УДК 575.22:595.7

МЕХАНІЗМИ ГЕНЕТИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ТВАРИН В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОСИСТЕМ

О. Г. Лановенко

Херсонський державний університет, Херсон,Україна, elenalanovenko@mail.ru

MECHANISMS OF ANIMALS' GENETIC ADAPTATION UNDER CONDITIONS OF ECOSYSTEMS TRANSFORMATION

E. G. Lanovenko

Kherson State University, Kherson, Ukraine, elenalanovenko@mail.ru

На екосистемному рівні біосфера є сукупністю взаємодіючих видів, розподілених по екологічним нішам. Живий організм – конкретна біологічна система, морфологічно пристосована до існування в певних умовах специфічної екологічної ніші. Рух біосистеми на цьому рівні забезпечується процесом адаптивного видоутворення, радіального розходження форм від універсальної класової форми. При цьому відбувається реалізація системних новацій біологічного класу у вигляді конкретних адаптивних форм.

Адаптивні новації, на відміну від еволюційних, мають корисне («прогресивне») значення лише для конкретного виду в конкретній екологічній ніші. При цьому генофонд популяції визначає наявність спектру шляхів розвитку організмів завдяки комбінативній мінливості генотипів. Серед таких можливих варіантів онтогенезу один є нормальним, стандартним для популяції і таким, що забезпечує найбільшу її адаптивність до певних умов. Завдяки еквіфінальності нормального онтогенезу він стійко реалізується у більшості організмів незалежно від незначних генетичних та інших відхилень, можливих на різних етапах розвитку.

В онтогенезі тварин геном виконує декілька функцій: забезпечує варіативність, необхідну для системогенезу (поточного та новаційного); стабілізує та закріплює норму реакції, яка детермінує підтриманий добором адаптивний онтогенез; фіксує адаптивні новації. Отже геном – механізм,

який відображає всю часову динаміку змін (пристосувань) особини, що реалізуються в умовах мінливого середовища.

Специфічний вплив оточуючого середовища як фактора трансформації зооценозів здійснює добір поведінкових стратегій або відхилень від морфологічної норми у межах популяцій. Причина морфологічних змін особин – зміни параметрів умов середовища, які викликають появу варіацій онтогенезу та добір на користь одного з них.

Такі зміни можуть бути викликані мутаціями або епігенетичними модифікаціями геному в онтогенезі.

Відмінності між епігенетичними та генетичними механізмами успадкування полягають в їх стабільності та відтворюваності ефектів. Генетично обумовлені ознаки можуть відтворюватися необмежено довго, поки у відповідному гені не виникає мутація, закріплення якої в алогамних популяціях тварин відбувається досить тривалий час. Індуковані епігенетичні зміни відтворюються у ряду клітинних поколінь у межах
життя одного організму. У наступних генераціях вони відтворюватимуться не більше 3–4 поколінь. Якщо індукований стимул зникає, вони поступово зникають.

Отже, епігенетичні зміни мають спрямований характер і відповідають характеру стимулу, що їх індукує. Вони спрямовані на адаптацію організму до зміни умов його існування. Більшість епігенетично обумовлених змін настільки стабільно відтворюються та важко відрізняються від мутаційних змін геному, що названі епімутаціями.

Однією з груп генів тварин, у забезпеченні функцій яких суттєва роль відводиться епігенетичним механізмам, є імпринтингові гени. Їх моноалельна експресія визначається батьківським походженням активного алеля і пов’язана з диференціальним метилуванням регуляторних послідовностей ДНК, які формуються строго специфічним чином у гаметогенезі. Саме ефект порушення дози таких генів призводить до виникнення епімутацій – аномалій диференціального метилування регуляторних ділянок геному. Крім

того, внаслідок дії аберантних епігенетичних процесів у популяціях може збільшуватися частота мутацій.

Молекулярна основа епігенетичних феноменів у ссавців – ковалентні модифікації структури хроматину, представлені метилуванням ДНК та модифікаціями гістонів. Крім того, частота метилування ДНК зменшується з віком як наслідок адаптації.

Епігенетичні модифікації геному відповідають характеру стимулу, що їх індукує, й іноді мають прогностичний ефект. Відомі приклади народження восени у популяціях мишей-полівок (*Microtus arvalis* (Pallas, 1779)) особин із довшим та густішим хутром, ніж навесні, хоча внутрішньоутробний розвиток «весняних» і «осінніх» мишей відбувається на фоні практично однакових умов середовища (температури, тривалості світлового дня, вологості тощо). Сигналом, який запускає епігенетичні зміни геному, що призводять до такого фенотипового ефекту, є зміна градієнта концентрації мелатоніну в крові тварин (навесні відбувається його поступове зниження, восени – підвищення). Отже, епігенетичні адаптивні зміни (збільшення довжини хутра) індукуються ще до настання холодів, адаптація до яких корисна для організму. Механізм такої адаптації поки що незрозумілий.

Усі фактори, що діють протягом чутливих для організму (сенситивних) етапів розвитку, здатні викликати епігенетичні модифікації геному та посилювати адаптацію організму тварин до змін умов довкілля. До таких факторів належать: повноцінність живлення, материнський стрес, зміна фізичних, хімічних і біологічних параметрів середовища. Материнський вплив на генотипово обумовлені властивості нащадків може бути опосередкований цитоплазматичною спадковістю, живленням, передачею патогенів і антитіл, наслідуванням поведінки (Резникова, 2000) та в різною мірою визначати життєздатність і репродуктивний потенціал наступної генерації. Інтегрований вплив зовнішніх і внутріпопуляційних факторів відбивається на фізичному статусі особин, а потім – і на їх репродуктивній

здатності. Материнські ефекти мають переваги перед генетично визначеними, оскільки дозволяють здійснювати швидкі фенотипові перебудови під час змін умов існування. Причому чим раніше відбудеться їх вплив в онтогенезі, тим сильнішим буде вплив на остаточний фенотип. За результатами екологофізіологічних досліджень встановлено, що вплив зовнішніх і материнських факторів на фенотип може проявлятися як «ефект когорти», що зберігається тривалий час внаслідок епігенетичних змін.

Епігенетичні модифікації відіграють важливу роль не тільки під час ембріонального розвитку організму, вони здатні виникати у постнатальному онтогенезі під впливом сигналів середовища. Наприклад, у бджіл медоносних (*Apis mellifera* (Linneus, 1758)) робочі особини живуть 6 тижнів, а матка – 6 років. При повній генетичній ідентичності вони відрізняються лише тим, що майбутня бджолина матка під час розвитку личинки живиться маточним молочком на декілька діб більше, ніж робоча бджола. У результаті у представників цих бджолиних каст формуються відмінні епігенотипи. Незважаючи на зовнішню та біохімічну подібність, тривалість їх життя розрізняється у 50 разів. Отже, зміна материнського раціону «змінила» прояв відповідного гена.

Морфо-фізіологічні перебудови у суміжних генераціях і регуляція кількості особин наступного покоління здійснюється завдяки надзвичайно високій чутливості ембріонального та постнатального розвитку до факторів зовнішнього та материнського середовища та їх змінам, що створює можливість для швидкої адаптації тварин наступної генерації до нових умов існування. Екологічні фактори, що призводять до зниження чисельності, мають пролонгований вплив на компоненти пристосованості тварин наступної генерації – знижують тривалість життя та репродуктивний потенціал самиць, підвищують репродуктивну здатність самців. При нестачі трофічних ресурсів збільшення плодючості знижує тривалість життя тварин. У результаті добору генотипів, найбільш наближених до нової морфологічної

форми і тих, що успішніше реалізують її у поточних умовах середовища, формується новий генофонд, який стабільно забезпечує новий стійкий онтогенез. Геноми, не здатні забезпечити адаптивний онтогенез, знаходяться у популяціях у невеликих концентраціях і будуть із часом або відсікатися добором, або зберігатися, збільшуючи комбінативну різноманітність генотипів, отже, спадкову різноманітність популяцій.

Таким чином, інформація про фенотип міститься не тільки у геномі, а й у епігеномі, який є пластичним і може, змінюючись під впливом певних середовищних стимулів, впливати на прояв генів. В основі генетичної адаптації тварин до трансформації екосистем, крім мутацій, що підлягають селекції природнім добором, існують спрямовані адаптивні зміни – епімутації, здатні передаватися від предків нащадкам.

У результаті на популяційному рівні спостерігається спектр дискретної різноманітної варіативності пар «генотип – фенотип». З одного боку, тому ж самому геному відповідає спектр фенотипів, тобто набір стабільних онтогенезів, які з різною ймовірністю реалізуються при зміні зовнішніх умов, з іншого – популяційно-нормальний онтогенез може однозначно реалізуватися у стандартних умовах на основі різних геномів. Це забезпечує високу пластичність алогамних популяцій тварин у мінливих умовах довкілля.