

Урок 3

Формування адаптацій на молекулярному та клітинному рівнях організації. Стратегії адаптації організмів

Рівні адаптації живих організмів

Адаптації живих організмів до умов середовища можуть відбуватися на всіх рівнях організації живого. Досить легко помітити адаптації на організмовому рівні, коли відразу видно зв'язок між будовою тіла організму та його середовищем існування.

Прикладами цього є обтічна форма тіла активно плаваючих водних, літаючих наземних організмів та пристосовані до риття нір передні кінцівки крота.

Але не менш важливі адаптації відбуваються на молекулярному й клітинному рівнях. Хоча їх помітити не завжди легко. Це можуть бути зміни в перебігу деяких біохімічних процесів, видозміни органел клітин, синтез нових сполук тощо.

Адаптації на молекулярному рівні

На молекулярному рівні адаптації можуть відбуватися дуже швидко. Невеличка зміна всього в одній молекулі може стати причиною суттєвих змін у шансах виживання організмів.

Прикладом такої адаптації є зміна форми молекул гемоглобіну в результаті заміни однієї пари нуклеотидів відповідного гена. Ця мутація стає причиною заміни однієї з амінокислот у молекулі білка на іншу, що змінює його конформацію. Молекули гемоглобіну зі зміненою формою гірше переносять кисень. Але гетерозиготні за цим геном особини мають значно більші шанси на виживання в разі зараження малярією. Ще один характерний приклад молекулярного механізму адаптації — зміна форми виведення з організму продуктів обміну Нітрогену. У риб ці продукти виводяться у вигляді амоніаку, який дуже добре розчиняється, але є токсичною сполукою і потребує для виведення великої кількості води.

У процесі пристосування до життя на суходолі хребетним довелося адаптуватися до життя в умовах дефіциту вологи. І витрати такої великої кількості води для виведення амоніаку були нераціональними. Ссавці адаптувалися до такої ситуації, замінивши амоніак сечовиною, яка набагато менш токсична. Вона потребує й набагато менше води для свого виведення, хоча розчинність її нижча, ніж в амоніаку.

Ще радикальніше розв'язали цю проблему птахи. У них продукти обміну Нітрогену виводяться у вигляді сечової кислоти, яка не є токсичною і потребує дуже мало води для виведення з організму.

Адаптації на клітинному рівні

Адаптації на клітинному рівні пов'язані зазвичай з особливостями будови або функціонування окремих органел чи інших структур клітини. Наприклад, під час адаптації одноклітинних організмів до життя у прісній воді виникла проблема надмірного надходження води в клітину за рахунок явища осмосу. Цю проблему вирішує поява скоротливої вакуолі, через яку зайва вода постійно виводиться з клітини.

Цікавим варіантом адаптації на клітинному рівні стало вироблення рослинами альтернативних варіантів фотосинтезу. У більшості рослин світлова й темнова фази фотосинтезу відбуваються одночасно в одному хлоропласті (так званий C_3 -фотосинтез). У цьому випадку вуглекислий газ для темної фази надходить прямо через відкриті продихи. Але через відкриті продихи випаровується багато води, що небажано для рослин із посушливих умов існування. Тому в них виникли два варіанти адаптацій для економії вологи.

В обох випадках світлова й темнова фази фотосинтезу розділяються. У першому варіанті в рослин з C_4 -фотосинтезом світлова й темнова фази фотосинтезу рознесені просторово й відбуваються в різних клітинах. Для забезпечення вуглекислим газом невеликої кількості клітин рослина може розкривати лише частину продихів.

У другому варіанті у рослин із САМ-метаболізмом фази фотосинтезу рознесені в часі. Світлова фаза відбувається вдень, а темнова — вночі. Продихи відкриваються тільки вночі й випаровують набагато менше вологи.

Адаптацією на клітинному рівні є також утворення гаусторіїв у паразитичних грибів. Гаусторії — це бічні вирости гіф, які проникають усередину клітини організму-хазяїна (мал. 7.6). Вони є єдиною структурою, яка забезпечує живлення гриба завдяки поглинанню потрібних йому речовин із клітин хазяїна. У гаусторіях відбуваються активні біохімічні процеси. У них міститься велика кількість рибосом та мітохондрій, а також зазвичай добре розвинена ендоплазматична сітка. Гаусторії утворюються в таких представників грибів, як борошністо-росяні гриби, сажкові гриби тощо.

Адаптації в еволюції людини

Преадаптація до прямоходіння

Вертикальне положення тіла під час локомоції почало формуватися у предків людини ще під час життя на деревах. Перші ознаки цього помітні в найбільш раннього представника цієї еволюційної лінії — сахельантропа (жив 7 млн років тому). У нього вперше серед приматів почалося переміщення потиличного отвору із задньої частини черепа на нижню, що є свідченням адаптації до випрямленого пересування.

І лише нащадки ардипітеків — австралопітеки — мали нижні кінцівки, пристосовані для переміщення переважно земною поверхнею, а не по деревах. Здатність пересуватися у вертикальному положенні виявилася надзвичайно вдалим пристосуванням до життя в савані. Це полегшувало орієнтування, дозволяло переносити дитинчат і їжу та вивільняло передні кінцівки для використання палок і каменів як знарядь для захисту від хижаків. Тому за порівняно короткий час (приблизно 300 тис. років) будова нижніх кінцівок змінилася, що дозволило австралопітекам успішно перейти до життя на просторах саван. Аналіз скелета ардипітека, який жив на 2 млн років пізніше, свідчить про те, що він був ще більше пристосований до прямоходіння, ніж сахельантроп. І хребет, і таз ардипітека вже мали особливості, які свідчили про пересування у випрямленому стані, але будова кінцівок ясно вказувала на те, що ардипітеки жили і живилися переважно на деревах.

Міні-довідник

Відповідь на запитання, яким чином сформувалася така преадаптація, була отримана під час спостереження за орангутанами. Виявилось, що вони періодично пересуваються вертикально. У цьому випадку ноги забезпечують утримання на гілках, а руками мавпи можуть збирати плоди або підтримувати рівновагу. Скоріш за все, у предків людини цей спосіб пересування по деревах став основним, а після зміни середовища існування з деревного на наземний виявився вдалою передумовою для життя в новій екологічній ніші.

Адаптація на молекулярному рівні

Адаптація до нового середовища існування під час переходу до життя в савані відбувалася у предків людини на різних рівнях організації, зокрема і на молекулярному. Для ефективного виживання в нових умовах суттєво зростала роль соціальних стосунків і взаємопідтримки особин у групах, тому з'явилася необхідність у зниженні агресивності поведінки. Одним із можливих шляхів стало зниження рівня тестостерону в організмі. Зовнішньою ознакою такої зміни стало зменшення розмірів ікол у представників еволюційної лінії людини.

Адаптація до екологічної ніші. «Полуденний хижак»

Однією з цікавих гіпотез, яка пояснює зовнішній вигляд сучасної людини, є гіпотеза зайняття нашими предками екологічної ніші «полуденного хижака». В умовах африканської савани період часу всередині дня є періодом зниженої активності більшості мешканців савани через сильну жару і ризик перегріву у випадку активних рухів. Утрата волосяного покриву на тілі та сильний розвиток потових залоз дозволили предкам людини ефективно запобігати перегріву в найбільш жаркий період доби, а наявність густого волосся на голові вберігала від перегріву мозок. Це дозволило різко підвищити

ефективність полювання, бо через ризик перегріву їхні жертви не могли довго втікати, а хижаки — нападати.

Стратегія адаптацій організмів (адаптивна стратегія) – це певний загальний напрям формування пристосувань організмів різних видів, що забезпечує їхнє існування в часі.

За тривалістю формування адаптацій розрізняють три стратегічні напрями адаптивних процесів.

1. Стратегія еволюційних адаптацій має найбільш тривалий характер формування пристосувань до змін середовища і потребує зміни багатьох поколінь. Адаптивні зміни за цієї стратегії пов'язані зі змінами генетичної інформації, що визначають нові ознаки. Завдяки еволюційним адаптаціям можуть виникати нові молекули білків, що надають організмам здатності до засвоєння нових місць існування. Прикладом цього типу адаптивних стратегій є формування білків-антифризів у полярних риб, різних видів хлорофілу в рослин. До цієї групи адаптацій належать ароморфози, ідіоадаптації та загальна дегенерація.

2. Стратегія акліматизації здійснюється упродовж життя особини. У цьому випадку для формування адаптивних ознак використовується генетична інформація, що була в геномі організмів від народження. Зміни мають характер неспадкових модифікацій, наприклад сезонні зміни будови, життєдіяльності або поведінки організмів.

3. Стратегія негайної адаптації відбувається настільки швидко, що не може бути пов'язана зі змінами експресії генів або перебудовою клітинних структур. Ця стратегія здійснюється завдяки змінам активності ферментів. Прикладом негайних адаптацій можуть бути позитивні або негативні таксиси рослин, адаптація еритроцитів до умов високогір'я.

За характером формування адаптивних механізмів розрізняють три основні шляхи і, відповідно, три стратегії формування адаптацій.

1. Стратегія за принципом резистентності (активний шлях адаптацій) передбачає формування адаптивних механізмів підтримки гомеостазу внутрішнього середовища незалежно від змін середовища життя. Наприклад, підтримування сталої температури тіла у гоміотермних тварин (птахів, ссавців), активна протидія втратам води у рослин-склерофітів (олеандра, оливкового дерева, ковили).

2. Стратегія за принципом толерантності (пасивний шлях адаптацій) вимагає підпорядкування життєвих функцій організмів змінам умов навколишнього середовища. Такий тип пристосувань реалізується переважно на рівні клітин і тканин, виявляється певним зниженням метаболізму, сповільненням поділу, росту й розвитку клітин та ін. Прикладом таких адаптацій є гіпобіоз, або спокій вимушений (наприклад, заціпеніння риб, амфібій), криптобіоз, або спокій фізіологічний (наприклад, сплячка ссавців, глибокий спокій рослин), анабіоз (повна тимчасова зупинка життя, наприклад, у тихоходок, коловерток).

3. Стратегія уникнення несприятливих впливів – це стратегія формування в організмів життєвих циклів і проявів поведінки, що дають змогу уникнути несприятливих змін чинників середовища. Наприклад, сезонні міграції тварин, швидке цвітіння рослин-ефемероїдів у сприятливий короткочасний сезонний період.

За ресурсами, необхідними для розмноження виділяють дві стратегії: рудерали (r-стратегі) і конкуренти (K-стратегі)

У першому випадку незалежно від індивідуальної пристосованості організмів умови середовища призводять до випадкової загибелі особин певного виду. Так виникає **r-стратегія**, притаманна, наприклад, більшості комах, гризунів, однорічних рослин. Ці організми мають невисоку тривалість життя, короткі життєві цикли, невеликі розміри, високу народжуваність, зазвичай одне розмноження протягом життя, здатність до переживання несприятливих періодів у стані спокою. За рахунок великої чисельності й швидкого розвитку r-стратегі першими займають нові середовища мешкання. Більшість

потомків цих організмів не виживають, тому їхня чисельність дуже сильно коливається в часі.

У другому випадку особини популяції виду у більшому ступені виживають завдяки індивідуальній пристосованості, вступаючи в міжвидову або внутрішньовидову конкуренцію. Таку сукупність пристосовань називають **К-стратегія**. Організми, які мають таку стратегію адаптації, характеризуються низькою смертністю на ранніх етапах розвитку і високою тривалістю життя. Завдяки високій пристосованості практично все потомство виживає, тому їхня чисельність коливається дуже слабо. Їм властива підвищена захищеність від хижаків, різні форми турботи про потомків. Така стратегія адаптації характерна, наприклад, для великих ссавців, деревних рослин.