кінець синтезу, розділові знаки (як у мові - крапка, кома тощо). Інші забезпечують запас міцності геному, бо кодують ті ж самі амінокислоти, що й основні триплети.

Тому генетичний код - вироджений: одна амінокислота може бути закодована в ДНК 2-4 триплетами. В одному гені кодони розташовані один за одним, як слова у реченні, не перекриваються, що спрощує запис та робить його стабільним.

Практична робота №2

Тема: Будова клітини

Основними елементами всіх клітин є ядро та цитоплазма. Ядро має складну будову, що міняється за фазами поділу, воно займає 20% об'єму. Ядро складається із декількох ядерець, плазми та оболонки. Каріоплазма - сік ядра, в ній знаходиться нитка хромосомна, що формує хромосоми. Хромосоми приймають активну участь в обміні речовин та спадковій властивості передачі інформації до наступних поколінь.

Цитоплазма має складну структуру, складається із паралельних розташованих структур (пластин та каналів), на яких знаходяться дрібні гранули. Вони складають ендоплазменний комплекс. У нього в складі є : мітохондрії, рибосоми, апарат Гольджі, лізосоми та елементи - крохмаль, краплі жиру, сечовина.

Клітинний центр (центросома) складається із центріолі та

центросфери, з якими пов'язане формування хроматинового веретена при діленні клітин.

Мітохондрії розташовані рівномірно по всій цитоплазмі, приймають участь у окисленні та обмінних процесах, складаються із білків, ліпідів і нуклеїнових кислот. Тут відбуваються всі реакції циклу Кребса.

Елемент клітин - мікросома складається з елементів мембранних структур ендоплазматичної мережі. Рибосоми мають високий вміст РНК та білок, приймають також участь у синтезі білка.

Апарат Гольджі складається із системи мембран і каналів, контролює видільну функцію клітини.

Лізосоми виконують функцію травлення. Ряд елементів клітин мають ДНК : мітохондрії, пластиди, центріолі. Поділ ядра клітини - це мітоз.

У процесі поділу клітини відбувається :

- 1) Подвоєння речовини хромосом;
- 2) Зміна хімічної і фізичної організації хромосом;
- 3) Розходження сестринських хромосом;
- 4) Поділ цитоплазми і відтворення двох нових ядер.

Схема поділу представлена на рис.1



Рис.1.Схема будови клітини

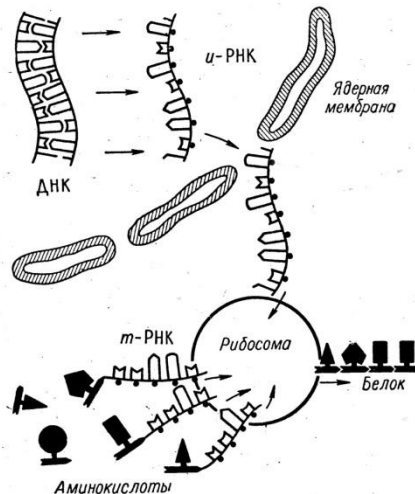
Додаток до практичної роботи: «Синтез білка»

Ген, як ділянка молекули ДНК, несе в собі інформацію для

синтезу поліпептидного ланцюга (білка) з певною амінокислотною послідовністю, і служить матрицею для формування молекули і-РНК (інформації).

Ознаки типу РНК:

- 1) У РНК входить цукор рибоза на відміну від дезоксирибози, що міститься в ДНК;
- 2) РНК складається із комбінації чотирьох нуклеотидів, однак тимін замінено урацилом.



Під контролем фермента РНК- полімерази відбувається переписування коду змістовного ланцюга ДНК на і-РНК. Молекула і-РНК поступає в цитоплазму, де на неї нанизуються рибосома і-РНК та декілька рибосом полісоми. На полісомах відбувається синтез білків.

В білковому ферменті рівна чисельності триплетів, яка встигла освоїти рибосому. Чисельність амінокислот

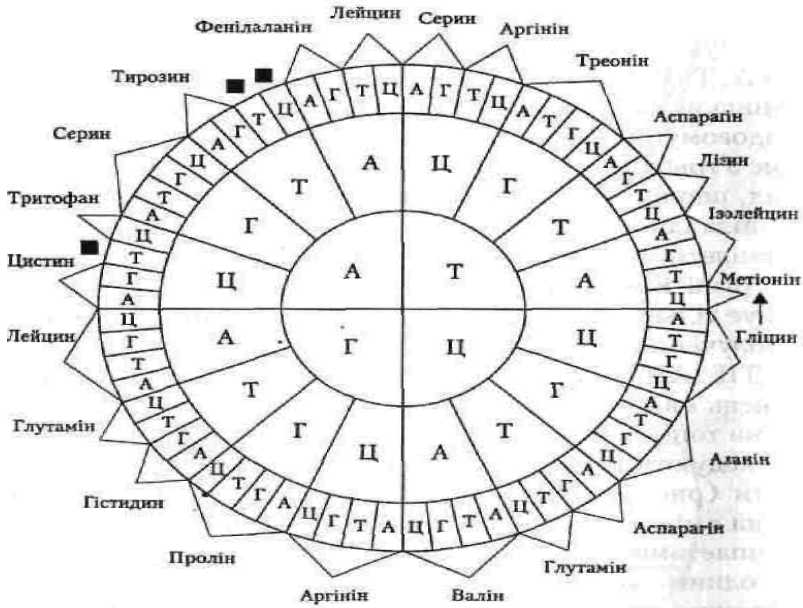


Рис.3. Принципи кодування генетичної інформації – 3 з 4. Код – триплетний, уніфікований, вироджений, не перекривається;

A термінуючі кодони,

A ініціюючі кодон.

Трансформація переміщення амінокислот відбувається за рахунок транспортної РНК.

Таблиця 1. Кодони і- РНК, відповідні 20 амінокислотам.

Генетичний код не перекривається. У всіх живих організмів на Землі в генетичній програмі ті ж самі триплети кодують ті ж самі амінокислоти. Генетичний код ще й універсальний. Маємо запам'ятати ознаки генетичного коду: триплетний, вироджений, не перекривається, універсальний. Але у кожному правилі існують винятки. В останні 30 років дослідники вивчали і збирали такі винятки, їх виявилось багато, виникли нові гіпотези та теорії, що і призвело до виникнення сучасної мобільної генетики, яка прийшла на зміну генетиці класичній.

Зараз знаємо, що:

1. генетична програма не є зовсім стабільною: існують мобільні дисперговані гени, або елементи, що змінюють своє положення, стрибають з місця на місце;
2. усередині гена існують ділянки зі змістом (екзони) та без нього (інтрони);
3. велика кількість інформації має регуляторні функції;
4. ген - подільний;
5. у геномі мають місце не тільки унікальні кодуючі послідовності, але й величезна кількість повторів інформації;
6. запис генетичної інформації може відрізнитися відуніверсального.

Інформаційні молекули містяться в клітинах еукаріотів не тільки у ядрі (основна, найбільша програма), але й у деяких органелах цитоплазми: мітохондріях, плазмідах, інших ДНК-чи РНК- носіях. Так в мітохондріях код відрізняється від універсального.

Реалізація генетичної інформації, а саме синтез білка, здійснюється в цитоплазматичних структурах -рибосомах. Для того щоб план будови білка донести від ДНК до рибосом, клітина має спеціальні механізми та рухомі молекули. З того, що знаємо нині, механізм називається транскрипцією, а молекули - це різні види РНК. Транскрипція означає переписування інформації з ДНК на РНК. Головним же в синтезі білка є трансляція - переклад інформації з однієї мови на іншу.

Кодовий запис про структуру білкової молекули переноситься з ДНК на інформаційну (матричну) РНК (вона ж РНК- переносник, лат.«месенджер», синоніми: і-РНК, мРНК, т-РНК) шляхом комплементарного, матричного синтезу РНК на ДНК, який можна порівняти з реплікацією (синтез ДНК на ДНК). Молекула РНК копіює весь ген еукаріотів разом з незначущими інтронами. Такі тимчасові молекули називаються пре-і РНК.

Генетичний код – набір правил розташування нуклеотидів в Молекулах нуклеїнових кислот (ДНК і РНК), що надає всім живим організмам можливість кодування амінокислотної послідовності білків за допомогою послідовності нуклеотидів.

Властивості генетичного коду:

Триплетности - значущою одиницею коду є поєднання трьох нуклеотидів (триплет, або кодон).

Безперервність - між триплетами немає розділових знаків, тобто інформація зчитується безперервно.

Неперекриваемість - один і той же нуклеотид не може входити одночасно до складу двох або більше триплетів (не дотримується для деяких перекриваються генів вірусів, мітохондрій і бактерій, які кодують кілька білків, зчитують зі зсувом рамки).

Однозначність (специфічність) - певний кодон відповідає тільки одній амінокислоті (проте, кодон UGA у *Euplotes crassus* кодує дві амінокислоти - цистеїн і селеноцистеїну)

Виродженість (надмірність) - одній і тій же амінокислоті може відповідати декілька кодонів.

Універсальність - генетичний код працює однаково в організмах різного рівня складності - від вірусів до людини (на цьому засновані методи генної інженерії; є ряд винятків, показаний у таблиці розділу "Варіації стандартного генетичного коду" нижче).

Завадостійкість - мутації заміни нуклеотидів, не призводять до зміни класу кодованої амінокислоти, називають **консервативними**; мутації заміни нуклеотидів, що призводять до зміни класу кодованої амінокислоти, називають **радикальними**.

Гіпотеза про існування коду, який містить три нуклеотиди в кожному кодоні, була запропонована А.Гамовим (1954) і експериментально доведена Ф.Кріком (1961).

У таблиці наведено закодовані назви амінокислот: аланіну (АЛА), аргініну (АРГ), аспарагіну (АСН), аспарагінової кислоти (АСП), валіну (ВАЛ), гістидину (ГІС), гліцину (ГЛІ), глутаміну (ГЛН), глутамінової кислоти (ГЛУ), ізолейцину (ІЛЕ), лейцину (ЛЕЙ), лізину (ЛІЗ), метіоніну (МЕТ), проліну (ПРО), серину (СЕР), тирозину (ТИР), треоніну (ТРЕ), триптофану (ТРИ), фенілаланіну (ФЕН) та цистеїну (ЦИС).

Таблиця 1

Основи генетичного коду

Перша основа	Друга основа				Третя основа
	У	Ц	А	Г	
У	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	У
	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	Ц
	ЛЕЙ	СЕР	--	--	А
	ЛЕЙ	СЕР	--	ТРИ	г
Ц	ЛЕЙ	ПРО	ГІС	АРГ	У
	ЛЕЙ	ПРО	ГІС	АРГ	ц
	ЛЕЙ	ПРО	ГЛН	АРГ	А
	ЛЕЙ	ПРО	ГЛН	АРГ	г
А	ІЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	У
	ІЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	Ц
	ІЛЕ	ТРЕ	ЛІЗ	АРГ	А
	МЕТ	ТРЕ	ЛІЗ	АРГ	г
Г	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛІ	У
	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛІ	Ц
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛІ	А
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛІ	г

За допомогою цієї таблиці можна визначити, яку амінокислоту кодує певний триплет. Перший нуклеотид у триплеті беруть із лівого вертикального стовпчика, другий - з верхнього горизонтального і третій - із правого вертикального. В місці перетину ліній знаходиться інформація про амінокислоту, яку слід визначити. Зазначаємо, що в таблиці наведено триплети іРНК, а не ДНК.

Приклад розв'язання задач

Один з ланцюгів молекули ДНК має наступний порядок нуклеотидів: **ЦЦГТАЦЦТАГТЦ...**

1. Визначити послідовність амінокислот у відповідному поліпептиді, якщо відомо, що і-РНК синтезується на комплементарному ланцюгу ДНК.
2. Як зміниться первинна структура поліпептида, якщо випаде четвертий нуклеотид?

Розв'язання:

Відомо, що молекула і-РНК за принципом комплементарності на одному з ланцюгів молекули ДНК. Відомий порядок нуклеотидів в одному ланцюгу ДНК і сказано, що і-РНК синтезується на комплементарному ланцюгу. Отже, необхідно побудувати комплементарний ланцюг ДНК, пам'ятаючи, що аденін відповідає тиміну, а гуанін – цитозину. Подвійний ланцюг ДНК буде мати такий вигляд:

ЦЦГТАЦЦТАГТЦ...ГГЦАТГГАТЦАГ...

Будуємо молекулу і-РНК, пам'ятаючи, що в молекулі РНК тимін замінюється урацилом:

**ДНК → ГГЦ АТГ ГАТ ЦАГ і-РНК → ЦЦГ УАЦ
ЦУА ГУЦ**

Три поряд розташованих нуклеотида (триплет, кодон) і-РНК визначає приєднання однієї амінокислоти. Відповідні триплети амінокислоти знаходимо в таблиці кодів. Кодон ЦЦГ відповідає проліну, УАЦ – тирозину, ЦУА – лейцину, ГУЦ – валіну. Отже, порядок амінокислот ділянки поліпептидного ланцюга буде:

ПРО – ТИР – ЛЕЙ – ВАЛ...

1. якщо в ланцюгу ДНК випаде четвертий нуклеотид, то він виглядатиме наступним чином:

ЦЦГТАЦЦТАГТЦ...

Комплементарний ланцюг буде мати вигляд:

ГГЦАТГГАТЦАГ.

Відповідно, і-РНК виглядатиме так: ЦЦГАЦЦУАГУЦ. Починаючи з другого відбудеться зсув кодонів.

Перший кодон (ЦЦГ) відповідає амінокислоті пролін, другий (АЦЦ) – амінокислоті треонін, третій (УАГ) – не кодує амінокислоту, четвертий – неповний. Таким чином, ділянка поліпептиду виглядатиме так: ПРО – ТРЕ – тобто виникне значна зміна порядку і кількості амінокислот в поліпептиді.

Відповідь:

1 . послідовність амінокислот в поліпептиді буде:

ПРО – ТИР – ЛЕЙ – ВАЛ...

2 . після випадіння четвертого нуклеотида послідовність амінокислот в поліпептиді буде:

ПРО – ТРЕ –

Задача 1.

Білок вазопресин (гормон гіпофізу, підвищує кров'яний тиск) складається з дев'яти амінокислот,

кодується такими нуклеотидами:

**ТГТ — ТАТ — ТТГ — ГАА — ГАТ — ТГТ —
ЦЦЦ — ЦГТ — ГГТ.**

Скільки нуклеотидів і триплетів у цій ділянці ДНК?

Яка довжина гена, що кодує вазопресин?

Який амінокислотний склад вазопресину?

Завдання

Розв'язати задачі наведені нижче та дати відповіді на питання для самоперевірки.

Задача 1.

Правий ланцюг фрагмента гена має таку структуру:

ТАТ — ТЦТ — ТТГ — ТГТ — ГТА — ЦГА...

Укажіть структуру відповідної частини молекули білка, що синтезується за участю лівого ланцюга ДНК. Визначте, як зміниться структура білка, якщо у правому ланцюзі ДНК під впливом хімічних факторів випадає одинадцятий нуклеотид.

Задача 2.

Ділянка ДНК містить 640 гуанілових і цитоділових нуклеотидів, що складає 38 % від загальної кількості нуклеотидів. Визначте скільки аденілових нуклеотидів представлено в даному фрагменті, а також довжину і масу даної ділянки ДНК. Якщо відомо, що один нуклеотид має довжину біля 0,34 нм і молекулярну масу 345 дальтон.

Задача 3.

Ділянка ДНК містить 720 аденілових і тимідилових нуклеотидів, що складає 48 % від загальної кількості нуклеотидів. Визначте кількість гуанілових нуклеотидів в

даному фрагменті ДНК, а також довжину і масу.

Практична робота № 3

Тема: Види і закони спадковості. Спадкова і неспадкова мінливість.

Закони Менделя- закони, що становлять основу класичної генетики. У своїх працях Грегор Мендель ґрунтувався на дослідженнях, проведених на горосі посівному. Цей об'єкт виявився вдалим, тому що для нього характерне самозапилення, яке уможливило одержання **чистих ліній**, тобто особин **гомозиготних** за більшістю генів.

Перший закон Менделя або **закон одноманітності гібридів першого покоління** формується так:

у першому поколінні від схрещування гомозигот із доміантною та рецесивною ознаками виявляється тільки доміантна ознака. Таким чином, Г. Мендель запропонував факторіальну гіпотезу спадковості, яка і лягла в основу теорії гена. Так, центральним моментом концепції Г. Менделя була ідея, що алелі в процесах дозрівання статевих клітин розходяться і знову сходяться в момент запліднення. Кожна гамета, утворена генотипом Аа, утримує лише один алель – А або а у чистому стані. Те, що алельні фактори у гетерозиготи не змішуються і в чистому стані розходяться по гаметах, відомо як правило чистоти гамет, сформульоване У. Бетсоном на початку ХХ ст.

Другий закон Менделя або **закон розщеплення** формується так: при схрещуванні гібридів першого покоління у нащадків спостерігається розщеплення фенотипових класів у співвідношенні **3:1**.

Третій закон Менделя або **закон незалежного успадкування ознак**: кожна пара альтернативних варіантів ознак успадковується незалежно від інших пар і дає розщеплення **3:1** за кожною з пар (як і при моногібридному схрещуванні). При дигібридному схрещуванні (коли спостереження ведеться за двома ознаками) серед гібридів другого покоління спостерігають розщеплення **9:3:3:1**. Цей закон справедливий лише для ознак, у яких гени, що їх кодуєть, належать до різних групзчеплення, тобто знаходяться

в різних хромосомах. Закон може виконуватись і для ознак, гени яких знаходяться в одній хромосомі на значній відстані один від одного (не менше 50 морганід). В іншому випадку гени спадкуватимуться зчепленню. Цей закон підтверджується не тільки результатами дигібридного схрещування, але й тригібридного і полігібридного схрещувань. За тригібридного схрещування матимемо накладання трьох моногібридних розщеплень:

А) за фенотипом: $(3A_ + 1aa)(3B_ + 1bb)(3C_ + 1cc)$;

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

На початку ХХ сторіччя англійський генетик Пеннет запропонував зручну форму для зображення сполучуваності різних класів гамет і отримання на цій основі різних генотипічних класів (зигот) нащадків, використовуючи комбінаційний квадрат (решітку).

При складанні решітки Пеннета до горизонтальних граф записують гамети батька, а до вертикальних – гамети матері. На перетині з'єднання перпендикулярних клітин, розташовуються зиготи нащадків.

Для дигібрида (AaBb) **решітка Пеннета** має такий вигляд:

♀ \ ♂	AB	<u>Ab</u>	<u>aB</u>	<u>Ab</u>
AB	AABB	<u>AABb</u>	<u>AaBB</u>	<u>AaBb</u>
<u>Ab</u>	<u>AABb</u>	<u>AABb</u>	<u>AaBb</u>	<u>Aabb</u>
<u>aB</u>	<u>AaBB</u>	<u>AaBb</u>	<u>aaBb</u>	<u>aaBb</u>
<u>Ab</u>	<u>AaBb</u>	<u>Aabb</u>	<u>aaBb</u>	<u>Aabb</u>

Спадковість – це властивість батьків передавати свої ознаки і особливості розвитку наступному поколінню. Вона забезпечує певну консервативність живої матерії завдяки наявності матеріальних носіїв спадковості - генів.

Успадковування – це процес передачі генів (і відповідно ознак) нащадкам.

Ген – одиниця спадковості, що визначає окрему найбільш елементарну ознаку, наприклад, структуру однієї молекули РНК або поліпептиду.

Мінливість – це властивість протилежна спадковості. Її суть полягає в змінах структури та комбінацій спадкових задатків – генів і в змінах їх прояву в онтогенезі.

Генотип – це сукупність генетичної інформації, яка властива соматичній клітині даного організму.

Фенотип – сукупність ознак і властивостей, характерних для даної клітини, або організму.

Ген чорної масті у великої рогатої худоби домінує над геном червоної масті. Яке потомство F1 вийде від схрещування чистопородного чорного бика з червоними коровами? Яке потомство F2 вийде від схрещування між собою гібридів?

Розв'язання:

A - ген чорної масті, a - ген червоної масті.

Червоні корови несуть рецесивну ознаку, отже, вони гомозиготні за рецесивним геном і їх генотип - aa.

Бик несе домінантну ознаку чорної масті і є чистопородним, тобто гомозиготним. Отже, його генотип - AA.

Гомозиготні особини утворюють один тип гамет, тому чорний бик може продукувати лише гамети, що несуть домінантний ген A, а червоні корови несуть тільки рецесивний ген a.

Вони можуть поєднуватися тільки одним способом, в результаті чого утворюється однакове покоління F1 з генотипом Aa.

Гетерозиготи з рівною ймовірністю формують гамети, що містять гени A і a. Їх злиття носить випадковий характер, тому в F2 будуть зустрічатися тварини з генотипами AA (25%), Aa (50%) і aa (25%), тобто особини з домінантною ознакою становитимуть приблизно 75%.

Схема схрещування:

P		♀ aa червоні	×	♂ AA чорні
Гамети		a		A
F ₁		Aa 100% чорні		
F ₁		♀ Aa чорн	×	♂ Aa чорні

		i		
		a	A	a
гамети	A	a	A	a
F ₂	A A	Aa	A a	aa
	75% чорні			25% червоні

Відповідь:

При схрещуванні чистопородного чорного бика з червоними коровами все потомство буде чорного кольору. При схрещуванні між собою гібридів F₁ в їх потомстві (F₂) буде спостерігатися розщеплення: 3/4 особин буде чорного кольору, 1/4 - червоного.

Задача 2

При схрещуванні морських свинок ген кучерявості вовни домінує над геном гладкої, ген короткої - над довгою, а чорне забарвлення над білим. Яке буде F₁, якщо обидва батьки гетерозиготні за всіма трьома аллелями?

A - кучерява вовна, a - гладка вовна,

1 ознака:

B - короткої шерсті, b - довгої шерсті,

2 ознака:

C - чорне забарвлення, c - біле забарвлення. F₁ - ?

Розв'язання:

Складаємо решітку Пеннета.

♂	ABC	AbC	ABc	aBC	abC	aBc	Abc	abc
ABC	AAB B CC	AAB b CC	AAB B Cc	AaBBC C	AaBbCC	AaBBC c	AABb Cc	AaB bCc
AbC	AAB b CC	AAbb CC	AAB b Cc	AaBbC C	AabbCC	AaBbCc	AAbb Cc	Aab bCc
ABc	AAB	AAB	AAB	AaBBC	AaBbCc	AaBBcc	AAB	AaB

	B Cc	b Cc	Bcc	c			bcc	bcc
aBC	AaBB CC	AaBb CC	AaBB Cc	aaBBC C	aaBbCC	aaBBCc	AaBb Cc	aaB bCc
abC	AaBB CC	Aabb CC	AaBb Cc	aaBbCC	aabbCC	aaBbCc	Aabb Cc	aabb Cc
aBc	AaBB Cc	AaBb Cc	AaB Bcc	aaBBCc	aaBbCc	aaBBcc	AaBb cc	aaB bcc
Abc	AAB b Cc	AAbb Cc	AAB bcc	AaBbCc	AabbCc	AaBbcc	AAbb cc	Aab bcc
abc	AaBb Cc	Aabb Cc	AaB bcc	aaBbCc	aabbCc	aaBbcc	Aabb cc	aab bcc

Відповідь:

F1: 27 A_B_C_ - чорних з короткою кучерявою шерстю;

9 A_B_cc - білих з короткою кучерявою шерстю;

9 A_bbC_ - чорних з довгою кучерявою шерстю;

9 aaB_C_ - чорних з гладкою короткою шерстю; 3A_bbcc - білих з довгою кучерявою шерстю;

3 aaB_cc - білих з гладкою короткою шерстю; 3 aabbC - чорних з гладкою довгою шерстю; 1 aabbcc - біла з довгою гладкою шерстю.

Завдання

Розв'язати задачі, наведені нижче, та дати відповіді на запитання для самоперевірки.

Задача 1

У золотої рибки розвиток телескопічних очей контролюється рецесивним алелем одного гена. Від схрещування гетерозиготної самки з нормальними очима з самцем, який має телескопічні очі, в першому поколінні, отримали 59 мальків. У якій частині цих мальків мають бути телескопічні очі? Що отримаємо, якщо схрестимо особин з нормальними очима з першого покоління з вихідною самкою?

Задача 2

В реципрокних схрещуваннях світлих коропів з малюнком на шкірі з темними коропами без малюнка в першому поколінні отримали 96 світлих з малюнком і 89 темних з малюнком. Від

схрещування риб першого покоління з різним фенотипом в другому поколінні отримали 58 світлих з малюнком, 50 темних з малюнком, 18 темних без малюнків, 15 світлих без малюнка. Від схрещування світлих риб з малюнком з першого покоління між собою отримали: 379 світлих х малюнком, 124 світлих без малюнка, 194 темних з малюнком, 80 темних без малюнка. Загалом 777 риб.

Як успадковуються ознаки? Визначте генотиби риб, яких використали для схрещування. Що отримаємо, якщо схрестити темних з малюнком риб з темними без малюнка з третього покоління?

Задача 3

Незабарвлені печерні риби були схрещені з пофарбованими рибами того ж виду з відкритих водойм. Аналіз другого покоління від цього схрещування показав, що 787 риб були пофарбовані і 278 не пофарбовані. Поясніть генотиби вихідних форм, фенотип і генотип гібридів першого покоління.

Питання для самоперевірки

1. Що таке генотип?
2. Що таке фенотип?
3. У чому полягає перший закон Менделя?
4. Що таке спадковість?
5. Дайте визначення третього закону Менделя.

Практична робота № 4

Тема: Гібридизація в рибицтві

Мета заняття. Освоїти різні методи гібридизації та вивчити біологічні особливості отриманих гібридів різних порід і видів риб.

Гібридизація в рибицтві - це отримання потомства від схрещування особин різних видів і віддалених систематичних груп. Основна мета гібридизації полягає у виведенні нових порід із стійкою спадковістю за основними господарсько корисними ознаками характерними для вихідних видів тварин, а також для отримання промислових тварин. За гібридизації використовують такі ж методи і схеми як при міжпорідному схрещуванні.

Потомство отримане від гібридизації називається гібридами. Біологічні особливості гібридів і міжпородних помісей у рибництві багато в чому подібні, але у гібридів вони чіткіші. Спадковість гібридів першого покоління порівняно з вихідними формами зазнає ще більших змін, ніж спадковість помісей.

У рибництві існує декілька видів гібридизації:

Ⓜ міжвидова - отримання гібридів від схрещування особин різних видів;

Ⓜ внутривидова - отримання гібридів від схрещування особин одного виду;

Ⓜ міжродова - отримання гібридів від схрещування особин різних родів;

Ⓜ міжпородна - отримання гібридів від схрещування особин різних порід;

Ⓜ міжлінійна - отримання гібридів від схрещування особин різних ліній однієї породи.

У рибництві відомі приклади успішної гібридизації нових порід і гібридних форм, які мають низку бажаних якостей. Схрещування коропа з амурським сазаном стало основою для виведення ропшинського коропа, який поєднує високу життєздатність із зимостійкістю, притаманною сазану, і добрий темп росту, характерний для коропа.

Значний інтерес являє собою гібрид між коропом і карасем, який успадкував від золотого карася невибагливість до вмісту кисню у воді, але за темпом росту дещо поступаються коропу.

Закономірності успадкування ознак у риб: лускового покриву, забарвлення, та інших особливостей.

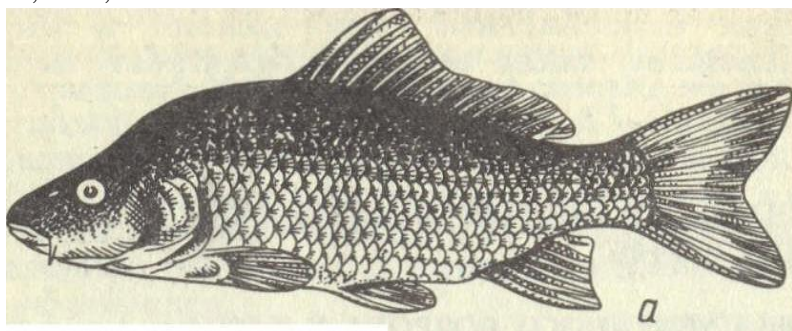
Мета – вивчити закономірності успадкування морфологічних ознак у риб.

Із якісних морфологічних ознак альтернативного характеру у промислових риб, найдетальніше вивчено успадкування лускатого покриву та забарвлення.

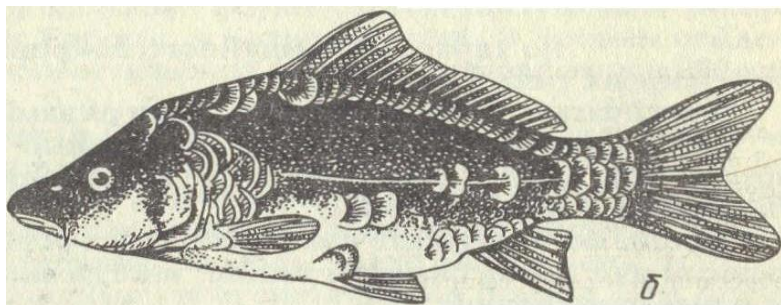
Дослідженнями, проведеними в 30-х роках ХХ століття В.С. Кирпичниковим зі співробітниками, було встановлено, що у коропів можна виділити чотири основних типи лускатого покриву. Ці типи лускового покриву коропів визначаються

двома незалежними генами, кожний з яких має по два алелі (S, s і N, n). Їх ділять на чотири основні типи:

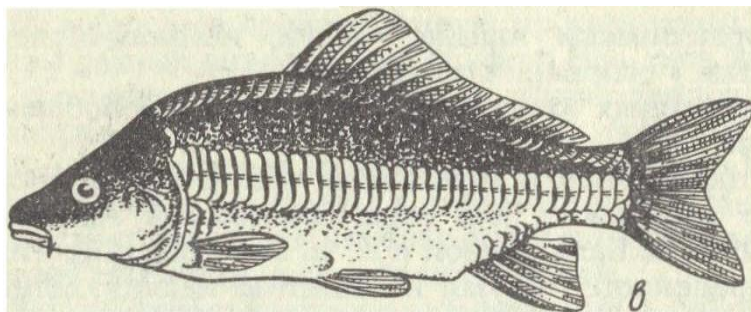
– **лускаті** – луска правильними рядами покриває тіло – SSnn, Ssnn;



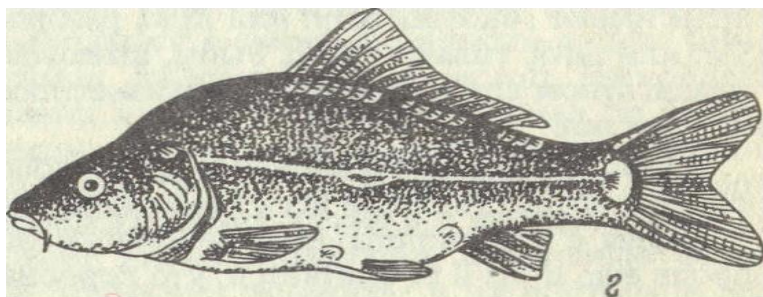
–**розкидані** – великі - дзеркальні луски розкидані по всьому тілу, іноді утворюють правильні чи неправильні ряди – ssnn.



–**лінійні** – великі луски утворюють рівний, як правило, неперервний ряд вздовж бічної лінії, іноді можуть проявлятися додаткові ряди лусочок – SSNn, SsNn.



-голі – тіло практично позбавлене лусочок, незначна кількість лусочок може знаходитися у основи плавників - **ssNn**.



Розкидані та лінійні коропи іноді називають узагальненим терміном – дзеркальні. Коропи з редукованим лусковим покривом були відомі в Європі ще у 17 столітті. Вважається, що спочатку в результаті мутації S-s з'явилися розкидані коропи. Незалежна мутація n і N призвела до виникнення лінійних і голих риб. Гени лускового покриву мають широку плейотропну дію. Лінійні і голі коропи (дія алеля N) відрізняються сповільненим ростом і пониженою життєздатністю. Ці відмінності посилюються в несприятливих умовах. Ембріони з генотипами **SSNN**, **SsNN** і **ssnn** нежиттєздатними і гинуть на завершальних стадіях ембріогенезу. Так при схрещуванні голих коропів в собі **ssNN**, зародки, які одержували гени **ssNN**, гинуть (25%), тому розщеплення за фенотипом буде 2 голих (**ssNn**) і один розкиданий (**ssnn**). Таким чином, ген N в гомозиготному стані є летальним.

Як гени N in, так і гени S і s мають плейотропну дію і

впливають на багато інших ознак (зменшення кількості променів в спинному, анальному та черевних плавцях, кількість зябрових тичинок, число глоткових зубів, здатність до регенерації плавців після пошкодження, стійкість до високих температур та інші). Алелі **S** і **s** у племінних рибних господарствах використовують як генетичні маркери в організації дволінійного розведення.

Крім типів лускатого покриву, описана велика генетична різноманітність за забарвленням тіла у риб, зумовлена мутаціями гунів, які контролюють синтез пігментів. Нині встановлено успадкування **голубого** забарвлення коропів, яке контролюється рецесивним геном **гг** в гомозиготному стані. При схрещуванні звичайного коропа **RR** з голубим **гг**, у **F1** усі нащадки мають нормальне забарвлення, а в **F2** проходить розщеплення 3:1.

Ознака	Ген
голубе забарвлення	гг
звичайне забарвлення	R

Успадкування світло-жовтого малюнка на голові у коропів:

Ознака	Ген
наявність рисунка на голові	D
без рисунка	d

Успадкування світлого забарвлення

Ознака	Ген
світле забарвлення летальна	L
дізвичайне забарвлення	LL

Успадкування помаранчевого забарвлення у коропів, яке обумовлене наявністю хоч одного гена в:

Ознака	Ген
помаранчевий колір	v1v1v2v2
звичайний колір	B1B1B2B2

Успадкування паламінового забарвлення у коропів:

Ознака	Ген
звичайні	gg G
золотисті	Gg
паламінові	

Успадкування альбінізму у райдужної форелі:

Ознака	Ген
альбінізм	A
звичайне забарвлення	A

Завдання 1. Згідно індивідуального завдання написати форму схрещування, щодо успадкування забарвлення риб.

Контрольні питання:

1. Які якісні ознаки вивчені у промислових риб?
2. Які гени впливають на формування лускатого покриву у риб?
3. Які гени використовують як генетичні маркери вплемінних рибних господарствах?
4. Які гени впливають на формування голубого, паламінового забарвлення у риб?

Гетерозис та його використання в риборівництві

За неспорідненого підбору створюють нові гетерозиготні генотипи, які в певних поєднаннях проявляють ефект гетерозису. Гетерозис - це явище при якому потомки першого покоління, отримані в результаті схрещування за певних методів підбору, переважають батьківські форми за окремими господарськими ознаками. Біологічною передумовою прояву ефекту гетерозису є підвищення рівня розвитку ряду ознак у помісей, одержаних при схрещуванні.

В селекційній практиці виділяють такі основні форми прояву гетерозису:

справжній гетерозис (Гс) проявляється тоді, коли продуктивність помісей (Пп) вірогідно перевищує кращу батьківську форму (Пк) або лінію:

$$Гс = Пп : Пк \times 100;$$

– **зоотехнічний гетерозис** (Гз) - це явище, коли продуктивність потомків вірогідно перевищує середньоарифметичну продуктивність батьків (Пб - продуктивність батьківської форми. Пм - продуктивність материнської форми):

$$\text{Гз} = \text{Пп} : 0,5 \times (\text{Пб} + \text{Пм}) \times 100;$$

- **гіпотетичний гетерозис** (Гг) проявляється годі, коли продуктивність помісей перевищує тільки показники гіршої (Пг) батьківської форми (частіше материнської породи або лінії):

$$\text{Гг} = \text{Пп} : \text{Пг} \times 100.$$

Явище гетерозису проявляється лише у помісей і покоління при схрещуванні добре поєднаних порід за низько успадковуваними ознаками і не проявляється за сумою ознак.

Успадкування ознак при дигібридному схрещуванні та взаємодія неалельних генів.

Дигібридним називають схрещування, при якому батьківські форми відрізняються між собою за двома парами альтернативних ознак, наприклад по масті та рогатості у великої рогатої худоби, по оперенню та формі гребеня у курей та інших.

Тригібридним – називається схрещування особин, які відрізняються за трьома парами альтернативних ознак, якщо ж батьки відрізняються між собою за більшою кількістю ознак, то таке схрещування називають **полігібридним**.

Гени, які знаходяться в різних локусах гомологічних хромосом або в різних хромосомах і зумовлюють розвиток різних ознак, називаються **неалельними**.

Якщо неалельні гени локалізуються в одній парі гомологічних хромосом, то вони успадковуються зчеплено, передаються від покоління до покоління групою, але якщо вони знаходяться в різних парах хромосом, то вони успадковуються незалежно один від одного.

Третій закон – закон незалежного успадкування ознак. Цей закон характерний для ознак, гени яких знаходяться на різних парах гомологічних хромосом.

При дигібридному схрещуванні у F1 спостерігається одноманітність особин як за генотипом (дигетерозиготні), так і за фенотипом (прояв домінантних ознак), а в другому

покоління, при схрещуванні гібридів першого покоління між собою, відбувається незалежне комбінування генів, в результаті чого утворюються 4 фенотипи у співвідношенні 9:3:3:1 та 9 різних генотипів у співвідношенні 1:1:2:2:4:2:2:1:1. Всі потомки F1 є дигетерозиготами, утворюють 4 типигамет, які у F2 дають 16 різних варіантів поєднання.

Розбір рішення задачі:

Взаємодія неалельних генів.

Розрізняють такі типи взаємодії неалельних генів: новоутворення, комплементарність, епістаз, полімерія і модифікуюча дія генів.

Комплементарність – це явище, коли потомки першого покоління набувають новий фенотип, не повторюючи батьківський. Виникає за наявності в генотипі двох домінантних неалельних генів, кожний з яких самостійно не проявляється, а разом утворюють новий фенотип у потомстві.

Прикладом може бути забарвлення духмяного горошку. У запашного горошку колір віночка квітки зумовлений наявністю двох домінантних генів (A і B), за відсутності одного з них – квітки білі. Тому при схрещуванні рослин з генотипами AAbb і aaBB, які мають білі віночки, у першому поколінні рослини мають забарвлення, а у другому поколінні розщеплення відбувається у співвідношенні 9 забарвлених до 7 незабарвлених (3A_bb, 3 aaB_, 1 aabb). Таке розщеплення пояснюється тим, що синтез пігменту обумовлюються ферментами, що кодуються неалельними генами A і B. Тільки гетерозигота A_B_ здатна синтезувати пігмент. Самі по собі гени A і B не мають самостійного зовнішнього прояву

Новоутворення – різновид комплементарної дії генів. Новий фенотип утворюється у F1 і F2. При цьому обидва комплементарні гени самостійно можуть проявляти свою дію.

Приклад: при схрещуванні курки з розоподібним гребенем (A) з півнем горохоподібною формою гребеня (B), всі потомки першого покоління мають горіхоподібний гребінь (A... B...).

Епістаз – це явище домінування одного домінантного гена над іншим домінантним неалельним геном.

Пригнічення можуть викликати як домінантні, так і

рецесивні гени ($A>B$, $a>B$, $B>A$, $B>A$), і залежно від цього розрізняють епістаз домінантний і рецесивний. Ген, який пригнічує дію іншого неалельного домінантного гена, називається *епістатичним*, а ген, який пригнічується – *гіпостатичним*. Кожний із цих генів фенотипово проявляється по-різному. Явище епістазу відкрите при аналізі успадкування масті коней.

Іноді зустрічається і **рецесивний епістаз** – це явище, коли рецесивний ген однієї пари, в гомозиготному стані, не дає можливість проявитися домінантному, або рецесивному генам інших пар. Цей різновид епістазу називають ще **криптомерією**.

Полімерія – явище, коли на прояв однієї ознаки діє не одна пара алельних генів, а декілька пар неалельних домінантних генів. Ці гени мають рівнозначну, рівноцінну, сумуючу дію. Полімерні гени прийнято позначати однією буквою латинського алфавіту з цифровими індексами ($A_1A_1A_2A_2a_3a_3$). Ознаки, які визначаються полімерними генами, називаються полігенними. Полімерні фактори були відкриті шведським генетиком Г. Нільсоном-Еле у 1908 році при вивченні успадкування забарвлення насіння у пшениці. Встановлено, що ця ознака залежить від двох однакових факторів (неалельні гени), тому при схрещуванні домінантної і рецесивної дигомозигот, тобто забарвленої форми ($A_1 A_1A_2A_2$) з незабарвленою ($a_1a_1a_2a_2$) в F_2 всі рослини дають забарвлення насіння, хоча воно більш світліше, ніж батьківський екземпляр, який мав червоне насіння. В F_2 при родинному схрещуванні особин першого покоління виявляється розщеплення за фенотипом у відношенні 15:1, так як безколірними є лише рецесивні дигомозиготні форми ($a_1a_1a_2a_2$). У пігментованих екземплярів колір залежить від числа отриманих ними домінантних алелей цих генів. **Розрізняють кумулятивну і не кумулятивну полімерію**. При кумулятивній полімерії ступінь прояву ознаки залежить від кількості домінантних генів. При цьому спостерігається безперервний ряд мінливості ознаки. Так червоне забарвлення у золотої рибки зумовлене відсутністю покриві шкіри меланофорів. Процес депігментації контролюється двома домінантними генами $Dp1$ $Dp2$. Рецесивні гени $dp1$ і $dp2$ обумовлюють

чорний колір забарвлення.

Депігментація (червоне забарвлення) залежить від кількості домінантних генів, рецесивні алелі цих генів зумовлюють усі породи з більш темним забарвленням.

У випадку **не кумулятивної полімерії** розвиток ознаки зумовлюється наявністю у генотипі будь-якої кількості відповідних домінантних алелів полімерних генів.

Гени-модифікатори. Здатність і ступінь прояву (**пенетрантність та експресивність**) генів залежить не тільки від умов середовища різних взаємодій і ефекту положення генів, але від так званих **генів-модифікаторів**, які самі не дають фенотипового ефекту, а модифікують (підсилюють, або послаблюють) прояв інших неалельних генів.

Вивчення особливостей прояву алельних і неалельних генів при успадкуванні ознак у риб.

Закономірності успадкування якісних ознак при моногібридному схрещуванні

Закономірності успадкування якісних ознак при статевому розмноженні вперше були встановлені Грегором Іоганом Менделем за допомогою запропонованого ним методу генетичного (гібридологічного) аналізу.

Перш ніж перейти до опису моно-, ди- та полігібридних схрещувань і спадковості ознак, необхідно визначити поняття – ознака і –властивість.

Ознака - це окрема якість організму, по якій можна відрізнити один організм від іншого (чорне або біле забарвлення, високе або низьке зростання, гарячий або спокійний темперамент і т. д.).

Генетична символіка і правила написання схем схрещувань.

Для генетичного аналізу спадковості або інших якісних ознак при статевому розмноженні звичайно проводять схрещування двох особин різних статей. Схрещування (спаровування) позначають в генетиці знаком X множення, батьки позначаються латинською літерою P (Parents – батьки), поруч записують їх генотипи. Жіноча стать позначається символом ♀ (люстерко Венери), чоловіча - ♂ (щит і спис Марса). Між батьками ставлять знак x, який означає

схрещування. Символ і генотип матері пишуть на першому місці, а батька на другому.

Нашадки від спаровування двох особин з різною спадковістю називають гібридним і позначають буквою **F** (перша буква латинських слів *filia* - дочка, *filius* - син, *filii* - діти) з додаванням цифри, відповідної порядковому номеру гібридного покоління. Так, перше покоління буде **F1**; якщо гібридні особини злучаються між собою, то їх діти позначатимуться **F2**, наступні покоління - **F3** і т. д.

Моногібридним називають схрещування особин, в якому батьківські пари різняться між собою за однією парою альтернативних (контрастних) ознак. Всі інші відмінності між батьківськими формами, якщо вони є, до уваги не беруться. На основі моногібридного схрещування Г. Мендель довів два закони успадкування ознак:

I-й – закон домінування або одноманітності F1,

II-й – закон розщеплення ознак у F2.

Домінування – це явище переважання однієї ознаки над іншою. Ознака батьків, яка проявляється у гібридів першого покоління, називається **домінантною** і позначається прописною літерою латинського алфавіту (A, B, C і т. д.)

Ознака батьків, яка не проявляється у гібридів першого покоління, називається **рецесивною** (від латинського слова *recessis* – який подавляється) і позначається рядковими літерами алфавіту (a, b, c і т.д.)

Два гени, які знаходяться в одних і тих же (гомологічних) точках (локусах) гомологічних хромосом і які відповідають за одну і ту ж ознаку, називаються **алельними**, а один ген цієї пари - **алелем**.

Особини, які мають у соматичних клітинах два домінантних або два рецесивних гена даної алельної пари, AA і aa, які в подальших поколіннях не дають розщеплювання називаються **гомозиготними**, а форми Aa, що дають розщеплювання – **гетерозиготними**.

Під **генотипом** розуміють сукупність генів у хромосомах, які одержав потомок від своїх батьків.

Фенотип – сукупність ознак та властивостей організму, що сформувалися у процесі онтогенезу при взаємодії генотипу

та умов середовища. Частіше мова йде про генотип і фенотип особини за однією чи декількома ознаками.

На основі аналізу результатів схрещування Г. Мендель сформулював закони спадковості.

Перший закон – названий законом домінування або законом одноманітності гібридів першого покоління: при схрещуванні форм, які відрізняються між собою за однією ознакою, усе потомство першого покоління одноманітне і успадковує домінуючу ознаку незалежно від того, чи була вона у материнського чи батьківського організму.

Розбір задачі:

Другий закон - названий законом розщеплення: при схрещуванні гібридів першого покоління між собою ($Aa \times Aa$) в другому поколінні гібридів появляються особини як з домінуючою, так із рецесивною ознакою у співвідношенні за фенотипом 3:1, а за генотипом буде складати 1:2:1.

Практична робота № 5.

Тема: Кросинговер та складання генетичних карт.

Мета: вивчення успадкування повністю і неповністю зчеплених генів. На основі визначення проценту кросинговеру навчитись будувати генетичні карти хромосом.

Дослідниками доведено, що геном відповідних видів тварин складається із десятків і навіть сотень тисяч генів. Але кількість пар хромосом у різних видів порівняно невелика. Звідси випливає, що в кожній хромосомі знаходиться від кількох сот до декілька тисяч генів. Гени, що знаходяться в одній хромосомі називаються **зчепленими**, вони не підкоряються третьому правилу Менделя. Гени, що знаходяться в одній хромосомі називаються **зчепленими і створюють одну групу зчеплень**. Груп зчеплення завжди стільки, скільки містить гаплоїдний набір хромосом відповідного виду. Зчеплення буває повним і неповним. Повне зчеплення буває рідко. Так у самців дрозофіли і самок тутового шовкопряда спостерігається повне зчеплення, що пояснюється відсутністю кросинговеру. Але у самок дрозофіли і самців тутового шовкопряда кросинговер відбувається і в них гени зчеплені не повністю.

У переважній більшості видів гени зчеплені не повністю, тому що заважає кросинговер, який відбувається у профазі і мейотичного поділу.

Кросинговер - це обмін ділянками між гомологічними хромосомами, або перехрест хромосом, супроводжується порушенням груп зчеплення. Наявність повного та неповного зчеплення визначається на основі аналізуючого схрещування з рецесивною формою-аналізатором.

При неповному зчепленні при схрещуванні серед нащадків з'являються особи з новим ознаками, які були відсутні у батьківських осіб, які виникли в результаті кросинговеру. Ці особи називаються кросоверними або рекомбінантними, а саме явище - генетичною рекомбінацією. Чим далі розташовані гени один від одного, тим менше сила зчеплення і тим частіше проходить між ними кросинговер.

При повному зчепленні генів утворюються некросоверні гамети, а у нащадків повторюються ознаки їх батьків.

Частота кросинговеру визначається у відсотках і показує відстань між генами. Відстань між генами пропорційна відсотку кросинговеру між ними і виражається в морганидах (1 морганида дорівнює 1% кросинговеру).

Частота кросинговеру = $\frac{П1}{П} \times 100$, де,

П1 - число кросоверних осіб;

П – загальне число нащадків.

Гени в хромосомах розміщені лінійно, тому можна підрахувати процент кросинговеру між генами А і В, В і Д, А і Д. Згідно з законом адитивності Моргана, відстань між крайніми генами повинна рівнятися сумі відстаней між окремими парами генів, тобто $AD = AB + BD$. Цифри на карті вказують відстань між різними генами в морганидах, яке починається від гену, що займає нульове положення на лівому кінці кожної хромосоми.

Інтерференція – пригнічення кросинговеру на ділянках, які безпосередньо прилягають до точки обміну, який відбувся.

Складання генетичних карт хромосом має дуже важливе значення для проведення цілеспрямованого індукованого мутагенезу. Для того, щоб побудувати генетичну карту кожної хромосоми, тобто розставити гени в кожній хромосомі згідно

обчислених відстаней (у морганідах) між генами, потрібно зробити манкіровку кожної хромосоми і провести дуже багато аналізуючи схрещувань.

Контрольні питання:

1. Повне і неповне зчеплення генів, поняття про групузчеплення.
2. Які особливості успадкування ознак у нащадків приповному і неповному зчепленню?
3. Що таке кросинговер і яка його генетична суть?
4. Що таке морганіда?
5. Які основні положення теорії Моргані?

Основні типи мутацій.

Використання штучного мутагенезу в селекції риб.

Мінливість - здатність живих організмів набувати нових ознак, відмінних від предків, та їх станів у процесі індивідуального розвитку. Розрізняють кілька типів мінливості:

1. спадкову (генотипну) і не спадкову (фенотипну);
2. індивідуальну (відмінність між окремими особинами) і групову (між групами особин, наприклад, різними популяціями даного виду). Групова мінливість є похідною від індивідуальної;
3. якісну і кількісну;
4. спрямовану і не спрямовану.

Мінливість є процесом, протилежним спадковості. Вона забезпечує появу нових ознак та їх станів, завдяки чому утворюються нові види і відбувається історичний розвиток біосфери в цілому.

Спадкова мінливість — мінливість, яка характеризується зміною генотипу внаслідок мутацій або перекомбінації генів під час злиття гамет при заплідненні тощо. Зміни, викликані спадковою мінливістю, успадковуються. Спадкова мінливість буває комбінативною та мутаційною.

Комбінативна мінливість — мінливість, яка характеризується рекомбінацією генів під час злиття гамет. Її основними причинами є:

- ⊙ незалежне розходження хромосом під час мейозу;

- Ⓟ випадкове поєднання хромосом під час запліднення;
- Ⓟ рекомбінація генів під час кросинговеру.

Спадкові фактори при цьому не змінюються, виникають лише нові сполучення між ними, що призводить до виникнення організмів з новими фенотипами,

Мутаційна мінливість

Мутаційна мінливість — мінливість, зумовлена зміною генотипу та реорганізацією відтворювальних структур клітини. Властивостями мутацій є їх раптовість, неспрямованість, неодноразовість. Мутації виникають внаслідок впливу на організм мутагенів. Розрізняють фізичні (радіація), хімічні (гербіциди) та біологічні (віруси) мутагени. Класифікація мутацій:

- геномні (зміна кількості хромосом);
- поліплоїдія - зміна кількості хромосом, кратна гаплоїдній, $3n$, $4n$, $5n$ тощо (у рослин у зв'язку з вегетативним розмноженням);
- гетероплоїдія - зміна кількості хромосом, некратна гаплоїдній, $2n + 1$ тощо ($2n + 1$ - синдром Клайнфельтера, $2n - 1$ - синдром Дауна);
- хромосомні (зміна структури хромосом);
- делеція - випадіння ділянки хромосоми (втрата певних спадкових властивостей);
- дуплікація - подвоєння ділянки хромосоми;
- інверсія - поворот ділянки хромосоми на 180° ;
- транслокація 4 – перенесення ділянки хромосоми на іншу хромосому;
- генні (зачіпання структури гена - мутону - ділянки, що складається з двох нуклеотидів).

Неспадкова (модифікаційна) мінливість. Модифікаційна мінливість - мінливість, що характеризується зміною фенотипу під дією умов навколишнього середовища. Зміни мають адаптивний характер. Модифікаційна мінливість зумовлена реакцією генотипу на навколишнє середовище - нормою реакції. Внаслідок цього відбувається зміна інтенсивності ферментативних реакцій (посилюється біосинтез певних білків), що зумовлює формування певних адаптацій до навколишнього середовища (приклад: засмага). Норма реакції генетично детермінована, а

отже, якщо під дією навколишнього середовища вона розширюється, зміни у межах норми реакції успадковуються. Самі зміни у фенотипі не успадковуються. Кожен вид має межі норми реакції. Наприклад, особину певного виду не можна вигодувати до маси, що набагато перевершуватиме середньо статичну масу для цього виду.

Таблиця 2
Основні відмінності мутацій і модифікацій

№ з/п	Особливості мутацій	Особливості модифікацій
1.	Невизначеність	Визначеність
2.	Вираженість змін не залежить від сили тривалості дії фактора, викликає мутації	Ступінь змін фенотипу прямо пропорційний силі і тривалості впливу провокуючого фактора
3.	Не мають безпосереднього адаптивного значення.	У переважній більшості мають адаптивне значення в межах норми реакції генотипу.
	Інколи можуть бути корисними, але лише випадково	Виключенням з цього правила є переважна більшість морфозів
4.	Константні (не зникають) протягом життя (особини)	Не стійкі. Як правило, зникають протягом життя особини. Виняток – тривалі модифікації
5.	Успадковуються	Не успадковуються

Властивості мутацій:

1. Мутації виникають раптово, стрибкоподібно.
2. Мутації успадковуються, тобто передаються від покоління до покоління.

3. Мутації ненаправлені – зазнавати мутації може будь- який локус, викликаючи зміни як незначних, так і життєво важливих ознак.

4. Одні і ті ж мутації можуть виникати повторно.

5. За проявом мутації можуть бути корисними і шкідливими, домінантними і рецесивними.

Класифікація мутація

1. За проявами у фенотипі розрізняють:

- морфологічні (зміни в будові);
- фізіологічні (зміни в процесі життєдіяльності);
- біохімічні (зміни в хімічному складі).

2. За місцем виникнення:

- соматичні (у клітинах тіла);
- генеративні (у статевих клітинах).

3. За значенням для організму:

- умовно корисні;
- нейтральні;
- шкідливі (летальні та напівлетальні).

4. За проявом у генотипі:

- домінантні;
- рецесивні (більшість).

5. За локалізацією в клітині:

- ядерні;
- цитоплазматичні.

6. За способом виникнення:

- спонтанні (мимовільні);
- індуковані.

7. За змінами у генотипі:

• **генні** (випадання кодону, зайвий кодон, випадання нуклеотиду, перестановка нуклеотиду, перестановка кодону);

• **хромосомні** (делеції – нестача частини хромосоми, дуплікації – подвоєння ділянки хромосоми, інверсії – перестановка частини хромосоми, транслокації – перенесення частини хромосоми на іншу хромосому);

• **геномні** (поліплоїдія – кратне збільшення гаплоїдного на-

бору хромосом, гаплоїдія – зменшення кількості хромосом удвічі, анеуплоїдія – нестача однієї хромосоми або наявність зайвої).

Однією з умов успішного проведення генетичного аналізу є наявність ефективних методів виявлення мутацій. Аналіз мутацій є способом вивчення як мінливості, так і спадковості, тому удосконалення методичних підходів щодо виявлення і дослідження мутантних форм будь-яких організмів має величезне значення для розвитку всієї генетики.

Методи виявлення мутацій повинні бути різними залежно від особливостей об'єкта - головним чином способу розмноження організмів. Характер прояву мутацій також визначає методи їх виявлення. Деякі видимі морфологічні зміни можна враховувати досить точно, наскільки більш складним є визначення фізіологічних і біохімічних змін у багатоклітинних організмів. Найлегше виявляються видимі домінантні мутації, які можуть проявлятися в гетерозиготному стані в першому ж поколінні, важче аналізувати рецесивні мутації, їх необхідно переводити в гомозиготний стан. Для виявлення останніх потрібен спеціальний генетичний аналіз в ряду поколінь. Для добре вивчених в генетичному плані об'єктів (дрозофіла, кукурудза, ряд мікроорганізмів) з встановленими групами зчеплення вивчення нової мутації проводити досить легко. Для цих об'єктів розроблені спеціальні методики обліку частот мутацій.

В основу методів виявлення мутацій покладені наступні принципи:

1. виявити рецесивну мутацію можна, перевівши її в гомочи гемізиготність стан.
2. врахувати правильну частоту виникнення мутацій можна лише за умови відсутності кросинговеру у гетерозиготних особин.

Для ссавців (миша, кролик, собака, свиня і ін.) найбільш задовільно розроблена методика обліку частоти виникнення домінантних летальних мутацій. Про частоту мутацій судять за різницею між числом жовтих тіл в яєчнику і ембріонів, що розвиваються у розкритій вагітності самки. Облік частоти виникнення мутацій у людини дуже утруднений, проте

генеалогічний аналіз, тобто аналіз родоводів, дозволяє встановлювати

Задача 1.

Один фрагмент і- РНК містить 29 аденілових, 32 гуанілових, 49 цитидилових і 42 уридилових нуклеотидів. Скільки тимідилових нуклеотидів містить фрагмент ДНК, з якого транскрибувалася і- РНК.

Кількість можливих варіантів співвідношень материнських і батьківських хромосом у гаметах завжди відповідає формулі $I + I$, тобто гаплоїдному набору конкретного виду плюс I . Наприклад, у коропа гаплоїдний набір хромосом дорівнює $1_n = 50$, то кількість варіантів буде $50+1=51$. Це залежить від розташування бівалентів на екваторі клітини у метафазі I . Тобто, до якого полюсу клітини будуть зорієнтовані материнські і батьківські хромосоми кожного біваленту. При цьому за набором колишніх материнських і батьківських хромосом можуть бути такі гамети $30_m, 29_m+1_b, 28_m+2_b, 27_m+3_b \dots 30_b$. В якісному відношенні кожна гамета матиме відповідну кількість варіантів. Наприклад, гамета, в якій було 29_m+1_b по відсутній I материнській, матимемо 30 варіантів, та плюс 30 варіантів по одній присутній батьківській хромосомі. А всього варіантів якісного співвідношення $30+30=60$. Справа в тому, що кожна хромосома має свої відповідні гени, тобто хромосоми генетично різні. Тому кількість можливих варіантів типів гамет з урахуванням кількісної і якісної сторін комбінаторики буде рівнятися 2^n , де n - кількість пар хромосом у каріотипі конкретного виду тварин, 2 - кількість варіантів гамет, яку може мати одна генеративна клітина. Наприклад, у коропа $2^{50} = \dots$ різних типів гамет і т. д.

Інтеркінез - перерва між редуційним і наступним екваційним поділом. У більшості випадків в цей період не відбувається ніяких видимих змін у клітинах, але в деяких відбувається деспіралізація хромосом.

Профаза II характерна утворенням веретена поділу, якщо в інтеркінезі в клітині не відбувались процеси деспіралізації.

У метафазі II хромосоми розміщуються на умовному екваторі.

У анафазі II відбувається подовжній поділ хромосом.

У телофазі - цитокінез.

В результаті двох етапів поділу у мейозі з однієї диплоїдної клітини утворюється чотири гаплоїдні.

Правило чистоти гамет.

Мендель припустив, що при утворенні гібридів спадкові чинники не змішуються, а зберігаються в незмінному вигляді. Розщеплювання потомства при схрещуванні гетерозиготних особин Мендель пояснив тим, що гамети генетично чисті, тобто можуть нести тільки один ген з алельної пари. Правило чистоти гамет можна сформулювати таким чином: при утворенні статевих клітин у кожен гамету потрапляє тільки один ген із алельної пари генів і вони не склеюються не змішуються а існують в чистому вигляді. Чому і як це відбувається? Відомо, що в кожній клітині організму є абсолютно однаковий диплоїдний набір хромосом. Дві гомологічні хромосоми містять два однакові гени. Генетично «чисті» гамети утворюються таким чином: половину хромосом зигота одержує від батьківського організму, половину — від материнського.

Алельні гени можуть взаємодіяти між собою і змінювати характер успадкування ознак.

Розрізняють такі типи взаємодії алельних генів: повне домінування, неповне домінування, над домінування (гетерозис), домінування, що залежить від статі і кодомінування.

Повне домінування – у F₁ проявляється лише ознака одного з батьків (домінантна). У F₂ розщеплення: за фенотипом у співвідношенні 3:4, за генотипом – 1:2:1.

Неповним домінуванням називається така взаємодія генів, за якої дві альтернативні ознаки успадковуються кожна наполовину

Надомінування – явище, коли потомки першого покоління переважають батьківські форми за ознаками. Вважають, що це пов'язано з підсиленням прояву домінантного гена рецесивним. Це явище лежить в основі гетерозису (Aa > AA).

Домінування, що залежить від статі. У деяких випадках домінування однієї ознаки над іншою залежить від того, хто

несе ці ознаки: самець чи самка.

Кодомінування – явище, коли у гетерозигот спостерігається фенотиповий прояв обох алельних генів. За цим типом успадковуються групи крові та поліморфні системи білків і ферментів.

Гібридологічний аналіз включає такі схрещування: аналізуючи, зворотне, реципрокне.

Аналізуючим називають схрещування, яке ставить за мету вияснити гомозиготність чи гетерозиготність особини за певною ознакою. Для цього аналізуючу особину схрещують з групою особин, які мають рецесивну ознаку.

1. Якщо всі потомки мають ознаку аналізуючої особини, то вона (аналізуюча особина) є гомозиготною.

2. Якщо половина особин мають ознаку аналізуючої особини, а половина – рецесивну, то вона гетерозиготна.

3. У нечисленних експериментах одержання хоч одного нащадка з рецесивною ознакою свідчить про гетерозиготність аналізуючої особини.

Зворотне схрещування гібридів першого покоління з домінантною батьківською формою для збільшення кількості домінантних генів.

Реципрокним називають схрещування, метою якого є вияснити відносну силу материнської і батьківської спадковості на прояв ознаки у потомства.

Летальна дія генів

Летальними називають гени, які викликають смерть організму (смертність 90-100 %). Напівлетальні гени викликають на передчасну смерть (смертність 50-90 %). Летальні і напівлетальні гени проявляють свою дію

Практична робота № 6

Тема: Мітоз. Вивчення постійних препаратів ізамальовування фаз поділу. Каріотиби риби.

Мета: оформити і вивчити схему фаз мітозу та усвідомити біологічну суть мітозу.

Зміст заняття.

Розмноження, або відтворення собі подібних, є невід'ємною властивістю всіх живих організмів від

бактерій до людини. Цей процес забезпечує існування кожного виду рослин і тварин та підтримання його чисельності. Тільки шляхом розмноження (поділу) існуючих клітин можуть виникати нові.

Ріст, індивідуальний розвиток і постійне самооновлення тканин вищих організмів визначаються процесами поділу клітин. Нові клітини утворюються внаслідок трьох типів поділу: амітозу, мітозу і мейозу.

Амітоз – це прямиий поділ клітини без морфологічної перебудови їх ядер і цитоплазми. Клітина, в якій відбувся амітоз, надалі, як правило, в нормальний мітотичний цикл не вступає, тому що хромосоми розподіляються між дочірніми клітинами нерівномірно. У вищих тварин амітоз відбувається дуже рідко і найчастіше в наслідок патологічних відхилень.

Найчастіше поділ клітини відбувається за допомогою мітозу – універсального способу, що дає можливість одержати точні копії генетичного матеріалу при поділі.

Мітоз – складний непрямиий поділ еукаріотичних клітин, який складається з каріокінезу (поділ ядра) і цитокінезу (поділ цитоплазми), при цьому відбувається суворо однаковий розподіл хромосом між дочірніми клітинами, що забезпечує утворення генетично рівноцінних клітин.

Весь цикл поділу клітини можна розділити на мітоз і період між мітозами, який називається *інтерфазою*. В інтерфазі, підготовчій до поділу фазі, відбуваються дуже важливі процеси.

Умовно період інтерфазі розділяють на 3 періоди: - передсинтетичний G1-період, - синтетичний S-період, - після синтетичний G2-період.

Протягом передсинтетичного періоду відбувається синтез білків та і-РНК.

У синтетичному періоді інтерфазі проходить синтез або реплікація ДНК=хромосом з утворенням дочірніх молекул. Період є небезпечним для спадкового матеріалу оскільки ДНК звільняються від білків - гістонів (мутації).

У після синтетичному періоді в клітині відбувається впорядкування всіх синтезованих структур, синтез ядерних білків, накопичення енергії – клітина готова до поділу.

Після інтерфазі наступає власне мітоз.

Мітоз складається з 4-х фаз: *профаза, метафаза, анафаза, телофаза*.

У профазі, першій фазі поділу, яка забирає найбільше часу (60%), відведеного на мітоз, відбувається швидка спіралізація хромосом, завдяки чому вони потовщуються, вкорочуються і стають помітними кожна окремо в полі зору мікроскопа, зникають ядерна оболонка і ядерця. Вцей же час, клітинний центр – центросома поділяється на дві центріолі, які відходять до протилежних полюсів клітини, і утворюється веретенороділу. Воно складається з ахроматинових ниток, до складу яких входить білок актин здатний скорочуватись. Одним кінцем ахроматинові нитки прикріплюються до центріолі, а другим – до центромер хромосом. Є нитки, які прикріплюються одним кінцем до однієї центріолі, а другим до іншої, створюючи каркас для клітин, що діляться.

У метафазі хромосоми розміщуються на умовному екваторі клітини своїми центромірами, при цьому плечі хромосом можуть бути спрямовані до протилежних полюсів клітини, створюючи так звану *метафазну пластинку*. Ця фаза є нетривалою і займає всього 5% часу, відведеного на мітоз.

В анафазі відбувається поздовжній поділ хромосом. При цьому діє три сили. Перша сила (фізична) – поділ і відштовхування однойменно заряджених половинокцентромери. Причини поділу центромер поки що невідомі. Друга сила (біохімічна) пов'язана з дією спеціального ферменту, який розриває водневі зв'язки між нуклеотидами двониткової молекули ДНК. Третя сила (механічна), коли починають скорочуватись ахроматинові нитки веретена поділу і розтягують сестринські хромосоми (хроматиди) допротилежних полюсів клітини.

Ця фаза також є нетривалою і займає також 5% часу, відведеного на мітоз. **У телофазі** відбувається цитокінез, тобто по умовному екватору клітини утворюється перегородка, яка й поділяє одну клітину на дві. Характерним при цьому є те, що розподіл цитоплазми і органодів між новими клітинами проходить нерівномірно, проте з часом, завдяки генетичній програмі, кількість їх у кожній клітині відновлюється.

В кожній новій клітині утворюються ядерна оболонка, ядерця, ахромосоми частково деспіралізуються. Отже, послідов-

ність процесів телофази обернена профазі.

Новоутворені клітини вступають у період свого активного функціонування.

Завдання 1: Замалюйте схему мітозу та дайте пояснення цьому біологічному процесу.

Контрольні питання.

1. Які важливі процеси відбуваються в інтерфазі?
2. Назвіть основні фази мітозу. Розташуйте їх в порядку проходження.
3. Яка генетична суть мітозу.
4. Що таке мітоз?
5. Які процеси в клітині відбуваються у профазі мітозу?
6. Які процеси в клітині відбуваються у метафазі мітозу?
7. Які процеси в клітині відбуваються у анафазі мітозу?
8. Які процеси в клітині відбуваються у телофазі мітозу?

Практична робота № 7

Тема: Мейоз, гаметогенез у риб.

Вивчення схем овогенезу і сперматогенезу у риби.

Мейоз - складний непрямий поділ незрілих генеративних клітин, внаслідок якого утворюються статеві клітини - гамети. Він складається з двох послідовних етапів: першого - редуційного поділу, внаслідок якого кількість хромосом в утворених клітинах зменшується удвоє, і другого - екваційного, внаслідок якого утворюються нові клітини з таким самим набором хромосом, що був у клітині до цього, тобто екваційний поділ - це мітоз.

Фази редуційного і екваційного поділу мають однакові назви, тільки фази редуційного поділу нумерують римською цифрою I, а екваційного - цифрою II (рис. 1).

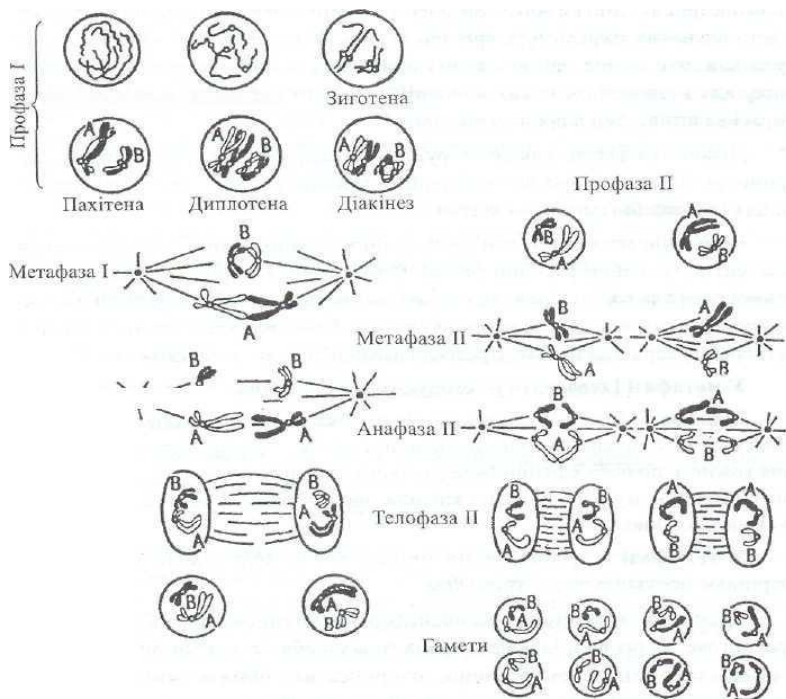


Рисунок 2. Схема мейозу

Профаза I. Складна, її умовно поділяють на п'ять стадій: лептотену, зиготену, пахітену, диплотену, діакінез.

Лептотена (від лат. *Leptos* - тонкий, *Taenia* - нитка) - стадія тонких ниток. Початок спіралізації хромосом, які мають вигляд тонких ниток.

Зиготена (від лат. *zygeo* - з'єднувати) - кон'югація гомологічних хромосом з утворенням бівалентів.

Пахітена (від лат. *pachys* - товстий) - гомологічні хромосоми, з'єднані в біваленти переплітаються між собою, ще більше спіралізуються і вкорочуються.

Диплотена (від лат. *diploos* - подвійний) - відштовхування гомологічних хромосом і обмін ділянками між ними. Явище скручування (переплетення) гомологічних хромосом і обмін ділянками між ними під час відштовхування називається кросинговером. У генетичному відношенні це дуже важливе явище, завдяки якому відбувається комбінаторика спадкового матеріа-

лу з утворенням нових асоціацій генів, а це дає велику різноманітність форм і властивостей в процесі еволюції.

Діакінез (від грец. *diakines* - рухаю) - завершується процес спіралізації хромосом. Вони найкоротші і найтовщі, а тримаються парами, утворюючи на кінцях іксоподібніфігури - хіазми.

Крім описаних явищ кон'югації гомологічних хромосом з утворення бівалентів, кросиноверу, в цій фазі відбуваються всі процеси, характерні для кожної профазі, тобто спіралізація хромосом, зникнення ядерця і ядерної оболонки, поділ центросоми і розходження центріолей до протилежних полюсів клітини і утворення веретена поділу. Профазі I завжди передує інтерфаза.

У метафазі I біваленти розміщуються в екваторіальній площині.

В анафазі I біваленти діляться. При цьому одна хромосома кожної пари пересувається до одного полюса клітини, а друга - до протилежного. Отже, біля кожного полюса клітини буде однакова кількість хромосом, тобто по одному гаплоїдному набору, якщо клітина, що вступила в редукційний поділ, **була диплоїдною**.

У телофазі I проходить цитокінез, тобто поділ цитоплазми, який закріплює редукцію числа хромосом.

Крім уже відміченої комбінаторіки спадкового матеріалу при кросинговері в профазі I і послідуєчих фазах відбувається комбінаторика пов'язана з перерозподілом колишніх материнських і батьківських хромосом в різних співвідношеннях і комбінаціях.

Цю комбінаторику потрібно розглядати з кількісного і якісного аспектів.

Питання для самоперевірки

- 1 . Де здійснюється синтез білка?
- 2 . Назвіть властивості генетичного коду.
- 3 . Дайте визначення кодону.
- 4 . Яку здатність має молекула нуклеїнової кислоти?
- 5 . Назвіть ознаки генетичного коду.
- 6 . Хромосоми їх будова та класифікація.
- 7 . Дайте визначення поняттю каріотип?
- 8 . Мінливість каріотипів та їх еволюція.

- 9 . Які форми поліплоїдії Вам відомі, надайте їх характеристику?
- 10 . Хромосомні перебудови (аберації).
- 11 . Хромосомна теорія спадковості.
- 12 . Основні положення хромосомної теорії спадковості.

Рекомендована література

1. Галинська Є. Л. Основи генетики. Київський державний університет, 1968. 329 с.
2. Батирова Г. Збірник задач і вправ з генетики. Тернопіль, Університет. 1997. 48 с.
3. . Генетика сільськогосподарських тварин / В. С. Коновалов, В. П. Коваленко та ін. К. : Урожай, 1996. 431 с.