

Sosna zwyczajna

Niniejsze wytyczne przeznaczone są dla osób działających na rzecz zachowania zasobów genowych sosny zwyczajnej, na drodze ochrony cennych źródeł leśnego materiału rozmnożeniowego oraz ich wykorzystania w praktyce gospodarki leśnej. Celem nadrzędnym tych działań jest ochrona różnorodności genetycznej gatunku w skali europejskiej. Przedstawione zalecenia powinny być postrzegane jako podstawa postępowania, przeznaczona do uzupełnienia i rozwoju w lokalnych, krajowych lub regionalnych warunkach. Wytyczne oparte są na dostępnej wiedzy na temat gatunku oraz powszechnie akceptowanych metodach ochrony leśnych zasobów genowych.

Biologia i ekologia

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) jest gatunkiem pionierskim, łatwo wkraczającym na powierzchnie po zakłóceniach naturalnych lub antropogenicznych (przy małej konkurencji chwastów i ograniczonej presji zwierzyny). Naturalne drzewostany są z reguły jednogatunkowe i równowiekowe. Występuje ona głównie na ubogich, piaszczystych glebach, wychodniach skalnych i torfowiskach, dochodząc do granic zasięgu roślinności drzewiastej. Na żyzniejszych siedliskach wypierana jest przez świerk i drzewa liściaste.

Sosna zwyczajna jest gatunkiem wiatropylnym i jednopiennym. Kwitnienie jest częste - kwiatostany żeńskie pojawiają się w wieku 15 lat u drzew rosnących pojedynczo (6-8 lat u drzew szczepionych) lub 25-30 lat w zwartych drzewostanach. Obfite kwitnienie męskie następuje kilka lat później. Lata nasienne są stosunkowo częste, ale w strefie północnej granicy lasu dojrzwienie nasion jest opóźnione przez krótki okres wegetacyjny (lata nasienne mogą występować tam bardzo rzadko - raz lub dwa razy na 100 lat).

Występowanie

Sosna zwyczajna ma rozległy zasięg występowania w całej Eurazji - od 37°N do 70°20'N szerokości geograficznej. W strefie północnej granicy lasu przeżywa przy okresie bez mrozów krótszym niż 100 dni i 300 mm rocznej sumy opadów. W kierunku równin stepowych środkowej Azji występowanie limitowane jest długością okresu suszy. W południowej Europie oraz Azji Mniejszej izolowane stanowiska ograniczone są do obszarów górskich (do 2200 m n.p.m. na Bałkanach i w Hiszpanii oraz 2700 m n.p.m. na Kaukazie).

Znaczenie i zastosowanie

Sosna zwyczajna jest ważnym ekonomicznie europejskim gatunkiem drzewa. Drewno jest łatwe w obróbce, ma dobre właściwości mechaniczne oraz posiada wiele zastosowań, głównie jako drewno konstrukcyjne i papierówka.

Dzięki umiarkowanym wymaganiom siedliskowym sosna zwyczajna jest gatunkiem idealnym do odnowienia sztucznego. W związku z tym jej nasiona są od dawna przedmiotem handlu i wykorzystania w całej Europie. Bezkrytyczne zakładanie upraw z nasion nieznanego pochodzenia skutkowało czasami znaczną utratą jakości, co było impulsem do badań proweniencyjnych na długo przed rozwojem obecnej wiedzy genetycznej.

Wiedza genetyczna

Status taksonomiczny i hybrydyzacja

Na rozległym obszarze występowania sosny podejmowano liczne próby wyodrębnienia podgatunków, jednak nie były one przekonujące z uwagi na brak wyraźnych nieciągłości zwartego zasięgu. Izolowane południowe stanowiska, uważane za relikty glacialne, były sporadycznie opisywane jako oddzielne gatunki, np. *P. hamata* (Stev.) Sosn., *P. armena* Koch i *P. sosnowskyi* Nakai dla regionu Kaukazu.

W naturalnych warunkach sosna zwyczajna raczej nie krzyżuje się z innymi gatunkami sosen, choć stwierdzono przypadki spontanicznej hybrydyzacji z sosną czarną, sosną gęstokwiatową oraz kosodrzewiną. W porównaniu do innych gatunków sosna zwyczajna wykazuje dużą niezgodność hybrydową.

Zmienność wewnątrzgatunkowa

Wysoki potencjał migracyjny pyłku i nasion skutkuje efektywnym przepływem genów w całym zasięgu występowania, co przejawia się w wyraźnej zmienności gatunku (co najmniej w przypadku cech adaptacyjnych). Jest to szczególnie widoczne dla cech związanych ze wzrostem i fenologią, determinowanych głównie przez warunki termiczne okresu wegetacyjnego. Populacje północne i kontynentalne potrzebują mniejszej ilości ciepła do zakończenia faz fenologicznych i osiągnięcia odpowiedniego poziomu zdrewnienia. Południowe oraz nadmorskie proveniencje charakteryzują się dłuższym cyklem wegetacyjnym oraz mniejszą mrozoodpornością. Intensywny przepływ genów utrzymuje również wysoką różnorodność wewnątrzpopulacyjną, zarówno w zakresie cech adaptacyjnych jak i neutralnych.

Pokrój pnia oraz forma korony i ugałęzienia wykazują dużą zmienność w całym zasięgu występowania. Jedynie proveniencje z północnej Europy, Syberii oraz z wyższych położeń górskich charakteryzują się prostym pniem, idealnie stożkową koroną i cienkimi gałęziami. Niektóre populacje lokalne (np. południowo-wschodnie populacje bałtyckie) cechują się lepszymi parametrami wzrostu i wysoką stabilnością fenotypową, podczas gdy w innych obszarach cechy przyrostu i pokroju pnia są już gorsze, wskazując prawdopodobnie na niewłaściwe praktyki hodowlane w przeszłości (np. w Niemczech czy w Karpatach).

Podobnie jak w przypadku wzrostu i pokroju, również mechaniczne właściwości drewna wykazują różnice w zależności od pochodzenia. Różni się także jego skład chemiczny, np. zawartość olejków eterycznych czy oleożywic.

Stwierdzono również wewnątrzgatunkowe różnice cech odpornościowych. Odporność na patogeny grzybowe, jak np. *Lophodermium* spp., wyższa jest w zachodnich, nadmorskich obszarach występowania, podczas gdy południowo-wschodnie populacje stepowe cechują się dużą podatnością na infekcje tego patogenu. Dowiedziono także geograficznego zróżnicowania podatności na wiele szkodników owadzych - populacje środkowoeuropejskie wrażliwe są na *Hylobius radicis* Buch. i zwójki sosnowe, ale bardziej odporne na *Eucosma sonomana* Kearfott i szeliniaka sosnowca (*Hylobius abietis* L.).

W badaniach biochemicznych i molekularnych wykazano wyraźną zmienność sosny zwyczajnej w całej Europie, z przewagą zmienności wewnątrzpopulacyjnej nad międzypopulacyjną. W Szkocji, na potrzeby grupowania szczątkowych obszarów występowania, zastosowano metody z wykorzystaniem monoterpenów i izoenzymów. W obu metodach na północno-zachodniej granicy zasięgu zidentyfikowano jeden obszar o wyróżniających się cechach. Obecnie ww. metody zastępowane są wykorzystaniem markerów DNA genomów chloroplastowych, mitochondrialnych oraz jądrowych.

Na podstawie zmienności mitochondrialnego DNA (dziedziczonego u sosny po linii żeńskiej) wykazano, że 3 główne mitotypy populacji hiszpańskich reprezentują zróżnicowanie charakterystyczne dla pozostałych populacji europejskich, które podzielić można na 3 wyraźne grupy: populacje z Włoch, z Europy Środkowo-Zachodniej oraz z Fennoskandii. Izolowane populacje południowych granic zasięgu (południowa Hiszpania) wykazują obecność jednego mitotypu, natomiast w Szkocji występuje mitotyp „włoski”, mimo, że większość źródeł przypisywała ten kraj do zgrupowania Europy Środkowo-Zachodniej. Podsumowując, badania molekularne potwierdzają istnienie trzech dróg ewolucyjnych sosny zwyczajnej w Europie, a większe zróżnicowanie populacji hiszpańskich sugeruje, że obszar ten mógł być pierwotnym centrum różnorodności tego gatunku.

Zagrożenia dla różnorodności genetycznej

Główne zagrożenia leżą na granicach zasięgu, w szczególności na jego północno- i południowo-zachodnich obrzeżach (Szkocja i południowa Hiszpania). Występowanie gatunku charakteryzuje się tam brakiem ciągłości oraz powszechną fragmentacją na izolowane populacje. W skrajnych przypadkach pozostało kilka szczątkowych populacji o liczebności poniżej 100 drzew. Równie problematyczne jest odnowienie w strefie północnej granicy lasu. W niektórych rejonach zasięgu szkody od zgryzania doprowadziły do zmiany składu gatunkowego lasów. Różne środki, jak np. grodzenie upraw lub redukcja stanów zwierzyny, podejmowane są dla ochrony populacji sosny zwyczajnej, zapewnienia udatności odnowienia naturalnego, zwiększania udziału gatunku oraz zwiększania powierzchni

istniejących populacji. W wielu przypadkach stwierdzono potrzebę zakładania plantacji nasiennych, w celu zabezpieczenia genotypów poszczególnych, zagrożonych populacji.

W głównym obszarze europejskiego zasięgu, gdzie od wielu lat stosowane jest na dużą skalę odnowienie sztuczne, w wielu przypadkach zagrożone wyginięciem są lokalnie zaadaptowane, autochtoniczne populacje. W regionach hodowli poza naturalnym zasięgiem (np. Niemcy, Francja, Węgry) drzewostany sosny zwyczajnej charakteryzują się często niską jakością. Obecność drzewostanów nieznanego pochodzenia grozić może ponadto zanieczyszczeniem genetycznym dla sąsiadujących populacji naturalnych.

Spodziewane zmiany klimatu wydłużyć mogą okresy suszy w kontynentalnej części Europy Południowo-Wschodniej i w Regionie Śródziemnomorskim. Fakt ten musi być uwzględniany jako potencjalne zagrożenie nie tylko dla populacji południowych granic zasięgu, ale także dla stanowisk górskich. Ww. zmiany spowodują prawdopodobnie przesunięcie na północ obszaru sprzyjającego uprawie sosny zwyczajnej.

Ochrona i wykorzystanie zasobów genowych

Priorytety ochrony

Sosna zwyczajna jest gatunkiem o rozległym zasięgu, występującym w szerokim spektrum warunków siedliskowych - ochrona zasobów genowych w związku z tym wydaje się zadaniem o niskim priorytecie. Jej potrzeba uzasadniona jest jednak innymi przyczynami, jak np. potwierdzoną zmiennością międzypopulacyjną, efektami długoletniej uprawy oraz spodziewanymi zmianami środowiska w granicach zasięgu.

Ponieważ sosna zwyczajna jest dla europejskiego leśnictwa jednym z najważniejszych gatunków, oczywisty jest wywierany na nią wpływ antropogeniczny. Badania nad rodzimymi, lokalnymi (autochtonicznymi) drzewostanami oraz rejestrowanie ich wyników jest bardzo istotne dla ochrony zasobów genowych. Rejestry takie obejmować mogą różnorodne dane - w celu ich gromadzenia coraz powszechniej wykorzystuje się markery molekularne.

Długoterminowe testowanie pochodzeń potwierdziło wartość i znaczenie lokalnie zaadaptowanych populacji. Ważne są one przede wszystkim w ekstremalnych warunkach siedliskowych (położenia górskie, obszary nadmorskie i borealne, stanowiska skaliste i stepowe). Populacje występujące na tych terenach wykazują mniejszą plastyczność podczas przenoszenia na inne stanowiska, ale w warunkach lokalnych charakteryzują się z reguły lepszymi parametrami. W związku z powyższym na siedliskach tych szczególną uwagę należy poświęcić wyborowi reprezentatywnych populacji dla celów ochrony. Rodzime drzewostany powinny również służyć jako standardy populacji dla lasów typowo gospodarczych.

Izolowane stanowiska, podobnie jak populacje w ekstremalnych warunkach siedliskowych, mogą być poddane specyficznym warunkom selekcji i dryfu genetycznego, a przez to przenosić rzadkie allele. Stanowiska takie należy szczególnie chronić oraz obejmować zbiorem leśnego materiału rozmnożeniowego. Do odnowień należy wykorzystywać miejscowy LMR, a materiał ze stanowisk zagrożonych powinien być zabezpieczony w formie upraw zachowawczych *ex situ*.

Spodziewane zmiany klimatu w pierwszej kolejności będą miały wpływ na populacje południowych granic zasięgu. Są one zazwyczaj wybitnie żywotne i tolerancyjne - dzięki temu mogą mieć znaczenie dla przyszłej hodowli selekcyjnej. Również w ich przypadku podejmować należy działania *ex situ* dla zabezpieczenia długoterminowego przetrwania populacji.

Długa tradycja odnowienia sztucznego sosny zwyczajnej doprowadziła do powstania lokalnych ekotypów, które mogą być przedmiotem ochrony zasobów genowych. Populacje te zazwyczaj reprezentują zróżnicowane i w większości plastyczne zasoby genowe, cenne dla przyszłej hodowli selekcyjnej i reprodukcji.

Zakładanie i zagospodarowanie obiektów ochrony zasobów genowych

Wybierając obiekty ochrony zasobów genowych w ciągłym zasięgu występowania kierować należy się raczej danymi ekologicznymi niż wskaźnikami neutralnymi. Przy braku dryfu genetycznego, występowania adaptacyjnie zróżnicowanych populacji można oczekiwać w odległościach, na których roczne średnie temperatury różnią się o min. 1,0-1,5°C (ok. 200 km w terenie równinnym).

Wielkość obiektów ochrony zasobów genowych sosny zwyczajnej powinna być wystarczająco duża aby kompensować i buforować zewnętrzny napływ genów: za minimum przyjmuje się tu 100 ha. Należy unikać sąsiedztwa genetycznie zdegradowanych i wadliwych drzewostanów (lub je eliminować). Pojedynczy obiekt powinien składać się z sąsiadujących drzewostanów różnowiekowych (spełniających warunek tego samego pochodzenia). W obszarach o rozproszonym występowaniu wyjściową wielkość obiektu można zmniejszyć do 10 ha, przy czym może ona być powiększana w procesie odnowienia.

W wielu przypadkach pionierski charakter sosny zwyczajnej wymaga interwencji gospodarczej, zapobiegającej niepożądanym sukcesji ekologicznej. Na ile to możliwe należy wykorzystywać odnowienie naturalne (mniej problematyczne na słabiej uwilgotnionych i uboższych siedliskach). Odnowienia gatunków domieszkowych powinny być tolerowane z przyczyn ekologicznych. Niewielkie wymagania gatunku nie pozwalają na tworzenie złożonej struktury drzewostanu, nie jest to jednak konieczne, gdyż różnowiekowe drzewostany mogą posiadać różnorodność genetyczną podobną do różnowiekowych. Cięcia odnowieniowe powinny być prowadzone stopniowo, co pozwala na wykorzystanie wielu lat nasiennych. Sosna zwyczajna jest stosunkowo niewrażliwa genetycznie na rodzaj stosowanych cięć odnowieniowych. Jeśli jednak napływ pyłku z zewnątrz byłby zminimalizowany (cel trudny do pełnego zrealizowania), preferować należałoby cięcia częściowe. Jeśli duże stany zwierzyny zagrażają procesom naturalnej regeneracji należy rozważyć Grodzenie obiektów.

W niektórych przypadkach konieczne jest odnowienie sztuczne (np. w przypadku ochrony *ex situ*). Dla właściwej reprezentacji zasobów genowych szyszki należy zbierać z min. 50 odpowiednio rozmieszczonych drzew (najlepiej w latach wysokiego urodzaju nasion). Jednakowa ilość nasion z każdego drzewa zapewni równy udział w zbiorczej partii nasion. Korzystne jest mieszanie nasion z kolejnych zbiorów, jednak nie należy ich sortować ani dzielić na klasy.

Preferować należy siew w stosunku do sadzenia. Jeśli jest to możliwe sadzenie należy wykonywać w gęstszej więźbie dla zapewnienia większej selekcji naturalnej.

Cięcia o średniej i małej intensywności oraz właściwe zagospodarowanie powinny prowadzić do utrzymania stosunkowo zwartej struktury drzewostanu. Selektywne usuwanie drzew należy ograniczyć do zniekształconych osobników, poza tym dozwolone powinno być duże zróżnicowanie fenotypowe.

Podsumowując, priorytety działań zachowania zasobów genowych będą różne w zależności od regionu. Ochronę zasobów genetycznych sosny zwyczajnej należy prowadzić z uwzględnieniem lokalnej gospodarki leśnej (szczególnie kontroli źródeł nasion dla potrzeb odnowienia sztucznego), zasięgu obszarów chronionych i niepodlegających zagospodarowaniu oraz występowania, zagęszczenia i fragmentacji gatunku (z uwzględnieniem rzeczywistego ryzyka i zagrożeń). Potrzeba tworzenia obiektów ochrony zasobów genowych jest o wiele większa dla obszarów z rozproszonymi pozostałościami lokalnych populacji (otoczonymi lasami gospodarczymi niekontrolowanego pochodzenia), niż w regionach o zrównoważonej gospodarce leśnej, opierającej się na odnowieniu naturalnym i lokalnych źródłach leśnego materiału rozmnożeniowego.

Przekład: Marcin Beza, Leśny Bank Genów Kostrzyca.