

Hybrydyzacja drzew leśnych

Szacuje się, że nawet 25% gatunków roślin ma hybrydowe pochodzenie. W przypadku gatunków drzewiastych hybrydyzacja ma jednak szczególne znaczenie ze względu na ich długowieczność i związane z nią niskie tempo zmian genetycznych.

Drzewa mają ograniczone możliwości adaptacji do zmian środowiska. Mogą zmienić swój zasięg występowania bądź fenotyp, czyli cechy morfologiczne i fizjologiczne. Zmiana fenotypu może nastąpić poprzez tzw. plastyczność fenotypową bądź w wyniku dziedzicznych zmian w materiale genetycznym. Te ostatnie zależą w dużej mierze od tego, jaki jest aktualny poziom zmienności genetycznej. Łatwiej i szybciej jest bowiem zaadaptować się takim populacjom, które mają już korzystne warianty genów (allele), niż takim, u których te allele muszą pojawić się od nowa. To m.in. dlatego kładzie się tak duży nacisk na ochronę jak największej zmienności genetycznej.

Czym jest hybrydyzacja?

Sposobem na szybkie pozyskanie korzystnych alleli może być hybrydyzacja, czyli krzyżowanie osobników należących do różnych gatunków, podgatunków czy odmian. Powstający organizm potomny nazywany jest hybrydą, mieszańcem lub krzyżówką. Hybrydy zwykle przejawiają fenotyp będący kombinacją cech rodziców bądź mający cechy pośrednie, np. średnią długość igieł czy wielkość liści. Czasami jednak hybrydyzacja może prowadzić do zjawiska zwanego heterozją, określaną też jako wigor lub bujność mieszańców. W jej efekcie wartość fenotypowa pierwszego pokolenia potomnego przewyższa wartość krzyżowanych rodziców. Heterozja wymaga doboru odpowiednio dobranych osobników rodzicielskich. Hybrydy heterozyjne cechują się np. najwyższym wzrostem, najlepszą żywotnością czy największą plennością. Zjawisko to utrzymuje się na najwyższym poziomie jednak tylko w pierwszym pokoleniu potomnym.

Isolacja rozrodcza

Hybrydyzacja międzygatunkowa jest zjawiskiem dużo bardziej skomplikowanym od hybrydyzacji wewnątrzgatunkowej i wymaga przełamania barier rozrodczych. Może być dodatkowo utrudniona, jeśli gatunki mają różną liczbę i budowę chromosomów. Gdy dojdzie do przełamania barier rozrodczych między

gatunkami, proces hybrydyzacji jest właściwie nieodwracalny. Bariery rozrodcze możemy podzielić na pre- i postzygotyczne, czyli wystę-

pujące przed i po zapłodnieniu. Do barier prezygotycznych zaliczamy izolację przestrzenną, kiedy to gatunki zajmują inne siedliska lub dzieli je bariera geograficzna w postaci np. gór lub rzeki. Izolacja czasowa u drzew jest jedną z najczęstszych i przejawia się głównie poprzez różnice fenologiczne. Trzecią możliwością jest bariera morfologiczno-anatomiczna w postaci np. zaburzeń wzrostu łagiewki pył-



Betula x aurata Borkh. – mieszańiec brzozy brodawkowatej i omszonej (arkusz zielnikowy nr KOR 48072)

kowej. Bariery postzygotyczne często ujawniają się niemal od razu, kiedy to dochodzi do śmierci zaraz po zapłodnieniu bądź na wczesnych etapach rozwoju siewki. Hybrydy międzygatunkowe mogą też być bezpłodne (tzw. sterylność mieszańców). Poza tym często są gorzej dostosowane do warunków środowiska, a także wykazują wiele niekorzystnych cech i zaburzeń rozwojowych. Bieźpłodne mieszańce zwykle są efektem krzyżowania osobników o różnej liczbie chromosomów.

Skutki hybrydyzacji

Hybrydyzacja w założeniu prowadzi do zwiększenia zmienności genetycznej, jednak jest to uzależnione od tego, jakim zestawem genów dysponują skrzyżowane osobniki. Wiele gatunków hodowlanych, zwłaszcza zbóż, ma liczne linie wsobne. Są to populacje złożone z blisko spokrewnionych osobników, które były przez wiele pokoleń wzajemnie krzyżowane. W efekcie ich zmienność genetyczna została znacznie ograniczona. Jeśli taka linia zostanie skrzyżowana z dzikimi populacjami, może to doprowadzić do ich erozji genetycznej, czyli utraty różnorodności genetycznej, a tym samym zmniejszenia ich potencjału adaptacyjnego. Biorąc pod uwagę fakt, że wiele populacji jest zaadaptowanych do lokalnych warunków środowiska, jest to zjawisko wysoce niepożądane.

Naturalne strefy hybrydowe i współistnienie mieszańców oraz ich rodziców są warunkowane przez kombinację przepływu genów i selekcji naturalnej wybierającej najlepiej dostosowane genotypy. W gradiencie środowiska rodzice są najlepiej dostosowani do skrajnych warunków, natomiast hybrydy zajmują zwykle siedliska pośrednie. Jeśli mieszańce nie znajdują optymalnego siedliska, są usuwane przez naturalną selekcję, ale ich rodzice mogą nadal się krzyżować. Strefa taka będzie więc dużo węższa, z niewielkimi mieszańcami. Osobniki hybrydowe mogą też okazać się lepiej dostosowane niż oboje rodzice, jak w przypadku wspomnianej heterozji. W skrajnych sytuacjach może to doprowadzić do wyginiecia jednego lub obu gatunków rodzicielskich. W ostatnim przypadku zarówno rodzice, jak i mieszańce mogą zająć odrębne nisze ekologiczne. Z czasem w wyniku dostosowania do konkretnych warunków środowiska selekcja naturalna będzie działać przeciwko przepływowi genów między rodzicami i mieszańcami. Skutkiem tego będzie pojawienie się barier rozrodczych, a hybrydy staną się odrębnym gatun-



Fot. Andrzej Purcel

Topola czarna (po lewej) oraz topole kanadyjskie odmiany 'Marilandica' (po prawej) rosnące na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego

kiem. Opisane przykłady stanowią jedynie niektóre z możliwych skutków hybrydyzacji. Dynamika stref hybrydowych jest zmienna w przestrzeni i czasie, dlatego należy ją rozpatrywać w każdym przypadku indywidualnie.

Hybrydyzacja w polskich lasach

Drzewa cechują się niskimi barierami reprodukcyjnymi do tego stopnia, że często przełamują klasyczną definicję gatunku. Dotyczy to zwłaszcza drzew szpilkowych i dębów, których hybrydyzacja bywa problemem dla gospodarki leśnej ze względu na trudności identyfikacyjne. W dodatku często obserwuje się asymetrię w przepływie genów, polegającą na przenoszeniu genów między dwoma gatunkami, podgatunkami lub odmianami głównie w jednym kierunku. Najliczniej występująca w Polsce sosna zwyczajna raczej rzadko krzyżuje się z innymi gatunkami, choć obserwuje się jej mieszańce z kosodrzewiną i sosną czarną. Świerk pospolity hybrydyzuje ze świerkiem syberyjskim, który jednak w Polsce naturalnie nie występuje. Uprawia się go rzadko do celów dekoracyjnych. Jodła pospolita często miesza się z bardzo popularną w Polsce jodłą kaukaską wykorzystywaną jako drzewko bożonarodzeniowe. Z kolei dąb szypułkowy może krzyżować się z dębem bezszypułkowym na obszarach, gdzie

warunki klimatyczne umożliwiają ich jednocześnie kwitnienie.

W rodzimej dendroflorze najczęściej jednak hybrydują gatunki szybko rosnące. W zdecydowanej większości ich mieszańce nadal krzyżują się z gatunkami rodzicielskimi. Mimo to część z nich jest uważana za odrębne gatunki. Wierzba biała, jeden z najpowszechniejszych gatunków wierzby w Polsce, tworzy mieszańce z wierzbą kruchą i pięcioprzecikową. W lasach możemy spotkać wierzbę iwę, która także krzyżuje się z wieloma innymi wierzbami, głównie małymi i krzewiastymi, tworząc hybrydy bardzo trudne do identyfikacji. Gatunki brzozy hybrydują również często. W naturze spotkamy mieszańce np. brzozy brodawkowatej i omszonej. Brzoza omszona ma dwa razy więcej chromosomów od brzozy brodawkowatej. Badania wykazały jednak, że mieszańce nie są w pełni sterylne i nadal krzyżują się z gatunkami rodzicielskimi, dając potomstwo o zróżnicowanej liczbie chromosomów. Hybrydowym przedstawicielem topól jest topola szara – naturalny mieszaniec topoli białej i osiki, o pośredniej morfologii. W Polsce spotkamy ją w lasach łęgowych w dolinach głównych rzek, gdzie sąsiaduje z topolą białą. Uważa się, że topola szara ma mniejsze wymagania glebowe od obu gatunków rodzicielskich i rośnie najszybciej spośród wszystkich rodzimych gatunków topól.

Hybrydyzacja może mieć także negatywne skutki, ponieważ jest związana z ryzykiem zwiększonej inwazyjności powstających mieszańców. Takim przykładem jest topola kanadyjska zwana także euroamerykańską. Gatunek ten jest krzyżówką euroazjatyckiej topoli czarnej i topoli amerykańskiej. Topole kanadyjskie wprowadzono na masową skalę na tereny polskich dolin rzecznych w latach 1950–70. Większość odmian hybrydowych rośnie szybciej od topoli czarnej, miejscami wypierając ją z naturalnych siedlisk. Poza tym oba taksony mogą się nadal krzyżować, w związku z czym pula genowa czystej gatunkowo topoli czarnej jest zagrożona. Topola kanadyjska uważana jest za gatunek inwazyjny w niektórych krajach Europy Zachodniej. Najczęściej spotykane odmiany to ‘Serotina’, ‘Robusta’, ‘Marilandica’, ‘Gerlica’, ‘Grandis’, a także ‘Flachslanden’. ‘Serotina’, czyli topola późna, jest najstarszą odmianą powstałą w połowie XVIII w. we Francji. Listnieje najpóźniej ze wszystkich topól, bo w połowie maja. Obecnie jest także wypierana przez inne, później wyhodowane mieszańce.

Badania pracowników Instytutu Dendrologii PAN w dolinie Odry wykazały, że udział mieszańców topoli czarnej i kanadyjskiej w niektórych populacjach wynosi nawet 16–20%. Rzeczywiste zagrożenie dla czystości genetycznej topoli czarnej wymaga jednak dalszych badań. Ocena zanieczyszczenia puli genowej topoli czarnej jest jednym z zadań zaplanowanych w ramach grantu Opus finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki pt. „Zmienność genetyczna topoli czarnej (*Populus nigra* L.) w Polsce: wpływ działalności człowieka na integralność genetyczną i potencjał adaptacyjny gatunku”. Projekt będzie realizowany w Instytucie Dendrologii PAN w latach 2022–26.

Podsumowanie

Strefy hybrydowe między gatunkami drzewiastymi mogą dostarczyć wielu cennych informacji. Są niezwykle użyteczne w badaniach nad adaptacją do lokalnych warunków środowiska oraz specjacją, czyli powstawaniem gatunków. Pozwalają także ustalić, w jaki sposób powinniśmy zarządzać zasobami genetycznymi poszczególnych gatunków. Monitorowanie stref hybrydowych umożliwia określenie, jak zasięgi krzyżujących się gatunków zmieniają się w odpowiedzi na zmiany klimatyczne. Hybrydyzacja może być wówczas jedną ze strategii zwiększających potencjał adaptacyjny, nierzadko przewyższający potencjał pojedynczego gatunku. Z kolei dla gatunków zagrożonych wyginięciem stanowi swego rodzaju wyjście awaryjne, umożliwiające zachowanie ich zasobów genowych.

Hodowla drzew leśnych w rzeczywistości w dużej mierze opiera się na hybrydyzacji. Poprzez krzyżowanie możemy rozszerzyć zakres zmienności genetycznej, będącej podstawą do dalszej selekcji w celu uzyskania pożądanych fenotypów, potomstwa o wyższej wartości hodowlanej, odpornego na choroby itp. Krzyżowane są wybrane gatunki, podgatunki, odmiany czy ekotypy, których naturalna hybrydyzacja jest niemożliwa lub utrudniona ze względu na istnienie barier rozrodczych, odległość bądź ograniczenia siedliskowe, kiedy to warunki środowiska nie sprzyjają mieszańcom. Jednocześnie należy pamiętać, że długofalowe skutki hybrydyzacji są trudne do przewidzenia i wymagają dalszych badań obejmujących kolejne pokolenia mieszańców rosnących w zróżnicowanych warunkach środowiska.



Weronika Barbara Żukowska

Instytut Dendrologii PAN