

Genetyka drzew leśnych na zajęciach edukacji leśnej

Anna Zawadzka

Abstrakt. Leśnictwo opiera się dzisiaj w coraz większym stopniu na osiągnięciach nowoczesnych technik i technologii. Techniki biologii molekularnej są powszechnie stosowane w badaniach genetycznych gatunków drzew leśnych. Te nowoczesne metody dostarczają cennych informacji na temat struktury drzewostanu, umożliwiają identyfikację drzew i populacji, określenie pokrewieństwa między drzewami. Ponadto analizy DNA otwierają drogę do poznania niektórych genów odpowiedzialnych np. za korzystne cechy hodowlane. Zagadnienia związane z genetyką drzew, bardzo rzadko znajdują się w tematyce zajęć prowadzonych w ramach edukacji leśnej. Może warto to zmienić? W niniejszym artykule zaproponowano kilka zagadnień i tematów związanych z genetyką drzew leśnych, które można poruszyć w trakcie zajęć edukacyjnych. Mogą one stanowić odrębne zajęcia, ale także można je realizować w trakcie zajęć już przeprowadzanych przez edukatorów leśnych.

Słowa kluczowe: drzewa leśne, genetyka molekularna, edukacja leśna

Abstract. *Forest genetics as a topic for forest education.* Forestry relies increasingly on the achievements of modern techniques and technologies. Molecular biology is commonly used in genetic studies of forest tree species. These modern methods provide valuable information on the structure of the stand, the identification of trees species and population. In addition, DNA analysis opens the way to get to know some of the genes responsible for such genes responsible eg. advantageous features of the culture. Topics of genetics of forest trees are, very rarely themed activities within forest education. This paper proposes a few issues and topics related to the genetics of forest trees that can be addressed in the course of educational activities. They can be a separate subject classes, but also you can weave the theme of activities already carried out by the forestry educators.

Key words: Forest trees, molecular genetics, forest education

Wstęp

Ogólna liczba uczestników wszystkich form edukacji leśnej w 2012 r. wyniosła prawie 2 mln osób (Raport z działalności edukacyjnej Lasów Państwowych w 2012). Najbardziej popularną formą edukacji leśnej są zajęcia terenowe i wycieczki po lesie z przewodnikiem. W 2012 r. przeprowadzono w Lasach Państwowych ponad 14,3 tys. lekcji terenowych i wy-

cieczek, w których uczestniczyło ponad 538 tys. osób. Ta forma edukacji leśnej, skierowana jest przede wszystkim do najmłodszych uczestników edukacji leśnej, stanowiących najliczniejszą grupę odbiorców edukacji leśnej. Wg „Raportu...” (2012) uczniowie szkół podstawowych oraz dzieci najmłodsze uczęszczające do przedszkoli stanowią odpowiednio 37,5% (729 392 osoby) i 16,3% (316 489) ogólnej liczby wszystkich uczestników edukacji leśnej. Stosunkowo niedużą grupę uczestników edukacji leśnej stanowi młodzież: uczniowie szkół gimnazjalnych oraz ponadgimnazjalnych to odpowiednio 13,5% oraz 7,9% ogólnej uczestników edukacji leśnej.

Wydaje się, że jednym z powodów takiego stanu rzeczy może być rozbieżność tematyki zajęć proponowanych w ramach edukacji leśnej do obowiązujących obecnie w szkołach gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych podstaw programowych oraz programów nauczania. Obowiązująca w liceum ogólnokształcącym (tj. na IV etapie edukacyjnym) podstawa programowa z przedmiotu biologia (na poziomie podstawowym) skupia się na zagadnieniach związanych z biotechnologią, inżynierią genetyczną oraz porusza tematykę różnorodności biologicznej. Jako zalecane wycieczki i obserwacje proponuje się wyjście do ogrodu botanicznego, zoologicznego czy muzeum przyrodniczego, gdzie uczeń ma zaznajomić się z problematyką ochrony gatunków ginących (Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 r.). W obowiązującej obecnie podstawie programowej nie ma zagadnień związanych z lasem, leśnictwem czy zrównoważoną i wielofunkcyjną gospodarką leśną.

Proponowana tematyka zajęć w ramach edukacji leśnej, skierowana dla szkoły ponadgimnazjalnej powinna być dostosowana do obowiązującej podstawy programowej oraz wyjść naprzeciw oczekiwaniom nauczycieli, którzy zobowiązani są do realizacji programu nauczania. Według podstawy programowej, wymagania szczegółowe w dziale związanym z biotechnologią i inżynierią genetyczną, które powinien spełnić uczeń to m.in. znać przykłady zastosowań badań nad DNA (sądownictwo, medycyna, nauka), zaś w dziale związanym z różnorodnością biologiczną opisać różnorodność biologiczną na trzech poziomach: poziomie genetycznym, gatunkowym i ekosystemowym. Proponując tematy zajęć z edukacji leśnej, zapominamy często, że analizy DNA są powszechnie stosowane w badaniach genetycznych gatunków drzew leśnych i nowoczesne leśnictwo opiera się dzisiaj na osiągnięciach nowoczesnych technik i technologii. Edukacja leśna rzadko porusza zagadnienia związane z genetyką drzew leśnych, a przecież badania genetyczne drzew leśnych stanowią aktualnie najbardziej rozwijającą się dziedzinę nauk leśnych (Sabor 1999). Drzewa leśne to najbardziej długowieczne i skomplikowane organizmy, których zmienność genetyczna jest najwyższa spośród wszystkich organizmów roślinnych (Chałupka 2003). Zastosowanie metod genetyki molekularnej otworzyło przed badaniami w leśnictwie nowe perspektywy, umożliwiając pogłębienie wiedzy o genotypach osobników, mechanizmach przepływu genów między populacjami i wewnątrz nich, o strukturze genetycznej i różnicowaniu populacji drzew leśnych na postawie polimorfizmu DNA.

Dlatego zajęcia z edukacji leśnej, skierowane do młodzieży szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych powinny w większym stopniu poruszać właśnie tematy związane z genetyką drzew leśnych.

W niniejszej pracy zaproponowano tylko kilka zagadnień, które można przedstawić w trakcie zajęć edukacyjnych. Mogą one stanowić odrębny temat zajęć, ale także może je wplatać w tematykę zajęć już przeprowadzanych przez edukatorów leśnych.

Drzewa też mają DNA

Wydaje się, że pierwszym i najważniejszym krokiem jest uświadomienie uczniom, że drzewa – jako organizmy żywe – posiadają w swoich komórkach kwas deoksyrybonukleinowy (DNA). Uczniowie liceum ogólnokształcącego oraz studenci poproszeni o wymienienie organizmów posiadających w swoich komórkach DNA wymieniają: człowieka, zwierzęta i rośliny, nie wyodrębniając drzew, jako osobnej grupy (badania własne, niepublikowane).

Cząsteczki DNA są nośnikami informacji genetycznej (kodu genetycznego), określającej wszystkie cechy (strukturalne i funkcjonalne). Każdy żywy organizm posiada swój indywidualny zapis genetyczny nazywany genomem. Na genom drzew leśnych składa się zbiór informacji genetycznej zawartej w cząsteczkach kwasu deoksyrybonukleinowego zlokalizowanych w jądrze komórkowym oraz organellach (mitochondria i chloroplasty). Zaletą analiz DNA jest względna szybkość ich wykonania oraz to, że budowa sekwencji DNA nie zależy od wieku, rodzaju tkanki i cech morfologicznych badanego drzewa. W identyfikacji genotypu danego organizmu na poziomie DNA stosuje się markery genetyczne, czyli fragmenty DNA o wielkości od kilkudziesięciu do kilkuset par zasad, które umożliwią szybką i precyzyjną charakterystykę pojedynczych organizmów czy populacji.

Genom człowieka został poznany w 2001 r., ten olbrzymi i kosztowny projekt rozwinął technologie, które znalazły zastosowanie w badaniach wielu innych gatunków. Pierwsze zsekwencjonowane genomy roślinne to genomy: rzodkiewnika *Arabidopsis thaliana* i ryżu *Oryza sativa*. Dopiero w 2006 r., aż 5 lat po zsekwencjonowaniu genomu *Homo sapiens*, został poznany genom pierwszego drzewa – topoli kalifornijskiej *Populus trichocarpa*. Genom jej to 19 chromosomów, składających się łącznie z 485 mln par zasad, zidentyfikowano ponad 45 tysięcy możliwych genów. Ostatnie lata to poznanie genomu takich gatunków drzew jak: *Picea abies* (2013 r.), *Picea glauca* (2013 r.) oraz *Pinus taeda* (2013/14). Podczas zajęć z młodzieżą powinno się podkreślać fakt, iż drzewa leśne, zwłaszcza nagozalążkowe to organizmy posiadające największy genom wśród wszystkich organizmów roślinnych.

Zobaczyć DNA

Kolejnym, bardzo interesującym (jednocześnie wpisującym się w podstawę programową) etapem zajęć związanych z genetyką drzew może być wykonanie przez ucznia samodzielnie izolacji DNA „metodą kuchenną”. Proces wydobywania, czyli ekstrakcji DNA z komórki jest pierwszym etapem poprzedzającym większość procedur laboratoryjnych w genetyce molekularnej. Jednak nie wszyscy uczniowie mają szanse przebywać w laboratorium analiz molekularnych, a możliwość zobaczenia DNA „gołym okiem” jest niezwykle kusząca i może być ciekawym eksperymentem. Do przeprowadzenia izolacji DNA metodą kuchenną (Śliwki i in. 2009) nie jest konieczna specjalistyczna aparatura jak i sprzęt, można ją przeprowadzić w nawet w niedużej salce edukacyjnej, a w efekcie można zobaczyć DNA na własne oczy!

„Genetyczny odcisk palca”

Genom drzewa zawiera tak samo niepowtarzalne informacje, jak u człowieka odciski palców z liniami papilarnymi. Tematem, który może zainteresować młodzież, jest możliwość wykorzystania analiz DNA drzew przez policję. Nowoczesne metody oparte na identyfikacji DNA mogą być pomocne w rozstrzygnięciu wątpliwości dotyczących kradzieży drewna a nawet stanowić dowód w postępowaniu procesowym (Działuk i Burczyk 2005, Nowakowska 2011, Nowakowska i in. 2012, Nowakowska i Parternak 2014). Profile DNA tworzące „odcisk palca” każdego drzewa są wykorzystywane w analizie porównawczej materiału dowodowego, np. pniaka w lesie z materiałem porównawczym – kawałkami drewna u podejrzanego; jeżeli są takie same, to wskazują sprawcę kradzieży z praktycznie 100% dokładnością.

Identyfikacja gatunków i ich mieszańców

W leśnictwie ważnym zagadnieniem jest kwestia rodzimości gatunków i problem introdukcji obcych gatunków (drzew, ale także zwierząt). W trakcie zajęć, edukator leśny, może zagadnienie te poruszać, tłumacząc, że techniki oparte na analizie DNA są narzędziem, które pozwoli na wyjaśnienie wielu kwestii.

Identyfikacja na podstawie markerów genetycznych jest jedną z najskuteczniejszych i najpewniejszych metod ustalenia przynależności gatunkowej wielu gatunków drzew leśnych, takich jak: topola, jesion i dąb (Nowakowska 2006). Współczesna genetyka drzew leśnych pozwala na wykorzystanie analiz DNA w celu przeprowadzenia identyfikacji gatunkowej modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. i japońskiego *Larix kaempferi* Sarg. oraz identyfikacji ich mieszańców (Jagielska 2008, Zawadzka 2011). U modrzewia genom mitochondrialny jest dziedziczony maticznie, chloroplastowy po ojcu. W związku z tym specyficzne markery DNA chloroplastowego i mitochondrialnego są idealnym narzędziem, umożliwiającym identyfikację międzygatunkowych mieszańców oraz ich gatunków rodzicielskich. Mieszańce mogą być zidentyfikowane na podstawie obecności mitochondrialnych sekwencji odziedziczonych z jednego gatunku rodzicielskiego i chloroplastowych sekwencji, odziedziczonych z drugiego gatunku (Eriksson i Ekberg 2001).

Zmienność genetyczna

Selekcja i hodowla są to jedne z częściej powtarzających się zagadnień na zajęciach z edukacji leśnej. Wykorzystanie tradycyjnych metod hodowli w połączeniu z technikami opartymi na analizie DNA, daje możliwość wprowadzenia bardziej obiektywnych kryteriów oceny, tym samym wspomaga obecne leśnictwo. Poznanie struktury genetycznej gatunków lasotwórczych na poziomie zmienności DNA pozwala na selekcję i hodowlę opartą na doborze populacji o zróżnicowanych pulach genowych. Duże zróżnicowanie puli genetycznych gatunków drzew leśnych umożliwia lepszą adaptację do zmiennych warunków środowiska, ekstremalnych warunków klimatycznych (wysokie i niskie temperatury, stres wodny czy su-

sza). Trwałość ekosystemów leśnych uwarunkowana jest m.in. zachowaniem różnorodności genetycznej drzew leśnych, poznanie genotypów jest, zatem istotne w ochronie zasobów genowych drzew leśnych (Matras 1996). Badania struktury populacji i zróżnicowania genetycznego są kluczowe dla ochrony i strategii zarządzania zasobami genetycznymi gatunków. Duże zróżnicowanie genetyczne sprzyja adaptacji gatunków do zmieniających się warunków środowiska i zwiększa szanse przeżycia. Na podstawie badań genetycznych populacji drzew leśnych można przypuszczać, że drzewostany o ubogiej puli genowej są mniej odporne na zmiany środowiskowe oraz bardziej narażone na działanie niepożądanych czynników.

Wyniki analiz DNA mogą być ciekawym głosem podczas zajęć ukazujących trwałą i zrównoważoną gospodarkę leśną. Badania molekularne wykazały, że pokolenie potomne sosny zwyczajnej, świerka pospolitego i dębu szypułkowego uzyskane z odnowienia naturalnego i rodzicielskie charakteryzuje się zbliżoną strukturą genetyczną, u sosny i dębu nastąpiło nawet nieznaczne wzbogacenie puli genowej potomstwa. Badania ukazały dobrą jakość genetyczną odnowienia naturalnego, co może gwarantować wysoką trwałość lasów (Nowakowska i in. 2014).

Molekularna analiza jest stosowana do określenia genotypów oraz charakterystyki wielu gatunków drzew leśnych, głównie do badań na poziomie wewnątrz- i międzypopulacyjnym np.: *Populus*, *Fraxinus*, *Fagus*, *Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Ulmus*, *Betula*, *Malus*, *Prunus* – na świecie jak i w naszym kraju (Szyp-Borowska 2005, Nowakowska 2006, 2007, 2009, Nowakowska i in. 2007, Szyp-Borowska i in. 2012, Lewandowski 2013, Sułkowska i Łukaszewicz 2013).

Selekcja wspomagana markerami MAS

Prowadząc zajęcia, należy podkreślać, iż specyfika obiektu badań, jakim są drzewa leśne, sprawia, że nie należą one do najłatwiejszych obiektów badań. Efekty pracy jednego pokolenia leśników, będą widoczne dopiero za 30-40 lat. Długotrwały (ze względu na czas życia drzew oraz wiek, w którym owocują) i skomplikowany cykl hodowlany drzew leśnych można jednak skrócić prowadząc selekcję opartą na markerach MAS (MAS: ang. Marker Assisted Selection). W celu zwiększenia produkcji i jakości drewna można użyć odpowiednich markerów molekularnych, o których wiadomo, że są sprzężone z pożądanymi cechami. W ten sposób można uczynić selekcję bardziej wydajną, gdyż oparta jest ona bezpośrednio na poziomie DNA. Umożliwia to przeprowadzenie selekcji np. już na poziomie siewki, czyli długo przed ujawnieniem się pożądanых cech.

Świecące drzewko

Ciekawostką jest dokonana w Anglii modyfikacja daglezji „wzbogaconej” o gen z meduzy, kodujący białko zielonej fluorescencji i otrzymanie drzewek bożonarodzeniowych emitujących światło o różnej barwie, po uprzednim dodaniu do podłoża substancji wzbudzającej świecenie. Geny meduzy, wszczepione w strukturę drzewa sprawiły, że igły tego drzewka, podlanego wcześniej odpowiednim substratem, świecą same w różnych kolorach.

Zakończenie

Zagadnienia związane z genetyką drzew leśnych rzadko znajdują się w tematyce zajęć prowadzonych w ramach edukacji leśnej. Tematyka analiz genetycznych może stanowić oddzielną tematykę lub z powodzeniem stanowić uzupełnienie prowadzonych już obecnie przez edukatorów zajęć. Wprowadzając na zajęcia edukacji leśnej elementy genetyki (np. drzew leśnych) oraz ukazując wyniki współczesnych badań w tym zakresie wychodzimy na przeciw oczekiwaniom pedagogów, uczących w szkołach gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych, którzy są zobowiązani do realizacji podstawy programowej. Jednocześnie, ukazanie młodzieży możliwości zastosowania analiz DNA w leśnictwie, uzmysławia im konieczność ścisłej współpracy leśników z biologami i genetykami, wskazując, że na obecnym etapie rozwoju nauki, różne dziedziny wiedzy przeplatają się wzajemnie. Musimy także pamiętać, że dla dużej grupy młodzieży w tym wieku uczestnictwo w zajęciach edukacji leśnej może być jedną z ostatnich szans, na przekazanie im informacji na temat zrównoważonego i wielofunkcyjnego leśnictwa oraz gospodarki leśnej. Może to w przyszłości wpłynąć na ich poglądy na temat leśnictwa.

Literatura

- Chałupka W. 2010. Genetyka drzew leśnych – zarys aktualnych problemów. W: Postęp badań w zakresie genetyki populacyjnej i biochemicznej drzew leśnych. Polska Akademia Umiejętności. Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych Nr.13. 85-93.
- Chrzanowski T. 2013. Raport z działalności edukacyjnej Lasów Państwowych w 2012 r. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych. Warszawa.
- Działuk A., Burczyk J. 2005. Examination of chloroplast and nuclear microsatellite DNA sequences for individual identification of coniferous trees. Problems of Forensic Sciences LXIV: 395-400.
- Eriksson G., Ekberg I. 2001: An introduction to forest genetics. SLU Repro Uppsala, 2001. Sweden.
- Lewandowski A. 2013. Markery mitochondrialnego DNA pomocne w ustaleniu pochodzenia świerka pospolitego w Polsce. W: Zastosowanie metod analiz DNA we współczesnym leśnictwie. Postępy Techniki w Leśnictwie 12. Warszawa.
- Matras J. 2005. Ochrona zasobów świerka pospolitego (*Picea abies* (L.)Karst.) w Polsce. Sylwan 10: 57-71.
- Nowakowska J.A. 2006. Zastosowanie markerów DNA (RAPD, SSR, PCR-RFLP i STS) w genetyce drzew leśnych, entomologii i łowiectwie. Leśne Prace Badawcze 1: 73-101.
- Nowakowska J.A. 2007. Zmienność genetyczna polskich wybranych populacji sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na podstawie analiz polimorfizmu DNA. Rozprawa habilitacyjna. IBL. Warszawa.
- Nowakowska J.A. 2009. Mitochondrial and nuclear DNA differentiation of Norway spruce (*Picea abies* [L] Karst.) populations in Poland. Denrobiology 61: 119-129.
- Nowakowska J.A. 2011. Gen zdradzi złodzieja. Las Polski 10: 16-17.

Nowakowska J.A., Michalska A., Klisz M., Górniak A. 2012. Identyfikacja DNA w walce z nielegalnym handlem drewna. Notatnik Naukowy Instytutu Badawczego Leśnictwa. XX:1(94).

Nowakowska J.A., Pasternak T. 2014. Zastosowanie analiz DNA w postępowaniu karnym. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa

Nowakowska J.A., Michalska A., Zachara T. 2014. Zmiany w strukturze genetycznej naturalnego odnowienia dębu (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) w odniesieniu do drzew matecznych. Sylwan 158(2): 83-89.

Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008r.) r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół. Załącznik 4 W: Dziennik Ustaw z dn. 15 stycznia 2009, Nr 4, poz. 17, s. 270-275).

Sabor J. 1999. Kierunki badań genetycznych drzew leśnych w doświadczałnictwie leśnym. Materiały 1 konferencji leśnej. Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu. Sękocin, 18-19 maja 1999.

Sułkowska M., Łukaszewicz J. 2013. Historia poglądów na temat zasięgu buka zwyczajnego w świetle badań molekularnych. W: Zastosowanie metod analiz DNA we współczesnym leśnictwie. Postępy Techniki w Leśnictwie 12. Warszawa.

Szyp-Borowska I. 2005. Mapowanie cech ilościowych, jako nowe narzędzie w hodowli selekcyjnej drzew leśnych. Leśne Prace Badawcze 1: 99-107.

Szyp-Borowska I., Zawadzka A., Zajączkowski K. 2012. Zróżnicowanie genetyczne czerśni ptasiej (*Prunus avium* L.) w Polsce. Sylwan 156 (7): 502–510.

Śliwka E., Syrek M., Kurcz M., Ciszek P., Kluz M. 2009. Izolacja DNA z warzyw przy użyciu powszechnie dostępnych środków spożywczych i detergentów. W: Materiały Jubileuszowej V Ogólnopolskiej Młodzieżowej Konferencji Naukowej „Młodzi naukowcy – praktycy rolniczej” Rzeszów, 21-23 kwietnia 2009 Uniwersytet Rzeszowski. Str.40-43.

Zawadzka A. 2011. Identyfikacja gatunkowa modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) i japońskiego (*Larix kaempferi* Sorg.) na podstawie markerów genetycznych. Maszynopis rozprawy doktorskiej. IBL. Sękocin Stary.

Anna Zawadzka

Uniwersytet Warmińsko- Mazurski, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa

Katedra Leśnictwa i Ekologii Lasu

anna.zawadzka@uwm.edu.pl