AURA

2'90

OCHRONA ŚRODOWISKA CZŁOWIEKA

MSZYCE — BIOINDYKATORY ZMIAN W ŚRODOWISKU

JACEK PIECHOTA

Mszyce — owady ssące są doskonałymi wskaźnikami stanu rośliny żywicielskiej, a zatem i stanu środowiska naturalnego. Zmiany zachodzące w wodzie i powietrzu w pierwszej kolejności odbijają się na roślinach, a mszyce odczuwają skutki tych zmian i reagują na nie jako pierwsze. Zastanówmy się, jakie zmiany w biologii mszyc mogą być powodowane pod wpływem zanieczyszczeń środowiska.

Cykl życiowy

Cykl życiowy mszyc, połączony z regularną okresową zmianą rośliny żywicielskiej, dzieli się na dwa typy. Pierwszy to heteroecja starego typu, tzw. monoformiczna, w której na pierwotnego żywiciela przelatuje dwuródka (*sexupara*), rodząca samice amfigoniczne i samce. Mają one charakter neotenicznych larw o ograniczonej ruchliwości i kopulujących ze sobą. Konsekwencją tego chowu w pokrewieństwie jest powolna ewolucja przejawiająca się niewielkim zróżnicowaniem morfologicznym i gatunkowym.

Pod wpływem działania czynników środowiskowych u tej grupy mszyc może dojść do zerwania więzi z jednym z żywicieli, co prowadzi do powstania gatunku anholocyklicznego, rozmnażającego się wyłącznie partenogenetycznie. Anholocykliczność umożliwia wprawdzie przetrwanie, ale powoduje ewolucyjny regres.

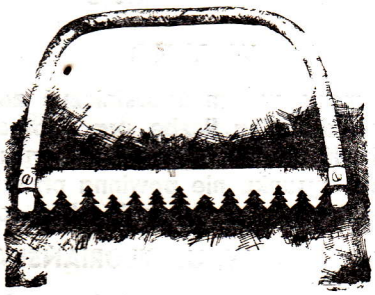
Heteroecja dymorficzna występuje jedynie u najmłodszej ewolucyjnie podrodziny *Aphidinae*. Na pierwotnego żywiciela przelatują oddzielnie samce i jednoródki (*fynoparae*), rodzące samice amfigoniczne kopulujące z samcami.

Wpływ środowiska może doprowadzić do zerwania więzi z jednym z żywicieli. Powstaje wówczas zawsze wtórnie jednodomny (nie zmieniający żywiciela) gatunek holocykliczny, tj. przechodzący pełny cykl życiowy. Obserwowane czasami rasy anholocykliczne powstają w wyniku zmian genetycznych (chromosomowych) związanych z niestabilnością układu chromosowego występującą po przeniesieniu w nowe warunki.

Polimorfizm

Polimorfizm to zjawisko występowania w cyklu życiowym mszyc wielu różnych morf spełniających różne funkcje i różniących się morfologicznie. Różnice między morfami są niekiedy tak duże, że czasami zaliczano je do różnych gatunków. Poszczególne morfy pochodzące od jednej założycielki mają taki sam genotyp, a różne fenotypy. Oznacza to, że muszą u nich istnieć mechanizmy czasowej inaktywacji i reaktywacji części kodu genetycznego. Inaktywacja i reaktywacja są prawdopodobnie związane ze zmianami hormonalnymi zachodzącymi pod wpływem pokarmu. Silny poliformizm zapewnia mszycom sukces w zasiedlaniu nowych roślin żywcielskich i umożliwia heteroecję.

Natura matką ludzi 1988



Rys. Zb. Ciernik

Ogólnie mszyce dzielimy na uskrzydlone i bezskrzydłe. Formy ustrzydlone charakteryzuje niska płodność i duża ruchliwość (są luźno związane z żywicielem). Bezskrzydłe mają wysoką płodność i są silnie związane z rośliną, mając ograniczoną ruchliwość.

Pod wpływem zmian w roślinie w populacjach mszyc zachodzą daleko idące zmiany. Pogarszające się warunki żerowania: zły stan rośliny i zbyt duże zagęszczenie osobników wywołują powstawanie osobników uskrzydlonych przelatujących na innych przedstawicieli tego samego gatunku rośliny. Uskrzydlone rzadko wybierają tę samą roślinę, gdyż do wydania przez nie potomstwa konieczne są zmiany chemiczne wywołane przez zmęczenie lotem.

Kolonijność

Wiele gatunków mszyc żeruje w koloniach. W początkowej fazie rozwoju populacji obecność innych osobników powoduje zwiększenie płodności samic i wielkości ciała potomstwa. Szybkie namnażanie, duża liczebność, przegęszczenie, wytworzenie morf uskrzydlonych — to kolejne etapy rozwoju mszyc w kolonii. Szybkie namnażanie jest uwarunkowane ewolucyjnie. Umożliwia ono dyspersję mszyc na dużą liczbę roślin, zanim kolonia macierzysta wyeskploatuje roślinę i zginie, bądź zostanie zniszczona przez pasożyty czy drapieżców. Kolonie mszyc są trudniejsze do znalezienia przez drapieżców niż pojedyncze osobniki rozrzucone losowo, ale w razie odnalezienia kolonii straty są większe. Kolonie zapewniają jednak osobnikom lepszą obronę. Inną przyczyną żerowania w koloniach jest ograniczona ruchliwość bezskrzydłych larw. Skłonność do tworzenia kolonii jest różna u różnych gatunków.

Pogarszający się stan fizjologiczny rośliny pod wpływem zmian zachodzących w środowi-

Dr Jacek Piechota — Instytut Zoologii PAN w Warszawie

sku powoduje różne reakcje mszyc. Zaniepokojone mszyce stają się ruchliwe, co zwiększa natężenie bodźców dotykowych, a to z kolei powoduje wytwarzanie form uskrzydlonych. W rezultacie kolonia szybko się przerzedza lub nawet całkowicie ginie, zwłaszcza gdy zaniepokojone mszyce ratują się pieszą ucieczką lub spadają z rośliny.

Strategia żerowania i sposób wyboru rośliny

Rośliny drzewiaste bronią się przed atakiem owadów „ilościowo" tzn. przy użyciu 1—2 związków działających w wysokich stężeniach. Obrona taka jest trudna do przełamania. Mszyce żerujące na takich roślinach są najczęściej monofagami, czyli żerują na roślinach w obrębie jednego rodzaju. Ich ewolucja przebiega w kierunku generalizacji żerowania. Specjalizacja uzależnia owada od rośliny, ale zmniejsza konkurencję i metaboliczne koszty detoksykacji szkodliwych związków chemicznych oraz zapewnia zachowanie polimorfizmu. Zmniejsza jednak prawdopodobieństwo przeżycia przy zmianach w środowisku. Ta strategia żerowania jest preferowana tak długo, jak duże jest prawdopodobieństwo znalezienia rośliny żywicielskiej.

Mszyce żerujące na roślinach zielonych broniących się „jakościowo", tzn. przy użyciu dużej liczby substancji toksycznych w niskich stężeniach, są z reguły polifagiczne lub szeroko oligofagiczne, czyli żerują na roślinach z kilkunastu rodzin lub na kilkunastu rodzajach w obrębie jednej rodziny. Ich ewolucja przebiega w kierunku specjalizacji żerowania.

Polifagi wybierają roślinę żywicielską inaczej niż monofagi, które są uzależnione od jednej rośliny. Odnajdują one roślinę na podstawie obecności atraktantów, arestantów, fagoincytantów, a szczególnie fagostymulatorów żerowania (cukry i związki azotowe). Czuciowe odróżnianie jest silnie wyspecjalizowane, a prawdopodobieństwo błędu w znalezieniu rośliny żywicielskiej jest małe. Przełamanie (np. mutacja) genów kodujących wybór rośliny żywicielskiej prowadzić może do szybkiego opanowania nowej rośliny, tzn. szybkiego przystosowania się do dotychczas odpornych lub nie preferowanych genotypów roślinnych i w rezultacie do gradacji, zwłaszcza w monokulturach, gdzie brak jest konkurencji z innymi gatunkami. Tak więc gatunki monofagiczne pod wpływem zmian w środowisku mogą osiągać bardzo dużą liczebność.

Polifagi żerują na wielu roślinach. O wyborze rośliny decyduje brak repelentów i antyfidantów (fagosupersantów i fagodeterentów). Receptory czuciowe są słabo wyspecjalizowane na odbieranie bodźców charakterystycznych dla danej rośliny żywicielskiej, ale dobrze wyspecjalizowane do wykrywania obecności związków niekorzystnych dla podjęcia żerowania. Zmiana rośliny żywicielskiej jest mało prawdopodobna, ze względu na silne mechanizmy kompensacji zmian liczebności. Środowisko w niewielkim stopniu wpływa na właściwości biologiczne tej grupy mszyc.

System behawioralny

Wrodzone składniki systemu behawioralnego to: popęd, sztywny schemat ruchowy, wrodzony mechanizm wywoławczy, bodziec kluczowy i czasami wyzwalacz socjalny. Sztywny schemat ruchowy oznacza system swoistych gatunkowo, dziedzicznie uwarunkowanych zachowań owadów. Są one bardzo oporne na zmiany ewolucyjne.

Wrodzony mechanizm wywoławczy to mechanizm wyzwalający reakcję i odpowiadający za jej wybiórczą czułość na kombinację bodźców kluczowych. Tak więc układ bodźców kluczowych (np. skład chemiczny rośliny rozpoznawanej) powoduje uruchomienie wrodzonego mechanizmu wywoławczego i przebieg reakcji w postaci sztywnego schematu ruchowego. Czynnikiem umożliwiającym istnienie łańcucha behawioralnego jest istnienie popędu, czyli autonomicznych pobudek wywołujących odpowiedni stan gotowości organizmu do działania.

U polifagów pod wpływem czynników środowiskowych może stosunkowo łatwo dojść do zmiany wrodzonego mechanizmu wywoławczego. U monofagów, u których wrodzony mechanizm wywoławczy jest silnie wyspecjalizowany (a właściwie system bodźców kluczowych), jest on bardzo stabilny i ulega jedynie powolnym zmianom. Np. u mszyc z heteroecją monomorficzną brak zamknięcia cyklu życiowego w postaci jednego z żywicieli, tzn. brak odpowiednich bodźców kluczowych, powoduje przejście do anholocyklicznego trybu życia, czyli wypadnięcia pewnych etapów cyklu życiowego. Cykl życiowy nie ulega więc odtworzeniu na nowym żywicielu, mimo że grozi to nawet zagładą gatunku.

System rozmnażania i właściwości genetyczne

Mszyce rozmnażają się żyworodnie (czasem jajorodnie) drogą obligatoryjnej partenogenezy cyklicznej (heterogonia) o charakterze diploidalnej telitokii. Jeśli w cyklu pojawia się stadium zapłodnionego jaja, mówimy o holocykliczności.

Partenogenetyczny sposób rozmnażania ma decydujący wpływ na właściwości biologiczne populacji mszyc: 1) sprzyja zachowaniu rzadkich genów, fenotypów niezwykłych oraz utrwaleniu skutków mutacji i rekombinacji, 2) powoduje wysoką heterozygotyczność, a zatem dużą wartość przystosowawczą, 3) umożliwia wyjątkowo szybki przyrost liczebności populacji, 4) może powodować wzrost polimorfizmu, 5) umożliwia kolonizację nowych obszarów nawet przez jednego osobnika.

Można stwierdzić, że istnieje stabilność rozwojowa umożliwiająca przetrwanie faworyzowanego fenotypu mimo wysokiego stopnia zmian w genotypie. Genotyp jest zbuforowany w ten sposób, aby zapewnić „skanalizowanie" rozwoju. Bez względu na to, jakie geny spotkają się w puli genowej, istnienie określonych szlaków rozwojowych gwarantuje otrzymanie standardowego produktu końcowego. Ta stabilność rozwojowa może sobie poradzić nie tylko ze zmiennością puli genowej, lecz także ze zmiennością środowiskową.

Jednokierunkowe naciski selekcyjne, np. działanie zanieczyszczeń przemysłowych, wywierają silną selekcję kierunkową i prowadzą do zmiany dotychczasowej normy fenotypu. Zmiana ta jest tym trudniejsza, im większa jest liczba interakcji (ogniw łańcucha), w które uwikłany jest dany gatunek. Np. im wyższa jest hierarchiczna złożoność ekosystemu, tym wolniejsze są zmiany dotychczasowej normy fenotypu. Ponieważ mszyce rozmnażają się partenogenetycznie, mają zdolność do zachowania nowych fenotypów w przypadku ich przewagi przystosowawczej.

Wahania liczebności populacji mają szczególne znaczenie dla gatunków typu K, adaptowanych do jednego typu środowiska, zdolnych do symbiozy i konkurencji oraz innych form współdziałania, z reguły ściśle wyspecjalizowanych, nielicznych, o obniżonej ruchliwości i płodności. Gatunki typu r zasiedlające środowiska nie ustabilizowane, cechujące się szybkimi zmianami warunków, dobrze znoszą szybkie zmiany zachodzące w środowisku i wynikające stąd zmiany liczebności. Czasowe zachwianie stabilności środowiska stwarza gatunkom typu K warunki typu r. Powoduje to gwałtowny wzrost heterozygotyczności owadów i wzrost liczebności gatunku. Jeżeli zasiedlane środowisko jest jednorodne, np. monokulturowa uprawa leśna, może dojść do gradacji w związku z dużą dostępnością pokarmu, ograniczeniem konkurencji oraz presji czynników ograniczających.

Należy podkreślić, że system genetyczny mszyc jest wyjątkowo labilny i zdolny do szybkiego reagowania na zmiany środowiskowe. Wyraża się to w zdolności do tworzenia biotypów oraz w istnieniu mechanizmów czasowej aktywacji i inaktywacji części kodu genetycznego, co ułatwia mszycom natychmiastowe wykorzystanie każdej sprzyjającej okazji do masowego rozmnażania. □