

Навчальна дисципліна: Біологія і екологія

Навчальне заняття № 12, 13, 15

Тема: *Мінливість ознак та її типи.*

План:

1. Мінливість ознак та її типи. Спадкова і неспадкова мінливість.
2. Мінливість бактерій та вірусів.
3. Мутації, їх молекулярна основа. Типи і загальні властивості мутацій.
4. Мутагенні чинники: фізичні, хімічні, біологічні; їх вплив на живі системи. Значення мутацій.
5. Властивості модифікаційної мінливості.
6. Поняття норми реакції, варіаційного ряду, варіаційної кривої.

Література:

Основна: Задорожний К.М., Утєвська О.М. «Біологія і екологія». Харків. «Ранок», 2018., с . 136-141.

Додаткова: Балан П.Г., Вервес Ю.Г., Біологія: 11 кл. К.: Генеза, 2011., с. 62-78, 81-83.

1. Різноманітність форм мінливості ознак

Ви вже знаєте, що мінливість — це властивість живих організмів змінюватися. Ці зміни можуть відбуватися як із самим організмом упродовж певного часу, так і зі зміною поколінь у кожного з видів живих організмів.

У генетиці виділяють дві основні форми мінливості — спадкову (генотипову) і неспадкову (модифікаційну, або фенотипову). Зміни, які виникають у випадку спадкової мінливості, передаються нащадкам, а неспадкової — нащадкам не передаються.

Спадкова мінливість поділяється на комбінативну й мутаційну. За комбінативної мінливості не змінюється структура ДНК. Відбувається лише перекомбінування алелів різних генів. За мутаційної мінливості структура ДНК може змінюватися. Такі зміни не завжди пов'язані зі зміною послідовності нуклеотидів у межах гена. Зміни можуть відбуватися як на рівні окремих хромосом, так і всього геному в цілому. Наприклад, дві хромосоми можуть об'єднатися в одну. Або загальна кількість хромосом у геномі може подвоїтися.

Часто вчені виділяють як окремий вид мінливості онтогенетичну мінливість. Вона відбувається протягом життя особи під контролем генів. Саме ця мінливість відповідає за те, що одна й та сама людина у віці одного, шести, двадцяти й сімдесяти років виглядає зовсім по-різному.

Комбінативна мінливість

Комбінативна мінливість пов'язана з отриманням нових поєднань генів у генотипі. Ви вже добре знайомі з цим типом мінливості на прикладі законів Г. Менделя і взаємодії генів.

В еукаріотів, які розмножуються статевим шляхом, комбінативна мінливість досягається в результаті трьох процесів:

- незалежного розходження хромосом під час мейозу;
- випадкового поєднання гамет під час запліднення;
- рекомбінації генів завдяки кросинговеру.

Самі гени при цьому не змінюються, але виникають нові їх поєднання, що спричинює появу організмів з іншими генотипом і фенотипом.

Наслідком комбінативної мінливості є явище гетерозису. Гетерозис (від грец. heteroіsis — видозміни, перетворення), або «гібридна сила», може спостерігатися в першому поколінні в разі гібридизації між представниками різних видів або сортів. Виділяють три основні форми гетерозису: репродуктивний (підвищується врожайність), соматичний (збільшуються лінійні розміри організму) і адаптивний (підвищується стійкість до дії чинників середовища).

2. Мінливість ознак бактерій

Комбінативна мінливість трапляється не тільки в еукаріотів, які здійснюють її під час статевого розмноження. У мікроорганізмів, які розмножуються нестатевим шляхом, теж виникли спеціальні механізми комбінативної мінливості. Це кон'югація, трансдукція і трансформація.

Кон'югація — це безпосередній контакт між двома бактеріальними клітинами за допомогою спеціальних порожнистих трубочок (F-пілей), під час якого генетичний матеріал з однієї клітини переноситься в іншу. Зазвичай кон'югація контролюється генами, які розташовані в плазміді.

Трансформація — це перенесення ДНК, яка була ізольована, з одних бактеріальних клітин до інших. Найчастіше вона відбувається після загибелі бактеріальних клітин. Після того як загиблі клітини руйнуються, окремі фрагменти їхньої ДНК можуть поглинатися іншими бактеріями. Потім бактерії вбудовують ці фрагменти у свою кільцеву молекулу ДНК.

Трансдукція — це перенесення бактеріальних генів з однієї клітини в іншу за допомогою бактеріофага. Коли бактеріофаги розмножуються в клітині, то в деякі з вірусних частинок потрапляє ДНК не вірусу, а бактерії. Вірусна частинка переносить цю ДНК в іншу бактеріальну клітину, де вона вбудовується в бактеріальну хромосому.

За допомогою таких процесів бактерії можуть, наприклад, обмінюватися генами стійкості до антибіотиків.

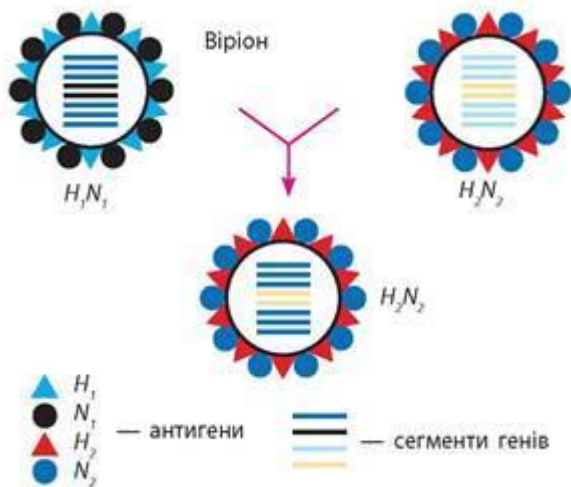
Мінливість вірусів

Мінливість у вірусів може бути як спадковою, так і неспадковою. Неспадкова мінливість вірусів виникає, коли вірус покидає клітину, в якій утворився, і захоплює частину її клітинної

мембрани, утворюючи свою зовнішню оболонку. Різні ділянки мембрани дещо відрізняються між собою, і тому різні віріони також мають незначні відмінності. Ці відмінності нащадкам не передаються.

Спадкова мінливість вірусів, як і інших організмів, може бути мутаційною і комбінативною. Мутаційна мінливість у вірусів є наслідком мутацій. У вірусів немає таких репараційних систем, які виправляють пошкодження спадкового матеріалу, як у клітинах. Тому шанси на виникнення мутацій у них більші, ніж у клітинних організмів. Найбільший ризик виникнення мутацій у РНК-вірусів, бо РНК є менш стабільною, ніж ДНК, з точки зору збереження генетичної інформації.

Комбінативна мінливість у вірусів виникає внаслідок зараження однієї клітини кількома різними варіантами вірусу. У процесі «збірки» віріонів ці різновиди вірусу можуть обмінюватися фрагментами ДНК і утворювати нові комбінації. Це явище є дуже характерним для вірусу грипу. Його геном складається з восьми окремих фрагментів РНК. У разі зараження однієї клітини кількома вірусами ці фрагменти перемішуються, що стає причиною появи нових варіантів вірусу грипу (мал. 65.1).



Мал. 65.1. Рекомбінація у вірусу грипу

Мінливість є характерною ознакою всіх живих організмів. Вона трапляється і в еукаріотів, і в прокаріотів, і у вірусів. Мінливість може передаватися (спадкова) або не передаватися (неспадкова) нащадкам. Крім того, протягом життя у живих організмів спостерігається онтогенетична мінливість.

3. Мутації

Мутацією (від латин. *mutatio* — зміна) називають зміну ознаки, що зумовлена зміною спадкових структур, перебудовою генетичного апарату. Мутації змінюють генотип особини. Вони виникають раптово й іноді надають організму значних відмінностей від вихідної форми.

Ученим такі зміни були відомі давно. Мутаційній мінливості присвятили свої роботи С. І. Коржинський і Г. де Фриз. Останньому належить термін «мутація». Крім того він сформулював основні положення теорії мутацій (1901—1903):

Мутації виникають раптово як дискретні (перервні) зміни ознак.

Нові форми є стійкими.

На відміну від неспадкової мінливості, мутаційні ознаки не утворюють неперервних рядів і не зосереджуються навколо якогось середнього типу. Мутації є якісними змінами в організмах.

Мутації проявляються по-різному. Вони можуть бути і шкідливими, і корисними.

Вірогідність виявлення мутацій залежить від числа досліджуваних особин.

Одні й ті самі мутації можуть виникати повторно.

Молекулярна основа мутацій

Молекула ДНК, як і будь-яка інша молекула, може зазнати пошкоджень, які ми називаємо мутаціями. Ці пошкодження можуть бути різними. Може бути пошкоджено один нуклеотид або відразу пару нуклеотидів. Може статися розрив одного з ланцюгів ДНК або навіть обох ланцюгів одночасно тощо.

Мутаційна мінливість виникає внаслідок змін структури або кількості чи розташування молекул ДНК. Всі живі організми мають механізми репарації ДНК, які дозволяють ліквідувати

такі порушення. Але якщо механізми репарації не впораються із завданням, то виникає зміна ДНК, яка буде передаватися нащадкам. Виникне мутація. Слід зазначити, що в багатоклітинних організмах нащадкам буде передано лише ті мутації, які виникли у статевих клітинах.

Класифікації мутацій

Наразі відомі мутації в усіх класів тварин, рослин і вірусів. Існує багато мутацій і в людини. Саме мутаціями зумовлена різноманітність (поліморфізм) людських популяцій: різна пігментація шкіри, волосся, колір очей, форма носа, вух, підборіддя тощо.

Існує кілька варіантів класифікації мутацій:

За типом прояву ознаки в гетерозиготі мутації поділяють на домінантні (проявляються у гетерозиготі) і рецесивні (не проявляються у гетерозиготі).

За локалізацією в клітині розрізняють ядерні (змінюють гени, розташовані в ядрі клітини) і цитоплазматичні (змінюють гени, розташовані в цитоплазмі клітини, наприклад, у мітохондріях або пластидах) мутації.

Залежно від причини виникнення виділяють спонтанні (причина виникнення не встановлена) та індуковані (причиною виникнення є дія встановленого фактору — фізичного, хімічного або біологічного) мутації.

Важливим є також те, у яких саме клітинах виникають мутації. Якщо вони виникають у соматичних клітинах — соматичні мутації, то можуть передаватися нащадкам лише за умови вегетативного розмноження. Якщо ж вони виникають у гаметах — генеративні мутації, то можуть передаватися нащадкам за звичайного статевого розмноження.

Генні, хромосомні та геномні мутації

Проте однією з найбільш поширених класифікацій мутацій є їх розподіл за рівнем організації спадкового матеріалу, на якому відбувається мутація. Якщо мутація змінює лише один ген (заміна, втрата чи додавання пари нуклеотидів), це є прикладом генної мутації.

У разі, коли зачіпається комплекс генів на хромосомі (заміна, втрата, додавання чи зміна місця розміщення ділянки хромосоми), це є прикладом хромосомної мутації. А коли зміни відбуваються на рівні геному (зміна кількості окремих хромосом чи всього хромосомного набору), це є прикладом геномної мутації.

До геномних мутацій належать поліплоїдія і гетероплоїдія (анеуплоїдія). Поліплоїдія — це збільшення кількості хромосом шляхом додавання цілих хромосомних наборів у результаті порушення мейозу.

Гетероплоїдія — це зміна кількості хромосом, що не є кратною гаплоїдному набору. Явище, коли яка-небудь із хромосом у генотипі має не дві, а три гомологічні хромосоми, називається трисомією. Трапляється і втрата однієї з гомологічних хромосом — моносомія.

4. Мутагенні фактори

Фактори, які здатні індукувати мутаційний ефект, називають мутагенними. Установлено, що будь-які фактори зовнішнього і внутрішнього середовища, які можуть порушувати гомеостаз, здатні спричиняти мутації. Традиційно їх поділяють на фізичні (рентгеновське та інші випромінювання, ультразвук, температура тощо), хімічні (хімічні сполуки) та біологічні (віруси, токсини) (мал. 66.1).

Значну загрозу як мутагени для людини можуть становити шкідливі звички. І тютюнопаління, й алкоголь, і наркотичні речовини є досить сильними мутагенними факторами. Вони зумовлюють підвищення ризику виникнення мутацій у нащадків.

Мутагенні фактори широко застосовують у селекційній практиці з метою отримання нових сортів рослин і порід тварин. Так, на рослини діють критичними температурами, іонізуючим випромінюванням, хімічними речовинами (найбільш поширений алкалоїд колхіцин).



Мал. 66.1. Мутагенні фактори

Мутації — це раптові зміни ознак, що спричинені порушеннями в спадкових структурах живого організму. Існує багато різновидів мутацій (генних, хромосомних, геномних тощо). Появі мутацій сприяє дія мутагенних факторів.

5. Модифікаційна мінливість

Неспадкову мінливість іще називають фенотиповою, або модифікаційною. Модифікації — це фенотипові зміни, які виникають під впливом умов середовища. Модифікаційні зміни ознаки не успадковуються, але її діапазон (норма реакції) генетично зумовлений і успадковується. Вони не спричиняють змін генотипу. Модифікаційна мінливість відповідає умовам існування, вона є пристосувальною (мал. 67.1).

Унаслідок цієї мінливості під дією на організм факторів навколишнього середовища змінюється інтенсивність ферментативних реакцій або відбувається «включення» чи «виключення» певних генів. Характерними рисами модифікаційної мінливості є такі:

- 1) оборотність — зміни зникають за умови зникнення специфічних умов середовища, що спричинили появу модифікації;
- 2) мають груповий характер;
- 3) зміни у фенотипі не успадковуються;
- 4) успадковується норма реакції генотипу;
- 5) існує статистична закономірність варіаційних рядів;
- 6) модифікації диференціюють фенотип, не змінюючи генотипу.

Прикладами модифікаційної мінливості є:

- 1) зміна маси тіла тварин у разі зміни кількості їжі;
- 2) зміна забарвлення хутра у зайця зимою;
- 3) зміна розміру окремих листків на одному дереві;
- 4) утворення засмаги на шкірі людини під впливом сонячних променів.

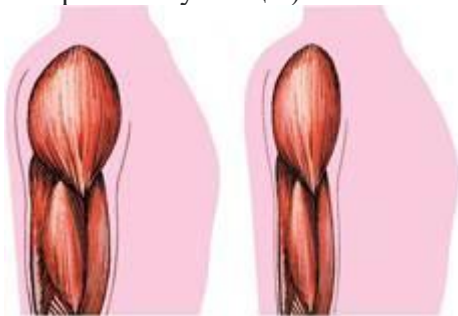
6. Норма реакції

Основою, яка визначає існування модифікаційної мінливості та її межі, є норма реакції. Норма реакції — це все різноманіття експресії генів за умови незмінного генотипу, з якого вибирається найбільш відповідний умовам середовища рівень активності кожного з генів, що і формує фенотип, який найбільшою мірою відповідає існуючим умовам.

Норма реакції для кожної ознаки має межу вияву (мал. 67.2). Наприклад, посилене годування тварини зумовить зростання її маси, проте вона перебуватиме у межах спектру виявлення цієї ознаки для цього виду.

Норма реакції визначається генетично. Для різних ознак є різні межі вияву норми реакції. Наприклад, сильно варіювати може величина удою, продуктивність злаків (кількісні зміни), слабо — інтенсивність забарвлення шерсті у тварин або кількість зубів у людини (якісні зміни).

Відповідно до цього, норма реакції може бути вузькою (якісні зміни — забарвлення лялечок та імаго деяких метеликів) та широкою (кількісні зміни — розміри листків рослин, розміри тіла комах залежно від харчування їхніх лялечок). Проте для деяких кількісних змін характерна вузька норма реакції (жирність молока), а для деяких якісних змін — широка (сезонні зміни забарвлення у псців).



Мал. 67.1. Мінливість розміру м'язів руки людини в умовах різних фізичних навантажень



Мал. 67.2. Верхню і нижню межі зросту людини визначає норма реакції

Варіаційний ряд і варіаційна крива

Варіаційний ряд — це послідовність будь-яких чисел, розташованих за порядком зростання їхніх величин. Проміжок між крайніми членами ряду називають інтервалом варіювання, а довжину цього інтервалу — розмахом.

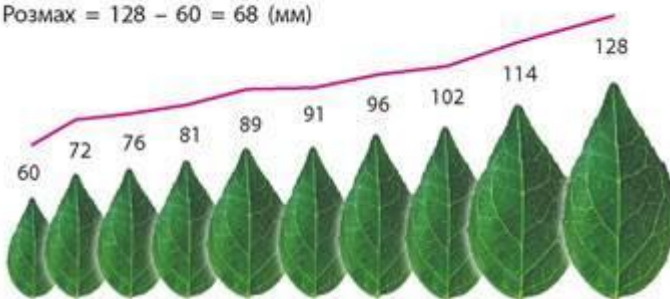
Варіаційним рядом є і ранжирування відображення прояву модифікаційної мінливості — ряд значень певного показника або характеристики організму, розміщених за порядком зростання чи спадання кількісного вираження (довжини листка, зміни інтенсивності забарвлення хутра та ін.) (мал. 67.3).

Варіаційна крива є графічним відображенням прояву модифікаційної мінливості. Вона демонструє як діапазон варіації показника, так і частоту зустрічальності окремих варіантів. Для побудови варіаційної кривої по горизонтальній осі відкладають значення варіантів, а по вертикальній — частоту їх виявлення (мал. 67.4).

Після побудови кривої видно, що найбільш часто трапляються середні варіанти прояву показника. Причиною цього є дія факторів навколишнього середовища на організм. Деякі фактори пригнічують експресію генів, інші — посилюють. Майже завжди ці фактори, діючи на організм, нейтралізують один одного, тобто крайні вияви ознаки мінімізуються за частотою зустрічальності. Це і є причиною більшої зустрічальності особин із середнім проявом ознаки.

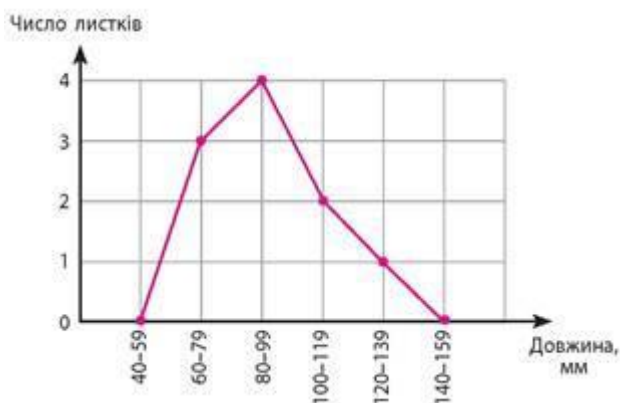
Інтервал варіювання — від 60 до 128 мм

Розмах = $128 - 60 = 68$ (мм)



Мал. 67.3. Варіаційний ряд довжини

листіків



Мал. 67.4. Варіаційна крива довжини листків

Модифікаційна мінливість виникає в організмі під впливом середовища і є способом його пристосування до умов існування. Межі цієї мінливості зумовлені спадковістю, а конкретний прояв залежить від умов існування.